



UNIVERSIDADE
ESTADUAL DE LONDRINA

ANDERSON CAMATARI VILAS BOAS

**A PERCEPÇÃO DE PESQUISADORES BRASILEIROS E
PORTUGUESES SOBRE O ENSINO DA NATUREZA DA
CIÊNCIA NAS SALAS DE AULA DA EDUCAÇÃO BÁSICA**

Londrina
2018

ANDERSON CAMATARI VILAS BOAS

**A PERCEPÇÃO DE PESQUISADORES BRASILEIROS E
PORTUGUESES SOBRE O ENSINO DA NATUREZA DA
CIÊNCIA NAS SALAS DE AULA DA EDUCAÇÃO BÁSICA**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em
Ensino de Ciências e Educação Matemática da
Universidade Estadual de Londrina, como requisito
parcial para obtenção do título de Doutor.

Orientador: Prof. Dr. Marcos Rodrigues da Silva

Londrina
2018

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do Programa de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da UEL

Vilas Boas, Anderson Camatari.

A percepção de pesquisadores brasileiros e portugueses sobre o ensino da Natureza da Ciência nas salas de aula da Educação Básica / Anderson Camatari Vilas Boas. - Londrina, 2018.
132 f.

Orientador: Marcos Rodrigues da Silva.

Tese (Doutorado em Ensino de Ciências e Educação Matemática) - Universidade Estadual de Londrina, Centro de Ciências Exatas, Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Educação Matemática, 2018.
Inclui bibliografia.

1. História e Filosofia da Ciência - Tese. 2. Natureza da Ciência - Tese. 3. Ensino Básico - Tese. 4. Abordagens e Dificuldades - Tese. I. Silva, Marcos Rodrigues da. II. Universidade Estadual de Londrina. Centro de Ciências Exatas. Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Educação Matemática. III. Título.

ANDERSON CAMATARI VILAS BOAS

**A PERCEÇÃO DE PESQUISADORES BRASILEIROS E
PORTUGUESES SOBRE O ENSINO DA NATUREZA DA CIÊNCIA NAS
SALAS DE AULA DA EDUCAÇÃO BÁSICA**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em
Ensino de Ciências e Educação Matemática da
Universidade Estadual de Londrina, como requisito
parcial para obtenção do título de Doutor.

BANCA EXAMINADORA

Orientador: Prof. Dr. Marcos Rodrigues da Silva
Universidade Estadual de Londrina – UEL

Prof^a. Dr^a. Fernanda Peres Ramos
Universidade Tecnológica Federal do Paraná –
UTFPR

Prof. Dr. George Francisco Santiago Martin
Universidade Estadual do Norte do Paraná –
UENP

Prof^a. Dr^a. Marinez Meneghello Passos
Universidade Estadual de Londrina – UEL

Prof. Dr. Sergio de Mello Arruda
Universidade Estadual de Londrina – UEL

Londrina, 26de fevereiro de 2018.

À minha esposa, Fabiana
e minha filha, Anna Lilian
os tesouros mais valiosos de minha vida

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, agradeço à minha esposa, Fabiana. Se cheguei onde estou hoje, muito se deve aos seus incetivos, à sua dedicação abnegada. Esta tese certamente não existiria se não fosse por ela.

À minha bebê, Anna Lilian, que carinhosamente chamo de Lily, que apesar de ter apenas alguns meses de idade e não entender nada do que está se passando, iluminou meus dias no momentos mais difíceis da reta final da escrita desta tese.

Ao meu orientador, professor Marcos Rodrigues da Silva, por ter aceitado me orientar, ainda que, em boa parte do tempo, à distância, mas ainda assim ter contribuído muito em minha formação como pesquisador.

À professora Nilza Maria Vilhena Nunes da Costa, da Universidade de Aveiro, que apesar de todos os contratemplos, aceitou ser minha orientadora em Portugal no período de estudos referente ao doutorado sanduíche.

Aos professores Sergio de Mello Arruda e Marinez Meneghello Passos, que fazem parte de minha trajetória acadêmica desde minha graduação, os quais tenho como exemplo de bons professores e pesquisadores.

Aos professores George Francisco Santiago Martin e Fernanda Peres Ramos, por terem aceitado participarem da banca qualificação e defesa, cujas contribuições em muito enriqueceram esta tese.

A todos os pesquisadores entrevistados, por se disporem a contribuir com esta tese.

À CAPES, pelo auxílio financeiro na forma de bolsa de doutorado sanduíche, que possibilitou minha ida à Portugal para realização de parte desta pesquisa.

Às demais pessoas que de alguma forma contribuíram para o resultado final desta tese, mas que neste momento em que escrevo esses agradecimentos não consigo me lembrar.

VILAS BOAS, Anderson Camatari. **A percepção de pesquisadores brasileiros e portugueses sobre o ensino da Natureza da Ciência nas salas de aula da Educação Básica**. 2018. 131f. Tese (Doutorado Ensino de Ciências e Educação Matemática) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2018.

RESUMO

Esta tese, de cunho qualitativo, buscou evidenciar a percepção de pesquisadores brasileiros e portugueses a respeito de como ocorre, ou por quais motivos não ocorre, o ensino da Natureza da Ciência (NdC) nas salas de aula do Ensino Fundamental e Ensino Médio brasileiras, e nas salas de aula do Ensino Básico e Ensino Secundário portuguesas. O objeto de estudo foram vinte entrevistas audiogravadas com pesquisadores, sendo: treze brasileiros, líderes de grupos de pesquisa cadastrados no CNPq, da área de Ensino de Ciências e com linhas de pesquisa em História e Filosofia da Ciência (HFC) ou NdC; e sete portugueses, docentes universitários com experiência em formação de professores e com publicações que relacionam História da Ciência (HC), ou HFC, ou NdC ao ensino. As entrevistas foram transcritas e analisadas segundo a metodologia da Análise Textual Discursiva, de forma independente para cada contexto, brasileiro e português. Os resultados mostram, em primeiro lugar, que tanto no Brasil quanto em Portugal, de acordo com percepção dos pesquisadores entrevistados, a NdC não é discutida pelos professores em suas salas de aula, salvo em alguns casos raros e pontuais, quase sempre relacionados com a participação de estudantes ou pesquisadores da universidade. Em segundo lugar, para esses casos em que a NdC é ensinada, ela é abordada de cinco maneiras no contexto brasileiro: via relações Ciência-Tecnologia-Sociedade (CTS), pelo uso de HC ou HFC, por meio de atividades práticas, pelo método do ensino por investigação, por atividades de modelagem, ou via atividades de divulgação científica; e é abordada de três maneiras no contexto português: enfatizando aspectos interdisciplinares das ciências, pelo método do ensino por investigação, ou pelo uso da HC. Em terceiro lugar, para os casos (mais comuns) em que não ocorre o ensino da NdC nas salas de aula, a despeito das diferenças entre os contextos educacionais brasileiro e português, as causas apontadas pelos pesquisadores entrevistados foram semelhantes: os professores não têm tempo para isso, pois estão sobrecarregados pelas burocracias da rotina escolar diária e por conta das exigências do currículo (com muitos conteúdos e pouca carga horária de aulas) e do sistema educacional (por vezes muito invasivo e determinista em suas cobranças sobre o professor, e com sistemas de avaliação que induzem à preferência por determinados conteúdos em detrimento de outros como a NdC); ou não há materiais didáticos com discussões sobre NdC disponíveis para os professores, ou quando há, são de qualidade duvidosa ou de difícil interpretação e uso pelos professores; os cursos de formação docente ou não proveram os professores com o necessário para que pudessem ensinar sobre a NdC, ou fizeram tais discussões de forma muito superficial; e a universidade não se articula com a escola tanto quanto poderia, por meio de projetos ou ações de pesquisa de mais longo prazo, limitando-se a ações pontuais que pouco impactam na realidade escolar.

Palavras-chave: Natureza da ciência. História e filosofia da ciência. Ensino básico. Abordagens. Dificuldades.

VILAS BOAS, Anderson Camatari. **The perception of Brazilian and Portuguese researchers about the teaching of the Nature of Science in the Basic Education classrooms.** 2018. 131p. Thesis (PhD in Science Teaching and Mathematics Education) – Universidade Estadual de Londrina (State University of Londrina), Londrina, 2018.

ABSTRACT

This qualitative thesis had the objective of evidencing the perception of Brazilian and Portuguese researchers about how occurs, or for what reasons is not occurs, the teaching of the Nature of Science (NoS) in the classrooms of Middle and High School Education, Brazilian and Portuguese. The object of study was twenty interviews recorded in audio with researchers, which: thirteen Brazilians, leaders of research groups registered in the CNPq, in the area of Science Teaching and with research lines in History and Philosophy of Science (HPS) or NoS; seven Portuguese, university teachers with experience in teacher education and with publications that relate History of Science (HoS), or HPS, or NoS to teaching. The interviews were transcribed and analyzed according to the Discursive Textual Analysis methodology, independently for each context, Brazilian and Portuguese. The results show, firstly, that in Brazil and Portugal, according to the interviewed researchers, NoS is not discussed by teachers in their classrooms, except in some rare and specific cases, almost always related to participation of university's students or researchers. Second, for these cases in which NoS is taught, it is approached in five ways in the Brazilian context: through Science-Technology-Society (STS) relations, through the use of HoS or HPS, through practical activities, by the method of teaching by investigation, modeling activities, or by scientific outreach activities; and it is approached in three ways in the Portuguese context: emphasizing interdisciplinary aspects of sciences, by the method of teaching by investigation, or by the use of HoS. Third, for the (most common) cases in which teaching of NoS does not occur in classrooms, despite the differences between the Brazilian and Portuguese educational contexts, the causes pointed out by the researchers interviewed were similar: teachers do not have the time to do so because they are overwhelmed by the bureaucracies of the daily school routine and because of the demands of the curriculum (with a lot of content and limited class hour load) and the educational system (sometimes very invasive and deterministic in its demands over the teacher, and systems of evaluation that force the preference for certain contents to the detriment of others like NoS); or there are no didactic materials with discussions about NoS available to teachers, or when there are, are of doubtful quality or difficult to interpret and use by teachers; the teacher training courses either did not provide the teachers with what they needed to be able to teach about the NoS, or made such discussions very shallowly; and the university does not articulate itself with the school as much as it could, through projects or research actions of a longer term, limiting itself to specific actions that have little impact on the school reality.

Keywords: Nature of science. History and philosophy of science. Middle and high school education. Difficulties. Approaches.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ATD	Análise Textual Discursiva
CAPES	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
CdC	Caraterísticas da ciência (tradução de <i>features of science</i>)
CTS	Relação entre Ciência, Tecnologia e Sociedade
CTSA	Relação entre Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente
CNPq	Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
EDUCIM	Grupo de Pesquisa e Ensino de Ciências e Educação Matemática, vinculado ao PECEM-UEL
EF	Ensino Fundamental
EM	Ensino Médio
FC	Filosofia da Ciência
HC	História da Ciência
HFC	História e Filosofia da Ciência
HFSC	História, Filosofia e Sociologia da Ciência
HEC	História e Epistemologia da Ciência
NdC	Natureza da Ciência
NdCeT	Natureza da Ciência e da Tecnologia
PECEM	Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Educação Matemática da UEL
PDSE	Programa de Doutorado Sanduíche no Exterior, da CAPES
SC	Sociologia da Ciência ou Sociologia do Conhecimento
TCLE	Termo de Consentimento Livre e Esclarecido
UEL	Universidade Estadual de Londrina

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
2	JUSTIFICATIVAS	13
3	ALGUMAS MANEIRAS DE COMPREENDER A CIÊNCIA	18
3.1	PARADIGMA, CIÊNCIA NORMAL E COMUNIDADE CIENTÍFICA	18
3.2	PROBLEMAS, TRADIÇÕES DE PESQUISA E PROGRESSO CIENTÍFICO	24
3.3	O PROGRAMA FORTE DA SOCIOLOGIA DA CIÊNCIA	30
3.4	BRUNO LATOUR E OS ESTUDOS CIENTÍFICOS	34
3.4.1	Abordagens internalistas e externalistas	34
3.4.2	A compreensão da ciência pela abordagem dos estudos científicos.....	37
4	HISTÓRIA E FILOSOFIA DA CIÊNCIA, NATUREZA DA CIÊNCIA E O ENSINO DE CIÊNCIAS	48
5	A NATUREZA DA CIÊNCIA NO ENSINO DE CIÊNCIAS NO BRASIL NA PERSPECTIVA DE PESQUISADORES BRASILEIROS	58
5.1	INTRODUÇÃO	59
5.2	A NATUREZA DA CIÊNCIA	61
5.3	METODOLOGIA	63
5.4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	67
5.4.1	Afirmações sobre a presença ou a ausência da NdC nas salas de aula do EF e EM.....	68
5.4.1.1	Afirmações positivas	69
5.4.1.2	Afirmações negativas.....	70
5.4.2	Abordagens para o ensino da NdC	72
5.4.2.1	Abordagens usadas pelos professores.....	72
5.4.2.2	Abordagens que podem ser usadas pelos professores	75
5.4.3	Dificuldades para inserir a NdC nas salas de aula do EF e EM	77
5.4.3.1	Professores	78
5.4.3.2	Condições de trabalho do professor.....	79

5.4.3.3	Sistema educacional e currículo	81
5.4.3.4	Falta de Apoio.....	82
5.4.3.5	Materiais didáticos.....	83
5.4.3.6	Articulação universidade-escola.....	85
5.4.3.7	Formação docente.....	86
5.5	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	89
5.6	REFERÊNCIAS	92
6	A NATUREZA DA CIÊNCIA NO ENSINO DAS CIÊNCIAS EM PORTUGAL NA PERSPECTIVA DE PESQUISADORES PORTUGUESES	95
6.1	INTRODUÇÃO	96
6.2	ARGUMENTOS EM FAVOR DO ENSINO DA NATUREZA DA CIÊNCIA	97
6.3	METODOLOGIA	101
6.4	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	104
6.4.1	Afirmações sobre a presença da NdC nas salas de aula	105
6.4.1.1	Afirmações positivas	105
6.4.2	Maneiras de abordar a NdC no ensino.....	108
6.4.2.1	Como os professores abordaram a NdC	108
6.4.2.2	A expectativa dos pesquisadores sobre como a NdC pode ser abordada	110
6.4.3	Dificuldades para inserir a NdC nas salas de aula do EB e ES	112
6.4.3.1	Formação docente.....	113
6.4.3.2	Academia	114
6.4.3.3	Sistema educacional e currículo	115
6.4.3.4	Influências político-econômicas	116
6.4.3.5	Materiais didáticos.....	117
6.4.3.6	Professores.....	118
6.5	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	120
6.6	REFERÊNCIAS	123
7	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	125
	 REFERÊNCIAS.....	 129

1 INTRODUÇÃO

As ideias que levaram à elaboração da proposta de pesquisa que veio se concretizar na forma desta tese de doutoramento surgiram em 2012, como consequência dos resultados encontrados na pesquisa de mestrado do pesquisador autor desta tese.

Naquela pesquisa, foi feito um levantamento bibliográfico em revistas brasileiras que, na época, tinham avaliação Qualis A1, A2 e B1. Diante de um acervo de mais de 3 mil publicações, apenas 37 artigos atendiam aos critérios preestabelecidos (VILAS BOAS, 2012, p. 47-55), trazendo uma discussão envolvendo a História e Filosofia da Ciência (HFC) no Ensino de Ciências e tendo a Natureza da Ciência (NdC) como elemento importante da pesquisa relatada.

Considerando os argumentos presentes na literatura (que serão apresentados no capítulo 4), enaltecendo a importância e os benefícios para o aprendizado científico que a inclusão, no ensino, de questões relacionadas à HFC ou à NdC pode propiciar, a quantidade de artigos encontrados naquela pesquisa foi um tanto quanto decepcionante, ainda mais levando em conta que a grande maioria eram estudos teóricos ou então propostas de como poderiam ser feitas as discussões ou levantamento de concepções sobre NdC, e poucos relatavam resultados de atividades feitas em salas de aula. Naquele momento, já considerando a NdC um conhecimento relacionado à HFC e com fins educacionais (conforme será discutido no capítulo 4), surgiu então o questionamento: será que a NdC está sendo, de fato, ensinada? Se sim, como? Se não, por quais motivos?

Por algum tempo essa dúvida permaneceu latente, e durante a elaboração do projeto de doutoramento ela foi retomada, e reformulada para: a NdC está sendo ensinada pelos professores do Ensino Básico? Por ocasião dos estudos e demais atividades realizadas durante a pós-graduação (que serão relatados no próximo capítulo), percebeu-se que essa dúvida se tratava de um problema geral de pesquisa, e que para dar o devido delineamento que o projeto precisava, se fazia necessária à elaboração de uma questão básica de pesquisa a partir desse problema. Esta tese é fruto da investigação realizada em torno da seguinte questão básica: **quais são as percepções dos pesquisadores brasileiros e portugueses a respeito do ensino da Natureza da Ciência nas salas de aula da educação básica?**

Para responder a essa questão, recorreu-se a entrevistas com pesquisadores: no caso do Brasil, docentes universitários que eram líderes de grupos de pesquisa (cadastrados no Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq) que continham

uma linha de pesquisa que relacionasse HFC ou NdC ao ensino de ciências; e no caso de Portugal, pesquisadores, que também eram docentes universitários, com experiência (comprovada pelo currículo) tanto na formação de professores quanto em investigações que relacionem História da Ciência (HC), HFC ou NdC ao ensino. As transcrições das entrevistas foram analisadas de acordo com as orientações da Análise Textual Discursiva, de Moraes e Galiazzi (2007).

Em função das peculiaridades dos diferentes contextos, brasileiro e português, nos quais foi realizada esta pesquisa, esta tese está estruturada de uma maneira diferente do usualmente encontrado. No próximo capítulo, serão apresentadas as justificativas para tal estrutura.

No capítulo 3 são discutidos alguns referenciais teóricos a partir dos quais é possível construir uma compreensão sobre como a ciência se desenvolve. Primeiro, a partir dos conceitos de paradigma, ciência normal e comunidade científica, de Kuhn (2009), cuja obra que inaugurou o campo de estudos da HFC como é conhecido atualmente. Depois, pela discussão dos problemas e tradições de pesquisa que Laudan (2011) usa para explicar o progresso científico. Em seguida, pelas orientações do programa forte da Sociologia da Ciência (SC), de Bloor (2009), que busca explicar o desenvolvimento da ciência por meio dos fatores sociais. Por fim, a abordagem dos estudos científicos, de Latour (2000, 2001), que faz uma crítica aos modelos anteriores e se apresenta como uma alternativa a todos eles.

No capítulo 4 são apresentados os argumentos em favor da inserção de discussões sobre HFC e sobre NdC no ensino de ciências, bem como algumas definições sobre o que é a NdC, mostrando-a como um conhecimento derivado da HFC, da SC e dos estudos científicos.

Nos capítulos 5 e 6 são apresentados os resultados das pesquisas realizadas nos contextos brasileiro e português, respectivamente, em formato de artigo científico.

Por fim, no capítulo 7, são retomadas todas as etapas da pesquisa a fim de sintetizar os resultados, tecer algumas reflexões sobre todo o processo de pesquisa, e sobretudo esboçar uma compreensão das questões propostas à luz de uma tentativa de comparação entre os resultados encontrados em cada um dos contextos investigados.

2 JUSTIFICATIVAS

Este capítulo tem a intenção de apresentar as justificativas para as várias opções metodológicas e estruturais desta tese. Para tanto, se faz necessária a descrição da trajetória (acadêmica e pessoal) de seu autor durante o desenvolvimento da pesquisa, em sequência cronológica. Por conta disso, optou-se, excepcionalmente para este capítulo, por uma escrita em primeira pessoa.

Começarei descrevendo o processo reflexivo que culminou na elaboração da questão básica de pesquisa. Depois em função da oportunidade da realização de um estágio de pesquisa (doutorado sanduíche) no exterior, descreverei as adaptações feitas no projeto e suas diferenças em relação ao que estava proposto para ser feito no Brasil. Por fim, justificarei a opção por apresentar as análises em formato de artigo científico.

No capítulo anterior mencionei minha pesquisa de mestrado e que ao final dela fiquei em dúvida, devido aos dados levantados, se a NdC estaria de fato sendo ensinada.

Ao elaborar o projeto de doutorado, retornei a essa dúvida, tornando-a um pouco mais específica, pois eu queria saber sobre ensino da NdC praticado pelos professores do ensino fundamental e médio, ou seja, do ensino básico. Assim foi formulado o problema: “a NdC está sendo ensinada pelos professores do Ensino Básico?” Pouco tempo depois, percebi que essa formulação do problema, por permitir respostas simples como “sim, a NdC está sendo ensinada” ou “não, a NdC não está sendo ensinada”, não representava, de fato, a minha inquietação, pois o que eu queria saber era “como a NdC estava sendo ensinada” ou “por que a NdC não estava sendo ensinada” pelos professores nas salas de aula da Educação Básica.

No entanto, para além desses questionamentos, era necessário também decidir de que maneira eles poderiam ser investigados. A princípio, me vieram à mente algumas possibilidades: fazer observações ou estudos de caso acompanhando aulas de alguns professores de uma determinada escola ou de um grupo de escolas de uma região; ou elaborar um roteiro para entrevistar um determinado número de professores; ou aplicar um questionário em um quantitativo maior de professores. Em todos esses casos, as respostas às perguntas propostas estariam limitadas a um contexto local: uma escola, ou um grupo de escolas, ou um grupo de professores, situados em determinada cidade ou região. Por algum motivo, isso me causava um certo incômodo, pois eu queria ter uma visão de um contexto maior, mais amplo.

Foi então que, por conta das leituras que estava fazendo, e da participação das reuniões do Grupo de Pesquisa em Ensino de Ciências e Educação Matemática (EDUCIM), vinculado ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Educação Matemática (PECEM) da Universidade Estadual de Londrina (UEL), pude perceber que os questionamentos que até então eu estava propondo para minha pesquisa se tratavam, de fato, de problemas gerais de pesquisa, pois ainda que eles apresentassem uma situação problema, não indicavam alguma estratégia para buscar respostas, motivo pelo qual era necessária a elaboração de uma questão básica de pesquisa.

Ao observar a dinâmica das discussões no EDUCIM – nas quais os colaboradores não só apresentavam suas pesquisas em andamento, como também, ao fazerem comentários nas apresentações dos colegas, acabavam por expressar suas percepções sobre os temas discutidos e relatar algo sobre suas experiências profissionais como professores – eu encontrei a inspiração que precisava, e defini então qual estratégia utilizar: entrevistar líderes de grupos de pesquisa que trabalhem com a NdC e o Ensino de Ciências. Com isso, consegui elaborar a primeira versão de minha questão básica de pesquisa: quais são as percepções dos líderes de grupo de pesquisa brasileiros respeito do ensino da Natureza da Ciência nas salas de aula da educação básica?

Com tais entrevistas seria possível apresentar respostas à questão de pesquisa sob a ótica de um contexto mais amplo, afinal cada líder de grupo poderia falar a respeito da realidade de sua região de atuação, com base tanto em seu contato direto com as escolas, com os professores e com as salas de aula, como também com base naquilo que vivencia no grupo, abrangendo as experiências compartilhadas pelos seus colaboradores.

Tomadas tais decisões, iniciei então o trabalho de definir os critérios adotados para seleção de quais líderes de grupo de pesquisa poderiam ser entrevistados (a descrição de tais critérios e de como as entrevistas foram realizadas constam no capítulo 5 desta tese, que trata dos resultados da pesquisa realizada no Brasil).

Eu estava nessa etapa da pesquisa, quando fiz uma interrupção/pausa de duas semanas para viajar, por motivo de férias, que já estavam planejadas há meses, para Portugal. Foi durante essa viagem que fiquei sabendo que o PECEM havia sido contemplado com uma bolsa do Programa de Doutorado Sanduíche no Exterior (PDSE) da CAPES, e decidi tentar concorrer a essa bolsa. Com a ajuda de alguns colegas do grupo EDUCIM, consegui o contato de uma pesquisadora portuguesa que, na época, já era colaboradora do grupo de pesquisa, tendo recebido uma estudante pelo PDSE no ano anterior. Aproveitei que já estava em terras

portuguesas e fiz contato com a Prof.^a Dr.^a Nilza Maria Vilhena Nunes da Costa, da Universidade de Aveiro, marcando um encontro para eu me apresentar, mostrar minha proposta de pesquisa e verificar a possibilidade dela ser minha co-orientadora na parte da pesquisa a ser realizada em Portugal.

A reunião foi muito proveitosa, a Prof.^a Nilza achou interessante o que eu já havia feito no mestrado e gostou do projeto de doutoramento que já estava em andamento no Brasil, sugeriu algumas adaptações para viabilizar a realização da parte da pesquisa a ser feita em Portugal, e aceitou ser minha co-orientadora. Ficou acordado, ainda, que caso eu fosse contemplado com a bolsa, ao final do estágio de pesquisa, antes do retorno ao Brasil, deveria entregar uma versão preliminar de um artigo científico contendo as análises dos dados coletados em Portugal.

A principal adaptação feita no projeto dizia respeito a quem seria entrevistado. Segundo a Prof.^a Nilza, eu encontraria poucos pesquisadores portugueses que trabalham com pesquisas em ensino de ciências, e menos ainda que trabalham com questões relacionadas à NdC junto do ensino de ciências, portanto, provavelmente não seria possível encontrar em Portugal grupos de pesquisa cuja dinâmica do funcionamento interno se assemelhasse aos brasileiros. Por esse motivo, ao invés de entrevistar líderes de grupos de pesquisa, na investigação feita em Portugal eu entrevistaria pesquisadores que, além de docentes universitários, possuíssem experiência tanto na formação de professores de ciências quanto na investigação de questões que relacionassem a NdC ao ensino de ciências.

Com o projeto adaptado para o doutorado sanduíche, me inscrevi no processo seletivo e fui contemplado com uma bolsa de seis meses para realizar minha pesquisa em Portugal. Por conta disso, a questão básica de pesquisa desta tese teve que ser reescrita, de maneira que pudesse abranger ambos os contextos de investigação, brasileiro e português, chegando então à sua forma final, conforme enunciado no capítulo anterior: quais são as percepções dos pesquisadores brasileiros e portugueses a respeito do ensino da Natureza da Ciência nas salas de aula da educação básica?

Enquanto o período do estágio de pesquisa em Portugal não chegava, continuei realizando minha pesquisa no Brasil. Já havia selecionado os grupos de pesquisa que atendiam aos critérios definidos, e estava entrando em contato com seus líderes e realizando as entrevistas virtualmente, usando o aplicativo de ligações via internet denominado Skype.

Quando faltavam três meses para a viagem, descobri que minha esposa estava grávida, e como ela iria me acompanhar durante meu doutorado sanduíche, e a data prevista

de nascimento de minha filha coincidia com o período que estaríamos em Portugal, entrei em contato com Prof.^a Nilza e ela concordou em reduzir a duração do estágio para quatro meses (para que eu e minha esposa pudéssemos retornar ao Brasil antes do parto), entendendo que ainda seria possível realizar a investigação planejada nesse período menor. Meu orientador no Brasil, Prof. Dr. Marcos Rodrigues da Silva, concordou com tal alteração. Submeti a nova documentação à CAPES que aprovou a redução do período solicitada.

Durante os quatro meses de doutorado sanduíche em Portugal, na Universidade de Aveiro, sob orientação da Prof.^a Nilza, realizei sete entrevistas com pesquisadores portugueses, todas elas pessoalmente, viajando até as universidades em que trabalhavam ou encontrando-os em algum evento que estavam participando.

Eu já havia sido alertado pela Prof.^a Nilza, desde nosso contato inicial, que o contexto educacional português era muito diferente do contexto educacional brasileiro. Já em Portugal, por conta de as entrevistas terem acontecido presencialmente (e não virtualmente como no caso do Brasil), pude ter uma conversa informal com cada pesquisador entrevistado, antes iniciar a gravação da entrevista, quando eles também comentaram sobre essas diferenças. A seguir, cito algumas delas, a título de exemplo:

- Enquanto a população brasileira está em crescimento (PORTAL BRASIL, 2017), a portuguesa está decrescendo (DIÁRIO DE NOTÍCIAS, 2017).
- No Brasil tínhamos em 2015 entre 35 e 45 alunos por turma no final do Ensino Fundamental (EF) e entre 40 e 50 alunos por turma no Ensino Médio (EM) (REVISTA EDUCAÇÃO, 2015). Já em Portugal, entre 2013 e 2016, o número de alunos por turma não ultrapassou 30 (RAMOS; FÉLIX; PERDIGÃO, 2016).
- Enquanto no Brasil há um déficit de professores em praticamente todas as áreas (SALDAÑA, 2017), em Portugal vem ocorrendo uma redução do quadro docente, também devido a questões demográficas (CRISTO, 2017).

Ao regressar ao Brasil após a finalização do estágio de pesquisa do doutorado sanduíche, no início de agosto de 2017, eu tinha em mãos a versão preliminar de um artigo contendo os resultados da pesquisa em Portugal, e as transcrições das entrevistas feitas no Brasil, ainda em etapa inicial da análise. Além disso, contava ainda com um dilema: como agregar, numa mesma tese, duas pesquisas que, apesar de trabalharem com a mesma questão, foram realizadas em contextos muito distintos e, portanto, não poderiam ter seus dados analisados conjuntamente?

Tendo em vista esses dois aspectos, optei então por escrever as análises da parte da pesquisa realizada no Brasil também em formato de artigo científico, e compor a tese por esses dois artigos independentes, um do contexto brasileiro e outro do contexto português, cada um representando um capítulo da tese (capítulos 5 e 6).

A vantagem de se apresentar a tese nesse formato, segundo Thomas, West e Rich (2016, p. 84), é o fato de sua disseminação se tornar mais fácil por já apresentar seus capítulos em formato de artigos prontos para submissão e de permitir que o estudante adquira experiência na produção de artigos que são o tipo de produção mais valorizada na área. Por outro lado, em função da limitação que os periódicos impõem quanto à extensão dos artigos, é natural que as revisões bibliográficas sejam mais curtas, o que pode ser um ponto negativo para esse formato de apresentação de tese.

Para sanar tal problema, foram escritos dois capítulos de revisão bibliográfica. O capítulo 3, com intuito de apresentar alguns exemplos de modelos teóricos, oriundos de diferentes áreas do conhecimento que buscam a compreensão do desenvolvimento da ciência. E o capítulo 4, para trazer definições de NdC, mostrando-a como um conceito derivado do conhecimento produzido pelas áreas citadas no capítulo 3, e para descrever os argumentos favoráveis à presença da NdC no ensino de ciências. Por fim, após os dois artigos que figuram nos capítulos 05 e 06, a fim de concluir a tese, são feitas algumas reflexões sobre todo o processo de pesquisa, sobretudo buscando responder a questão proposta à luz de uma tentativa de comparação entre os resultados encontrados em cada um dos contextos investigados.

3 ALGUMAS MANEIRAS DE COMPREENDER A CIÊNCIA

Neste capítulo apresentaremos alguns modelos teóricos por meio dos quais é possível compreender o desenvolvimento da ciência. Como será mostrado no capítulo 4, o conceito de NdC está diretamente relacionado a isso. Portanto, para um bom entendimento do conceito de NdC, é importante o estudo de alguns referenciais teóricos como os que serão discutidos neste capítulo.

Em primeiro lugar, falaremos um pouco sobre os conceitos de paradigma, ciência normal e comunidade científica presentes na influente obra (publicada pela primeira vez em 1962) *A Estrutura das Revoluções Científicas* de Thomas S. Kuhn (2009), na qual ele apresentou uma nova maneira de interpretar o desenvolvimento da ciência, que implicou grandes mudanças para profissionais da História, da Filosofia e da Sociologia da Ciência, e de várias outras áreas acadêmicas (MATTHEWS, 2015, p. 113).

Na sequência, adentramos um pouco no campo da Filosofia da Ciência (FC) para falar da concepção de problemas, de tradições de pesquisa e de progresso científico a partir da obra de Larry Laudan (2011).

A terceira abordagem para compreensão do desenvolvimento da ciência a ser apresentada é o *programa forte* da Sociologia da Ciência (ou Sociologia do Conhecimento) (SC) de David Bloor (2009), que busca explicar o progresso da ciência por meio de elementos sociais, psicológicos e políticos, questionando a racionalidade que os filósofos atribuem a esse progresso.

Por fim, como uma alternativa à dicotomia entre estas duas formas de entender o desenvolvimento da ciência, uma (Laudan) totalmente pautada na racionalidade e nos elementos “internos” da ciência, e outra (Bloor) centrada nos elementos “externos” da ciência e na crítica a essa racionalidade, apresentamos a abordagem de Bruno Latour (2000, 2001), cujo modelo não diferencia elementos internos e externos, sendo tudo de igual importância para uma plena compreensão do que é a ciência e a tecnologia, e o seu desenvolvimento histórico.

3.1 PARADIGMA, CIÊNCIA NORMAL E COMUNIDADE CIENTÍFICA

A clássica obra de Thomas Kuhn, *A estrutura das revoluções científicas*, publicada pela primeira vez em 1962, se tornou um marco nos estudos sobre como o

desenvolvimento científico ocorre, principalmente, talvez, pela forma como ele articula a HC com a FC de uma forma que a história passa a ter muito mais importância.

Kuhn inicia sua obra criticando a imagem de ciência até então presente nos livros didáticos: uma ciência a-histórica, cujos conteúdos resultam de métodos precisos de coleta de dados articulados a operações lógicas, cujo desenvolvimento se dá pela acumulação de fatos, teorias e métodos. Para esse tipo de ciência, resta ao historiador o papel de, por um lado, reunir tais fatos, teorias, leis e métodos, e determinar quando e quem foi que os descobriu ou inventou, e por outro lado, descrever e explicar mitos, erros, superstições e tudo o que atrapalhou essa acumulação e atrasou o desenvolvimento científico (KUHN, 2009, p. 19-20).

No entanto, determinar quando o oxigênio foi descoberto ou quem concebeu primeiro a conservação de energia, por exemplo, se tornava cada vez mais difícil à medida que mais informações históricas eram obtidas. Pelo mesmo motivo, distinguir mitos, erros e superstições do “científico” também era difícil, pois se os conhecimentos obsoletos fossem chamados de mitos, “então os mitos podem ser produzidos pelos mesmos tipos de métodos e mantidos pelas mesmas razões que hoje conduzem ao conhecimento científico”, e se fossem chamados de ciência, “então a ciência inclui conjuntos de crenças totalmente incompatíveis com as que hoje mantemos” (KUHN, 2009, p. 21). Em função de tais dificuldades, o trabalho dos historiadores da ciência, sem que eles percebessem, passou a dar atenção a novas questões, não-cumulativas, como por exemplo apresentar a integridade histórica de uma ciência a partir de sua própria época.

A teoria de Kuhn possui dois conceitos centrais, *ciência normal* e *paradigma*, a partir dos quais deriva a ideia de *comunidades científicas*, por meio das quais o desenvolvimento histórico da ciência pode ser compreendido. A ciência normal é a atividade empreendida pela maioria dos cientistas na maior parte do tempo, baseada em realizações científicas passadas que são reconhecidas pela comunidade científica por proporcionar os fundamentos de suas práticas. Tais realizações, que incluem leis, teorias, aplicações e instrumentação, proporcionam os modelos a partir dos quais os cientistas podem compreender o mundo, e são o que compõe aquilo que Kuhn chama de paradigma (KUHN, 2009, p. 24-30).

No período anterior ao estabelecimento de paradigmas, em que uma ciência natural está em seu período embrionário, cada cientista precisa fazer a reconstrução teórica de seu campo, apresentando e justificando seus fundamentos e quais fenômenos (ou aspectos deles) devem ser observados. É um período em que diversas teorias competem pela melhor explicação dos fenômenos, e que a coleta de dados preza pela riqueza e diversidade, visto não

haver um paradigma que oriente uma observação focada e específica. Assim foi, por exemplo, com os estudos da eletricidade no início do século XVIII: um grupo de teorias pressupunha um fluido elétrico que circula nos condutores e tinha dificuldades para explicar efeitos de atração e repulsão; outro grupo de teorias concebia um eflúvio emanado de certos corpos por fricção, explicando a geração e atração elétrica, a repulsão como efeito secundário, e apenas efeitos mais simples da condução. Uma teoria que lidava, até certo ponto, com ambas as classes de fenômenos, se mostrando melhor que suas concorrentes e se estabelecendo como paradigma, veio com Franklin e seus sucessores (KUHN, 2009, p. 33-38).

Um paradigma representa, portanto, uma promessa, uma expectativa de maior sucesso na resolução de problemas, em torno do qual um grupo (uma comunidade científica) passa a empreender-se em trabalhos mais específicos, esotéricos e extenuantes, que vão aprimorar e dar mais rigidez ao paradigma. Foi instaurada a ciência normal. Os cientistas não mais precisarão, em cada trabalho, definir e justificar seu campo de trabalho, seus princípios, seus conceitos, seus métodos (KUHN, 2009, p. 38-40).

O paradigma pode ter resolvido a disputa entre teorias se mostrando como a melhor opção explicativa para os fenômenos, e unificado, com isso, um grupo de cientistas em torno de seus modelos e métodos padronizados, mas “ser bem sucedido não significa ser totalmente bem sucedido com um único problema, nem notavelmente bem sucedido com um grande número” (KUHN, 2009, p. 43-44). Conforme já exposto, o paradigma é a promessa de sucesso em novos problemas relacionados aos fenômenos a que se refere. A atualização dessa promessa é ciência normal, que vai expandir o alcance do paradigma, aumentar a correlação entre fatos e previsões do paradigma, a partir de uma investigação detalhada e aprofundada de uma pequena parcela da natureza, que sem a orientação do paradigma seria inimaginável (KUHN, 2009, p. 44-45).

Para Kuhn (2009), a ciência normal possui três focos, nem sempre nem permanentemente distintos. O primeiro deles, a “classe de fatos que o paradigma mostrou ser particularmente reveladora da natureza das coisas” (p. 46), diz respeito à pesquisa para aumentar a acuidade e a extensão do conhecimento dos fatos aos quais o paradigma se refere. Muitas vezes, complexos e engenhosos aparelhos são projetados para tais fins (por exemplo: síncroton e radiotelescópios), e demandaram talento e tempo por parte dos cientistas, além de um considerável respaldo financeiro. Como resultado de tais esforços, na química, por exemplo, foram determinados “os pesos de composição e combinação, pontos de ebulição e a acidez de soluções, as fórmulas estruturais e as atividades ópticas” (p. 46).

O segundo foco “diz respeito àqueles fenômenos que, embora frequentemente sem muito interesse intrínseco, podem ser diretamente comparados com as previsões da teoria do paradigma” (KUHN, 2009, p. 46). Enquanto o primeiro foco traz problemas experimentais, o segundo alude a problemas teóricos: encontrar áreas que permitam comparar diretamente a teoria com a natureza. Isso requer aproximações teóricas e experimentais que, por um lado, limitam a concordância que se possa esperar e, por outro, exigem do cientista um imenso esforço, habilidade e imaginação. Por exemplo: somente um século após da publicação dos *Principia* de Newton foi inventado um aparelho (máquina de Atwood) que demonstrou inequivocamente a segunda lei de Newton (KUHN, 2009, p. 46-48).

O terceiro foco consiste no “trabalho empírico empreendido para articular a teoria do paradigma, resolvendo algumas de suas ambiguidades residuais e permitindo a solução de problemas para os quais ela anteriormente só tinha chamado a atenção” (KUHN, 2009, p. 48). Esse trabalho é o mais importante, e pode ser de três tipos: 1) determinação de constantes físicas, previstas pela teoria, mas com valor ainda não explícito, que exigem a concepção de aparelhos e/ou experimentos (por exemplo: constante gravitacional, número de Avogadro); 2) determinação de leis quantitativas cujo paradigma é um pré-requisito (por exemplo: lei de Boyle, lei de Coulomb); e 3) exploração de aspectos mais qualitativos do que quantitativos das regularidades da natureza, quando, ao contrário de (2), a dificuldade de aproximar a teoria da natureza não é experimental, mas sim teórica, quando o paradigma é ambíguo em sua aplicação a certos fenômenos estreitamente relacionados aos problemas para os quais ele foi desenvolvido, como é o caso, por exemplo, dos *Principia* de Newton, que apesar de ter unificado o mundo celeste do mundo terrestre nas mesmas leis, sua aplicabilidade prática era muito mais evidente para fenômenos celestes, ainda que houvesse problemas de precisão e de limitação conceitual (devido aos processos de idealização, como por exemplo desconsiderar a atração mútua entre planetas para calcular sua órbita em torno do Sol), e sua aplicação terrestre exigiu um grande esforço para sofisticar (ou mesmo reformular) matematicamente o paradigma e torna-lo menos equívoco (algo feito por Euler, Lagrange, Hamilton, Jacobi e Hertz, por exemplo) (KUHN, 2009, p. 48-55).

Segundo Kuhn (2009, p. 55), essas três classes de problemas (ou três focos) esgotam a literatura, empírica e teórica, da ciência normal.

Talvez a característica mais impressionante dos problemas normais da pesquisa que acabamos de examinar seja seu reduzido interesse em produzir grandes novidades, seja no domínio dos conceitos, seja dos fenômenos. Algumas vezes, como no caso da medição de um comprimento de onda, tudo é conhecido de antemão, exceto o detalhe mais esotérico (KUHN, 2009, p. 57).

Ainda que não busque novidades, a ciência normal, conforme mostrado em seus três focos, cria uma grande variedade de problemas que, mesmo tendo sua solução prevista pelo paradigma, a forma como ela é alcançada depende do cientista, que poderá “alcançar o antecipado de uma nova maneira” (KUNH, 2009, p. 59).

O paradigma, ao colocar critérios para a escolha de problemas, de certa forma acaba por separá-los em: dotados de uma solução possível; demasiado problemáticos para dispêndio de tempo; e rejeitados por serem metafísicos ou de outra disciplina. (KUHN, 2009, p. 60). Ao perscrutar a natureza, orientando-se pelo paradigma, com grande minúcia, o cientista pode se deparar com aparentes desordens que se colocarão como um desafio pessoal que exigirá habilidades, criatividade, engenhosidade, etc., e cuja vitória será um mérito próprio do cientista, que poderá ter resolvido um quebra-cabeças que ninguém tinha resolvido (pelo menos não tão bem) (p. 65), é por isso que Kuhn considera a ciência normal como uma atividade de resolução de quebra-cabeças.

No entanto, Kuhn adverte que, por mais que a ciência normal seja uma atividade altamente determinada, ela não é inteiramente determinada por um conjunto regras, pressupostos e pontos de vista compartilhados. Qualquer investigação histórica que pretenda analisar e descrever a evolução de uma tradição científica específica, terá muito mais dificuldade para identificar e isolar esse conjunto, do que para identificar o paradigma que orienta essa tradição. Isso acontece porque, ainda que a comunidade de cientistas concorde com identificação do paradigma que orienta suas pesquisas, não necessariamente estão em consenso quanto a interpretação e racionalização completa dele. Por exemplo: pode-se concordar que Einstein produziu uma solução aparentemente duradoura para um certo grupo de problemas, e ainda assim não haver um consenso sobre quais características específicas (o paradigma) tornam tais soluções duradouras (KUHN, 2009, p. 66-69).

Kuhn apresenta quatro razões que indicam que os paradigmas determinam a ciência normal sem necessariamente a intervenção de regras: 1) a própria pesquisa histórica tem dificuldade de encontrar um conjunto de regras explícitas que tenha guiado tradições científicas específicas; 2) em sua educação, os cientistas não aprenderam de forma abstrata e isolada, as teorias lhe foram apresentadas junto de suas aplicações a uma gama concreta de fenômenos naturais; 3) debates sobre métodos, problemas e padrões de solução são especialmente importantes em períodos pré-paradigmáticos, no início da aceitação do paradigma, e durante as revoluções científicas (quando os paradigmas são questionados e modificados profundamente, ou quando são abandonados em função de novos paradigmas), já

a ciência normal pode avançar na ausência de regras explícitas, particularmente enquanto a comunidade científica não questionar as soluções já obtidas, o que significa que o paradigma está seguro e funcionará sem a necessidade de discutir as razões de seu emprego; e 4) quando existem regras explícitas, elas geralmente são comuns a um grupo científico muito amplo, ao que não necessariamente ocorre com paradigmas, como é o caso, por exemplo, da comunidade constituída por todos os físicos, todos concordam e em algum momento usam as leis mecânica quântica para a pesquisa ou para o ensino, porém pequenas mudanças em práticas que se referem a uma aplicação específica não irá afetar a toda a comunidade, mas apenas àquela cuja especialização esteja a ela relacionada, isso porque a mecânica quântica é um paradigma para todos os físicos, mas não exatamente o mesmo para cada grupo específico (KUHN, 2009, p. 70-76).

Como já mencionado, a noção de *comunidade científica* é importante para entender como Kuhn explica o desenvolvimento histórico. Apesar de não termos feito uma discussão específica sobre ela, essa noção esteve presente durante toda a discussão: uma comunidade científica é formada por um grupo de cientistas que compartilham um mesmo paradigma e estão comprometidos, coletivamente, com uma determinada maneira de se praticar ciência, com determinados objetos de estudo. As comunidades se veem e são vistas como àqueles que perseguem um conjunto de objetivos comuns e possuem uma ampla rede de comunicação interna. Elas são as produtoras e legitimadoras do conhecimento científico (KUHN, 2009, p. 221-224)¹.

Enfim, podemos encerrar a discussão traçando um panorama, um quadro geral do desenvolvimento científico pela noção de progresso. Kuhn (2009, p. 203-205) vincula a definição de ciência ao progresso: considera-se científica uma área de estudos que apresente progresso. Assim, em períodos pré-paradigmáticos e períodos de revolução, devido competição entre diferentes candidatos a paradigma, tem-se dificuldades para se encontrar evidências de progresso, pois as próprias bases, objetivos e critérios das disciplinas envolvidas estão sendo questionadas. É quando um paradigma se estabelece, quando a ciência normal é instaurada, que a comunidade científica fica livre da necessidade de reexaminar seus fundamentos (visto ter sido aceito um paradigma comum a todos) e pode, com isso, concentrar todos os seus esforços em problemas esotéricos e sutis, o que implica em um

¹ No posfácio que Kuhn publicou em 1969, sete anos após a primeira publicação de *A estrutura das revoluções científicas*, ele busca esclarecer alguns mal-entendidos e ambiguidades da obra original. Nele, Kuhn faz uma pequena discussão na qual ele procura desvincular a noção de comunidade do conceito de paradigma, esboçando uma distinção entre aspectos sociológicos e científicos.

aumento de competência e eficácia na resolução de problemas por essa comunidade, fazendo esse campo progredir. Como consequência disso, há um isolamento da comunidade científica “frente às exigências dos não-especialistas e da vida cotidiana” (p. 206-208). Kuhn considera, inclusive, que uma “das leis mais fortes, ainda que não escrita, da vida científica é a proibição de apelar a chefes de Estado ou ao povo em geral quando se está em jogo um assunto relativo à ciência” (p. 212), pois para ele é justamente o fato de estar fechada em si mesma, isolada das dinâmicas sociais e das demandas do mundo externo à comunidade em si, que fazem com que determinada comunidade científica seja eficaz em fazer que seu campo de estudos progrida.

Mas ainda há outra forma da ciência progredir, que é via revoluções, quando durante o período de funcionamento da ciência normal, em determinado momento o paradigma passa ser questionado por uma parcela da comunidade, devido, a pequenas ambiguidades ou anomalias que vão ganhando cada vez mais relevância ou a problemas que o paradigma não consegue fornecer meios para uma solução, até chegar a um ponto em que a articulação do paradigma o altera substancialmente (tornando-o um novo paradigma) ou então que o paradigma tenha que ser abandonado em função da adoção um novo, parcialmente ou totalmente incompatível com o anterior, que surgiu como concorrente e se mostrou mais eficiente e promissor (KUHN, 2009, p. 125-145).

Na próxima seção, serão apresentados os conceitos básicos para o entendimento do progresso científico conforme propostos pela Filosofia da Ciência de Larry Laudan.

3.2 PROBLEMAS, TRADIÇÕES DE PESQUISA E PROGRESSO CIENTÍFICO

O modelo de compreensão da ciência elaborado por Larry Laudan (2011) visa apresentar uma racionalidade para o progresso científico, e consiste em regras metodológicas que permitam identificar a lógica que opera para que a ciência progrida.

Considerando a ciência como uma atividade de resolução de problemas, estes serão o foco do pensamento científico, e as teorias, seu produto final. Portanto, uma teoria ganha relevância e importância cognitiva à medida que se mostra capaz de solucionar problemas significativos, e não por ser verdadeira ou empiricamente comprovável (LAUDAN, 2011, p. 20-21).

Para um melhor exame das teorias científicas, Laudan classifica os problemas em duas espécies: empíricos e conceituais.

Os *problemas empíricos* são problemas de primeira ordem e se referem aos fenômenos do mundo real, ou pelo menos àquilo que se pensa que seja real, que precisam ser solucionados. Por exemplo: o problema da geração espontânea de larvas de inseto em carne deixada ao sol, da biologia do século XIX. Deve-se, ainda, ter o cuidado de não confundir fatos empíricos com problemas, o conhecimento dos primeiros pode (nem sempre irá) permitir a elaboração dos segundos, e aquilo que em uma época é um problema, em outra pode deixar de ser. Por exemplo: somente quando se tornou (foi descoberto ou inventado) um fato que o Sol é composto em grande parte por hidrogênio, é que puderam ser gerados problemas; sempre soube-se que as folhas são, em geral, verdes, mas isso só se tornou um problema que precisasse de explicação quando alguém decidiu que isso era importante. Por fim, Laudan alerta que os problemas empíricos não estão livres de teoria, pois toda observação do mundo é de alguma forma orientada por algum pressuposto ou concepção prévia (LAUDAN, 2011, p. 22-25).

São três os tipos de problemas empíricos: os não resolvidos, os anômalos, e os resolvidos. Parte do progresso da ciência consiste em transformar os dois primeiros em problemas resolvidos (LAUDAN, 2011, p. 26).

Os problemas não resolvidos são difíceis de serem reconhecidos, em parte devido à confiabilidade das medições (imprecisão e erros associados), e em parte porque, ainda que reconhecido, pode haver dúvida quanto ao domínio da ciência a que pertence (será um problema apenas para esse domínio): a perna do sapo que se contorce ao ser eletrificada era um problema da física, química ou biologia? Além disso, um problema empírico não resolvido pode ser uma ameaça para uma teoria, caso uma teoria alternativa consiga resolvê-lo (LAUDAN, 2011, p. 27-31)

Os problemas empíricos anômalos, por um lado, constituem objeções a uma teoria, mas não demandam, de imediato, o seu abandono, e por outro lado, não necessariamente são incompatíveis com essa teoria. Isso se dá porque a concepção de um experimento considera uma rede de teorias de tal maneira que não há como atribuir a anomalia a apenas uma delas, e também porque os dados em si possuem uma margem de erro e imprecisão que permitem o questionamento e o abandono dos dados ao invés da teoria (LAUDAN, 2011, p. 38-44). O peso das anomalias em desfavor das teorias depende não de sua quantidade, mas do grau epistêmico de ameaça que ele representa. Um determinante é o tempo que elas resistem às tentativas de resolução, não surpreende que novas descobertas representem anomalias, mas é preocupante caso perdurem ao tempo e às tentativas de resolvê-

las. Outro determinante vem da comparação entre teorias concorrentes, do grau de discordância dos resultados experimentais com suas predições (LAUDAN, 2011, p. 52-56).

A especificidade dos problemas anômalos é tanta, que sua resolução é uma

[...] das atividades cognitivamente mais significativas que um cientista pode praticar, [...] a conversão de anomalias em êxitos presta um duplo serviço: não só exhibe as capacidades de solução de problemas da teoria (o que a solução de qualquer problema fará), mas ao mesmo tempo elimina um dos maiores defeitos cognitivos que atingem a teoria (LAUDAN, 2011, p. 44).

Um problema empírico pode ser considerado resolvido quando os cientistas acreditam que compreendem por quê a situação proposta pelo problema é como é, e conseguem extrair da teoria uma declaração, ainda que aproximada, sobre o problema. Vale ressaltar que não é preciso afirmar que uma teoria é verdadeira porque ela resolveu um problema empírico. Uma solução pode ser perfeitamente adequada em determinado momento e já não ser em outro. Por exemplo: Ptolomeu resolveu o problema dos movimentos retrógrados dos planetas independentemente da aceitação ou não da teoria dos epiciclos como verdadeira; e a solução aristotélica para a queda dos corpos foi aceita por milênios, até Galileu e outros a considerarem inadequada. Há ainda outra situação: quando mais de uma teoria resolve um problema, e sabendo que não há uma semelhança de exatidão entre dados teóricos e experimentais, é o grau de aproximação entre eles que torna uma teoria melhor que outra (LAUDAN, 2011, p. 32-38).

Para ponderar logicamente a importância dos problemas resolvidos frente às teorias, Laudan (2011, p. 46-52) lista sete critérios:

- 1) Inflação de problemas por solução: um problema resolvido por uma teoria ganha importância e implica em outras teorias de sua área a necessidade de resolvê-lo ou justificar sua não resolução.
- 2) Inflação de problemas por solução anômala: um problema que se revelou anômalo ou resistente a ser solucionado. A teoria que resolvê-lo terá fortes argumentos a seu favor.
- 3) Inflação de problemas por construção arquetípica: há situações empíricas que as teorias indicam serem primárias ou básicas, às quais outros processos da área devem ser reduzidos. Por exemplo: Franklin tornou a garrafa de Leyden um caso arquetípico de eletrificação, transformando-o de uma simples curiosidade para um problema de maior importância.
- 4) Ponderação dos problemas por generalidade: quando um problema p' é mais geral que outro p , qualquer solução de p' constitui uma solução de p , mas não o contrário. Por ser mais geral, p' é mais importante.

5) Deflação de problemas por dissolução: quando alguma mudança ontológica pode implicar que certos problemas desapareçam de determinado campo, fazendo com que percam importância.

6) Deflação de problemas por modificação de área: quando um problema perde importância ou muda de área. Por exemplo: com a especialização dos conhecimentos da óptica, problemas relativos ao olho e à visão foram transferidos para a fisiologia ou psicologia da visão.

7) Deflação de problemas por modificação do arquétipo: perda de importância dos problemas por serem casos arquetípicos de uma teoria que foi abandonada.

A segunda espécie de problemas, os *problemas conceituais*, são questões de ordem superior que se referem à estrutura interna das teorias, concebidas para oferecer soluções às questões de primeira ordem (os problemas empíricos). Por exemplo: a teoria ptolomaica resolvia o problema empírico dos movimentos celestes, mas era criticada pelos seus fundamentos conceituais (os excêntricos, equantes e epiciclos) (LAUDAN, 2011, p. 63-68).

O primeiro tipo de problemas conceituais são os internos, associados a incoerências, ambiguidades e circularidades dentro da teoria. Com o desenvolvimento e a articulação da teoria, geralmente são resolvidos ou, em alguns casos, podem ser aceitos. Alguns, no entanto, podem exigir uma grande alteração na teoria ou até mesmo seu abandono. Por exemplo: as partículas contiguantes postuladas por Faraday, para evitar o conceito de ação à distância, foram um problema conceitual que ele resolveu com sua teoria do campo elétrico (LAUDAN, 2011, p. 69-71).

O segundo tipo de problemas conceituais são os externos. Historicamente eles são os que desempenham, ao lado das anomalias empíricas, papel mais importante na avaliação de teorias e no progresso da ciência. Podem estar relacionados a tensões ou conflitos entre teorias rivais, ou à inaceitabilidade conjunta entre teorias (quando embora compatíveis, a aceitação de uma torna menos plausível que a outra seja aceitável), ou quando surge uma nova teoria que deveria reforçar outra (T explica parte de T_1), mas acaba por ser meramente compatível (T nada implica em relação a T_1) (LAUDAN, 2011, p. 71-76).

Os problemas conceituais são resolvidos pela superação das dificuldades que os geram. Para Laudan, há três classes de dificuldades: intracientíficas, normativas e relacionadas à visão de mundo.

As dificuldades intracientíficas referem-se à tensão entre duas teorias incompatíveis ou incoerentes entre si. Quando teorias de uma área dependem de teorias de

outra área e há alguma incompatibilidade, a solução é, ou rejeitar uma delas e criar uma teoria alternativa para substituí-la, ou aguardar o surgimento de uma nova teoria que poderá conciliá-las ou implicar o abandono de ambas. Por exemplo: a cronologia da Terra era incompatível entre biólogos e geólogos de um lado, e físicos do outro, e sua solução veio com a descoberta da radioatividade, que não exigiu o abandono de nenhuma delas (LAUDAN, 2011, p. 78-81).

As dificuldades normativas referem-se à tensão por incompatibilidade entre metodologias vigentes e as teorias científicas. Por exemplo: no início do século XVIII a metodologia vigente era indutivista, porém as partículas e fluidos que estavam sendo postulados nas teorias elétricas, caloríficas e químicas não tinham como ser inferidas por indução, mas como resolviam uma grande variedade de problemas, não foram abandonadas, o que implicou em uma mudança normativa, a criação do método hipotético-dedutivo (LAUDAN, 2011, p. 81-86).

As dificuldades relacionadas à visão de mundo são as incompatibilidades entre as teorias científicas, de um lado, e a Filosofia, ou a Teologia, ou teorias sociais, do outro. Esse tipo de dificuldade por vezes costuma perdurar e não ser solucionado (pois a ciência, confiante em si mesma, pode considerar que isso não valha a pena), ou então terminar com a adaptação ou alteração da teoria ou da visão de mundo. Por exemplo: a teoria Newtoniana reduz o cosmos a um funcionamento automático, contrariando a função divina de preservar e manter coeso o universo (LAUDAN, 2011, p. 86-91).

Discutidos as espécies problemas e suas relações com as teorias, Laudan passa então a discutir as teorias em si, que ele divide em dois tipos. O primeiro, mais pontual, reúne um conjunto específico de doutrinas (hipóteses, axiomas ou princípios) para previsões experimentais e explicações pormenorizadas de terminados fenômenos bem definidos (por exemplo: equações de Maxwell, efeito fotoelétrico de Einstein). O segundo, mais abrangente, que Laudan chama de *tradições de pesquisa*, congrega doutrinas e suposições mais gerais que envolvem várias teorias que compartilham dos mesmos pressupostos ontológicos e metodológicos (por exemplo: teoria da evolução, teoria quântica) (LAUDAN, 2011, p. 99-102).

O entendimento da lógica do progresso científico demanda uma compreensão sobre as tradições de pesquisa.

“Uma tradição de pesquisa é um conjunto de suposições acerca das entidades e dos processos de uma área de estudo e dos métodos adequados a serem utilizados para

investigar os problemas e construir as teorias dessa área do saber” (LAUDAN, 2011, p. 115). Dessa maneira, pode-se distinguir e entender as relações entre teorias e tradições de pesquisa.

Uma teoria articula uma ontologia com leis específicas, ela faz explicações, é preditiva e testável, ela resolve problemas. Uma tradição de pesquisa especifica uma ontologia geral sobre a natureza, que define o que pode ser tido como problema e estipula seu domínio, e especifica uma metodologia geral, que são os meios para resolver os problemas, ela determina (pelos postulados de sua ontologia e metodologia) o tipo de teoria que pode e que não pode ser desenvolvida em seu interior, ela contém as diretrizes para modificação ou transformação de suas teorias para incrementar a capacidade de solucionar problemas. É possível, inclusive, que uma teoria, conforme vai se modificando, se desvincular da tradição que a inspirou ou justificou e ser absorvida por uma nova tradição ou ainda ela mesma se tornar uma tradição. Por exemplo: Clausius mostrou que a teoria termodinâmica podia se desvincular a tradição caloricista e ser absorvida pela tradição cineticista (LAUDAN, 2011, p. 115-134).

Assim como as teorias (mas de uma forma diferente), as tradições de pesquisa também podem evoluir com o tempo, pela apropriação, abandono, criação ou modificação de suas teorias, ou pela mudança de alguns de seus elementos (ontológicos ou metodológicos), desde que sejam preservados certos elementos considerados centrais pelos cientistas que constituem essa tradição. Porém, com essa evolução, com a descoberta de novos fenômenos e o surgimento de novos problemas, o que é considerado central na tradição (e que de permanecer inalterável) pode mudar. O aspecto mais importante para compreender a evolução ou progressão temporal da tradição é sua continuidade histórica. Somente o abandono desses elementos centrais significa o abandono da tradição (LAUDAN, 2011, p. 135-142).

Também como as teorias, há momentos na HC dominados por uma única tradição de pesquisa, e momentos que várias tradições coexistem, seja competindo para se mostrarem melhores e derrotarem suas concorrentes, ou seja amalgamando-se umas às outras conforme progridem. Nesse último caso, elas podem fundir-se, mantendo os elementos centrais de ambas, ou ambas serem rejeitadas devido ao surgimento de uma nova tradição que repudie certos elementos de ambas (LAUDAN, 2011, p. 145-147).

No cenário de competição entre tradições, Laudan (2001) aponta que elas podem ser avaliadas por dois critérios. O primeiro, progresso geral, compara “a adequação dos conjuntos de teorias que constituem a tradição mais antiga com as que constituem as versões mais recentes da tradição e pesquisa” (p. 150). O segundo, taxa de progresso, procura-se

identificar “as mudanças na adequação momentânea da tradição de pesquisa durante determinado espaço de tempo” (p. 151). O mais comum na HC tem sido a aceitação de tradições com maior progresso geral. Mas se uma tradição apresenta alta taxa de progresso momentâneo, é racional que um cientista dedique parte de seu tempo a explorar essa nova tradição, e isso é o que costuma ocorrer em períodos revolucionários, quando certas tradições são abandonadas e novas tradições são instauradas (p. 152-160).

Concluindo, a ideia do progresso científico, para Laudan, envolve a discussão sobre a lógica das relações entre os problemas, teorias e tradições de pesquisa. A ciência progride na medida em que, por meio da complexidade de tais relações, se torna capaz de resolver cada vez mais problemas.

A seguir, trazemos as ideias de David Bloor, da Sociologia do Conhecimento, como um contraponto para as ideias da Filosofia da Ciência apresentadas nessa seção.

3.3 O PROGRAMA FORTE DA SOCIOLOGIA DA CIÊNCIA

Muitos sociólogos acreditam que a SC não pode investigar e explicar o conteúdo e o conhecimento científicos, que este não está ao seu alcance por ser distinto das circunstâncias ao redor de sua produção e, com isso, limitam suas preocupações relacionadas à ciência ao seu “quadro institucional e aos fatores externos relacionados ao ritmo ou à direção de seu crescimento” (BLOOR, 2009, p. 16).

Para Bloor (2009, p. 16-17), a “causa da hesitação em trazer a ciência para o âmbito de um escrutínio cabalmente sociológico é a falta de vigor e vontade”, e o programa forte, interessado justamente nisso, busca combater os argumentos que causam tal falta de vontade.

O conhecimento, para os sociólogos, é tudo que as pessoas consideram como conhecimento, e seu interesse está naqueles assumidos como certos, nos institucionalizados, e naqueles investidos de autoridade por grupos de pessoas. Por isso, a

[...] sociologia do conhecimento concentra-se na distribuição da crença e nos vários fatores que a influenciam. Por exemplo: como o conhecimento é transmitido, quão estável ele é, que processos intervêm na sua criação e manutenção, e como ele é organizado e distribuído em diferentes disciplinas ou esferas? [...] Seu interesse será o de localizar regularidades e princípios ou processos gerais que estiverem em operação no campo de seus dados. O objetivo será o de construir teorias que expliquem tais regularidades (BLOOR, 2009, p. 18).

Para isso, tais teorias devem fornecer o mesmo tipo de explicação, seja para crenças verdadeiras ou falsas, da mesma forma que, por exemplo, a Fisiologia explica o organismo saudável e doente, ou a mecânica explica as máquinas que funcionam e as que não, as pontes que caem e as que ficam em pé (BLOOR, 2009, p. 18).

Para tanto, a SC deve aderir a quatro princípios, que são a base do programa forte, segundo Bloor (2009, p. 21):

- 1) Causalidade: são as condições que geram crenças ou estados de conhecimento, podendo haver, inclusive, contribuições de outras causas além das sociais;
- 2) Imparcialidade: ambos os lados das dicotomias devem ser explicados, verdadeiro e falso, racional e irracional, sucesso e fracasso;
- 3) Simetria: os mesmos tipos de causas, o mesmo estilo de explicação deverá ser feito para ambos os lados das dicotomias (já citadas);
- 4) Reflexibilidade: os padrões explicativos devem ser aplicáveis à própria Sociologia.

Para extrair o significado desses princípios, Bloor (2009) faz uma discussão das principais objeções e críticas feitas à SC: a autonomia do conhecimento e os argumentos baseados no empirismo, na autorrefutação e no conhecimento futuro; mostrando como o programa forte as enfrenta.

A primeira das objeções à SC é a *autonomia do conhecimento*, a ideia de que determinadas crenças, especialmente as consideradas verdadeiras, objetivas, científicas ou racionais, não precisam de explicações causais, que ficam relegadas aos erros, aos enganos, às crenças falsas ou irracionais, que a lógica não pode explicar. A lógica, a racionalidade do conhecimento seria como um trem sobre trilhos: os acidentes precisam ter as causas investigadas, mas não a ausência de ocorrências de acidentes. Dessa forma, o certo e o verdadeiro são racionais e lógicos e, portanto, autoexplicativos, autônomos, enquanto o errado, o falso, o irracional, invocam explicações causais sociológicas ou psicológicas (BLOOR, 2009, p. 22-23).

Ao impor tal objeção, os filósofos (Lakatos, por exemplo) separam a HC em duas, uma “interna”, responsável pela lógica autoexplicativa do conhecimento científico, e outra “externa”, como suplemento à primeira, responsável pelos resíduos irracionais, delegada aos sociólogos (BLOOR, 2009, p. 24-25).

Esse modelo, baseado em concepções finalistas (direcionadas aos fins) ou teleológicas do conhecimento e da racionalidade, viola os princípios do programa forte: por abandonar explicações causais, necessárias somente para os erros, e com isso viola o princípio

de simetria; por violar o princípio da imparcialidade, ao exigir uma avaliação *à priori* da verdade ou da racionalidade de um conhecimento para decidir se ela é autoexplicativa ou se precisa de uma teoria causal (BLOOR, 2009, p. 26-29).

A segunda objeção, dos *argumentos baseados no empirismo*, segundo Bloor (2009, p. 29-34) considera que nossas capacidades animais de percepção do mundo nos levam a produzir crenças verdadeiras, e que influências sociais causam distorções que levam a crenças falsas. Mesmo que se aceite que nosso sistema sensório-motor quando funcione em condições normais e apropriadas produza crenças verdadeiras, pode-se questionar o caráter individualista dessa concepção do empirismo: o conhecimento humano e científico foi construído com base na confiança individual de nossas capacidades animais interagindo com o mundo? Os experimentos/experiências (ainda que individuais) não ocorrem dentro de um conjunto de pressupostos, critérios, propósitos e significados, que são compartilhados por determinado(s) grupo(s)? O conhecimento da sociedade indica de alguma forma as experiências sensoriais (ou a soma do conhecimento animal) de seus membros, individualmente?

O conhecimento científico

[...] não é o conhecimento de uma realidade que qualquer indivíduo pode experienciar ou aprender por si próprio. Ele é o que nossas teorias mais comprovadas e nossos pensamentos mais instruídos nos dizem ser, não importando o que indiquem as aparências. Ele é uma história tramada das insinuações e vislumbres que acreditamos que nossos experimentos nos contam. O conhecimento, portanto, é mais bem igualado à cultura que à experiência (BLOOR, 2009, p. 33).

Se o conhecimento científico assim for concebido, ele é um amálgama de experiências e crenças socialmente mediadas, e o mesmo tipo causa pode ser atribuída ao que é verdadeiro e o que é falso, atendendo aos critérios de simetria e causalidade (BLOOR, 2009, p. 34).

A terceira objeção, dos *argumentos com base na autorrefutação*, considera que se as crenças e conhecimentos de alguém são totalmente causados (possuem causa) e essa causa tem algum componente advindo da sociedade, então tais crenças e conhecimentos devem ser falsas ou injustificadas, visto que não pode haver uma SC que seja geral, causal e autoconsciente, pois isso implicaria na tese de que todo pensamento é determinado causalmente e nenhum é absolutamente verdadeiro, e sendo essa tese verdadeira, ela própria não seria absolutamente verdadeira, mas determinada causalmente, e com isso, ela se autorrefuta (BLOOR, 2009, p. 34-36). A premissa de tais argumentos, de que causalidade

implica erro, já foi discutida nas objeções anteriores e rejeitada. “Se uma crença deve ser julgada verdadeira ou falsa, não tem nada a ver com o fato de ela ter uma causa” (p. 37).

A quarta (e última) objeção, dos *argumentos com base no conhecimento futuro*, parte da premissa do determinismo (de que as leis permitem prever o comportamento futuro das entidades às quais elas se referem) e, por considerarem que a sociedade e o comportamento humano não apresentam uma repetição cíclica de eventos como o mundo natural apresenta, tornam-se improváveis previsões de longo prazo, motivo pelo qual a SC e o programa forte não deveriam buscar por causas e leis, e contentarem-se com os erros e as circunstâncias externas que ajudam ou que atrapalham a ciência. O problema de tal premissa é que, sendo impossível prever um conhecimento futuro porque a previsão em si equivale-se à descoberta desse conhecimento, então o mundo físico também seria imprevisível, visto que há leis e processos do quais o mundo físico depende e sobre os quais ainda não temos conhecimento (BLOOR, 2009, p. 37-38).

Outro aspecto dessa objeção consiste na ideia de que o mundo social apresenta apenas inclinações e tendências, ao passo que o mundo natural apresenta uma regularidade genuína, pois ainda que a realidade empírica esteja dominada por tendências, o entendimento científico busca as leis que estão “por detrás” delas para evidenciar tal regularidade. A resposta a isso é que a vida social depende, em algum nível, de certa regularidade e ordem, o que permite o desenvolvimento de teorias conjecturais. Tendo isso em vista, a SC busca suas leis e teorias da mesma maneira que qualquer outra ciência: identificam-se eventos típicos e recorrentes; formula-se uma teoria que contenha algum princípio geral ou modelo que dê conta dessa regularidade, buscando explicar não só o porquê ela ocorre como também o por que, às vezes, não ocorre (princípios da imparcialidade e da simetria); a partir de tal teoria a própria percepção do mundo poderá ser aprimorada ao ponto da teoria ser melhorada, modificada ou mesmo substituída (princípio da reflexibilidade) por outra mais refinada (BLOOR, 2009, p.39-41).

Em seu posfácio da segunda edição de sua obra, David Bloor (2009, p. 241-272) ressalta que o programa forte não afirma que o conhecimento seja puramente social, e sim que “o componente social sempre se faz presente e é sempre constitutivo do conhecimento. Não diz que ele é o *único* componente ou que é o componente a ser necessariamente localizado como estopim de toda e qualquer mudança: ele pode ser uma condição prévia” (p. 246). Nesse posfácio ele responde a várias críticas que o programa forte recebe, procurando enfatizar e esclarecer seus quatro princípios básicos e mostrar onde tais críticas falham em seus

argumentos, geralmente em seus pressupostos, assim como nas objeções discutidas na obra original (que apresentamos nos parágrafos anteriores).

Na próxima seção, para finalizar este capítulo, trazemos as discussões de Bruno Latour, que procuram compreender a ciência, a tecnologia, e desenvolvimento histórico de ambas, sob uma ótica diferente daquelas colocadas pela FC e pela SC (apresentadas na seção anterior e nessa seção), cuja fundamentação não traz uma concepção dicotômica entre fatores internos e fatores externos à ciência.

3.4 BRUNO LATOUR E OS ESTUDOS CIENTÍFICOS

Esta seção está dividida em duas partes. A primeira discute os principais aspectos nos quais os estudos científicos se diferenciam da Epistemologia ou Filosofia da Ciência, de um lado, e da Sociologia da Ciência, do outro. A segunda discute a abordagem dos estudos científicos para a compreensão da ciência e da tecnologia, com base nas obras de Bruno Latour (2000, 2001).

3.4.1 Abordagens internalistas e externalistas

Segundo Latour (2001, p. 101), o entendimento do que são os estudos científicos é prejudicado por dois equívocos: a crença de que eles buscam uma “explicação social” dos fatos científicos²; e a crença de que eles tratam somente de discurso e retórica sem se importar com “o mundo real lá fora”.

O primeiro equívoco remete à dicotomia existente entre as explicações para ciência fornecidas por outras abordagens mais tradicionais, que concebem uma divisão artificial das coisas em “esfera natural” e “esfera social”, uma separação entre o “conteúdo científico” e o “contexto” em que foi criado, que resultam em explicações internalistas por um lado (como a Epistemologia, que busca explicar ciência única e exclusivamente pelo conteúdo científico – a esfera natural – e seus elementos intrínsecos, como leis, teorias, experimentos, paradigmas, problemas, ciência normal, racionalidade, progresso, etc.), nas quais “as ciências

² Para Latour (2001, p. 349-350), os estudos científicos consideram os fatos científicos, ou *fatos concretos*, como “não como aquilo que já se acha presente no mundo, tal qual se dá no linguajar comum, mas como o resultado tardio de um longo processo de negociação e institucionalização. Isso não limita sua certeza, ao contrário, fornece todo o necessário para que se tornem indiscutíveis e óbvios. A condição indiscutível é o ponto final e não o começo, como na tradição empirista”.

explicam-se a si mesmas” (LATOUR, 2001, p. 109), e explicações externalistas por outro (como a SC, que busca explicar a ciência única e exclusivamente pelo seu contexto, como uma construção social com elementos políticos, psicológicos, econômicos, etc.), nas quais “o que explica a ciência é a sociedade” (LATOUR, 2001, p. 108-109). Os estudos científicos repelem esses tipos de programas de pesquisas que, usando o exemplo do trabalho de Frédéric Joliot-Curie entre 1939 e 1940 e a história da França nesse período da Guerra de Mentira³, gerariam duas HC, duas explicações sobre a ciência paralelas e independentes: uma focada nos problemas jurídicos com a Union Minière du Haut Katanga⁴, na guerra de mentirinha, no nacionalismo de Raoul Dautry⁵, em Hitler e nos espiões alemães, que versaria sobre política, direito, economia, instituições e paixões; e outra focada nos nêutrons, no deutério, no coeficiente de absorção da parafina e na reação em cadeia, que versaria sobre ideias, princípios, conhecimento e procedimentos (LATOUR, 2001, p. 101-102). Essas histórias ou não teriam pontos de intersecção, ou no máximo fariam alusão a uma mistura ou influência por parte de um dos dois pólos dicotômicos.

Segundo Latour (2001, p. 109), “estudos científicos não se situam [...] entre história internalista e história externalista. Eles reconfiguram por completo as questões”, e ao contrário do que os guerreiros da ciência⁶ queriam induzir todos a acreditar, não visam

[...] estabelecer *a priori* que existe alguma ‘alguma conexão’ entre ciência e sociedade, pois *a existência dessa conexão depende daquilo que os atores fizeram ou deixaram de fazer para estabelecê-la*. Os estudos científicos apenas fornecem os meios de traçar esta conexão *quando* ela existe. Ao invés de cortar o nó Górdio – de um lado ciência pura, de outro política pura –, eles procuram acompanhar os gestos daqueles que o apertam ainda mais (LATOUR, 2001, p. 104, grifos do autor).

Os estudos científicos, usando a metáfora de Latour (2001), visam mapear o “sistema circulatório da ciência” (p. 101). Da mesma forma que William Harvey “certamente não fez sua famosa descoberta considerando o coração de um lado e os vasos sanguíneos de outro”, ao separar o conteúdo do contexto, como fazem os internalistas e externalistas, o “fluxo da ciência torna-se incompreensível” (LATOUR, 2001, p. 125).

³ Latour usa a expressão, em francês, *Drôle de Guerre*, e quando sua obra foi traduzida para português ficou como *Guerra de Mentira*. Essa expressão se refere ao período inicial da Segunda Guerra Mundial, do momento em França e Reino Unido declaram estado de guerra à Alemanha Nazista até o momento que essa invade a França (GUERRA DE MENTIRA, 2018).

⁴ Mineradora belga que fornecia o urânio necessário para os trabalhos de Joliot-Curie.

⁵ Ministro dos Armamentos da França na época.

⁶ Ao usar a expressão “guerreiros da ciência”, Latour está se referindo aos epistemólogos e filósofos da ciência que adotam explicações internalistas para ciência e que fazem críticas que procuram diminuir a importância dos programas externalistas e dos estudos científicos.

O segundo equívoco vem dos filósofos da ciência cujas estruturas conceituais da ciência concebem uma separação dicotômica entre sujeito e objeto, e que chamam a atenção para que nunca sejam confundidas “questões epistemológicas (nossa representação do mundo) com questões ontológicas (a realidade do mundo)” (LATOUR, 2001, p. 110). O problema, aqui, é que, assim como no primeiro equívoco, os estudos científicos consideram artificial essa separação dicotômica, pois os “cientistas não apenas confundem, na prática diária, as fronteiras entre sua ciência puramente esotérica e a esfera impuramente exotérica da sociedade como toldam os limites entre o domínio do discurso e aquilo que o mundo é” (LATOUR, 2001, p. 110).

Continuando com o mesmo exemplo já citado, de Frédéric Joliot-Curie, consideremos as seguintes frases (conforme Latour, 2001, p.111-112): (1) “cada nêutron libera 2,5 nêutrons”; (2) “Joliot afirma que cada nêutron libera de três a quatro nêutrons, mas isso é impossível, ele não tem provas, está sendo otimista demais, como um típico francês que conta com os ovos dentro da galinha, e essa afirmação é muito perigosa, se os alemães a lerem, acreditarão que em sua viabilidade e trabalharão nela com afinco”; (3) “a equipe de Joliot parece ter provado que todo nêutron libera três nêutrons, o que é muito interessante”; (4) “numerosos experimentos provaram que cada nêutron libera entre dois e três nêutrons”. Enquanto (1) é algo encontrado nos manuais atuais, (2) pode ter sido dita por algum colega físico e tem caráter nitidamente datado (deve ter sido dita entre 1939 e 1940), além de não condizer com o estilo de escrita da Epistemologia, mas ambas têm algo em comum: cada nêutron libera certa quantidade de nêutrons.

Se Joliot-Curie obtiver êxito, seus colegas físicos passarão de (2) para (3), e mais alguns anos depois, (4) seria lido em diversas publicações até que seria reduzida à (1). Em (2), há um cientista (ou um grupo de cientistas), há incerteza, há especulação, há espionagem, há política, há guerra. Em (3), são eliminados os “elementos externos” sobrando só a “ciência pura”. Em (4) some a figura humana do(s) cientista(s). Em (1) o “objeto” fala por si só. Na abordagem tradicional (a Epistemologia), tal transformação é explicada pelo fato das afirmações sobre o estado das coisas (conteúdo) irem se separando das afirmações que lhe fazem referência (contexto). Os estudos científicos se interessam por outro problema bem diferente: “como pode o mundo ser aos poucos vertido em discurso graças a transformações sucessivas, de modo a seguir-se daí um fluxo contínuo de referência em duas direções?” (LATOUR, 2001, p. 112). Joliot-Curie, sozinho, não conseguiria ir de (4) a (1) se os colegas

físicos não acreditassem nele, se eles não fossem convencidos a isso. Por isso, o destino de uma afirmação está na mão dos outros.

Não existem afirmações verdadeiras que correspondam a um estado de coisas e afirmações falsas que não correspondam, mas apenas referência contínua ou interrompida. Não é uma questão de cientistas confiáveis, que romperam com a sociedade, e de mentirosos, que são influenciados pelos devaneios da paixão e da política: é uma questão de cientistas altamente conectados, como Joliot, e de cientistas escassamente conectados, que se limitam às palavras (LATOURE, 2001, p. 116).

Os estudos científicos não fazem essa distinção clássica (que a Epistemologia faz) entre sujeito e objeto (na retórica do discurso) nem entre questões ontológicas e epistemológicas (na história dos fatos), pois procura compreender a ciência enquanto ela está sendo construída, momento em que tais distinções ainda não existiam.

3.4.2 A compreensão da ciência pela abordagem dos estudos científicos

A *primeira regra metodológica* de Latour (2000) para a compreensão da ciência e da tecnologia por meio dos estudos científicos é:

Entraremos em fatos e máquinas enquanto estão em construção; não levaremos conosco preconceitos relativos ao que constitui o saber; observaremos o fechamento de caixas-pretas tomando cuidado de fazer a distinção entre duas explicações contraditórias desse fechamento, uma proferida depois dele, outra enquanto ele está sendo tentado (LATOURE, 2000, p. 31).

O termo *caixa-preta* dessa regra refere-se à forma como, quanto mais bem-sucedidas forem, mais invisíveis, opacas, obscuras, se tornam a ciência e a tecnologia. Assim, quando uma teoria/fato científico é estabelecido ou quando uma máquina funciona bem, deixa-se de lado sua complexidade e enfatiza-se apenas sua alimentação e produção, ou seja, nada se precisa saber sobre a caixa, a não ser o que nela se entra e o que dela sai (LATOURE, 2000, p. 14; 2001, p. 353).

A aplicação de tal regra é exemplificada por Latour (2001, p. 11-31) ao descrever, paralelamente, três cenários: (1) em 1985, John Whittaker, cientista da computação, trabalha no Instituto Pasteur de Paris com um computador Eclipse MV/8000 criando programas que produzam imagens tridimensionais das hélices de DNA e que relacione-as às milhares de novas sequências publicadas ou armazenadas em bancos de dados; (2) em 1951, Jim Watson e Francis Crick, jovens pesquisadores, trabalham no laboratório Cavendish em Cambridge, Inglaterra, com imagens e possíveis formas para a estrutura da molécula de DNA; e (3) em

1980, Tom West e sua equipe, em prédio da Data General em Massachusetts, trabalham no desenvolvimento do protótipo de um novo computador apelidado de Eagle, que mais tarde seria rebatizado como Eclipse MV/8000.

Para Whittaker, em (1), o computador e o DNA são duas caixas-pretas fechadas: não lhe importa sua história nem a complexidade de como funcionam, se quiser saber mais sobre o Eclipse ou o modelo de dupla hélice basta ir à sua estante e pegar o Manual do Usuário ou o livro de Biologia Molecular do Gene; só lhe interessa que o Eclipse execute os programas e forneça as imagens tridimensionais, e que o modelo de dupla hélice do DNA esteja nas linhas de código de tais programas para comparação de sequências de ácidos nucleicos. Para ele, o Eclipse e o DNA são seguros, não são problemáticos, não oferecem riscos, são coisas da rotina que “não interferem no seu estado psicológico, nos problemas financeiros do Instituto, nas grandes subvenções que seu chefe está pleiteando ou na luta política em que todos estão empenhados para criar, na França, um grande banco de dados para a biologia molecular” (LATOUR, 2000, p. 16-17). Mas em (2) e (3) as caixas ainda estão em aberto, e não há distinção entre contexto e conteúdo.

Seguindo os eventos no cenário (3), West consegue espionar a máquina que seu concorrente está desenvolvendo, e entende as estratégias do projeto de seu adversário. Fundindo cálculos técnicos e econômicos e decisões estratégicas já feitas, ele conclui que o projeto Eagle ainda pode ter sucesso. Expressões como: organograma e estilo burocrático da empresa, gosto dos clientes, minimizar riscos, e funcionamento protocolar da máquina; “não são termos técnicos para descrição de um chip” (LATOUR, 2000, p. 18), não quando ele está sendo vendido, mas são enquanto ele está sendo criado. “Contexto e conteúdo se confundem” (p. 18).

Prosseguindo nessa história, West discute com um colaborador como testar a máquina, e depurar e corrigir o software em um curto prazo, para deixá-la eficiente. West isola sua equipe do resto da empresa e filtra todas as imposições que a ela chegam do chefe e de todos os departamentos, enquanto continua a influenciar a empresa em prol de seu projeto. Quando a concorrente começa a vender seu novo computador, as pressões sobre a equipe de West aumentam, mais intrusos estão no laboratório, a fim de testar os protótipos. West concebeu a máquina, mas fez concessões a vários grupos para satisfazê-los, para ocupá-los em seus testes, enquanto tentava depurar a máquina que insistia em não funcionar. Somente após várias semanas conseguiram resolver os problemas fazê-la funcionar. Compreender a ciência sob a ótica de uma ciência pronta e acabada, para esse exemplo, implica dizer que West e

equipe ficaram com a máquina mais eficiente, e que quando a máquina funcionou todos os interessados ficaram convencidos de seu funcionamento. Compreender a ciência em sua construção significa entender que West e equipe tiveram de definir o que é uma máquina eficiente, e que a máquina só iria funcionar quando todos os interessados estivessem convencidos disso (LATOURE, 2000, p. 24-27).

Retomando o cenário (2), Watson e Crick têm acesso a um texto ainda não publicado de Linus Pauling (na época já reconhecidamente um grande químico) que revela uma estrutura para o DNA que, ao testarem, verificaram que ela se desagregaria. “Suspense” para ter acesso ao texto de Pauling, saber se ainda estão na “jogada”, “tom” e “prazo de publicação” do artigo, “boquiabertos” perante o modelo de Pauling, “seis semanas no máximo”: esses “não são termos comumente usados para descrever a estrutura de uma molécula” (LATOURE, 2000, p. 20), não quando ela é ensinada/aprendida na escola, mas o são quando ela ainda está sendo investigada. Novamente, “contexto e conteúdo se confundem” (p. 20).

Continuando em (2), Watson tenta, a partir de vários livros, construir uma estrutura de pares igual-com-igual. É prontamente criticado por Donahue, o segundo maior especialista do mundo em pontes de hidrogênio (o primeiro é Pauling) e que já trabalhou com estruturas moleculares orgânicas, e nunca foi visto a opinar sobre o que não sabia. E agora, em quem acreditar? Watson considera “disciplina, afiliação, curriculum vitae, avaliação psicológica” (LATOURE, 2000, p. 22-23) e decide por acatar o que diz Donahue. Na perspectiva da ciência pronta, os fatos científicos são acatados sem discussão. Na perspectiva da ciência em construção, os fatos inúteis são descartados. Na época, o que era um fato científico eram os pares igual-com-igual, que Watson descartou.

Algum tempo depois Watson e Crick estão testando modelos, e percebem que o emparelhamento dos pares adenina-timina e guanina-citosina podem ser sobrepostos e tornam a estrutura complementar, algo aparentemente sem motivo, até descobrirem que isso obedece às leis de Chargaff, que costumeiramente são deixadas em segundo plano, passariam a ser uma consequência do modelo. Além disso, esse modelo poderia explicar como um gene se duplica. Vários elementos decisivos estavam amarrados na e pela estrutura. Eles então montaram um modelo metálico da estrutura do DNA, que foi analisada e testada por outros cientistas (concorrentes) que trabalhavam com o mesmo problema e depois pelos revisores da revista Nature. O modelo se sustentou e se tornou um fato científico, uma verdade científica. Entender a ciência como algo acabado leva à crença de que “a verdade sempre se sustenta”, e

observar a ciência em construção leva à constatação de que “quando as coisas se sustentam, elas começam a se transformar em verdade” (LATOURE, 2000, p. 28-31).

A *segunda regra metodológica* diz que “não devemos procurar as qualidades intrínsecas de qualquer afirmação, mas sim todas as transformações por que ela passa mais tarde em mãos alheias” e é consequência da ideia (já citada) de que “o destino de fatos e máquinas está nas mãos dos usuários posteriores” (LATOURE, 2000, p. 99). Um capítulo inteiro da obra de Latour (2000, p. 40-104) dedica-se a discutir tal regra e apresentar exemplos. Essa regra, quando mal entendida, gera o equívoco, já mencionado, de se pensar que os estudos científicos tratam somente do discurso e da retórica da ciência.

Em um dos exemplos que Latour (2000, p. 40-41) usa, do sistema de defesa MX e os mísseis Minuteman, uma controvérsia pública dos EUA na época da Guerra Fria, ele mostra que uma determinada afirmação inicial, de que a precisão dos novos mísseis soviéticos apontados para os silos dos mísseis Minuteman é de 100 metros, pode levar pessoas a se manifestarem contra os russos e a favor do sistema de defesa MX (caso acreditem numa modalidade⁷ que reforce a importância da segurança nacional) e outras pessoas a exigirem uma investigação, uma prestação de contas da CIA para o congresso (caso acreditem em modalidades sobre o vazamento tático de informações e sobre um agente secreto morto que descobriu a precisão dos soviéticos, entre 100 e 1000 metros). Estudar a ciência em construção, ao invés da ciência pronta, permite entender que a depender das modalidades, “as pessoas são levadas a trilhar caminhos completamente diferentes” (LATOURE, 2000, p. 46), pois é em torno delas que as disputas são travadas e o comportamento das pessoas é moldado.

O mesmo acontece em outro exemplo que Latour (2000, p. 42-43) apresenta, sobre Andrzej Schally e o hormônio liberador do hormônio do crescimento. Uma modalidade levará os leitores a apoiarem pesquisas de cura para o nanismo, e outra levará os leitores a questionar seu método de purificação de extratos de encéfalo.

Mas se as controvérsias desses exemplos terminassem por ali, os debates rapidamente se encerrariam. Não foi o caso. Novas modalidades foram sendo acrescentadas, servindo como contestação ou como reforço das afirmações/fatos iniciais, a depender de com quais outras modalidades eram associadas. Tais modalidades, cabe ressaltar, não são necessariamente meras sentenças, podendo também estar fundamentadas em outros fatos. A cada nova rodada de acréscimo de modalidades, as pessoas podem ou mudar suas convicções

⁷ Latour (2000, p. 40) define modalidades como sentenças que modificam ou qualificam uma afirmação.

ou reforçá-las. Uma afirmação será verdadeira ou falsa, um processo será ou não eficiente, somente pela sua incorporação em outras afirmações ou processos, incorporação essa decidida pelas pessoas, individualmente, o tempo todo (LATOUR, 2000, p. 52).

Comprar uma máquina sem questionar ou acreditar num fato sem duvidar tem a mesma consequência: fortalece a situação de quem está sendo comprado ou acreditado, robustece-o como caixa-preta. Desacreditar ou, digamos, ‘descomprar’ uma máquina ou um fato é enfraquecer sua situação, interromper sua disseminação, transformá-lo em beco sem saída, reabrir a caixa-preta, seccioná-la e recolocar seus componentes em outro lugar (LATOUR, 2000, p. 52).

Quanto mais as controvérsias avançarem, mais as modalidades se tornarão técnicas, pois quanto mais fizerem referência a outras coisas (como relatórios, audiências, transcrições, estudos, artigos, etc.), mais trabalho exigirá das pessoas para lidar com tais materiais a fim de discuti-los para tomar sua decisão sobre qual lado da controvérsia apoiar (LATOUR, 2000, p. 54).

A retórica é justamente o estudo de como as pessoas são levadas a acreditar em algo ou se comportarem de determinada maneira (LATOUR, 2000, p. 54). Para prosseguir a discussão do exemplo de Schally, Latour (2000, p. 55) examina a anatomia dos artigos científicos, que são os mais importantes, porém menos estudados, dos veículos retóricos.

Schally inicia seu artigo com uma referência que define a função do hipotálamo, uma caixa-preta que ninguém ousa abrir pois quem dela duvidar estará fora da jogada. Da mesma maneira, o artigo de Shally incorpora, sem questionar, outros textos que descrevem procedimentos e métodos para determinação de uma sequência de peptídeos (LATOUR, 2000, p. 62-63).

Não necessariamente será quando se recorre (faz referência) a aliados superiores e mais numerosos (o chamado *argumento da autoridade*), que uma afirmação será mais forte. Para alguém ousado, essa pode ser justamente uma fraqueza, caso consiga comprovar até que ponto tais referências correspondem à tese do autor, se foram citadas corretamente, se estão ali só para mostrar uma afiliação a determinado grupo (LATOUR, 2000, p. 55-59). Mas mais ameaçadoras são referências a textos que dizem exatamente o contrário da afirmação/tese do autor. Não as citar e deixar o leitor chegar a elas sozinho pode ser fatal. Segundo Latour (2000, p. 60-61), Schally, em seu artigo, diz que as afirmações de D.F.Veber (uma referência que poderia ser fatal) ainda não têm um significado estabelecido, isso o põe em uma posição intermediária entre fato e ficção, precavendo-se de antemão para que essa referência não possa ser usada contra sua tese. Assim, um artigo modifica o *status* de outros textos para ajustá-los à sua tese.

Porém essa não é a única maneira de se atacar as referências ameaçadoras. Guillemin, que trabalhava no mesmo problema que Schally – a liberação do hormônio do crescimento, descarta totalmente o artigo de Schally, ao dizer em seu artigo que a afirmação de Schally é uma alegação equivocada. É possível, ainda, combinar modalidades, fortalecendo “um artigo X para enfraquecer um artigo Y que, não fosse isso, estaria em oposição à sua tese” (LATOURE, 2000, p. 64). Também é frequente a tática de “opor dois textos de tal maneira que um invalida o outro” (p. 65).

Essa é a estratégia geral para adaptar/tornar a literatura anterior útil à tese a ser defendida:

[...] enfraqueça os inimigos; paralise os que não puder enfraquecer [...]; ajude os aliados se eles forem atacados; garanta comunicações seguras com aqueles que o abastecem com dados inquestionáveis [...]; obrigue os inimigos a brigarem uns com os outros [...]; se você não tiver certeza que vai ganhar, faça declarações atenuadas (LATOURE, 2000, p. 66).

No entanto, não é somente modificando o status da literatura anterior, que um artigo se tornará convincente ao ponto de se tornar um fato. Tudo que ele fez com a literatura anterior, a literatura posterior poderá fazer com ele. Para se estabelecer (ou não) como fato, ele vai depender do que os outros farão com ele, pois “nenhum fato é tão sólido que dispense apoio. Seria o mesmo que dizer que um gene está tão bem adaptado que não precisa de novos corpos para sobreviver!” (LATOURE, 2000, p. 67).

Uma análise do contexto no qual esse artigo foi citado pelos seus sucessores revelará o tipo de modalidade usado, o tipo de status atribuído a tal artigo, podendo o artigo ser criticado, ser mal citado de modo a contrariar as intenções de seu autor, ser citado sem ter sido lido para afirmar algum tipo de afiliação, por intenções atribuídas aos seus autores e não explícitas, etc. Todas estas deformações para atender às necessidades dos autores do novo artigo. Mas pior do que ser criticado, mal citado ou demolido, é ser ignorado. A construção de fatos é coletiva (LATOURE, 2000, p. 68-70).

Mesmo uma afirmação que consiga se tornar um fato, em função das modalidades e mudanças de status a ela atribuídas pelos trabalhos seguintes que a citem, ela não será a mesma. Latour (2000, p. 72-73) exemplifica o artigo de Guillemin (que criticou o artigo de Schally) que originalmente tinha 5 páginas, e ao ser tomado como fato, foi convertido em uma sentença de algumas linhas: Guillemin et al. determinaram a sequência do hormônio GRF como [sequência...]; que algum tempo depois será reduzida a apenas: o GRF foi injetado em x

cobaias... A afirmação⁸ se tornou uma caixa-preta, um conhecimento tácito, após a erosão e polimento por seus sucessores, em um processo de estilização (p. 74-76).

Latour (2000, p. 76-99) finaliza sua análise retórica falando sobre como escrever textos que resistam aos ataques. Para isso, os artigos se autofortalecem ao sustentar uma afirmação não só referindo-se a muitos outros textos, mas também a assertivas do próprio autor sustentadas por gráficos, tabelas, legendas, imagens, de outras partes do próprio texto. Essa organização em camadas é a “transformação da prosa linear numa, digamos, formação entrelaçada de linhas de defesa, é o sinal mais seguro de que um texto se tornou científico” (LATOUR, 2000, p. 81-82).

Agora entendemos que quem vai das camadas externas dos artigos para as suas partes internas não está indo do argumento da autoridade para a Natureza, mas sim de autoridades para mais autoridades, de certo número de aliados e reforços, para *um número ainda maior* deles (LATOUR, 2000, p.83, grifo do autor).

Tal estrutura do texto em camadas é o que, segundo Latour (2000, p. 86), os filósofos chamam de indução, em que um empilhamento de camadas, cada qual com um pouco mais elementos que a anterior, conduzem o texto pelo caminho: fatias de carne > rins de três hamsters > rins de ramsters > estrutura de rins de roedores > estrutura de contracorrente em rins de mamíferos.

Todo esse processo retórico, segundo Latour (2000, p. 87-94), se assemelha a uma encenação, tem um público alvo (leitor) predefinido (não é qualquer leitor que estará “autorizado” a ler o texto), tem um herói (a afirmação, a tese, que pretende se tornar fato) que passará por provações e testes (o leitor imaginário cheio de objeções e exigências), superando-os um a um (por meio das camadas apresentadas no texto). “Nenhum ator em cena é observado com tanta paixão e instado a treinar e ensaiar tanto quanto, por exemplo, esse negócio de GRF” (p. 90).

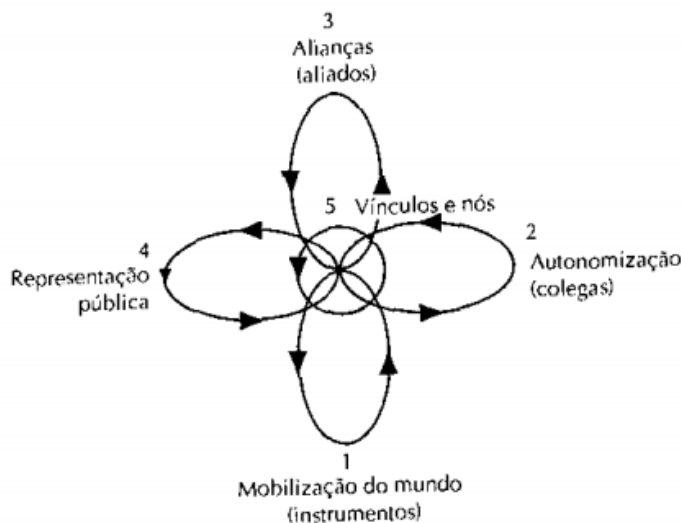
Latour (2000) apresenta ainda outras regras metodológicas, porém elas podem ser entendidas como consequências, detalhamentos ou aprofundamentos das duas primeiras. A terceira (p. 164-166) e quarta regras (p. 232-237), que falam sobre não usar somente a Natureza ou somente a Sociedade para explicar a resolução de controvérsias. A quinta regra (p. 284-289) instrui a acompanhar os que trabalham em ambos os lados simultaneamente, sempre que uma divisão entre interior e exterior for erigida. A sexta regra (p. 344-348) orienta

⁸ Perceba que esta afirmação ficou semelhante àquela mencionada algumas páginas atrás, a frase (1) do caso Joliot-Curie, impessoal e quase enciclopédica.

a observar “o ângulo, a direção, o movimento e a escala do deslocamento” das pessoas acusadas de irracionalidade ou de acreditar em algo, sem nunca pensar que são irracionais devido suas crenças, ou procurar regras lógicas infringidas.

Discutidas as regras metodológicas de Latour, podemos partir então para a apresentação de seu modelo de compreensão da ciência e tecnologia, o sistema circulatório dos fatos científicos, que serve de contraponto ao modelo dicotômico pressuposto por diversos programas da FC e da SC, no qual se separa conteúdo de contexto, ciência de sociedade. Nesse modelo, Latour (2001) descreve cinco tipos de atividades necessárias para um entendimento mais realista da ciência: a procura por instrumentos, por colegas, por aliados, por público, e por vínculos e nós⁹; em uma forma de circuitos entrelaçados (p. 117-118). A figura 1, faz uma representação esquemática desse modelo.

Figura 1 – Esquema do sistema circulatório da ciência



Fonte: Latour (2001, p. 118)

Nesse modelo, todas as cinco atividades são igualmente importantes, cada uma alimenta-se a si mesma e das demais.

Joliot tem, ao mesmo tempo, de fazer funcionar o reator; convencer colegas; despertar o interesse dos militares, políticos e industriais; dar ao público uma imagem positiva de suas atividades; e, finalmente, o que não é menos importante, compreender o que se passa com esses nêutrons agora tão vitais para as partes empenhadas no destino deles. [...] [Dessa forma] sem aliados, nada de grafite e, portanto, nada de reator; sem colegas, adeus à opinião favorável de Dautry e,

⁹ Em função da bagagem histórica que a expressão “conteúdo conceitual” carrega, Latour opta por empregar o termo “vínculos ou nós” em seu lugar.

portanto, à expedição à Noruega; sem uma maneira de calcular a taxa de reprodução dos nêutrons, renuncie-se ao reator, à prova e, portanto, ao convencimento dos colegas (LATOURE, 2001, p. 117-118).

O primeiro circuito, a *mobilização do mundo*, segundo Latour (2001) refere-se aos “meios pelos quais os não-humanos¹⁰ são progressivamente inseridos no discurso” (p. 118). Designa-se a instrumentos, equipamentos, objetos, e por vezes também levantamentos/questionários, num processo de mediação em que “ao invés de girar em torno dos objetos, os cientistas fazem os objetos girarem em torno deles. [...] Por meio dessa mobilização, o mundo se converte em argumentos” (p. 119-120).

O segundo circuito, a *autonomização*, mostra como os cientistas encontram colegas, seus pares. É a análise das profissões, disciplinas e instituições científicas, “da história das associações e sociedades doutas bem como das ‘panelinhas’, grupos e facções que constituem as sementes de todos os relacionamentos entre pesquisadores” (LATOURE, 2001, p. 121). A maior credibilidade daquilo obtido no primeiro circuito pressupõe colegas que possam tanto criticá-lo quanto utilizá-lo.

Mas segundo Latour (2001) “nenhum instrumento pode ser aperfeiçoado, nenhuma disciplina pode tornar-se autônoma, nenhuma instituição nova pode ser fundada sem o terceiro circuito” (p. 122), as *alianças*. É preciso mobilizar grupos grandes, ricos e competentes, para que o fluxo sanguíneo dos demais circuitos seja mais rápido e pulsante. Não se trata de procurar “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 continuidade” (p. 123, grifo do autor).

O quarto circuito, *representação pública*, diz respeito a socialização maciça de objetos novos, abalando os sistemas de opiniões e crenças das pessoas. Para Latour (2001), “os mesmos cientistas que precisaram correr o mundo para torna-lo móvel, convencer colegas e assediar ministros ou conselhos de diretores têm agora de cuidar de suas relações com o outro mundo exterior formado por civis” (p. 124), pois “a informação não flui simplesmente *dos outros três circuitos para* o quarto, ela também dá corpo a inúmeras pressuposições dos próprios cientistas sobre seu objeto de estudo” (p. 125, grifos do autor).

Por fim, chegar ao quinto circuito, *vínculos e nós*, segundo Latour (2001), “não é chegar finalmente ao conteúdo científico, como se os outros quatro fossem meras condições

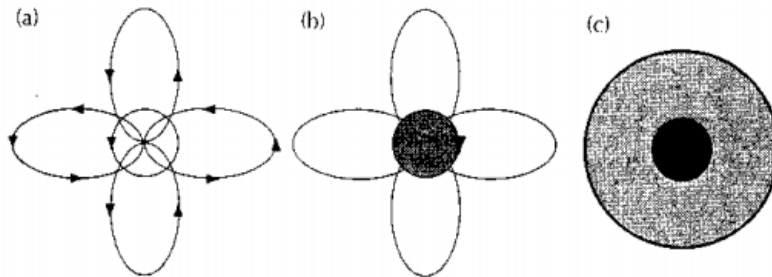
¹⁰ Para ultrapassar a dicotomia sujeito-objeto, Latour (2001, p. 352) considera o par humano–não-humano, em que o não-humano é a versão no tempo de paz do objeto, o que ele pareceria se não estivesse na guerra para atalhar o processo político.

de sua existência” (p. 125), a inteligência científica em ação permeia todos eles. O quinto círculo é o mais difícil porque é ele que precisa manter juntos todos demais. Quando

[...] os estudos científicos procuram entender a centralidade do conteúdo conceitual da ciência, tentam primeiro descobrir para *qual* periferia este conteúdo desempenha papel de centro, de *quais* veias e artérias é o coração, de *qual* rede é o nó, de *quais* caminhos é a interseção, de *qual* comércio é a câmara de compensação. [...] Há, de fato, um núcleo conceitual, mas ele não é definido por preocupações localizadas a *grandes distâncias* de outras; ao contrário, é ele que as mantém todas juntas, que robustece sua coesão, que *acelera sua circulação*. [...] O conteúdo de uma ciência não é algo que esteja contido: é, ele próprio, o *continente* (p. 126-127).

Tendo em mãos tal modelo de ciência, mais realista, é possível entender o movimento que tenta extrair dele o modelo tradicional, dicotômico, adotado pelos epistemologistas e pelos sociólogos, que está esquematizado na figura 2.

Figura 2 – Modelo tradicional extraído do modelo dos estudos científicos



Se a dimensão conceitual – o círculo central em (a) – for extirpada das outras quatro, será transformada num núcleo (b); os outros quatro circuitos ora desconectados formarão, quando reconectados, uma espécie de contexto que não terá relevância para a definição do cerne da ciência (LATOUR, 2001, p. 129)

Para a Epistemologia, uma disciplina científica é sólida por não se prender ao restante de seu mundo: o coração bombeia para dentro e para fora, mas não há fluxo, não há corpo, nem pulmões, nem sistema vascular, apenas um coração vazio e iluminado sobre uma mesa cirúrgica. E ainda zombará dos estudos científicos, cujos membros estarão com os jalecos sujos de sangue, manuseando uma massa sanguinolenta, palpitante, complexa, vascularizada com um todo coletivo, acusando-os de ignorar o coração da ciência (LATOUR, 2001, p. 128).

Por outro lado, historiadores, economistas e sociólogos, sentem-se desencorajados, deixam o cerne conceitual das ciências para cientistas e filósofos, e contentam-se em se arrastar por “fatores sociais” e “dimensões sociais”, “tornando incompreensível a *própria existência social* que eles proclamam investigar e à qual alegam restringir-se” (LATOUR, 2001, p. 130).

Conforme discutido ao longo dessa subseção, ao contrário do que propõe a epistemologia, os fatos não estão lá fora à espera de que sejam descobertos e/ou explicados, os fatos são construídos, são fabricados. Não por sujeitos ativos (cientistas livres de influências externas) que puramente observam e experimentam sobre objetos passivos, mas sim por humanos e não-humanos, atores em uma encenação dramática que lhes modifica seus status.

Por meio das regras metodológicas, do modelo de sistema circulatório da ciência, e dos exemplos apresentados por Latour (2000, 2001), foi possível compreender que a ciência não é e nunca foi composta por dois polos dicotômicos (lado interno e lado externo, dimensão científica e dimensão social, elementos cognitivos e elementos não-cognitivos, sujeito e objeto, mundo e palavras) e, portanto, tentar entendê-la mediante a distinção e separação de tais polos não faz sentido, pois o retrato da ciência daí tirado não corresponderá à sua realidade.

Neste capítulo foram exemplificados alguns diferentes modelos a partir dos quais o desenvolvimento da ciência pode ser compreendido. A seguir, apresentaremos definições do conceito de NdC, diretamente relacionadas ao que foi discutido neste capítulo, e os argumentos que defendem sua presença no ensino de ciências.

4 HISTÓRIA E FILOSOFIA DA CIÊNCIA, NATUREZA DA CIÊNCIA E O ENSINO DE CIÊNCIAS

No capítulo anterior, apresentamos alguns modelos a partir dos quais pode-se compreender o desenvolvimento da ciência. Cada um daqueles modelos apresentava características próprias e muito distintas, mas todos tinham um elemento em comum: a HC como fonte de dados para fundamentá-los e estrutura-los. Neste capítulo, será defendida a importância de se ter, no ensino de ciências, discussões que permitam aos estudantes alguma compreensão sobre o que é a ciência. Para isso, começaremos pelos argumentos contrários e depois passaremos aos favoráveis.

Thomas Kuhn inaugurou uma nova maneira de se compreender o desenvolvimento científico, atribuindo especial importância à HC, que não deveria mais apenas registrar fatos históricos, e teria função de auxiliar na compreensão do desenvolvimento científico, descrevendo a complexidade de sua produção. Com isso, muda-se o foco dos relatos históricos, “de experiências cruciais, momentos de genialidade teórica, etc.”, para o “laboratório que sediou o experimento, e por que o fez”, do cientista genial para a comunidade científica que ele fazia parte (VILAS BOAS *et al.*, 2013, p. 289).

Além disso, Kuhn defendeu a autonomia dos estudos historiográficos da ciência, e que qualquer compreensão filosófica ou sociológica da ciência deve considerar tais estudos. No entanto, apesar de enfatizar tanto a HC, Kuhn era contrário ao seu uso no ensino de ciências, pois a complexidade da tarefa de compreender a natureza exige a adoção de um enfoque (um paradigma) específico e, com isso, a educação científica não pode privilegiar outros enfoques já descartados pela comunidade científica ao longo da história, visto que isso significaria uma perda de tempo com o estudo de algo que já foi descartado que poderia gerar dúvidas no estudante quanto a efetividade do modo atual de como se fazer ciência (VILAS BOAS *et al.*, 2013, p. 290), e um questionamento quanto à racionalidade do processo de desenvolvimento da ciência (HACKING, 2012, p. 68, *apud* VILAS BOAS *et al.*, 2013).

Segundo Vilas Boas *et al.* (2013, p. 291), a provocação de Kuhn é clara: adentrar a HC “é se deparar com situações reais de escolhas científicas que nem sempre obedeceram à metodologia da pesquisa científica que, de acordo com o senso comum, seria adotada pelos cientistas” portanto, se a realidade da prática científica nem sempre corresponde ao ideal pretendido, “ainda valeria a pena inserir história da ciência em cursos de formação dos cientistas?”.

Para Brush (1974, p. 1164-1170), a HC deve fornecer aos estudantes apenas aquilo que necessitam para sua futura prática científica: fatos, técnicas, teoria, metodologia, etc. (usando termos kuhnianos: introduzir os estudantes no paradigma vigente), e enfatizar a experimentação, que considera o essencial para um cientista. Um potencial futuro cientista (o estudante), ao se deparar com questão filosófica da precedência da teoria sobre a experimentação, poderá criar dúvidas sobre a autonomia do experimento e a objetividade da ciência, o que prejudica a ideia de que o cientista é alguém que desvenda a essência da natureza via experimentação rigorosa.

Tanto os argumentos de Kuhn quanto os de Brush conduzem a uma mesma conclusão, ou a HC deve ser distorcida a fim de evitar tais problemas, ou ela não deve ser inserida no ensino das ciências.

A despeito dos argumentos contrários à inserção da HC no ensino, Matthews (1995, 2015) mostra que desde o início do século XX há clamores pela presença da HC nos currículos e inclusive que alguns movimentos de reforma curricular faziam essa inserção, ainda que nem sempre tais reformas contassem com a participação de historiadores, filósofos ou educadores. Em Lederman (2007) e McComas, Clough e Almazroa (1998) também pode-se verificar que desde meados do século passado já existiam preocupações a respeito da forma como a natureza da ciência era compreendida, inclusive pesquisas sobre isso e programas de formação em História, Filosofia e Sociologia da Ciência (HFSC). Em todos esses casos, o intuito era promover um aprendizado que fosse além dos conteúdos e das técnicas da ciência e permitisse, também, uma compreensão *sobre ciências*, sem pretender, no entanto, a substituição no currículo dos conteúdos de ciências por conteúdos de HFSC.

Conforme discutido por Vilas Boas *et al.* (2013), os argumentos favoráveis à discussão de HFC no ensino de ciências elencados por Matthews em seu clássico *Science Teaching* (2015), publicado pela primeira vez em 1994, consideram que os benefícios de tal inserção são maiores que os problemas apontados por Kuhn e Brush, pois permitiria aos estudantes compreenderem NdC. Vilas Boas *et al.* (2013) apresentam um levantamento bibliográfico das mais bem avaliadas revistas brasileiras na área do ensino de ciências da época, a partir do qual argumentam que a discussão sobre a inserção ou não da HFC no ensino foi superada (aparentemente deixou de existir na literatura) quando se assumiu como importante que discussões sobre a NdC fossem realizadas no ensino de ciências, passando o foco das discussões a ser *como* essa discussão poderia ser feita.

De fato, na literatura brasileira tem aumentado, com o passar do tempo, o número de publicações que relacionam a NdC e o ensino de ciências, conforme pode ser visto, a título de exemplo, nos dados levantados por Vilas Boas *et al.* (2013), por Vital e Guerra (2014), por Mota, Gontijo e Oliveira (2015), e no capítulo 2 da tese de Massoni (2010, p. 12-64).

Em função disso, convém perguntar: o que é a NdC?

Para Lederman *et al.* (2002, p. 498), a “NdC refere-se à epistemologia e à sociologia da ciência, à ciência como uma forma de conhecimento, ou aos valores e crenças inerentes ao conhecimento científico e ao seu desenvolvimento”. Ele reconhece que existam discordâncias entre os filósofos, historiadores, sociólogos e educadores quanto a algumas questões sobre NdC, mas as considera irrelevantes no que diz respeito a atividades de ensino. Seu programa de pesquisa a respeito do NdC no ensino tem mais de duas décadas e, de acordo com Matthews (2012, p. 9), talvez seja o grupo de pesquisadores mais citado e mais influente desse campo. No seu programa, Lederman (2007) apresenta uma lista composta por sete itens, cada um dos quais seguido de uma discussão, que descrevem *aspectos da NdC* que, a despeito das divergências entre os diferentes campos que trabalham com NdC, considera que representa um consenso a respeito de quais características da ciência e do conhecimento científico é importante que os estudantes aprendam. A seguir, fazemos uma síntese dessa lista, com base em Lederman (2007, p. 833-835) e Lederman *et al.* (2002, p. 499-502).

- 1) A natureza empírica da ciência: ainda que a ciência seja baseada em observações, os cientistas não possuem acesso direto à maioria dos fenômenos naturais, por isso é importante que os estudantes saibam distinguir observação de inferência.
- 2) Teorias e Leis científicas: são diferentes tipos de conhecimento e não há como uma se tornar a outra. Leis descrevem a relação entre fenômenos observáveis. Teorias são inferências explicativas para fenômenos ou regularidades desses fenômenos.
- 3) A natureza criativa e imaginativa do conhecimento científico: a ciência não é uma atividade totalmente sem vida, racional e organizada, ela envolve a invenção de explicações, que exige a criatividade e a imaginação dos cientistas.
- 4) O conhecimento científico é subjetivo, carregado de teorias: os problemas que os cientistas investigam e sua forma de trabalhar com eles é afetada por uma série de elementos, como seus compromissos e convicções teóricas e disciplinares, crenças, conhecimento prévio, expectativas, etc.

- 5) A incorporação social e cultural do conhecimento científico: a ciência é um empreendimento humano praticado em um contexto cultural cujos praticantes são fruto dessa cultura, portanto, ela afeta e é afetada por vários elementos e esferas intelectuais dessa cultura.
- 6) O mito do método científico: não existe um método científico único e especial que garanta um conhecimento infalível.
- 7) A natureza provisória do conhecimento científico: embora confiável e durável, o conhecimento científico nunca é absoluto, estando sempre sujeito a mudanças.

Partindo para outra definição de NdC, temos McComas (2008) e seus colaboradores. Para eles, a NdC se assemelha a HFC, mas não é igual a ela (MCCOMAS, 2008, p. 249). A NdC é como

[...] um terreno híbrido e fértil, que combina aspectos de vários estudos sociais da ciência, incluindo a história, sociologia e filosofia da ciência, combinada com a pesquisa das ciências cognitivas, como a psicologia, em uma rica descrição de como a ciência é, como funciona, como os cientistas operam como um grupo social e como a própria sociedade direciona e reage aos empreendimentos científicos (MCCOMAS; CLOUGH; ALMAZROA, 1998, p. 4, tradução nossa).

Eles enfatizam que a NdC não está preocupada com o mundo natural, que é tarefa da ciência. Aqueles que estudam a natureza da ciência estão interessados na ciência e nos cientistas, por meio de questões como, por exemplo: “o que demarca a ciência de outros empreendimentos humanos?”, “as ideias da ciência são inventadas ou descobertas?”, e “como é alcançado um consenso na comunidade científica?”; e concluem que a NdC, por meio de diferentes lentes, procura descrever como a ciência funciona (MCCOMAS; CLOUGH; ALMAZROA, 1998, p. 4-5).

Assim como Lederman, o grupo de McComas também assume que apesar das divergências de definição de NdC entre pesquisadores que trabalham com o tema, e entre diversos documentos internacionais sobre o ensino de ciências, é possível apresentar uma lista consensual de aspectos da NdC, considerados centrais para serem inseridos no ensino. A seguir, sintetizamos tal lista, a partir de McComas, Clough e Almazroa (1998, p. 6-7) e de McComas (2008, p. 251):

- 1) A ciência acredita seriamente, mas não inteiramente, em evidências empíricas, argumentos racionais, e no ceticismo.
- 2) Não há um método científico universal, um passo-a-passo como única maneira de se fazer ciência.

- 3) O conhecimento científico é provisório, durável e auto-corretivo, ou seja, a ciência não *prova* nada, mas suas conclusões perduram devido a forma como são produzidas e como os erros ou enganos são descobertos e corrigidos nesse processo.
- 4) Leis e teorias possuem diferentes funções na ciência, assim como as hipóteses.
- 5) A experimentação não é o único caminho para o conhecimento, a ciência também usa do raciocínio indutivo e de testes hipotético-dedutivos.
- 6) As ideias e a observação são carregadas de teorias, ou seja, tem componentes subjetivos relacionados ao cientista, que interferem positiva ou negativamente na pesquisa.
- 7) Os cientistas são criativos.
- 8) A ciência faz parte de tradições sociais e culturais e, portanto, é influenciada e direcionada por elas.
- 9) Ciência e tecnologia afetam-se mutuamente, mas não são a mesma coisa.
- 10) A ciência e seus métodos não respondem a todas as questões, há delimitações sobre o tipo de questões que a ciência pode responder.

Essa lista de aspectos da NdC produzida pelo grupo de McComas é reforçada por uma lista de 15 mitos comumente encontrados em salas de aula, em livros didáticos e na mentalidade dos adultos. Não iremos apresentar essa lista de mitos aqui, pois entendemos que ela apresenta os mesmos aspectos da NdC já listados, apenas escritos sob uma outra maneira. Tal lista pode ser vista em McComas (1998, p. 53-71).

Por fim, para Matthews (2012, p. 4), a NdC representa aquilo que a ciência é: um empreendimento humano, historicamente imbuído na busca por uma verdade, que possui várias características: cognitivas, psicológicas, éticas, estruturais, sociais, culturais, políticas, etc., todas elas valiosas e úteis para o entendimento da NdC, por identificarem uma família de similaridades que garantem que diferentes empreendimentos possam ser chamados de científicos.

Contrariamente aos autores anteriores, Matthews (2012, p. 9-12) faz duras críticas à apresentação da NdC em formato de uma lista de tópicos com sentenças declarativas, especialmente à lista do grupo de Lederman, que ele considera ser talvez o mais influente e mais citado no campo de estudos que envolve NdC e ensino. Por mais que tais listas sirvam como ferramenta metodológica de pesquisa para mensurar o aprendizado de NdC e para prover os professores com assuntos sobre NdC para que possam refletir e trabalhar com seus alunos, por esse mesmo motivo elas também podem funcionar como um mantra a ser memorizado e repetido, sem que se compreenda seu sentido, o que vai de encontro com a

ideia do pensamento crítico e reflexivo, um dos principais argumentos para inserção da NdC no currículo.

Segundo Matthews (2012, p. 12), falta articulação histórica e filosófica na lista para que ela possa ser útil a professores e alunos, pois ao tentarem tratar em poucas páginas assuntos de considerável sutileza filosófica (que possuem longas tradições de debates), eles acabaram por apresentar certas ambiguidades que prejudicam sua utilidade enquanto objetivo curricular (seu uso para o ensino), enquanto critério de avaliação (para mensurar o aprendizado de NdC) e enquanto metas para cursos de formação de professores.

Para evidenciar tais problemas, Matthews (2012, p. 12-17) discute alguns dos itens da lista de Lederman.

Por exemplo, o primeiro item da lista de Lederman, que discute a natureza empírica da ciência, segundo Matthews (2012, p. 12), traz consigo dois problemas cuja discussão não é feita: o status ontológico de entidades teóricas na ciência, e o papel da abstração e da idealização na ciência.

O primeiro problema, conforme Matthews (2012, p. 12-13) deve-se a definição que sustenta uma concordância bastante ampla sobre a existência de uma realidade objetiva em comparação com a realidade dos fenômenos. Ele traz à tona uma discussão filosófica, não sobre a realidade do mundo, mas sobre a realidade das entidades explanatórias propostas pelas teorias científicas (ou seja, a dúvida não é sobre a existência dos objetos, mas sobre a existência das entidades e mecanismos invisíveis que a ciência postula para explicar o comportamento visível, macroscópico ou fenomenológico dos objetos), travada por realistas contra empiristas, construtivistas e instrumentalistas. Por exemplo: as ligações químicas iônicas e covalentes realmente existem, ou elas são somente comportamentos macroscópicos para os quais os postulados de ligações microscópicas invisíveis são uma explicação conveniente das regularidades macroscópicas? Outras questões como essa (e a história que as envolvem) poderiam ser feitas e discutidas, mas são eliminadas pela forma como a definição de Lederman é colocada.

Nesse aspecto, Matthews (2012, p. 13-14) identifica uma ambiguidade nas discussões feitas pelo grupo de Lederman: eles são realistas quanto ao mundo, mas incertos quanto às entidades teóricas da ciência. Por um lado, ao discutirem as concepções de estudantes sobre genes e átomos, apresentam uma visão não-realista ao considerarem que os átomos e genes aparentam, a princípio, não existir, sendo apenas construtos humanos, mas mantendo-se em silêncio sobre se o que está negado é uma existência em princípio ou uma

existência em particular. Por outro lado, ao conceberem que o mundo da ciência é habitado por entidades teóricas como, por exemplo, átomos, fótons, campos magnéticos e forças gravitacionais, e que eles são modelos teóricos funcionais e não cópias fiéis da realidade, o grupo de Lederman é ambíguo ao não deixar claro se tais entidades teóricas são modelos que não existem devido não serem um retrato fiel da realidade ou devido a sua própria natureza. Essa ambiguidade traz a tona outra antiga discussão filosófica, que distingue construtos hipotéticos (que por princípio existem, mas de fato podem não existir, ou não existir com as propriedades a ele atribuídas) e variáveis intervenientes (que a princípio não existem e são meras conexões observáveis).

O segundo problema do primeiro item da lista de Lederman, de acordo com Matthews (2012, p. 15), é que sua caracterização ou disfarça ou distorce completamente os componentes não-empíricos da ciência, como os processos de abstração e idealização, e o papel da inferência.

Matthews (2012, p. 15) afirma que os mesmos tipos de argumento podem ser construídos contra todos os itens da lista de Lederman, demonstrando que sua interpretação pode levar a ambiguidades, e que é necessária uma melhor articulação histórica e filosófica.

Devido a tais problemas, Matthews (2012) propõe uma mudança de foco: em vez de apresentar a NdC em um formato de uma lista de sentenças, destacar características da ciência¹¹ (CdC) que possam ser discutidas e indagadas a partir daquilo que filósofos, historiadores, sociólogos e educadores já escreveram sobre, não se limitando às declarações das sentenças da lista e evitando, assim, as omissões ou simplificações e seus consequentes problemas que elas poderiam trazer. Dessa maneira, Matthews (2012, p. 18) converte a lista de Lederman nas seguintes CdC: base empírica, teorias e leis científicas, criatividade, dependência teórica, incorporação cultural, método científico, provisoriedade; e complementa sua argumentação dizendo que não há motivos para que apenas essas CdC sejam privilegiadas, havendo muitas outras que poderiam trazer ricas discussões a respeito do empreendimento científico como, por exemplo¹²: experimentação, idealização, modelos, valores e questões sociocientíficas, matematização, tecnologia, explanação, visões de mundo e religião, escolhas teóricas e racionalidade, feminismo, realismo, construtivismo.

¹¹ Nossa tradução para a expressão que usada por Matthews: *Features of Science*.

¹² Matthews (2012, p. 18-20) deixa claro as CdC que ele apresenta são apenas exemplos, e que várias outras CdC podem ser levantadas a partir da HFSC.

Em suma, ainda que existam algumas diferenças entre as definições dos autores mencionados acima, sobre uma coisa parece não haver dúvida: a NdC refere-se a um conhecimento *sobre ciências*, conhecimento esse derivado dos estudos de diferentes áreas que procuram compreender o empreendimento científico e seu desenvolvimento histórico, algumas das quais tiveram um de seus modelos apresentados no capítulo anterior. Como será mostrado a seguir, os argumentos em prol da inclusão da História, Filosofia e Sociologia da Ciência (HFSC) ou da NdC nas salas de aula defendem um aprendizado *de ciências e sobre ciências*.

Ao discutirem diversos estudos que mostram níveis preocupantemente baixos do letramento científico¹³ da população em geral, tanto Matthews (2015) quanto Driver *et al.* (1996) identificam algumas classes de argumentos que enfatizam que compreender a NdC é essencial para que as pessoas entendam a própria ciência e, assim, o nível do letramento científico da população possa aumentar. Tais argumentos, com base em Matthews (2015, p. 8-9) e em Driver *et al.* (1996, p. 15-20), organizam-se nas seguintes classes:

- a) Argumentos utilitários: compreender a NdC é necessário para que as pessoas entendam a ciência e gerenciem objetos e processos tecnológicos que encontram na vida cotidiana.
- b) Argumentos democráticos: compreender a NdC é necessário para que as pessoas entendam questões sociocientíficas e participem de processos de tomada de decisão.
- c) Argumentos culturais: compreender a NdC é necessário para apreciar a ciência como um elemento principal da cultura contemporânea.
- d) Argumentos morais: aprender sobre a NdC pode ajudar a desenvolver uma compreensão sobre as normas da comunidade científica, incorporando compromissos morais de valor geral.
- e) Aprendizagem das ciências: compreender a NdC auxilia no sucesso da aprendizagem dos conteúdos científicos, indispensáveis para muitas das profissões contemporâneas.
- f) Argumentos ambientais: as pessoas devem conhecer os habitantes, a constituição e os processos do mundo natural, e que eles precisam ser mantidos.
- g) Argumentos disciplinares: sem uma adequada disseminação do conhecimento, serão pequenos o grupo de estudantes que poderão decidir avançar nos estudos e seguir uma carreira científica, e o público que apoiará a destinação de impostos para o investimento em pesquisas científicas.

¹³ O termo, em inglês, é *scientific literacy*, e poderia ser traduzido, também, como “alfabetização científica”.

Em função dessa série de razões que mostram a importância de se compreender NdC para melhorar o letramento científico, e tendo em vista sua já mencionada relação com a HFSC, torna-se evidente a necessidade de sua inclusão nos currículos.

A partir de Matthews (1995, 2015) é possível listar vários argumentos que mostram os benefícios trazidos pelas discussões sobre HFSC ou NdC para os processos de ensino e de aprendizado e, conseqüentemente, defendendo sua inserção no currículo:

- i) Elas permitem uma melhor compreensão dos conceitos científicos por apresentar a forma como se desenvolveram e se aperfeiçoaram.
- ii) Elas podem tornar as aulas de ciências mais desafiadoras e reflexivas, desenvolvendo o raciocínio lógico e o pensamento crítico.
- iii) Elas mostram a interdisciplinaridade presente nas ciências.
- iv) Elas dão uma dimensão mais humana e compreensível ao processo de idealização da ciência, tornando-a digna de apreciação por si mesma.
- v) Elas humanizam a ciência, apresentando as idiossincrasias pessoais dos cientistas e os embates da comunidade científica.
- vi) Há um valor intrínseco na compreensão de certos episódios da HC como as Revoluções Científicas.
- vii) Elas desmascaram o dogmatismo de muitos manuais e livros didáticos, apresentando um caráter social da ciência.
- viii) Seus estudos fornecem subsídios filosóficos para que os professores compreendam melhor as terminologias de sua disciplina (por exemplo: leis, teorias, causas, modelo, fato, evidência, problema científico) e com isso melhorarem a forma como ensinam e a visão de ciência que transmitem aos seus alunos.
- ix) Seus estudos dão suporte aos professores para compreender dificuldades de aprendizado de seus alunos, comparando-as com as dificuldades intelectuais e conceituais da história do desenvolvimento científico.
- x) Elas contribuem para o esclarecimento de muitos debates educacionais contemporâneos (como por exemplo: métodos construtivistas, críticas feministas à ciência, relação entre ciência e religião, ciências ambientais, ensino por investigação, relações Ciência-Tecnologia-Sociedade-Ambiente (CTSA) e controvérsias sociocientíficas), que fazem afirmações sobre a HC e a Epistemologia, ou sobre a natureza da produção e validação do conhecimento humano.

Argumentos semelhantes a esses, defendendo o valor da NdC para o ensino e o aprendizado de ciências, podem ser encontrados também em McComas, Clough e Almazroa (1998, p. 11–14).

Não obstante estarem claros os benefícios que a NdC traz para o ensino e, conseqüentemente a importância de sua inserção nos currículos, resta agora saber como ela pode, de fato, ser abordada nas salas de aula de ciências.

Conforme indicado no início deste capítulo, o foco da literatura atual sobre este tema está em *como* abordar a NdC. Ainda que não existam, neste momento, respostas conclusivas a respeito, alguma coisa pode ser dita sobre isso. Nos trabalhos de Abd-El-Khalick e Lederman (2000) e Lederman (2007), eles analisam diversos estudos que pretendiam melhorar as concepções de NdC de professores e conseguem identificar duas classes gerais de abordagem para o ensino da NdC: implícitas e explícitas. Nas abordagens implícitas o aprendizado da NdC se dá pelo envolvimento, por exemplo, em atividades investigativas e/ou com orientações para o desenvolvimento habilidades para a prática científica, sem haver qualquer menção direta à NdC, que está ali como uma mensagem subliminar a ser captada. Já nas abordagens explícitas, os materiais e objetivos instrucionais são direcionados para o aprendizado da NdC, utilizando ou não elementos da HFC para discussões específicas sobre aspectos da NdC. De acordo com esses autores, os indícios apontam a possibilidade de que as abordagens explícitas possuam uma efetividade relativamente maior no aprendizado da NdC, mas que mais pesquisas precisam ser feitas sobre o assunto.

Após ter discutido o que é a NdC neste capítulo, mostrando-a como um conhecimento relacionado aos campos teóricos exemplificados no capítulo anterior, e ter apresentado os argumentos que defendem sua presença no ensino de ciências, passamos agora à apresentação dos resultados de nossa pesquisa de doutorado, que estão estruturados em formato de dois artigos científicos, cada um deles compondo um dos próximos capítulos: o primeiro (capítulo 5) com os resultados da pesquisa realizada no Brasil e o segundo (capítulo 6) com os resultados da pesquisa realizada em Portugal.

5 A NATUREZA DA CIÊNCIA NO ENSINO DE CIÊNCIAS NO BRASIL NA PERSPECTIVA DE PESQUISADORES BRASILEIROS

Resumo

Esta investigação, de cunho qualitativo, buscou evidenciar a percepção de pesquisadores brasileiros a respeito de como ocorre, ou por quais motivos não ocorre, o ensino da Natureza da Ciência (NdC) nas salas de aula do Ensino Fundamental (EF) e Ensino Médio (EM). O objeto de estudo foram treze entrevistas audiogravadas com pesquisadores líderes de grupos de pesquisa cadastrados no CNPq, da área de Ensino de Ciências e com linhas de pesquisa em História e Filosofia da Ciência (HFC) ou NdC. As entrevistas foram transcritas e analisadas segundo a metodologia da Análise Textual Discursiva. Os resultados mostraram que a NdC não é ensinada, salvo em alguns casos raros e pontuais, quase sempre relacionados com a participação de estudantes ou pesquisadores da universidade. Para os casos em que ocorre o ensino da NdC, ela é abordada ou via discussão das inter-relações Ciência-Tecnologia-Sociedade, ou pelo uso da HFC, ou por meio de atividades práticas, ou orientadas pelo método do ensino por investigação, ou em atividades de modelagem ou de divulgação científica. Já para os casos em que a NdC não faz parte do ensino praticado nas salas de aula, foram identificadas sete dificuldades, muitas delas articuladas entre si, ou por ocorrerem simultaneamente, ou por exercerem influência umas sobre as outras: o próprio professor do EF e EM, as condições de trabalho desse professor, o sistema educacional e o currículo do EF e EM, a falta de apoio para o ensino da NdC, materiais didáticos, articulação entre universidade e escola, e a formação docente.

Palavras-Chave: Natureza da Ciência. História e Filosofia da Ciência. Ensino Fundamental e Médio. Dificuldades. Abordagens.

Abstract

This qualitative research had the objective of evidencing the perception of Brazilian researchers about how occurs, or for what reasons is not occurs, the teaching of the Nature of Science (NoS) in the classrooms of middle (MS) and high school (HS). The object of study was thirteen interviews recorded in audio with researchers who lead research groups registered in CNPq, in the area of Science Teaching and with research lines in History and Philosophy of Science (HPS) or NoS. The interviews were transcribed and analyzed according to the Discursive Textual Analysis methodology. The results showed that the NoS is not taught, except in some rare and specific cases, almost always related to the participation of university's students or researchers. For these cases in which NoS is taught, it is approached, or through Science-Technology-Society (STS) relations, or through the use of HPS, or through practical activities, or by the method of teaching by investigation, or by modeling activities, or by scientific outreach activities. For the cases in which NoS is not part of classroom teaching activities, seven difficulties have been identified, many of them articulated among themselves, or because they occur simultaneously, or because they exert influence over one another: the teacher of the MS and HS, the labour conditions of the teacher, the educational system and the curriculum of the MS and HS, the lack of support for teaching NoS, didactic materials, university-school articulation, and teacher education.

Keywords: Nature of Science. History and Philosophy of Science. Middle and High School Education. Difficulties. Approaches.

5.1 INTRODUÇÃO

O debate sobre a necessidade ou não de inserir-se a História e Filosofia da Ciência (HFC) nos currículos das ciências esteve presente durante muito tempo na literatura. Vários eram os argumentos contrários a essa inserção, dentre eles: a) a atividade científica é altamente complexa, e seu nível de especialização exige um enfoque em detrimento de outros, de tal maneira que uma exposição à História da Ciência (HC) poderia enfraquecer esse (necessário) dogmatismo ao revelar uma ciência cujas decisões (entre teorias rivais e antagônicas, por exemplo, em determinados momentos históricos) nem sempre obedeceram ao um racionalismo supostamente esperado que a ciência adotasse (KUHN, 2009); b) a questão filosófica da precedência da teoria sobre a experimentação, trazida pela HFC, colocaria em xeque a objetividade da ciência (como algo que retrata fielmente a realidade) ao retirar a suposta autonomia que a experimentação deveria ter (BRUSH, 1974); c) a única HC possível (de ser ensinada) é aquela simplificada e de má qualidade, escrita para sustentar a versão da metodologia atualmente usada pelos cientistas (KLEIN, 1972 *apud* MATTHEWS, 1995).

Por outro lado, Matthews, em artigo publicado em 1992 (traduzido para o português e publicado no Brasil em 1995), e em sua influente obra *Science Teaching* de 1994 (reeditada e atualizada em 2015), mostra que desde o início do século XX há clamores pela presença da HC nos currículos e inclusive que alguns movimentos de reforma curricular faziam essa inserção, ainda que nem sempre tais reformas contassem com a participação de historiadores, filósofos ou educadores. A partir de Matthews (1995, 2015) é possível listar várias razões que mostram o benefício da inserção da HFC nos currículos. Segundo ele, a HFC: a) permite uma melhor compreensão dos conceitos científicos por apresentar a forma como se desenvolveram e se aperfeiçoaram; b) dá uma dimensão mais humana e compreensível ao processo de idealização da ciência, tornando-a digna de apreciação por si mesma; c) há um valor intrínseco na compreensão de certos episódios da HC como as Revoluções Científicas; d) seus estudos fornecem subsídios filosóficos para que os professores compreendam melhor as terminologias de sua disciplina como, por exemplo, “leis”, “teorias”, “causas”, “modelo”, “fato”, “evidência”, “problema científico”; e) desmascara o dogmatismo de muitos manuais e livros didáticos, apresentando um caráter social da ciência; f) humaniza a ciência, apresentando as idiossincrasias pessoais dos

cientistas e os embates da comunidade científica; g) apresenta a interdisciplinaridade presente nas ciências; h) é necessária para compreender a Natureza da Ciência.

Ainda segundo Matthews (2015, p. 5), as questões da HFC não são extracurriculares ou complementares para os professores, mas sim parte da estrutura fundamental do ensino das ciências, pois sem HFC seria impossível ter discussões informadas e inteligentes sobre questões como, por exemplo, as características do método científico, as explicações científicas, o juízo de valor no trabalho dos cientistas, o pensamento crítico sobre afirmações empíricas.

Atualmente essa discussão, sobre a inserção ou não da HFC no ensino, parece não ser mais encontrada na literatura e, em seu lugar, há um reconhecimento sobre a importância que o entendimento a respeito da Natureza da Ciência (NdC) tem para o ensino e o aprendizado em ciências (VILAS BOAS *et al.*, 2013), um aprendizado que seja, ao mesmo tempo, *em* ciências e *sobre* ciências, ou seja, aprender os conteúdos das ciências e também algo sobre a NdC (MATTHEWS, 1995, p. 166). Assim, “a importância conferida ao esclarecimento sobre a Natureza da Ciência fomentou a incorporação da História da Ciência como um dos elementos fundamentais deste esclarecimento” (VILAS BOAS *et al.*, 2013, p. 315).

Esse reconhecimento, citado no parágrafo anterior, pode ser percebido, por exemplo, nos dados levantados por Vilas Boas *et al.* (2013), por Vital e Guerra (2014), por Mota, Gontijo e Oliveira (2015), e por Massoni (2010, p. 12-64), que mostram um crescimento quantitativo, com passar o tempo, de pesquisas realizadas no Brasil relacionando a Natureza da Ciência (NdC) ao ensino de ciências.

Sabendo que – ainda que de modo discreto e generalizado (MARTINS; BUFFON, 2007), e com concepções filosóficas frágeis e ingênuas (PINO; OSTERMANN; MOREIRA, 2005; NASCIMENTO JÚNIOR; SOUZA; CARNEIRO, 2011) – a NdC está presente no currículo do ensino básico brasileiro, e tendo em conta a importância que a NdC tem para o aprendizado dos estudantes, pode-se questionar se e como ela está sendo ensinada nas salas de aula da educação básica brasileiras ou, se não está, por quais motivos. A pesquisa aqui relatada incide sobre esses questionamentos, buscando responder ao seguinte problema de pesquisa: quais são as percepções dos pesquisadores brasileiros a respeito do ensino da Natureza da Ciência nas salas de aula da educação básica? Para isso, recorreremos a entrevistas com treze pesquisadores líderes de grupos de pesquisa de diversas regiões do Brasil.

Na próxima seção serão apresentadas, com base na literatura, algumas concepções de NdC. Logo depois, serão descritos os procedimentos metodológicos de coleta e análise de dados que foram adotados nesta pesquisa. Na quarta seção são apresentados os dados e os resultados de nossas análises e, por fim, na última seção, finalizamos o artigo com nossas reflexões e considerações finais.

5.2 A NATUREZA DA CIÊNCIA

Apresentamos o argumento, na introdução, de que a discussão sobre a inserção ou não da HFC no ensino foi superada pelo reconhecimento da importância de se aprender sobre NdC. Nesta seção, trazemos alguns referenciais que discutem o que é a NdC, mostrando-a como um conhecimento relacionado à HFC, à Sociologia da Ciência e aos Estudos Científicos.

Para Lederman *et al.* (2002, p. 498), a NdC “se refere à Epistemologia e Sociologia da Ciência, à ciência como uma forma de conhecimento, ou aos valores e crenças inerentes ao conhecimento científico e ao seu desenvolvimento”. Apesar das discordâncias entre filósofos, historiadores, sociólogos e educadores sobre algumas questões de NdC, ele apresenta uma lista de aspectos da NdC que considera consensual no que diz respeito a quais características da ciência e do conhecimento científico são importantes que os estudantes aprendam. Essa lista (LEDERMAN, 2007, p. 833-835; LEDERMAN *et al.*, 2002, p. 499-502) possui sete sentenças que, resumidamente, definem os seguintes aspectos da NdC: i) a natureza empírica da ciência, ii) leis e teorias científicas, iii) a natureza criativa e imaginativa do conhecimento científico, iv) a subjetividade ou a influência das pré-concepções, crenças e valores dos cientistas no conhecimento científico, v) a influência do contexto social e cultural no conhecimento científico, vi) o mito do método científico, vii) a natureza provisória do conhecimento científico.

Matthews (2012), por outro lado, se opõe à apresentação da NdC por meio de listas de aspectos consensuais, pois mesmo que tais listas tenham utilidade, para seus idealizadores, como ferramenta metodológica de pesquisa para mensurar o aprendizado de NdC e para prover os professores com assuntos sobre NdC para que possam refletir e trabalhar com seus alunos, elas podem se tornar, por esses mesmos motivos, meros mantras a serem memorizados e repetidos, sem que compreenda seu significado (MATTHEWS, 2012, p. 9-12). Isso ocorre porque tais listas pecam pela ausência de uma adequada articulação

histórica e filosófica, principalmente em seus detalhes, visto que tentam tratar de assuntos de considerável sutileza filosófica (que possuem longas tradições de debates) em algumas poucas páginas e, portanto, podem levar a interpretações equivocadas sobre o que é a ciência. Assim, tais listas mais confundem do que esclarecem o que é a NdC. Por exemplo, a apresentação do primeiro item da lista de Lederman (a natureza empírica da ciência), segundo Matthews (2012, p. 12-15), tem duas falhas: não faz uma discussão respeito do status ontológico de entidades teóricas na ciência, como a que foi travada entre realistas contra empiristas/instrumentalistas/construtivistas sobre a existência de uma realidade objetiva comparada à realidade dos fenômenos; e traz caracterizações distorcidas dos componentes não-empíricos da ciência, como a abstração, idealização e inferência.

Como alternativa para evitar esse tipo de problema, Matthews (2012, p. 18-20) propõe uma outra maneira de se discutir sobre a NdC: ao invés de apresentar uma lista limitada de aspectos da NdC na forma de sentenças e suas definições (que pode gerar o efeito de, quem for usá-las, limitar-se à sentença ou à definição), elencar características da ciência com base nos estudos da HFC, da Sociologia da Ciência e dos Estudos Científicos. Dessa forma, ao invés de uma “lista consensual” com alguns aspectos da NdC e suas definições, tem-se uma gama quase ilimitada de características da ciência que podem ser discutidas à luz de diferentes referenciais. A título de exemplo, Matthews (2012, p. 18-20) cita algumas delas: base empírica; teorias e leis científicas; criatividade; dependência teórica; incorporação cultural; método científico; provisoriedade; experimentação; idealização; modelos; valores e questões sociocientíficas; matematização; tecnologia; explanação; visões de mundo e religião; escolhas teóricas e racionalidade; feminismo; realismo e construtivismo.

Enfim, a partir do que foi apresentado, concordamos com McComas (2008, p. 249) em dizer que a NdC se caracteriza como

[...] um domínio híbrido que mistura aspectos de vários estudos sociais da ciência, incluindo a história, sociologia e filosofia da ciência, combinados com a pesquisa oriunda das ciências cognitivas como a psicologia para uma rica descrição da ciência; como ela funciona, como os cientistas operam como um grupo social e como a própria sociedade direciona e reage aos empreendimentos científicos (MCCOMAS, 2008, p. 249, tradução nossa)

e portanto, ela está relacionada, não é idêntica à HFC, à Sociologia da Ciência e aos Estudos Científicos, sendo um conhecimento sobre a ciência que deriva desses estudos.

Tendo esclarecido o que é a NdC, podemos então partir para a apresentação dos procedimentos metodológicos adotados nesta pesquisa.

5.3 METODOLOGIA

Esta investigação, de cunho qualitativo e interpretativo, para responder à questão proposta, recorreu a entrevistas com líderes de grupos de pesquisa brasileiros que reconhecidamente trabalham com temas relacionados à NdC.

Para identificar os grupos de pesquisa que trabalham com tema, foi utilizada a ferramenta de busca do Diretório de Grupos de Pesquisa no Brasil, do CNPq¹⁴. Foram feitas duas buscas, no dia 08/11/2016, uma para cada expressão: “Natureza da Ciência” e “História e Filosofia da Ciência”¹⁵, ambas adotando os mesmos parâmetros e filtros. A Figura 03, na próxima página, é um *print-screen* da página de busca no CNPq que exemplifica como a busca foi feita e quais os critérios adotados.

A partir dessas duas buscas, foram listados um total de 59 grupos de pesquisa. Em seguida, ainda na página do Diretório de Grupos de Pesquisa no Brasil, cada grupo foi consultado individualmente. Nessa consulta foram lidos: a descrição do grupo, a descrição dos objetivos da(s) linha(s) de pesquisa listada(s) na busca inicial, e as palavras-chave desta linha. O intuito dessa leitura era identificar se o grupo atuava na área de Ensino de Ciências e se a NdC e/ou a HFC faziam parte de suas ações de pesquisa. Com a leitura da descrição do grupo de pesquisa (ou do título do grupo, nos casos em que o grupo não possuía uma descrição) não foi possível identificar grupos que não trabalhassem com temas relacionados ao Ensino de Ciências. Por outro lado, pôde-se verificar, em vários grupos, a ausência das expressões “natureza da ciência”, “história da ciência” e “filosofia da ciência” na descrição das linhas de pesquisa listadas na busca e nas suas palavras-chave, casos esses que levaram à não seleção do grupo para posterior entrevista com seu líder.

Após esse processo de seleção, chegou-se a um total de 35 grupos. Após tentativa de contato via e-mail com seus líderes, convidando-os para colaborar com a pesquisa por meio de uma entrevista a ser realizada virtualmente, usando um aplicativo que permite comunicação por voz, foram obtidas 16 respostas positivas e uma negativa, das quais, por motivos de conflitos de agenda ou problemas de saúde, foram realizadas 13 entrevistas.

¹⁴ Disponível em <http://dgp.cnpq.br/dgp/faces/consulta/consulta_parametrizada.jsf>

¹⁵ Assumimos, no final da seção anterior, que NdC é um conhecimento derivado da HFC, por este motivo, continuamos a usar a HFC nos critérios de buscas, mesmo ela não estando explicitamente presente no problema de pesquisa.

Figura 03 – critérios de busca usados no site do diretório de grupos de pesquisa do CNPq

Consulta parametrizada

Consultar - Base corrente

Termo de Busca

* Consultar por

Aplicar a busca nos campos

Nome do grupo
 Nome da linha de pesquisa
 Palavra-chave da linha de pesquisa
 Objetivo da linha de pesquisa
 Nome do líder
 Nome do pesquisador
 Nome do estudante
 Nome do técnico
 Nome do colaborador estrangeiro

Situação Certificado Não-atualizado

Filtro para localização e tempo de existência do grupo

Região

UF

Instituição

Anos de existência do grupo Menos de 1 ano
 1 - 4
 5 - 9
 10 - 14
 15 ou mais

Filtro para área do conhecimento e setor de aplicação

Área do Conhecimento

Grande área

Predominante do grupo
 Relacionada à linha de pesquisa do grupo

Área

Predominante do grupo
 Relacionada à linha de pesquisa do grupo

Setor de Aplicação

Seção

Divisão

Filtro para Formação acadêmica

Formação acadêmica

Titulação máxima do pesquisador do grupo
 Nível de treinamento de estudante no grupo
 Formação acadêmica de técnico do grupo
 Formação acadêmica de colaborador estrangeiro

Filtro para bolsistas CNPq ou docentes

Produtividade em pesquisa (categoria/nível) IA IB IC ID II

Docentes/Capes (conceito programa PG) 7 6 5 4 3

Fonte: os autores.

As entrevistas ocorreram entre novembro de 2016 e junho de 2017, e tinham por objetivo captar as percepções pessoais do pesquisador, líder do grupo, a respeito de como a NdC está sendo ensinada nas salas de aula do ensino básico (EB), ou por quais motivos não está sendo, percepções essas oriundas ou de seu contato direto com professores e/ou com salas de aula do Ensino Fundamental (EF) e do Ensino Médio (EM), ou das informações que chegam até ele por meio de relatos e impressões compartilhadas pelos colaboradores do grupo de pesquisa sobre o assunto.

As entrevistas tiveram duração entre 25 e 66 minutos (média de 40 minutos), e foram conduzidas conforme as orientações de Bogdan e Biklen (1994), podendo ser consideradas do tipo aberto, visto não seguirem um roteiro específico. No início da entrevista eram apresentados o problema de pesquisa e o objetivo da entrevista, e em seguida pedia-se que o pesquisador discorresse sobre a atuação do seu grupo de pesquisa a respeito da NdC no ensino de ciências e que expusesse suas percepções a respeito de como a NdC está sendo ensinada no EF e EM, ou por que não está sendo. Deixava-se o pesquisador falar livremente, e as perguntas seguintes eram feitas de acordo com aquilo que estava sendo dito, ou para solicitar mais detalhes sobre alguma informação que foi mencionada, ou para retomar o foco da entrevista quando se estivesse fugindo do assunto.

As entrevistas foram gravadas em áudio, e depois transcritas para serem analisadas de acordo com a metodologia da Análise Textual Discursiva (ATD) de Moraes e Galiazzi (2007).

A ATD consiste uma metodologia de análise qualitativa que, devido aos seus pressupostos, situa-se entre os extremos da Análise de Conteúdo e da Análise de Discurso¹⁶, e pode ser entendida como um processo de desconstrução e reconstrução, no qual são isolados, interpretados e categorizados enunciados recortados do material submetido à análise, processo esse que resulta na produção de novos entendimentos sobre o objeto de pesquisa (MORAES; GALIAZZI, 2007, p. 112).

O processo analítico da ATD se dá em três momentos. O primeiro é a fragmentação do material em unidades que representem enunciados importantes para a pesquisa. O segundo é a reorganização, a categorização dessas unidades, estabelecendo

¹⁶ Não vem ao caso, para este artigo, discutir tais diferenças. Esta discussão está disponível no capítulo 6 da obra de Moraes e Galiazzi (2007, p. 139-161).

relações, por métodos dedutivos, indutivos, dedutivo-indutivos ou intuitivos, que congreguem elementos que compartilhem sentidos semelhantes. Para essa pesquisa adotamos o método intuitivo, no qual as categorias emergem como *insights*, como flashes de luz em meio a uma tempestade (MORAES; GALIAZZI, 2007, p. 23-25). O terceiro momento, captação do novo emergente, resulta em uma nova compreensão do objeto de pesquisa a partir da reflexão e crítica aos processos anteriores.

Uma vez construídas as categorias, estabelecem-se pontes entre elas, investigam-se possíveis sequências em que poderiam ser organizadas, sempre no sentido de expressar com maior clareza as novas intuições e compreensões atingidas. [...] o pesquisador pode desafiar-se a produzir ‘argumentos centralizadores’ ou ‘teses parciais’ para cada uma das categorias, ao mesmo tempo em que exercita a elaboração de um ‘argumento central’ ou ‘tese’ para sua análise como um todo (MORAES; GALIAZZI, 2007, p. 33).

De acordo com Moraes e Galiazzi (2007, p. 71), a ATD não se constitui em um processo linear, mas sim em uma espécie de ciclo, de espiral, visto que os processos de unitarização e categorização são revisitados até que haja uma saturação (momento em que a adição de novas unidades nas categorias já não acrescenta ou altera seus significados), mas que a cada novo ciclo há um aprofundamento da compreensão, devido à impregnação do pesquisador com os dados.

Nesta pesquisa, o processo de unitarização consistiu em separar fragmentos das entrevistas cujo conteúdo dizia respeito ou a como a NdC está sendo ensinada ou aos motivos pelos quais a NdC não está sendo ensinada nas salas de aula do EF e do EM.

Em função da extensão das transcrições (média 4,5 páginas com fonte Times New Roman tamanho 10 e espaçamento entrelinhas simples), durante a unitarização foram criados códigos para que as unidades pudessem ser localizadas em seu contexto original, caso fosse necessário. Assim, o código B09L075, por exemplo, representa um trecho da entrevista do pesquisador brasileiro 09 que se inicia na linha 075. Na apresentação dos resultados, quando alguma descrição se referir a vários trechos da mesma entrevista, será apresentado o código do pesquisador na primeira vez, e apenas as linhas logo depois (por exemplo: B06L030, L090; B11L080, L130).

No processo de categorização, conforme já mencionado, foi adotado o método intuitivo. A partir do intenso contato com as unidades de análise, emergiram as semelhanças a partir das quais foi possível organizá-las, em um primeiro momento, em três conjuntos: as que continham afirmações a respeito da presença ou ausência da NdC nas salas de aula do EF e EM, as que falavam sobre como a NdC está sendo ensinada, e as que falavam dos motivos

pelos quais a NdC não está sendo ensinada. Posteriormente, as unidades de cada um desses conjuntos foram retomadas, em um exercício de interpretação com o intuito de identificar elementos em torno dos quais essas unidades poderiam se agrupar para compor categorias. Após várias tentativas de agrupamentos e elaboração de definições (com base nas próprias unidades) que os sustentassem, sempre em um processo intuitivo no qual as opções de categorias surgiam como *insights*, finalmente se chegou a composição de categorias que melhor representava os dados analisados. É importante salientar, ainda, que em função da riqueza de informações que algumas unidades tinham e da impossibilidade de elas serem divididas, não foi adotado o critério de auto-exclusão, ou seja, algumas unidades acabaram por ser alocadas em mais de uma categoria. Por fim, durante o processo de revisão dos textos que trazem a definição das categorias, percebeu-se ainda que algumas delas possuíam, em seu interior, características que permitiam a criação de subcategorias.

Esse processo de definição das categorias e subcategorias ficará mais claro na próxima seção, destinada a apresentar os resultados da pesquisa.

5.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nesta seção serão discutidos os resultados da pesquisa, que respondem ao problema de pesquisa proposto, com base em 13 entrevistas realizadas com pesquisadores, líderes de grupo de pesquisa brasileiros que, de acordo com as informações disponíveis no cadastro do Diretório de Grupos de Pesquisa do CNPq, atuam na área de Ensino de Ciências com linhas de pesquisa relacionadas à HC, FC ou NdC. Nessas entrevistas buscou-se captar as percepções desses pesquisadores a respeito do ensino da NdC, a partir do contato que possuem com as salas de aula do EF e EM, e/ou a partir daquilo que é compartilhado dentro do grupo de pesquisa. Por meio da metodologia da Análise Textual Discursiva, do seu processo cíclico de análise, emergiram três conjuntos de categorias, algumas delas com subcategorias, que estão sintetizadas no quadro 01, a seguir:

Quadro 01 – Conjuntos, categorias e subcategorias que emergiram nas análises.

Conjunto 01: Afirmações sobre a presença ou a ausência da NdC nas salas de aula do EF e EM	
Categorias	Subcategorias
Afirmações positivas	
Afirmações negativas	
Conjunto 02: Abordagens para o ensino da NdC	
Categorias	Subcategorias
Abordagens usadas pelos professores	<ul style="list-style-type: none"> – relações CTS – uso da HC ou HFC – atividades práticas – ensino por investigação – atividades de modelagem – divulgação científica
Abordagens que podem ser usadas pelos professores	<ul style="list-style-type: none"> – relações CTS – uso da HC ou HFC – atividades práticas – ensino por investigação – atividades de modelagem – discutir a NdC sem fazer referência à HC ou HFC
Conjunto 03: Dificuldades para inserir a NdC nas salas de aula do EF e EM	
Categorias	Subcategorias
Professores	
Condições de trabalho do professor	<ul style="list-style-type: none"> – falta de tempo – desvalorização profissional
Sistema educacional e currículo	<ul style="list-style-type: none"> – conteúdos: quantidade e obrigatoriedade – carga horária das disciplinas – concepções de ensino, aprendizado e avaliação – sistema invasivo e impeditivo
Falta de apoio	<ul style="list-style-type: none"> – das universidades, via projetos – dos gestores escolares – dos alunos da escola – dos professores da escola – da sociedade local
Materiais didáticos	<ul style="list-style-type: none"> – qualidade – disponibilidade
Articulação universidade-escola	
Formação docente	<ul style="list-style-type: none"> – cursos de formação inicial – docentes formadores – percurso de estudos ao longo da vida

Fonte: os autores.

Na sequência, serão apresentadas cada uma destas categorias e subcategorias.

5.4.1 Afirmações sobre a presença ou a ausência da NdC nas salas de aula do EF e EM

No processo fragmentação das transcrições das entrevistas e posterior análise, percebeu-se que diversos desses recortes se assemelhavam, em um primeiro momento, por apresentarem afirmações dos pesquisadores a respeito da presença ou da ausência da NdC nas

atividades de ensino realizadas pelos professores nas salas de aula do EF e do EM. Estas unidades foram então agrupadas, e depois passaram por um novo processo de análise, a partir do qual notou-se que as afirmações contidas nesse conjunto de unidades podiam ser separadas em duas categorias: afirmações positivas, e afirmações negativas.

5.4.1.1 Afirmações positivas

Nesta categoria foram agrupados os trechos das entrevistas em que os pesquisadores fizeram afirmações positivas sobre a presença da NdC nas ações de ensino praticadas pelos professores das disciplinas de ciências nas salas de aula do EF e/ou do EM.

Todos os treze líderes de grupos de pesquisa fizeram deste tipo. No entanto, em todos os casos, ficou claro tratarem-se de situações isoladas, casos raros que não representam o quadro geral das salas de aula da região onde seus grupos de pesquisa atuam.

Para eles, nas poucas situações em que é possível identificar a presença da NdC nas atividades de ensino dos professores:

- ou são abordagens limitadas àquilo presente no material didático disponível, se houver algo no material (B08L115);
- ou são discussões feitas de forma equivocada (B01L128), no sentido de usar a HC apenas para introduzir um assunto ilustrando parte da vida de algum cientista, muitas vezes de forma anedótica e propagando mitos (B09L079; B10L274), como uma simples curiosidade para chamar a atenção dos alunos (B10L258; B13L108), e portanto de forma incompleta, sem fazer a devida explicação e correlação com o conteúdo (B03L150; B10L061);
- ou a abordagem é implícita, de modo a “colocar os alunos quase em desespero” (B10L139), por apenas dar dicas e esperar que eles, por intuição, compreendam a NdC;
- ou são casos de professores que já trabalharam com o uso da NdC no ensino, seja na graduação, na pós-graduação, ou participando do grupo de pesquisa (B01L094; B07L170; B08L124; B13L140);
- ou são casos em que o trabalho do professor teve a colaboração de estagiários, de bolsistas de Programas Institucionais de Bolsas de Iniciação à Docência (PIBID), ou de estudantes da pós-graduação (B02L021; B04L025; B05L041; B06L081, L090; B07L178; B08L109, L113; B12L031, L218);
- ou são casos específicos que acontecem somente porque o professor tem interesse no tema e reconhece sua importância (B06L103; B11L197);

Houve sete pesquisadores que enfatizaram, explicitamente, a raridade destes casos: para B02 (L119), “se isso está acontecendo de fato, a gente ainda não tem condição de falar, o meu grupo ainda não tem resultados pra dizer”; segundo o que B09 (L064) e B11 (L115) têm presenciado, muito pouco de NdC é discutido nas aulas; B01 (L183) acredita ser difícil que um professor, por iniciativa própria, leve a NdC para suas aulas; B07 (L168) afirma que “no geral isso não é trabalhado nas escolas aqui [no estado] não, a não ser um caso muito específico”; B03 (L148) diz que não se lembra se houve algum caso, pois se houve, foi tão raro que deve ter se esquecido; e B10 (L122) diz que quando o assunto é tocado, é de forma tão sensível que não é possível afirmar que a HFC foi de fato levada para a sala de aula.

Por fim, dentre as afirmações positivas a respeito da presença da NdC nas salas de aula do EF e EM, destacam-se as de três pesquisadores, que ao fazerem uma comparação da situação do passado com a situação atual, demonstram uma expectativa de que mudanças positivas são possíveis:

- para B02, a escola não é mais tão rígida como antigamente, sendo atualmente mais flexível quanto a sua estrutura (limitação de acesso e uso de seus espaços físicos) e quanto a sua gestão (receptividade de propostas diferenciadas/novas) (B02L138), e os professores, devido às formações e capacitações, estão mais centrados, mais informados, mais conscientes de suas visões a respeito da ciência e do cientista (B02L072).
- segundo B09, no curso de licenciatura em Física onde atua, as disciplinas de Física Geral tinham roteiros muito dirigidos para a ideia de experimentos com intuito de comprovar leis e teorias, que contribuía para a sedimentação de concepções equivocadas sobre a ciência, porém “agora as Físicas gerais mudaram, então eu não posso fazer esta crítica” (B09L132).
- já B005 (L068) acredita que a recente reforma curricular do ensino médio (de 2016) juntamente com a Base Nacional Comum Curricular, que está sendo construída e possui elementos de NdC em Física e de CTS em Química, irá influenciar nas licenciaturas e conseqüentemente naquilo que é levado à sala de aula do EB.

5.4.1.2 Afirmações negativas

Tendo deixado claro, na categoria anterior, que os casos em que a ocorre a presença da NdC no ensino são exceções, oito dos pesquisadores entrevistados (B01, B06, B07, B08, B09, B10, B11, B13) fizeram afirmações negativas, confirmando a ausência da

NdC nas ações de ensino praticadas pelos professores das disciplinas de ciências nas salas de aula do EF e/ou do EM.

Para B01, que diz conhecer muito bem a realidade dos professores, especialmente do EM, “não se discute NdC, não se discute História da Química, ou de qualquer ciência, e não se discute também a concepção de cientista, de ciência, da Filosofia da Ciência” (L099), mas que esses professores, pelo menos no caso dos egressos da graduação em que atua, se sentem incomodados por não discutirem ou discutirem parcialmente a NdC (L149, L161). Caso semelhante foi dito por B09 (L066, L070) e B10 (L031, L067, L120), que enfatizam que mesmo nos casos em que os professores possuem formação adequada para trabalhar com a NdC em suas aulas, eles não o fazem.

Os outros cinco pesquisadores disseram de forma objetiva e direta, que a NdC não faz parte das ações de ensino que ocorrem nas salas de aula:

[...] o que eu posso te dizer é que nunca ouvi alguém me trazer um relato de alguém trabalhando com história da ciência ou natureza da ciência. Não lembro disso ter acontecido (B06L163).

[...] Com certeza não faz. No geral não (B07L150).

[...] Mas de uma forma geral, dizer que há uma preocupação, uma inclusão nos programas, isso aparecer num tópico dentro das disciplinas, isso a gente não tem encontrado (B08L120).

[...] esse tema normalmente não é discutido nas escolas, durante as aulas de biologia ou durante as aulas de ciências (B11L119).

[...] o que eu vejo de uma maneira geral, é que não é comum, na escola, os professores na escola trabalharem desta maneira. É contra hegemônico (B13L084).

Por meio dos dados apresentados neste conjunto de categorias, fica nítido que, na perspectiva dos líderes de grupo de pesquisa entrevistados, de uma forma geral, a NdC não faz parte das atividades de ensino promovidas pelos professores de ciências nas salas de aula do EF e do EM, mas que há casos raros, exceções, em que isso acontece. Algumas destas afirmações, tanto as positivas quanto as negativas, conforme poderá ser visto ao longo deste artigo, estão associadas com, ou são consequência de, categorias que serão apresentadas nas próximas subseções: as abordagens para o ensino da NdC (por exemplo: o uso da HC ou da HFC), ou as dificuldades para se inserir NdC nas salas de aula do EF e EM (por exemplo: materiais didáticos, formação docente, falta de apoio para o desenvolvimento de atividades).

5.4.2 Abordagens para o ensino da NdC

Conforme mostrado pelo conjunto de categorias anterior, de acordo os líderes de grupos de pesquisa entrevistados, ainda que seja em situações específicas e raras, a NdC está presente no ensino praticado nas salas de aula do EF e EM. A partir dessas afirmações, quando indagados a discorrerem mais sobre o assunto, os pesquisadores passaram a falar, então, sobre como é que acontece essa inserção, como é que esta presença da NdC nas aulas se efetiva. Os fragmentos das entrevistas que dizem respeito a isso foram agrupados, e sua análise, em um primeiro momento, revelou uma convergência das falas no sentido de relatar diferentes maneiras pelas quais a NdC estava sendo abordada pelos professores em suas salas de aula. Posteriormente, ao retomar as análises, percebeu-se que as unidades apresentavam duas perspectivas distintas dos pesquisadores, a partir das quais foram construídas as duas categorias e suas subcategorias desta subseção.

De um lado, tem-se as falas que representam as abordagens que são de fato usadas pelos professores, nos casos raros (já mencionados) em que era possível identificar a presença da NdC nas salas de aula. De outro lado, estão as falas que representam as propostas e/ou expectativas dos pesquisadores entrevistados, sobre como eles esperam que a NdC possa ser abordada pelos professores nas salas de aula.

A seguir serão descritas estas categorias e subcategorias.

5.4.2.1 Abordagens usadas pelos professores

Conforme já mencionado, nesta categoria estão classificados fragmentos das entrevistas que se referem às abordagens usadas os professores nos casos isolados em que ocorre o ensino da NdC. Aqui estão presentes trechos das falas de nove pesquisadores: somente B01, B03, B09 e B10 não tiveram falas alocadas nesta categoria. A partir das unidades analisadas, foram construídas seis subcategorias, que representam os tipos de abordagem usados pelos professores: práticas orientadas pelas relações Ciência-Tecnologia-Sociedade (CTS); uso da HC ou HFC; atividades práticas; ensino por investigação; modelagem; divulgação científica.

Quatro pesquisadores (B05, B07, B12, B13) mencionaram abordagens orientadas pelas perspectivas das **relações CTS**. B13 comenta que costuma usar CTS junto das artes, e que as CTS possibilitam problematização e a discussão, por exemplo, de injustiças sociais

ligadas à distribuição de energia, da suposta neutralidade da ciência, da visão de uma ciência sempre benéfica ou do cientista puro e ingênuo, que permitem compreender a NdC (B13L018, L103, L122). A escolha de temas sociocientíficos e controvérsias relevantes para o contexto local da região da escola, associados ao conteúdo do currículo oficial e discutidos sob uma perspectiva CTS, é a abordagem mencionada por B12 (L056, L066, L144, L150). Esses temas sociocientíficos controversos, discutidos pela perspectiva CTS, também são citados por B007 (L295) que afirma que os mesmos permitem discutir explicitamente aspectos da NdC que em outras abordagens pode ser mais difícil, como por exemplo questões econômicas e da psicologia da ciência. Já B05 (L027), por outro lado, afirma que as controvérsias em CTS permitem verificar o posicionamento e a fundamentação de diferentes grupos sociais em torno de um tema, e que o debate e a argumentação em torno dessa fundamentação possibilitam a construção do conhecimento de maneira que a NdC permeie o processo em suas entrelinhas.

O **uso da HC ou da HFC** foi mencionado por seis pesquisadores (B02, B06, B08, B11, B12, B13). Nos trabalhos desenvolvidos no grupo de B06, escolhe-se um episódio histórico, que pode também envolver a replicação de um experimento histórico, e se questiona “quais aspectos da NdC aparecem ou estão relacionados e, portanto, podem ser trabalhados” (B06L021, L070), com isso, é possível fazer um uso instrumental da HC, não querendo introduzir novos conteúdos (visto que o currículo do EB já está abarrotado), mas usando a HC como uma ferramenta que permita aos alunos desenvolverem concepções mais informadas de NdC (B06L031). Um exemplo de uso de episódios históricos é descrito por B08: um trabalho que fez com licenciandos do PIBID nas escolas, foi trabalhada a ligação do hidrogênio com nitrogênio, foi discutido o contexto histórico que envolve um cientista prêmio Nobel, Fritz Haber, e seu envolvimento com a Primeira Guerra Mundial, com intuito de mostrar que a ciência não é totalmente benéfica e que os cientistas não são uma caricatura de um herói, e envolvem-se questões polêmicas (B08L259, L275).

Alguns trabalhos do grupo de B02 fizeram uso da HC ou HFC para uma contextualização histórica de um conceito científico, de modo a facilitar sua transposição para a forma como é trabalhado na escola (L085), contextualização essa também trabalhada por B11 em alguns estágios que orientou, falando sobre como surgiram as primeiras pesquisas, como o conceito científico foi desenvolvido (L210). Um doutorado orientado por B12 fez uso de textos sobre HC construídos pelo doutorando junto a licenciandos estagiários, que trabalharam com os professores das escolas (L031). Já o uso de textos históricos originais (dos próprios cientistas do passado) acompanhados de uma sequência didática que orienta

como trabalhar com tais textos foi a abordagem usada em alguns trabalhos orientados por B06 (L021) e por B08 (L212).

Por fim, B013 cita duas maneiras de fazer uso da HC ou HFC para abordar a NdC: por meio de encenações teatralizadas, em uma orientação que fez (B13L051); e, de acordo com o contato que tem com professores, por meio do aproveitamento do contexto das próprias aulas, dos conteúdos obrigatórios, como por exemplo a astronomia, para trazer a HFC para o contexto de ensino, promovendo um confronto entre modelos antagônicos, discutindo os critérios para escolha de um dos modelos e argumentando sobre o papel da observação na ciência (B13L142).

Outra abordagem da NdC que foi usada nas aulas de ciências, de acordo com dois pesquisadores, são **atividades práticas**. De acordo com B12, um dos docentes colaboradores do seu grupo de pesquisa voltou a preocupar-se recentemente com a questão de “como é que você pode pensar a NdC a partir do ensino da disciplina, da experimentação, do laboratório?” (L095) e está orientando um trabalho para investigá-la. Uma orientanda de B02 “fala de ciência por meio da prática, e por meio da prática ela historiciza a biologia” (B02L033). Outros trabalhos do grupo de B02, também com uso de atividades práticas, buscam inverter a ordem tradicional das aulas (primeiro teoria e depois prática), inserindo primeiro uma prática por meio da qual o professor pode selecionar os conceitos que vai discutir e historicizá-los (se quiser) e o aluno é colocado para levantar hipóteses, problematizar, criar protocolos de testes e validação, fazer experimentos, argumentar para enfim chegar à teoria, a partir do engajamento dos alunos com a atividade (B02L076, L115, L154).

Ainda na ideia das atividades práticas, porém agora orientadas por uma outra perspectiva, os licenciandos de PIBID de B07 realizaram atividades nas salas de aula das escolas que colocaram os alunos para vivenciar situações nas quais eles mesmos começaram a refletir sobre aspectos da NdC, e ao final da atividade houve um momento em que houve uma discussão explícita sobre tais aspectos (B07L070). Estratégia semelhante a essa foi adotada por B06 (L136) ao orientar seus estagiários a usar o **ensino por investigação** com os alunos da escola em que atuam.

Já B04 diz ter observado professores que, atuando em colaboração com outros pesquisadores da universidade e tendo como ponto de partida alguns episódios históricos, usaram **atividades de modelagem** para promover discussões sobre os processos do “fazer científico, como a argumentação, levantamento e teste de hipóteses, compartilhamento de informações com uma comunidade, etc.” (L023).

Por fim, a última abordagem relatada nas entrevistas como sendo uma das que foram usadas pelos professores em suas salas de aula, é a **divulgação científica**. Segundo B13 os professores são incentivados, por meio de ações de extensão da universidade, a organizarem feiras de ciências nas escolas, nas quais os aspectos interdisciplinares das ciências são muito evidenciados (L169).

Nosso primeiro conjunto de categorias mostra que, de acordo com os pesquisadores entrevistados, se a NdC está sendo ensinada pelos professores em suas salas de aula do EF e EM, é em casos raros e isolados, muitas das vezes com colaboração de universitários ou no momento da aplicação ou em treinamento anterior. Agora, na categoria que acaba de ser apresentada, em que são descritas as abordagens usadas por esses professores que ensinam a NdC no EF e EM, e é possível perceber, pelos dados apresentados, que em tais abordagens há sempre um trabalho conjunto entre o professor da escola e estudantes ou pesquisadores da universidade.

5.4.2.2 Abordagens que podem ser usadas pelos professores

Ao falarem sobre como vem ocorrendo o ensino da NdC nas salas de aula do EF e EM, em alguns trechos os pesquisadores não descreveram as abordagens que estão sendo usadas pelos professores, mas sim as abordagens que eles (os pesquisadores) acreditam ou esperam que sejam usadas, seja porque trabalham com elas em suas disciplinas da graduação (disciplinas estas cujos estudantes não fazem intervenções em salas de aula do EB) ou porque consideram que elas podem contribuir para o aprendizado científico envolvendo a NdC.

Nesta categoria foram alocados fragmentos das entrevistas de seis pesquisadores (B01, B03, B07, B09, B10, B13). Da análise destes fragmentos emergiram seis subcategorias: relações CTS, atividades práticas, uso da HC ou HFC, modelagem, ensino por investigação, e discussão de NdC sem usar HC ou HFC.

Para B01 (L163), o estudo e a discussão do contexto histórico do desenvolvimento de um conceito “poderia ser encaminhado numa perspectiva de se implementar efetivamente uma discussão do que é ciência, pra que ela serve, por exemplo num currículo” cuja orientação tenha características das **relações CTS**.

Uma crítica à forma como são concebidas as **atividades práticas** é feita por B03 (L221), que questiona a tradicional sequência: teoria primeiro, prática depois (para comprovar a teoria), e propõe uma inversão, para a prática vir primeiro.

Por que não levar o aluno a pensar um problema antes de relacionar com a teoria? Primeiro levanta a hipótese, faz como o cientista teve o problema, elabora um protocolo de como pesquisar isso, etc. E depois chega na aula teórica e amarra isso tudo. Por conta desses resultados que se obteve nos experimentos, a gente chega em qual conclusão? Essa conclusão pode ser a teoria. A teoria que era pra dar inicialmente (B03L222).

O uso da HC ou HFC foi mencionado por três pesquisadores. Para B03 o uso da HFC deve ser ilustrativo, no sentido de contextualizar um conteúdo histórica e filosoficamente (B03L052, L064), uma abordagem em que a HFC serve como princípio orientador do planejamento e execução das aulas, e não como um conteúdo específico, em que a própria discussão dos conceitos científicos mostrará como eles foram construídos, que não existiu um “momento eureka”, em uma estratégia que simule a forma como um cientista trabalha (B03L174, L183, L195). Um outro uso da HFC é descrito por B09, que fala sobre uma disciplina de HFC da graduação em que atua, na qual a professora dessa disciplina faz discussões sobre NdC e pede que seus estudantes, como avaliação da disciplina, pensem em como levar os assuntos discutidos para as salas de aula do EF ou EM, e elaborem e apresentem uma sequência didática (B09L124). Esta mesma atividade é descrita por B10 (que é a professora desta disciplina e coordena, em conjunto com B09, o mesmo grupo de pesquisa), que a denomina “microepisódios de ensino” e tem como intuito provocar a reflexão, nos licenciandos, sobre como eles poderão posteriormente (no estágio e após se formarem) levar a HFC para as salas de aula (B10L174). Nesta mesma disciplina, B10 (L153) comenta que faz críticas a certos referenciais que concebem a NdC como uma lista de aspectos e que consideram que apenas abordar isso significa discutir a NdC.

Ainda sobre o uso da HC ou HFC, B07 exemplifica uma situação hipotética na qual o professor, tendo conhecimento sobre HFC, ainda que não tenha planejado o seu uso em sua atividade de ensino, pode aproveitar-se de determinados acontecimentos em sala de aula para fazer discussões sobre NdC, por exemplo: um experimento em que os resultados de diferentes grupos de alunos não são iguais, permite discutir os erros associados (B07L260); a questão do financiamento da ciência, de ter que convencer pessoas, a questão da aplicabilidade da ciência (B07L265); quando se está ensinando modelos, os alunos podem questionar as razões para estarem aprendendo um modelo que não é o certo, é a oportunidade para o professor discutir que na ciência não há certo ou errado, que os modelos são mais ou menos adequados a depender do contexto a ser aplicado (B07L270).

Por meio deste último exemplo, B07 associa a abordagem das **atividades de modelagem** ao uso da HFC como um conhecimento importante para desenvolver tal

abordagem. Para ele, é importante que as atividades de ensino favoreçam uma discussão explícita da NdC, pois somente a participação dos alunos em atividades de modelagem não garante que eles entendam o que é, como se constrói e qual a função de um modelo na ciência (B07L288). A modelagem também é mencionada por B09: “A gente trabalha com modelagem e a gente se preocupa com levar uma visão contemporânea de ciências [...], uma visão correta da ciência” (B09L022).

Com estes mesmos intuitos, B07 (L278) diz ser possível trabalhar com o **ensino por investigação**, com atividades que envolvam a HC para a discussão explícita da NdC.

Por fim, na última subcategoria, está a fala de B13 que afirma ser possível **discutir a NdC sem usar HC ou HFC**,

[...] quando você trabalha independente da história, como com os referenciais críticos, questões de poder, que estão mais ligadas aos Direitos Humanos, a democracia, pluralidade, sem tanta história, as vezes tem uma aderência maior com os alunos (B13L114).

As abordagens apresentadas nesta categoria, conforme já mencionado, representam aquilo que os pesquisadores entrevistados acreditam que possa ser usado pelos professores. É interessante perceber a semelhança entre as abordagens aqui descritas e as que fazem parte da categoria anterior, que são praticamente as mesmas. Também é interessante notar que apenas dois pesquisadores tiveram falas em ambas as categorias, B07 e B13, sendo que os demais falaram ou somente sobre o que os professores usam ou sobre o que acreditam que os professores possam usar. Estes dois aspectos juntos demonstram que, ao menos entre os líderes de grupos de pesquisa entrevistados, há um reconhecimento sobre o potencial que tais abordagens (relações CTS, uso de HC ou HFC, modelagem, ensino por investigação, e atividades práticas) possuem para levar a NdC para as atividades de ensino nas salas de aula de ciências do EF e EM.

Na próxima subseção serão apresentadas as categorias que representam a percepção dos pesquisadores entrevistados a respeito dos motivos pelos quais, de forma geral, de acordo com eles, a NdC não é ensinada pelos professores do EB em suas salas de aula.

5.4.3 Dificuldades para inserir a NdC nas salas de aula do EF e EM

Considerando que, de acordo com o primeiro conjunto de categorias, na percepção dos líderes de grupos de pesquisa entrevistados, a NdC não é ensinada nas salas de aula do

EB, os recortes das entrevistas agrupados no conjunto de categorias desta seção representam os motivos pelos quais este ensino não acontece.

Após feito esse agrupamento, ao retornar a estes dados para iniciar um novo ciclo de análises, foi possível perceber que os recortes das falas dos pesquisadores aqui alocadas diziam respeito a elementos que interferem, que dificultam a efetivação da inserção da NdC no ensino praticado nas alas de aula do EF e EM. Por esse motivo o conjunto de categorias e subcategorias descritas nesta subseção tem a palavra “dificuldades” em seu nome. Vale destacar ainda que, por mais que o exercício analítico tenha procurado evidenciar separadamente cada uma dessas dificuldades em categorias, as falas dos entrevistados por vezes não só referenciavam mais de uma delas, como mostravam que estão relacionadas, conforme poderá ser percebido em suas descrições ao longo desta subseção. Já no que diz respeito às subcategorias, em muitos casos optamos por não apresentá-las separadamente dentro de cada categoria, devido à forma como elas se articulam entre si nas falas dos pesquisadores.

As categorias que emergiram do processo de análise foram sete: professores; condições de trabalho dos professores; sistema educacional e currículo; falta de apoio; materiais didáticos; articulação universidade-escola, formação docente.

5.4.3.1 Professores

Para seis dos líderes de grupos de pesquisa entrevistados (B01, B04, B08, B10, B11 e B13) uma das dificuldades para se ter a NdC nas atividades de ensino nas salas de aula do EF e EM são os próprios professores.

De acordo com os recortes das entrevistas que foram analisados, os professores:

- “[...] que estão atuando não conhecem muito sobre isso, pra não dizer que não conhecem nada sobre isso” (B01L102);
- desconhecem a existência de bons materiais disponíveis nas escolas (B08L153), ou preferem a HC em vez da FC, devido maior disponibilidade de materiais com HC, inclusive os aprovados no Programa Nacional do Livro Didático que são distribuídos nas escolas (B10L252), ou usam o material que eles mesmos elaboraram (por serem egressos de um mestrado profissional com uma linha em HFC) mas não conseguem incentivar protagonismo dos alunos (B13L044);
- se preocupam mais com os conteúdos específicos do que com a NdC (B08L168);

- se tivessem interesse pelo tema, buscariam alternativas e fariam acontecer, se tivessem tempo (B04L031; B11L200), mas seu interesse e intenção em discutir a NdC em sala de aula sofre um decaimento depois da formação (B13L096);
- podem ter insegurança quanto ao tema ou receios sobre a receptividade dos alunos que podem questionar: “o professor está deixando de dar aula de Química ou de Física pra trabalhar com texto de história agora?” (B08L145);
- estão confortáveis fazendo o que estão fazendo, pois vê que todos em sua volta fazem o mesmo, que os livros didáticos indicam isso e as cobranças são nesse sentido, então para fazer algo diferente, como trabalhar com a NdC em sala de aula, ele só fará se sentir-se confortável com isso (B13L159);

Além disso, B08 destaca que há professores que consideram que a discussão sobre NdC seja preocupação da universidade e que as suas preocupações devem ser com os conteúdos específicos das ciências que lecionam (B08L174); e que há professores que pegam instruções de diferentes lugares (currículo, materiais didáticos, internet, mídia), levando para a sala de aula àquilo que acham pertinente, sem preocupar-se se há ou não contradições sobre a imagem da ciência nisso tudo (B08L182).

A dificuldade que os próprios professores representam para a inserção da NdC nas atividades de ensino que promovem, como pôde ser visto dados apresentados, por vezes ou está aliada ou é consequência de outras dificuldades que serão apresentadas a seguir, como por exemplo os materiais didáticos, as condições de trabalho e sua formação.

5.4.3.2 Condições de trabalho do professor

Outra dificuldade para que ocorra o ensino da NdC nas salas de aula de ciências, de acordo com quatro pesquisadores (B01, B07, B10 e B11), são as condições de trabalho dos professores do EF e do EM, em dois diferentes aspectos: falta de tempo e desvalorização profissional.

De acordo com B01, as características do trabalho docente, que envolvem o currículo, a quantidade de aulas que tem, a forma como a escola funciona, sobrecarregam o professor, lhe falta tempo para pesquisar o material necessário (muitas vezes não disponível na escola) e estudar o que precisa para preparar aulas que abordem a NdC (L120, L153, L157, L160, L183).

O problema da falta de tempo do professor também é identificado por B07:

Mesmo alguns professores que sabem algumas coisas, como o currículo de todos os estados estão só diminuindo o número de aulas de ciências, eles ficam achando: 'ah não, não vou trabalhar com isso porque já não dá tempo de trabalhar o conteúdo, ainda mais trabalhar com isso?' (B07L158).

Segundo B07, a formação docente (prover o professor com mais conhecimento sobre o tema) e os materiais didáticos (que trouxessem discussões sobre NdC) são fatores que poderiam amenizar esta dificuldade (B07L209).

B011 também aponta que “só dá tempo de tratar o básico, sem fazer esta contextualização” (B011L110), pois “quando eles têm 50 minutos para dar aula, é preciso ter foco nos conceitos” (B11L140), isso porque com uma carga horária pesada (40h semanais, das quais em torno de 34h em sala de aula), não sobra tempo em sua rotina para o estudo e preparação de aulas com um assunto tiveram pouco contato em sua formação.

A má remuneração dos professores, a obrigatoriedade em se trabalhar certos conteúdos curriculares, e a sobrecarga de trabalho são destacados por B10:

[os professores] acabam fazendo exatamente aquilo que a gente não quer que eles façam, quando eles fazem isso [tentam usar algo de HC], mas é como eles acham que dá pra fazer pelo pouco tempo que eles tem, pelo excesso de aula que precisam dar, pela preocupação do baixo salário que ganham, que precisam trabalhar em várias escolas, e porque eles entendem que ‘eu TENHO que tocar em alguns assuntos’, ficam preocupados na obrigatoriedade de abordar alguma coisinha, então a coisinha que eles acabam abordando é um aspecto histórico às vezes cristalizado, localizado, transmitindo uma visão individualista, de que a ciência é construída por gênios... é um destrabalho, é um desfavor (B10L280).

Para B10, trabalhar a NdC exige tempo, estudo e reflexão, coisa que o professor não tem (L262), mas que se houvessem materiais de boa qualidade, prontos para uso, isso poderia ser amenizado (L293).

Conforme mostram os dados apresentados, as condições de trabalho não são uma dificuldade que se coloca sozinha para a inserção da NdC nas atividades de ensino nas salas de aula. As condições de trabalho parecem ser uma consequência direta das exigências impostas pelo sistema educacional e o currículo, e estão relacionadas às dificuldades da formação docente e de materiais didáticos no sentido de que estes poderiam contribuir para que, mesmo neste cenário de sobrecarga de trabalho, a NdC pudesse fazer parte das atividades de ensino nas salas de aula.

5.4.3.3 Sistema educacional e currículo

Para oito dos líderes de grupos de pesquisa entrevistados (B01, B04, B05, B06, B07, B10, B11, B12), dentre os motivos que levam à não inserção da NdC no ensino praticado nas suas aulas do EF e EM está o sistema educacional e o currículo. Conforme pode ser visto nos dados a seguir, estas dificuldades se manifestam em quatro aspectos: conteúdos (quantidade e/ou obrigatoriedade); carga horária das disciplinas; concepções de ensino, aprendizado e avaliação; sistema invasivo e impeditivo.

De acordo com os pesquisadores, o currículo se apresenta como uma dificuldade porque é muito abarrotado de conteúdos (B06L033, B04L030), porque a quantidade de aulas (B01L153; B10L282) e a duração das mesmas (B11L140), fazem com que os professores fiquem sobrecarregados. Tudo isso, aliado à existência de uma cobrança, de uma obrigatoriedade de se cumprir o currículo (B01L115; B05L064; B07L232; B10L284), são empecilhos que direcionam o foco do professor para os outros conteúdos, deixando de lado a NdC.

Para B05 (L066), se não está explícito no currículo, em muitos casos a direção ou coordenação da escola não deixa trabalhar o assunto.

Além disso, as compreensões trazidas pelas diretrizes curriculares sobre como deve ser o ensino e a aprendizagem (B01L113, L129), a concepção dos sistemas de avaliação como o ENEM e aquilo que eles cobram dos estudantes (B07L242), e a concepção de ciência prevalente no currículo e nos livros didáticos, empirista e positivista (B01L109), não dão conta de uma adequada compreensão sobre o que é ciência.

Por fim, para B012, a maior de todas as dificuldades, que impedem os professores de trazerem discussões sobre NdC às salas de aula, especificamente no estado de SP, é o sistema de ensino que, dotado de uma visão cientificista e de uma política muito invasiva, coage a administração das escolas a seu favor, e impõe tantas burocracias e cobranças sobre o professor, que cria um ambiente inóspito para o trabalho do professor, praticamente o impossibilitando de qualquer atuação diferenciada (B12L220, L229, L307, L347), porém, observa que a universidade precisa assumir um papel neste contexto, para não deixar os professores entregues à burocracia, pois mesmo que estejam capacitados para tais discussões, sozinhos não conseguirão fazer nada (B12L237, L242).

De acordo com os dados apresentados, percebe-se que as dificuldades criadas pelo sistema educacional e currículo têm influência direta nas condições de trabalho do professor e

que, como ainda será discutido, também contribuem para a qualidade dos materiais didáticos. Diante disso, conforme já mencionado, faz-se necessária uma presença maior da universidade nas escolas, por meio de parcerias, projetos, pesquisas, etc.

5.4.3.4 Falta de Apoio

Mais uma dificuldade para a inserção da NdC nas salas de aula do EF e EM, que foi mencionada por muitos pesquisadores, é falta de apoio para o desenvolvimento de atividades que abordem a NdC. Aqui estão alocados fragmentos das falas de nove entrevistados (B01, B02, B05, B06, B07, B08, B11, B12, B13), que dizem respeito a cinco classes que poderiam ter maior participação e apoiar as ações de ensino que ocorrem nas salas de aula: as universidades, os gestores escolares, os alunos da escola, os professores da escola, e a sociedade local.

O fim do apoio por meio de ações da universidade via projetos de pesquisa ou de formação foi citado por dois pesquisadores (B12L135, L242; B13L075) como uma dificuldade para que a NdC continuasse a ser implementada nas ações de ensino praticadas pelos professores nas salas de aula.

Por outro lado, escola (seus gestores) pode ser um contributo: “[se] você tem um diretor na escola, tem um grupo de professores que já pensam diferenciado, aí aquilo é mais favorável” (B07L235); ou então um empecilho:

- caso queira desenvolver atividades em laboratórios quando não há a estrutura necessária (B06L211);
- quando a escola inviabiliza um projeto ao exigir que uma intervenção de pesquisa seja feita com todas as turmas da mesma série (entre oito e doze turmas) ao invés de apenas duas ou três (B05L065);
- quando a proposta é uma coisa contra hegemônica a escola não oferece apoio (B13L085, L090);
- quando a escola não aceita uma proposta para ser trabalhada em várias disciplinas e sugere para “fazer nas festividades, quando tiver quermesse [...] você trabalha dessa forma, mas no dia a dia não” (B02L144), como no caso relatado por B02 (L163) em que uma orientanda foi à escola discutir aspectos políticos e de não neutralidade da ciência e foi chamada para uma reunião para prestar esclarecimentos sobre “o que ela estava fazendo ali naquela escola, discutindo política e ciência com aqueles alunos”.

Outro tipo de falta de apoio que foi mencionado é por parte dos alunos, que não participam e oferecem resistência a este tipo de proposta (B13L088), que podem questionar o uso de textos históricos – “o professor está deixando de dar aula de química ou de física pra trabalhar com texto de história agora?” (B08L149), ou que podem não entender a ideia de trazê-los para uma discussão sobre a ciência e fazê-los compreender que eles têm autoridade para isso (B12L316).

Também foi mencionado a falta de apoio por parte dos outros professores da escola, quando os estudantes da universidade chegam com uma proposta diferente e são mal recebidos (B11L090), ou quando os professores, por não conhecerem o assunto, não colaboram com os licenciandos ou com os pós-graduandos que vão fazer intervenções na escola, nem com os colegas novatos que chegam com a ideia de ensinar a NdC (B01L121).

Por fim, o último tipo de falta de apoio identificado nas análises é por parte das pessoas, da sociedade local, quando eles têm uma concepção de que o ensino de ciências é o ensino do conteúdo de ciências (B07L220), ou de que “a ciência não é minha, é uma coisa que não serve pra interpretar o meu mundo, não tem nada a ver com o meu mundo” (B12L321), ou a ideia de que falar de NdC é um assunto chato e uma enrolação por parte do professor (B11L153), e por terem este tipo de pensamento, desvalorizam e não apoiam o ensino.

Esta categoria, além de mostrar uma das dificuldades que contribuem para a ausência da NdC no ensino nas salas de aula do EF e EM, reforça o que já foi dito em categorias anteriores, que os professores sozinhos, por conta própria, dificilmente irão inserir a NdC em suas ações de ensino, e também é coerente com o resultado encontrado na discussão das abordagens para o ensino da NdC, em que se viu que praticamente todas as citadas pelos pesquisadores entrevistados foram desenvolvidas com a colaboração da universidade.

5.4.3.5 Materiais didáticos

Outro elemento que dificulta o ensino da NdC nas salas de aula do EB, de acordo a fala de seis pesquisadores (B01, B06, B07, B10, B11, B13), são os materiais didáticos, em dois diferentes aspectos: a qualidade e a disponibilidade.

Para B01, um professor que queira discutir a NdC em suas salas de aula, vai precisar estudar, e para isso precisará buscar livros que não estão disponíveis na escola (L157). Como a “concepção prevalente [no ensino básico] é uma compreensão positivista,

que está mais ou menos presente ainda nos livros didáticos” (B01L109), os materiais, quando trazem alguma coisa, é “mera exemplificação e ainda recortada em uma compreensão de ciência e cientista muito personalizada, enaltecendo certos sujeitos, só o lado positivo, e os vencedores da história” (B01L103). Para minimizar este problema, B01 diz ser necessária uma formação que “trouxesse materiais para o professor e mostrasse como que estes materiais poderiam ser utilizados em sala de aula” (L188).

Segundo B06, que em sua disciplina no curso de formação costuma discutir os erros presentes nos livros didáticos, materiais de divulgação e na mídia (B06L169), diferentemente dos EUA onde há uma lista de bons livros para os professores escolherem quais episódios da HC irão trabalhar (B06L222), no Brasil há pouco material de qualidade, baseado em fontes primárias, originais dos pesquisadores do passado, disponível em língua portuguesa, seja de HC ou HFC, para os professores que por iniciativa própria queiram trabalhar com o tema e abordar algo sobre a NdC. (B06L217, L226).

De acordo com B07, os materiais disponíveis para os professores usarem praticamente não tem discussões de NdC (B07L155), porém observa que primeiro deve-se investir na formação de professores, pois “não adianta fazer o material para os alunos do ensino médio, fazer uma coisa toda linda, se os professores não entendem isso” (B07L163). Por outro lado, para B10, existem bons materiais sobre HC, mas nem tanto sobre FC ou Epistemologia, tendo em conta que para o professor do ensino básico o material precisa ser resumido, já interpretado, pois ele não terá tempo de ler as obras originais (B10L293).

Por fim, em um trabalho orientado por B11, foi analisada a concepção de ciência presente em alguns livros didáticos, cujo resultado é que

a maioria não trazia discussões sobre ciência, mas tinha uma coleção que trazia controvérsias sociocientíficas, um pouco de uma visão mais kuhniiana, trazendo a ciência como algo mais dinâmico, renovado, algo que pode ser questionável (B11L112).

Esta categoria agrupou as falas dos líderes dos grupos de pesquisa entrevistados a respeito dos problemas dos materiais didáticos que acabam por dificultar que uma discussão adequada de NdC possa estar presente nas atividades de ensino que acontecem nas salas de aula do EF e EM. Por meio de alguns dos trechos das entrevistas que foram citados, é possível perceber que a dificuldade que surge por meio dos materiais didáticos não se coloca isoladamente para os professores, sendo que a causa para que eles não levem a NdC para suas aulas poderá estar associada também a outras dificuldades, como as condições de trabalho, o sistema educacional e currículo, ou a formação docente.

5.4.3.6 Articulação universidade-escola

A sexta categoria que representa um tipo de dificuldade para o desenvolvimento de atividades em sala de aula que envolvam a NdC, de acordo com quatro dos líderes dos grupos de pesquisa entrevistados (B01, B11, B12, B13), diz respeito ao papel da universidade no ensino básico e seu relacionamento com as escolas.

Como professor de estágio, B11 afirma que ouve muito sobre a difícil aplicação, na escola, daquilo que é discutido na universidade, porque cada uma possui um ritmo diferente, e que “não existe esse diálogo tão grande entre a universidade e a escola, e muitas vezes ele é desconhecido” (B11L142).

Já para B12, os problemas começam quando terminam os projetos por meio dos quais a universidade estava inserida na escola, momento em que o sistema (a rede de educação do estado de SP), altamente articulado e invasivo, volta pressionar os professores, impedindo-os de dar continuidade às ações desenvolvidas nos projetos (B12L135, L229), motivo pelo qual é a universidade que precisa de formação, que precisa repensar seu papel nessa parceria (B12L233). Da mesma forma, B13 chama atenção para o sucesso da parceria universidade-escola por meio de projetos, a partir dos quais os professores têm o apoio necessário para desenvolver atividades que sozinhos teriam dificuldades (B13L075).

Por fim, B01 chama a atenção para a necessidade de aproximação da universidade com a escola (B01L185), questionando a aplicabilidade ou utilidade da produção acadêmica: “O que produz aqui fica aqui. O seu doutorado vai ficar aonde? Engavetado? Na prateleira? Ou sei lá onde... Como que eu transformo isso em material usável, digamos assim, em sala de aula, na formação docente. Como que o professor faz para usar isso?” (B01L192).

Esta categoria mostra o quão importante é que a universidade seja mais participativa, que esteja mais presente nos processos educativos do EF e EM, especialmente caso se pretenda que a NdC esteja presente nas ações de ensino dos professores nas salas de aula. Esta dificuldade, conforme os dados indicam, está associada a outras dificuldades, como a falta de apoio por meio de projetos, e os problemas impostos sistema educacional e o currículo.

5.4.3.7 Formação docente

Por fim, a última das dificuldades a ser apresentada, foi mencionada por onze dos treze líderes de grupo de pesquisa entrevistados, como algo que contribui para ausência da NdC no ensino praticado nas salas de aula do EF e EM, é a formação docente. Apenas B02 e B12 não apontaram a formação como um problema:

Se a tua pergunta tá endereçando a qualidade da formação dele, por ele eu acho que ele está capacitado, que ele pode, que ele não pára mais com isso, de alguma forma ele como professor ele se modificou, mas eu iria ver também as condições e as pressões que ele está sofrendo no trabalho (B12L239).

Então acho até, pelo próprio andamento da formação docente, pelas capacitações, o professor hoje está muito mais centrado, na ideia de que ele tem da ciência, ele está muito mais informado (B02L073).

Todos os outros onze pesquisadores fizeram algum tipo de crítica à formação dos professores, críticas estas que foram direcionadas para três diferentes aspectos: os cursos de formação de professores, os docentes destes cursos, e todo o percurso de estudos ao longo da vida.

No que se refere aos **cursos de formação**, algumas críticas foram direcionadas às concepções: dos responsáveis pela criação e estruturação dos cursos que veem a discussão da HC e da NdC como algo desnecessário (B11L033, L037); do modelo antigo de formação¹⁷ tipo 3+1 no qual os docentes formadores se formaram (B01L042); dos próprios cursos que querem convencer os alunos a fazerem algo que o próprio curso não faz (ensinar por meio da NdC) (B09L126); de disciplinas práticas com roteiros ao estilo receita de bolo, cujo intuito é comprovar leis e teorias, em que os resultados são sabidos de antemão e não se discutem os erros (B03L228; B09L027, L132).

Outro problema relacionado aos cursos de formação, é o fato de que muitos dos professores que hoje atuam no EF e EM não tiveram contato com discussões relacionadas à NdC em sua formação inicial (B05L056; B11L126, L153), e por isso não teriam como leva-las para suas salas de aula:

[...] não se discute isso na formação de professores em geral. [...] Então é até meio difícil você exigir que as pessoas discutam uma coisa que elas não aprenderam (B07L151).

Eu acredito que estas discussões não são feitas na escola porque elas não são focalizadas no curso de formação de professores (B11L132).

¹⁷ Três anos de disciplinas específicas de ciências naturais (por ex: Física, Química) e um ano para as demais disciplinas (pedagógicas, didáticas, estágio, etc).

Crítica semelhante é feita por B08, que enfatiza que muitos professores não tiveram, em sua formação, disciplinas específicas que abordassem estas questões (L138). Por outro lado, para B06 (L198), B10 (L224, L238) e B11 (L015), o problema é que há pouca quantidade de disciplinas ou de carga horária específicos para a discussão da NdC nos cursos de formação, que acabam por limitar-se a apenas introduzir o tema.

Da mesma forma os cursos de formação também foram criticados por não apresentarem, em suas disciplinas específicas para discutir HFC, exemplos práticos sobre como a HFC ou a NdC podem ser abordadas nas salas de aula ou que o contato do professor com este tema não foi suficiente para que ele pudesse começar a problematizá-lo e pensar em como levá-lo para suas salas de aula (B01L188; B04L028; B05L061; B07L163; B09L122; B10L243), por exemplo:

Eles precisam ter essa formação dentro da universidade, de como fazer. Não basta eles saírem da universidade convencidos de que eles tem que fazer, mas sem saber como fazer (B10L250).

A segunda subcategoria agrega as críticas a respeito dos **docentes formadores**. Segundo os fragmentos das entrevistas analisados, um dos problemas é que estes docentes formaram-se em um sistema 3+1, ou seja, três anos de ciências e um ano de pedagogia, e portanto é maneira como conhecem para formar professores (B01L042). Outro problema é a área de atuação de muitos dos docentes formadores, que por serem da “área dura”, desconhecem e/ou não fazem discussões epistemológicas em suas aulas (B01L048; B11L135).

Muitos dos docentes formadores não levam discussões sobre HFC ou NdC para suas aulas, talvez por não terem domínio sobre este conteúdo (B03L218, L233), ou por não se preocuparem com este tema (B09L118), ou por possuírem concepções equivocadas sobre ciência e transmitirem esta visão em suas aulas (B09L147; B10L305).

A última subcategoria, o **percurso de estudos ao longo da vida**, foi citada por quatro pesquisadores (B03, B05, B09 e B13) e diz respeito à trajetória formativa ao longo da vida, dos professores do EF e EM.

Para B05 (L060), os professores, por terem aprendido ciências a vida toda de um jeito, acabam reproduzindo essa forma de ensinar. As demais falas alocadas nesta subcategoria também são neste sentido:

[...] ele [o professor] não foi formado dessa maneira né. Se você lembrar lá desde seu primeiro ano primário, seu ginásio, seu colégio, e depois a faculdade, ninguém deu aula desse jeito que eu falei né (B03L211).

Eu acredito que antes de mais nada, eles não terem aprendido a própria física desta maneira (B09L117).

[...] a questão do hábito, de como eles foram ensinados, eles procuram muitas vezes repetir maneira como eles tiveram as aulas do Ensino Médio (B13L152).

Enfim, esta categoria descreveu como a formação docente pode representar uma dificuldade para que os professores do EF e EM desenvolvam atividades de ensino que envolvam a NdC em suas salas de aula, seja devido a problemas nos cursos de formação, seja devido aos docentes formadores, ou então devido ao percurso formativo ao longo da vida.

Em síntese, podemos dizer, conforme os dados apresentados, que a presença da NdC nas aulas de ciências do EF e EM é dificultada: a) pelos professores, que não se interessam/preocupam com o tema, e/ou desconhecem bons materiais, e/ou receiam a receptividade do assunto, e/ou acham que já fazem de forma correta; b) pelas condições características do trabalho deste professor, a dinâmica da escola, o tempo que tem para estudo e planejamento, e a desvalorização de sua profissão; c) pelas concepções do currículo e do sistema educacional a respeito do ensino e do aprendizado, a quantidade de conteúdos obrigatórios, a carga horária destinada às ciências e uma gestão do sistema invasiva, determinista e impeditiva; d) pela ausência ou limitação do apoio recebido, da universidade por meio de projetos, e/ou da escola por seus gestores, e/ou dos alunos e professores da escola, e/ou das concepções arraigadas na sociedade como um todo; e) pelos materiais didáticos, com concepções inadequadas de NdC, com baixa disponibilidade tanto de materiais resumidos e prontos para uso (no caso da FC) e de boas fontes primárias de HC ou HFC em língua portuguesa; f) pela universidade, que precisa se aproximar, estar presente, dialogar melhor com a escola, adaptar-se, preocupar-se em levar sua produção à escola; g) pela formação, devido a concepção dos cursos que leva a uma ausência ou insuficiência de discussões sobre NdC e sobre como ensiná-la, ou devido aos docentes possuem concepções equivocadas ou não se preocuparem com tema porque se formaram em outro modelo de formação e/ou porque não são da área de educação/ensino, ou devido aos professores do EB reproduzirem aquilo que presenciaram ao longo de seus estudos durante toda sua vida.

Todas estas dificuldades discutidas não se apresentam aos professores do EB de forma isolada, mas sim de forma articulada, como pode ser visto na própria definição das mesmas e dos dados apresentados.

5.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Por meio de alguns referenciais da literatura, argumentamos sobre a importância de se trabalhar questões relacionadas à NdC no ensino de ciências. Sabendo que a NdC está no currículo, entrevistamos líderes de grupos de pesquisa brasileiros que trabalham com o tema, buscando captar suas percepções sobre como a NdC está sendo ensinada nas salas de aula do EF e EM, ou por quais motivos não está sendo.

Foram realizadas treze entrevistas com líderes de grupo de pesquisa brasileiros, cujos grupos atuam em linhas de pesquisa relacionadas à NdC (ou à HFC, de onde derivam os conhecimentos relacionados à NdC) e ao ensino de ciências, de acordo com as informações cadastradas no Diretório de Grupos de Pesquisa do CNPq. O objetivo das entrevistas era captar as percepções pessoais destes pesquisadores a respeito das questões de pesquisa, percepções estas oriundas de seu contato direto com os professores e/ou as salas de aula do EF e EM, e também a partir dos relatos compartilhados pelos colaboradores nas atividades e reuniões de seu grupo de pesquisa.

As entrevistas foram transcritas e suas transcrições foram analisadas de acordo com as orientações da Análise Textual Discursiva de Moraes e Galiazzi (2007). Tendo em conta o problema de pesquisa proposto, “quais são as percepções dos pesquisadores brasileiros a respeito do ensino da Natureza da Ciência nas salas de aula da educação básica?”, as categorias emergentes do processo analítico permitem enunciar as seguintes respostas para este problema:

A) de acordo com os pesquisadores entrevistados, de uma forma geral, a NdC não está presente no ensino praticado pelos professores nas salas de aula do EF e EM. Porém, algumas exceções podem ser identificadas, casos raros em que, ou houve tentativas independentes com abordagens equivocadas ou com resultados desanimadores, ou houve uma atuação conjunta com estudantes de graduação ou pós-graduação;

B) nos casos em que a NdC é ensinada nas salas de aula do EF e EM, são ações de ensino realizadas em colaboração com estudantes ou pesquisadores da universidade. De acordo com os pesquisadores entrevistados, as abordagens que foram usadas nestes casos, ou que eles têm a expectativa de que possam ser usadas, são as seguintes: atividades orientadas a partir das relações CTS, atividades que fazem uso da HC ou da HFC, atividades de modelagem, atividades práticas, ensino por investigação, divulgação científica, discussões sobre a NdC sem fazer referência à HC ou HFC;

C) nos casos em que não ocorre o ensino da NdC nas salas de aula do EF e EM, segundo os pesquisadores entrevistados, isso se deve às seguintes dificuldades: o desinteresse, a despreocupação, o receio ou o desconhecimento dos professores quanto ao tema; as condições de trabalho dos professores, que são sobrecarregados e desvalorizados; as concepções do sistema educacional e do currículo a respeito do ensino, do aprendizado e da avaliação, e a forma como interferem ou determinam o trabalho dos professores; a falta de apoio da universidade (por meio de projetos), da escola (por seus gestores, professores e alunos), e da sociedade local (devido às concepções de ciência arraigadas em seus membros); a falta de qualidade dos materiais didáticos em geral e a baixa disponibilidade de materiais de boa qualidade; à pouca articulação existente entre as universidades e as escolas; e a formação dos professores, em cuja trajetória de estudos nunca se deparou com discussões sobre NdC, cujos cursos de formação eram deficientes nestes aspectos e cujos docentes transmitem concepções equivocadas de ciência.

É importante salientar duas coisas. Primeiro, que as abordagens identificadas pelos pesquisadores representam ações de seus orientandos ou de colaboradores de seus grupos de pesquisa, e que, portanto, ou são abordagens que foram de fato usadas pelos professores do EF e EM (devido atuação dos estudantes de graduação ou pós-graduação orientados pelos colaboradores dos grupos de pesquisa), ou são abordagens que os pesquisadores acreditam que podem ser usadas, pelos estudos que têm feito em seus grupos. Em ambos os casos, a resposta (B) ao problema de pesquisa reforça a resposta (A).

Em segundo lugar, as dificuldades para se inserir a NdC nas salas de aula do EF e EM, listadas em (C) logo acima, não se apresentam de forma isolada aos professores. De acordo com os pesquisadores entrevistados, algumas delas estão relacionadas entre si. Se o professor não leva a NdC para as salas de aula, isso se deve às suas condições de trabalho, à falta de apoio que recebe (da gestão escolar, da universidade, dos colegas, dos alunos, da sociedade), aos materiais didáticos (ou de má qualidade, ou indisponíveis) e à sua formação (ou que não lhe ensinou nada sobre NdC, ou que ensinou muito pouco, mas que não discutiu como leva-la às salas de aula, e aos exemplos que teve durante sua formação, em que nunca viu alguém usar a NdC para ensinar ciências). Por outro lado, se as condições de trabalho do professor representam uma dificuldade, isso se deve ao sistema educacional e ao currículo, que lhe impõem exigências tantas que lhe amarram ao ponto de não poder ter autonomia quanto à forma como vai ensinar, e menos tempo ainda para pensar nisso. Da mesma forma, os materiais didáticos costumam ser construídos com base no que consta no currículo,

portanto se não trazem orientações sobre a inserção da NdC nas atividades, é porque o currículo falha neste ponto, mas neste aspecto a academia, caso exercesse melhor suas funções, poderia contribuir, construindo materiais didáticos mais adequados e disseminando-os entre os professores, e também sendo mais ativa, articulando-se mais com as escolas para que a qualidade do ensino pudesse ser melhorada.

Com relação aos resultados encontrados nessa pesquisa, é possível identificar, na literatura, outros trabalhos que chegaram a resultados semelhantes. Por exemplo: Massoni (2010) e Massoni e Moreira (2014), após observação etnográfica de três professores durante seis meses cada, comentam sobre as dificuldades colocadas pela rotina escolar, pelo sistema educacional, pela formação e pela concepção de NdC dos professores da escola; Vital e Guerra (2014) analisaram dissertações de mestrado profissional e identificam abordagens envolvendo a HFC e dificuldades relacionadas à receptividade pelo público escolar, às condições de trabalho docente, aos materiais didáticos e à formação docente; Mota, Gontijo e Oliveira (2015) identificaram abordagens e recursos didáticos envolvendo HC e HFC em trabalhos apresentados nos Encontros Nacionais de Pesquisa em Educação em Ciências (ENPEC) sobre aplicações em sala de aula; Silva e Stuchi (2017) entrevistaram nove professores e identificaram dificuldades nas condições de trabalho e na formação inicial no que diz respeito ao trabalho com temas controversos e questões sociocientíficas por meio de abordagens CTS; Diniz e Rezende Jr. (2017) analisaram trabalhos publicados nos ENPEC que discutiam concepções de NdC, e no caso das concepções equivocadas, as causas identificadas foram a atuação dos professores nas salas de aula, os materiais didáticos e a formação dos professores, e além disso, também identificaram algumas abordagens de NdC que permitiriam melhorar tais concepções, como o estudo da HC e HFC, e o uso da HFC como princípio orientador de atividades de ensino; Tavares (2010) e Silva *et al.* (2016) também listam algumas diferentes abordagens que fazem uso da HC e HFC; Martorano e Marcondes (2012) investigaram as dificuldades de vinte professores de química para trabalhar com HC, e identificaram problemas com os alunos, professores, condições de trabalho, materiais didáticos e formação docente; Gatti e Nardi (2009) entrevistaram professores em curso de formação continuada e identificaram dificuldades relacionadas às condições de trabalho, à formação e aos materiais didáticos, enfrentadas pelos professores para inserir discussões sobre HFC em suas aulas.

Por fim, por mais que se reconheça a importância e os benefícios que a presença da NdC no ensino traz, os dados apontam que essa ainda não é uma realidade nas salas de

aula. O mais preocupante, no entanto, são as causas identificadas para isso, que mostram que a culpa não é dos professores que estão deixando de ensinar NdC. Eles não o fazem porque vários elementos, sobre os quais ele não tem controle, mas que exercem influência direta sobre seu trabalho, confluem para dificultar que o ensino da NdC ocorra. No entanto, a identificação destes fatores permite que algumas recomendações possam ser feitas no sentido de contribuir para com a solução deste problema: (i) o currículo precisa ser melhor articulado, para que a concepção de ciência a ser ensinada seja mais coerente com a realidade; (ii) os sistemas de avaliação como, por exemplo, o ENEM, influenciam nas escolhas dos professores sobre o que vão priorizar em seu ensino, portanto, eles precisam valorizar o conhecimento *sobre ciências*, e não apenas *de ciências*; (iii) os sistemas educacionais precisam definir melhor suas concepções sobre o que é um ensino e um aprendizado de qualidade; (iv) de nada adianta implementar tudo isso, se o professor não souber como trabalhar neste novo cenário, portanto é preciso repensar a formação inicial dos professores, e investir na capacitação dos professores já atuantes; (v) é preciso incentivo e investimento para que as universidades, por meio de seus pesquisadores e estudantes de graduação e pós-graduação, se façam mais presentes (e com uma presença constante, não esporádica) nas salas de aula do EF e EM, a fim de contribuir para que mudanças a longo prazo ocorram.

Nota

A presente pesquisa faz parte do projeto “O ensino e a aprendizagem de ciências e matemática em sala de aula e em ambientes informais”, coordenado pelo pesquisador Sergio de Mello Arruda, tendo sido aprovado pelo Comitê de Ética (Número do CAAE: 57663716.9.0000.5231. Número do Parecer: 1.666.360). Todos os entrevistados assinaram um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.

5.6 REFERÊNCIAS

- BOGDAN, R. C.; BIKLEN, S. K. **Investigação qualitativa em educação**: uma introdução à teoria e aos métodos. Porto: Porto Editora, 1994.
- BRUSH, S. Should the History of Science be Rated X? **Science**, Londres, v. 183, n. 4130, p. 1164-1172, 1974.
- DINIZ, N. P.; REZENDE JR., M. F. Percepções sobre a Natureza da Ciência e sobre o Cientista: uma revisão nas atas do ENPEC. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 11., 2017, Florianópolis. **Anais...** Belo Horizonte: ABRAPEC, 2017.

GATTI, S. R. T.; NARDI, R. Práticas pedagógicas de docentes de Física em exercício: concepções iniciais sobre o papel da História da Ciência no ensino e sobre alguns aspectos dos processos de ensino e aprendizagem. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA, 18., 2009, Vitória. **Anais...** São Paulo: SBF, 2009.

KUHN, T. S. **A Estrutura das Revoluções Científicas**. 9. ed. São Paulo: Perspectiva, 2009.

LEDERMAN, N. G.; ABD-EL-KHALICK, F.; BELL, R. L.; SCHWARTZ, R. S. Views of Nature of Science questionnaire: towards valid and meaningful assessment of learners' conceptions of the Nature of Science. **Journal of Research in Science Teaching**, [S. l.], v. 39, n. 6, p. 497-521, 2002.

LEDERMAN, N. G. Nature of science: Past, present, and future. In: ABELL, S. K.; LEDERMAN, N. G. (Ed.). **Handbook of Research on Science Education**. London: Lawrence Erlbaum Associates, 2007. p. 831-879.

MARTINS, M. R.; BUFFON, A. D. A História da Ciência no currículo de Física do Ensino Médio. **Actio: Docência em Ciências**, Curitiba, v. 2, n. 1, p. 420-437, 2017.

MARTORANO, S. A. A.; MARCONDES, M. E. R. Investigando as ideias e dificuldades dos professores de química do ensino médio na abordagem da história da química. **História da Ciência e Ensino: construindo interfaces**, São Paulo, v. 6, p. 16-31, 2012.

MASSONI, N. T. **A Epistemologia contemporânea e suas contribuições em diferentes níveis de Ensino de Física: a questão da mudança epistemológica**. 2010. Tese (Doutorado em Física) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

MASSONI, N. T.; MOREIRA, M. A. Uma análise cruzada de três estudos de caso com professores de física: a influência de concepções sobre a natureza da ciência nas práticas didáticas. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 20, n. 3, p. 595-616, 2014.

MATTHEWS, M. R. História, filosofia e ensino das ciências: a tendência atual de reaproximação. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 12, n. 3, p. 164-214, 1995.

MATTHEWS, M. R. Changing the Focus: From Nature of Science (NOS) to Features of Science (FOS). In: KHINE, M. S. (Ed.). **Advances in Nature of Science Research**. Dordrecht: Springer Netherlands, 2012. p. 3-26.

MATTHEWS, M. R. (ed.). **Science teaching: the contribution of history and philosophy of science**, 20th anniversary revised and expanded edition. 2nd ed. New York: Routledge, 2015.

MCCOMAS, W. F. Seeking historical examples to illustrate key aspects of the nature of science. **Science & Education**, [S. l.], v. 17, n. 2-3, p. 249-263, 2008.

MORAES, R.; GALIAZZI, M. C. **Análise textual discursiva**. Ijuí: Ed. Unijuí, 2007.

MOTA, G. P. R.; GONTIJO, G. B.; OLIVEIRA, J. R. S. Atividades didáticas para abordagem da Natureza da Ciência em sala de aula: uma revisão. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 10., 2015, Águas de Lindoia. **Anais...** Belo Horizonte: ABRAPEC, 2015.

NASCIMENTO JÚNIOR, A. F.; SOUZA, D. C.; CARNEIRO, M. C. O conhecimento biológico nos documentos curriculares nacionais do ensino médio: uma análise histórico-filosófica a partir dos estatutos da Biologia. **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v. 16, n. 2, p. 223-243, 2011.

PINO, P. V.; OSTERMANN, F.; MOREIRA, M. A. Concepções epistemológicas veiculadas pelos Parâmetros Curriculares Nacionais na área de Ciências Naturais de 5ª a 8ª série do Ensino Fundamental. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, Belo Horizonte, v. 5, n. 2, p. 5-14, 2005.

SILVA, B. V. C.; SOUSA, E. C.; NASCIMENTO, L. A.; CARVALHO, H. R. Um estudo exploratório sobre a inserção da Natureza da Ciência na sala de aula em revistas da área de Ensino de Ciências. **Holos**, Natal, ano 32, v. 7, p. 266-280, 2016.

SILVA, C. A. G.; STUCHI, A. M. Dificuldades encontradas por professores de Biologia para planejar aulas envolvendo questões sociocientíficas no Ensino Médio. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 11., 2017, Florianópolis. **Anais...** Belo Horizonte: ABRAPEC, 2017.

TAVARES, L. H. W. Os tipos de abordagem histórica no ensino: algumas possibilidades encontradas na literatura. **História da Ciência e Ensino**: construindo interfaces, São Paulo, v. 2, p. 14-24, 2010.

VILAS BOAS, A.; SILVA, M. R.; PASSOS, M. M.; ARRUDA, S. M. História da Ciência e Natureza da Ciência: debates e consensos. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 30, n. 2, p. 287-322, 2013.

VITAL, A.; GUERRA, A. A Natureza da Ciência no Ensino de Física: estratégias didáticas elaboradas por professores egressos do mestrado profissional. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 31, n. 2, p. 225-257, 2014.

6 A NATUREZA DA CIÊNCIA NO ENSINO DAS CIÊNCIAS EM PORTUGAL NA PERSPECTIVA DE PESQUISADORES PORTUGUESES

Resumo

Esta investigação, de natureza qualitativa, teve por objetivo evidenciar a percepção de pesquisadores portugueses a respeito de como ocorre, ou por quais motivos não ocorre, o ensino da Natureza da Ciência (NdC) nas salas de aula do Ensino Básico (EB) e Secundário (ES). O objeto de estudo foram sete entrevistas audiogravadas com pesquisadores portugueses, que eram docentes universitários com experiência em formação de professores e com publicações que relacionam História da Ciência (HC), ou História e Filosofia da Ciência, ou NdC ao ensino. As entrevistas foram transcritas e analisadas segundo a metodologia da Análise Textual Discursiva. Os resultados mostraram que a NdC não é ensinada, salvo em alguns casos raros e pontuais, quase sempre relacionados com a participação de estudantes ou pesquisadores da universidade. Para os casos em que ocorre o ensino da NdC, ela é abordada via discussões com ênfase em aspectos interdisciplinares das ciências, ou via atividades orientadas pelo método do ensino por investigação, ou pelo uso de HC nas aulas. Já para os casos em que a NdC não faz parte do ensino praticado nas salas de aula, foram identificadas seis dificuldades inter-relacionadas, seja por ocorrerem simultaneamente ou por influenciarem umas às outras: a formação docente, a academia (os pesquisadores, a universidade, a comunidade científica), o sistema educacional e currículo do EB e ES, as influências político-econômicas sobre a educação, os materiais didáticos (ou indisponíveis ou de baixa qualidade), e o próprio professor (desqualificado, sobrecarregado, desinteressado, desvalorizado).

Palavras-chave: Natureza da Ciência. História e Filosofia da Ciência. Ensino Básico e Secundário de Portugal. Abordagens. Dificuldades.

Abstract

This qualitative research had the objective of evidencing the perception of Portuguese researchers about how occurs, or for what reasons is not occurs, the teaching of the Nature of Science (NoS) in the classrooms of middle (MS) and high school (HS). The object of study was seven interviews recorded in audio with Portuguese researchers, who were university teachers with experience in teacher training and with publications that relate History of Science (HoS), or History and Philosophy of Science, or NoS to teaching. The interviews were transcribed and analyzed according to the Discursive Textual Analysis methodology. The results showed that the NoS is not taught, except in some rare and specific cases, almost always related to the participation of university's students or researchers. For these cases in which NoS is taught, it is approached through discussions with an emphasis on interdisciplinary aspects of the sciences, or through activities guided by the method of teaching by investigation, or by the use of HoS in classes. For the cases where NoS is not part of classroom teaching, six interrelated difficulties have been identified, either because they occur simultaneously or because they influence one another: teacher training, the academy (the researchers, the university, the scientific community), the educational system and curriculum of MS and HS, the political-economic influences over education, didactic materials (or unavailable or of low quality), and the teacher himself (disqualified, overburdened, disinterested, devalued).

Keywords: Nature of Science. History and Philosophy of Science. Portugal's Middle and High School Education. Difficulties. Approaches.

6.1 INTRODUÇÃO

A inserção, no ensino das ciências, de assuntos referentes à História da Ciência (HC) e à História e Filosofia da Ciência (HFC), aos quais a Natureza da Ciência (NdC) está intimamente relacionada, vem sendo discutida em diversas reformas curriculares ao redor do mundo no último século (MATTHEWS, 1995, 2015).

Em Portugal, entre 1999 e 2002, foi realizado um estudo de abrangência nacional, coordenado pela Sociedade Portuguesa de Física e pela Sociedade Portuguesa de Química, com a finalidade de apresentar um panorama sobre a situação do ensino destas disciplinas e avaliar a implementação do currículo. Participaram do estudo aproximadamente 1500 professores do ensino básico e secundário, distribuídos por quase um terço das escolas de todo o território continental. O resultado foi publicado em uma obra intitulada *O Livro Branco da Física e da Química* (MARTINS *et al.*, 2002).

O currículo vigente na época desse estudo trazia elementos relacionados a questões que dizem respeito à HFC, no que concerne suas finalidades e objetivos gerais (MARTINS *et al.*, 2002, p. 51 e 54). Foi constatado que, de modo geral, essas finalidades e objetivos não estavam sendo atingidos, principalmente, segundo os professores, porque: eles não eram importantes; faltava-lhes tempo para cumprir o programa, que era muito extenso e inadequado à faixa etária dos alunos; os alunos tinham dificuldades de aprendizagem e baixos aproveitamentos (p. 66-67); falta motivação profissional para os professores, devido às condições de trabalho, falta de apoio científico e pedagógico, falta de dignificação da profissão e baixos salários (p. 188).

No que diz respeito à HFC, as recomendações desse estudo (MARTINS *et al.*, 2002) foram para maior flexibilidade dos currículos em todos os níveis de escolaridade, e para reforçar, na formação inicial e continuada de professores, as componentes relacionadas às inter-relações entre Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS), à HC, e à Epistemologia da Ciência (p. 81-83), visto que estas praticamente não faziam parte das aulas dos professores que participaram da pesquisa (p. 107-108), e também representavam uma das principais deficiências dos programas e currículos de formação da época (p. 187).

Passados mais de 15 anos da publicação desse estudo, reformas curriculares aconteceram, programas de formação de professores mudaram, mas ainda fica a dúvida sobre se estas mudanças chegaram às salas de aula do Ensino Básico (EB) e do Ensino Secundário (ES), se a NdC ou a HFC estão sendo ensinadas. A investigação cujos resultados serão aqui

apresentados incide sobre tais dúvidas, buscando responder ao seguinte problema de pesquisa: quais são as percepções dos pesquisadores portugueses a respeito do ensino da Natureza da Ciência nas salas de aula da educação básica e secundária?

Para encontrar respostas para este problema, recorreremos a entrevistas com pesquisadores portugueses com experiência na formação de professores e em investigações que relacionem HFC ou NdC ao ensino, com o intuito de captar suas percepções pessoais, oriundas de sua experiência profissional, a respeito de como a NdC está sendo ensinada nas salas de aula do EB e ES, ou por quais motivos ela não está sendo ensinada.

Na próxima seção, apresentamos os argumentos que defendem a inserção de discussões de temas relacionados à NdC no ensino das ciências, assumindo-a como um conhecimento relacionado à HFC, e mostramos que, ainda que com ressalvas, ela está presente no currículo português.

Na terceira seção descrevemos os procedimentos metodológicos adotados para a coleta e a análise dos dados. Na quarta seção trazemos os dados e os resultados de nossas análises para, na sequência, finalizarmos o artigo com nossas considerações finais.

6.2 ARGUMENTOS EM FAVOR DO ENSINO DA NATUREZA DA CIÊNCIA

Esta seção tem o intuito de apresentar a fundamentação teórica que sustenta nosso problema de pesquisa. Em primeiro lugar, se nosso problema menciona a NdC e o seu ensino, precisamos definir o que é a NdC e mostrar os argumentos favoráveis à sua inclusão no ensino. Em segundo lugar, para que faça sentido questionar como ocorre o ensino da NdC nas salas de aula EB e ES portuguesas, é preciso mostrar que a NdC está presente no currículo.

Para Matthews (2012, p. 4), a ciência é um empreendimento humano, historicamente imbuído na busca por uma verdade, que possui várias características: cognitivas, psicológicas, éticas, estruturais, sociais, culturais, políticas, etc., todas elas valiosas e úteis para o entendimento da NdC, por identificarem uma família de similaridades que garantem que diferentes empreendimentos possam ser chamados de científicos.

Para Lederman (2007, p. 833) a “NdC refere-se à epistemologia da ciência, à ciência como uma forma de conhecimento, ou aos valores e crenças inerentes ao conhecimento científico e ao seu desenvolvimento” (p. 833).

Desta maneira, a NdC está relacionada, mas não é idêntica, à HFC (MCCOMAS, 2008), e é como

[...] um terreno híbrido e fértil, que combina aspectos de vários estudos sociais da ciência, incluindo a história, sociologia e filosofia da ciência, combinada com a pesquisa das ciências cognitivas, como a psicologia, em uma rica descrição de como a ciência é, como funciona, como os cientistas operam como um grupo social e como a própria sociedade direciona e reage aos empreendimentos científicos (MCCOMAS; CLOUGH; ALMAZROA, 1998, p. 4, tradução nossa).

Os investigadores da NdC, portanto, não estão preocupados com o mundo natural, que é uma tarefa da ciência, mas sim com o entendimento, por meio de várias diferentes lentes (como a história, a sociologia, a filosofia) de como a ciência funciona, como ela se desenvolve, o que a distingue de outros empreendimentos humanos, qual o papel do cientista e da comunidade científica, etc. (MCCOMAS; CLOUGH; ALMAZROA, 1998, p. 4-5).

Ainda que reconheçam que existam divergências entre as definições de NdC entre os vários pesquisadores da área e entre vários documentos internacionais que orientam o ensino de ciências, o grupo de pesquisa de McComas considera que determinados aspectos são consensuais quanto à sua inserção no ensino. Estes aspectos, com base em McComas, Clough e Almazroa (1998, p. 6-7) e McComas (2008, p. 251) são os seguintes:

- 1) A ciência acredita seriamente, mas não inteiramente, em evidências empíricas, argumentos racionais, e no ceticismo.
- 2) Não há um método científico universal, um passo-a-passo como única maneira de se fazer ciência.
- 3) O conhecimento científico é provisório, durável e auto-corretivo, ou seja, a ciência não *prova* nada, mas suas conclusões perduram devido a forma como são produzidas e como os erros ou enganos são descobertos e corrigidos neste processo.
- 4) Leis e teorias possuem diferentes funções na ciência, assim como as hipóteses.
- 5) A experimentação não é o único caminho para o conhecimento, a ciência também usa do raciocínio indutivo e de testes hipotético-dedutivos.
- 6) As ideias e a observação são carregadas de teorias, ou seja, tem componentes subjetivos relacionados ao cientista, que interferem positiva ou negativamente na pesquisa.
- 7) Os cientistas são criativos.
- 8) A ciência faz parte de tradições sociais e culturais e, portanto, é influenciada e direcionada por elas.
- 9) Ciência e tecnologia afetam-se mutuamente, mas não são a mesma coisa.
- 10) A ciência e seus métodos não respondem a todas as questões, há delimitações sobre o tipo de questões que a ciência pode responder.

De maneira similar, Lederman *et al.* (2002, p. 499-502) e Lederman (2007, p. 833-835) reconhecem que, no que diz respeito às atividades de ensino, são irrelevantes as discordâncias entre historiadores, filósofos, sociólogos e educadores a respeito do que é a NdC. Eles apresentam uma lista de aspectos da NdC, que contém sete itens, cada qual seguido de uma discussão sobre seu significado¹⁸, que consideram que seja um consenso a respeito de quais características da ciência e do conhecimento científico é importante que os estudantes aprendam. Os itens dessa lista são os seguintes: i) a natureza empírica da ciência; ii) teorias e leis científicas; iii) a natureza criativa e imaginativa do conhecimento científico; iv) o conhecimento científico é subjetivo, carregado de teorias; v) a incorporação social e cultural no conhecimento científico; vi) o mito do método científico; e vii) a natureza provisória do conhecimento científico.

Em contraponto a esses autores citados anteriormente, temos as críticas de Matthews (2012) a essa maneira de apresentar a NdC, em formato de listas e sentenças, em virtude de limitarem o escopo de abrangência das possíveis discussões que possam surgir em contextos de sala de aula ao conteúdo e às definições que as próprias listas trazem, pois com isso as listas se tornariam mantras a serem repetidos, talvez sem serem compreendidos. Para evitar isso, ele propõe que, em vez de usar tais listas e suas definições, sejam selecionadas expressões que representem características do empreendimento científico, e que a discussão destas características seja feita com base nos referenciais históricos, sociológicos e filosóficos adequados. A título de exemplo, Matthews (2012, p. 18) cita algumas destas características: idealização, realismo e construtivismo, matematização, questões e valores sociocientíficos, visões de mundo e religião, modelos, experimentação, método, criatividade, teorias e leis, comunidade, comunicação, provisoriedade, feminismo.

Em suma, ainda que existam algumas divergências entre os vários autores que discutem a NdC, sobre uma coisa parece não haver dúvida: a NdC refere-se a um conhecimento *sobre ciências*, conhecimento este oriundo de diversos campos do conhecimento, dentre eles a HFC. E como será mostrado a seguir, os argumentos em prol da inclusão da NdC nas salas de aula defendem um aprendizado *de ciências e sobre ciências*.

Desde o início do século passado, a História, Filosofia e Sociologia da Ciência (HFSC) tem sido discutida e inserida, ainda que de forma pontual, entre orientações e reformas curriculares de vários países ao redor do mundo, visando um aprendizado que vá

¹⁸ Aqui, devido às limitações quanto à extensão do artigo, nos limitaremos a apresentar o título de cada aspecto.

além dos conhecimentos e das técnicas da ciência, e que permita uma compreensão *sobre ciências* (MATTHEWS, 1995; MCCOMAS; CLOUGH; ALMAZROA, 1998; LEDERMAN, 2007). Não se trata, no entanto, de substituir os conteúdos de ciências por conteúdos sobre HFSC. Os argumentos favoráveis a estas inserções são vários.

A partir de Matthews (1995, 2015) podemos listar algumas razões que mostram os benefícios dessa inserção nos currículos:

- i) A HFC permite uma melhor compreensão dos conceitos científicos por apresentar a forma como se desenvolveram e se aperfeiçoaram;
- ii) A HFC dá uma dimensão mais humana e compreensível ao processo de idealização da ciência, tornando-a digna de apreciação por si mesma;
- iii) Há um valor intrínseco na compreensão de certos episódios da HC como as Revoluções Científicas;
- iv) Os estudos da HFC fornecem subsídios filosóficos para que os professores compreendam melhor as terminologias de sua disciplina como, por exemplo, “leis”, “teorias”, “causas”, “modelo”, “fato”, “evidência”, “problema científico”;
- v) A HFC desmascara o dogmatismo de muitos manuais e livros didáticos, apresentando um caráter social da ciência;
- vi) A HFC humaniza a ciência, apresentando as idiossincrasias pessoais dos cientistas e os embates da comunidade científica;
- vii) A HFC apresenta a interdisciplinaridade presente nas ciências.

Da mesma forma, Driver *et al.* (1996) nos apresentam cinco classes de argumentos sobre o porquê compreender a NdC é importante:

Argumento Utilitário: compreender a NdC é necessário para que as pessoas entendam a ciência e gerenciem objetos e processos tecnológicos que encontram na vida cotidiana.

Argumento Democrático: compreender a NdC é necessário para que as pessoas entendam questões sociocientíficas e participem de processos de tomada de decisão.

Argumento Cultural: compreender a NdC é necessário para apreciar a ciência como um elemento principal da cultura contemporânea.

Argumento Moral: aprender sobre a NdC pode ajudar a desenvolver uma compreensão sobre as normas da comunidade científica, incorporando compromissos morais de valor geral.

Aprendizagem das Ciências: compreender a NdC auxilia no sucesso da aprendizagem dos conteúdos científicos.

(DRIVER *et al.*, 1996, p. 15–20, grifos do autor, tradução nossa).

Argumentos semelhantes a estes, defendendo o valor da NdC para o ensino e o aprendizado, podem ser encontrados também em McComas, Clough e Almazroa (1998, p. 11–14).

No que diz respeito ao contexto educacional português, estes argumentos parecem ter surtido efeito, visto que, desde a época do *Livro Branco da Física e da Química* (MARTINS *et al.*, 2002), pelas análises nele apresentadas, é possível perceber que a HC, HFC e a NdC já estavam presentes no currículo oficial. Após a publicação desta obra, reformas curriculares ocorreram, mas a presença da NdC se manteve.

Segundo Paixão e Figueiredo (2012, p. 6), “os programas de Física e Química [...] evidenciam uma explícita e clara orientação CTS no sentido de promover o conhecimento e compreensão sobre a NdC defendida pelas filosofias contemporâneas da ciência”. Para Coelho da Silva e Cuiça Sequeira (2006, p. 23-24), nos programas das disciplinas de Biologia e Geologia do ES a presença da NdC está vinculada a uma perspectiva pós-positivista, não há uma orientação sobre como abordar a NdC, e não há referência sobre sua importância para os cidadãos que pretendam seguir carreiras científicas. Já no que diz respeito ao currículo de Ciências Naturais do EB, após analisarem os documentos oficiais portugueses e espanhóis, Fernandes, Pires e Villamañán (2015) concluem que em ambos, relativamente à

natureza do conhecimento científico (história da ciência; carácter não dogmático do conhecimento científico; características e trabalho dos cientistas...) são **poucas e**, na generalidade, **implícitas** as referências sugeridas. **Omitem aspetos relacionados com a epistemologia, a natureza e a história da ciência e a evolução do conhecimento científico. Também não esclarecem acerca das questões éticas e morais relacionadas com o trabalho dos cientistas e das pressões que pode sofrer.** [...] Nos DOP [documentos oficiais portugueses] surge uma única contribuição explícita que apresenta o conhecimento científico de uma forma não dogmática, informando que a sua construção é fruto de trabalho coletivo e tem carácter provisório e evolutivo. (FERNANDES; PIRES; VILLAMAÑÁN, 2015, p. 253, grifo nosso)

Embora não se possa questionar a presença da NdC no currículo português, de acordo com os autores supracitados, a forma como ela é apresentada pelo currículo ainda precisa ser melhorada.

Nesta seção, com base na literatura, definimos o que é a NdC, apresentamos argumentos defendendo sua presença no ensino, e mostramos que, ainda que com ressalvas, ela está presente no currículo português. Na próxima seção descrevemos os procedimentos metodológicos adotados para a coleta e análise de dados desta pesquisa.

6.3 METODOLOGIA

Esta investigação, de carácter qualitativo e interpretativo, teve como base de suas análises a transcrição de entrevistas realizadas com pesquisadores portugueses (que também

eram, na época, docentes universitários). Para selecionar quais pesquisadores seriam entrevistados, adotou-se os seguintes critérios: ser docente universitário com experiência na formação de professores, e ter publicações que relacionassem NdC (ou HFC) e o ensino das ciências. A busca pelos pesquisadores ocorreu da seguinte maneira: nas páginas dos centros de investigação e dos programas de doutoramento da área de Ensino das Ciências, ou HC, ou HFC, visualizou-se a lista de investigadores a eles vinculados, e pesquisou-se na internet o currículo de cada um deles, e nos casos em que foi encontrado um currículo¹⁹, esse foi lido a fim de verificar as publicações e a experiência profissional desse pesquisador. Em caso de atendimento aos critérios estabelecidos, era feita uma tentativa de contato via e-mail, com convite para conceder entrevista para esta pesquisa.

De um total de 12 tentativas de contato, foram obtidas 07 respostas, todas positivas, a partir das quais foram agendadas as entrevistas, que foram realizadas de março a junho de 2017, e tinham como objetivo captar as percepções pessoais dos pesquisadores, oriundas de seu contato direto e/ou indireto com os professores e as salas de aula do EB e ES, tanto por meio das pesquisas que eles próprios realizaram e/ou daquelas realizadas por seus orientandos, como também devido às ações de formação inicial e/ou continuada que já promoveram, a respeito de como NdC vem sendo ensinada nas salas de aula, ou os motivos para não estar sendo ensinada.

As entrevistas foram conduzidas conforme as orientações de Bogdan e Biklen (1994), e podem ser consideradas como entrevistas abertas, pois não tinham um roteiro preestabelecido de questões. No início, eram apresentados o problema de pesquisa e o objetivo da entrevista, e em seguida pedia-se que o pesquisador falasse sobre sua atuação profissional e expusesse suas percepções a respeito de como a NdC está sendo ensinada no EF e EM, ou por que não está sendo. Deixava-se o pesquisador falar livremente, e as perguntas seguintes eram feitas ou para solicitar mais detalhes sobre alguma informação que foi mencionada, ou para retomar o foco da entrevista quando se estivesse fugindo do assunto.

A duração média das entrevistas foi de 43 minutos, todas gravadas em áudio e posteriormente transcritas em sua totalidade. As transcrições foram submetidas a um processo de análise orientado pela metodologia da Análise Textual Discursiva (ATD) de Moraes e Galiuzzi (2007).

¹⁹ Por não haver em Portugal uma plataforma similar à do currículo Lattes, na qual grande parte dos pesquisadores cadastram seu currículo, nem todos os pesquisadores portugueses possuíam um currículo cadastrado em uma plataforma de acesso aberto na internet na época que esta pesquisa foi feita.

A ATD, de acordo com Moraes e Galiuzzi (2007) é uma metodologia analítica que consiste em um processo de três etapas. A primeira é a fragmentação do corpus em *unidades de significado* que representem enunciados importantes para a compreensão das questões da pesquisa. A segunda é a organização dessas unidades em *categorias*, a partir do estabelecimento de relações que as combinem em classificações que compartilhem um mesmo sentido. A categorização pode se dar por método dedutivo, indutivo, dedutivo-indutivo, ou de forma intuitiva, e

[...] além de reunir elementos semelhantes, também implica nomear e definir as categorias, cada vez com maior precisão, na medida em que vão sendo construídas. Essa explicitação das categorias se dá por meio do retorno cíclico aos mesmos elementos, no sentido da construção gradativa do significado de cada categoria. Nesse processo, as categorias vão sendo aperfeiçoadas e delimitadas cada vez com maior rigor e precisão. [...] É a partir delas que se produzirão as descrições e interpretações que comporão o exercício de expressar as novas compreensões possibilitadas pela análise (MORAES; GALIAZZI, 2007, p. 23).

Por fim a terceira etapa da ATD consiste na *captação do novo emergente*, quando o pesquisador busca construir sua compreensão do objeto de pesquisa, a partir da reflexão e crítica dos processos anteriores.

Uma vez construídas as categorias, estabelecem-se pontes entre elas, investigam-se possíveis sequências em que poderiam ser organizadas, sempre no sentido de expressar com maior clareza as novas intuições e compreensões atingidas. [...] o pesquisador pode desafiar-se a produzir ‘argumentos centralizadores’ ou ‘teses parciais’ para cada uma das categorias, ao mesmo tempo em que exercita a elaboração de um ‘argumento central’ ou ‘tese’ para sua análise como um todo (MORAES; GALIAZZI, 2007, p. 33).

Esse processo da ATD, de acordo com Moraes e Galiuzzi (2007, p. 71), não é linear, mas sim uma espécie de ciclo, em forma de espiral, no qual os processos de unitarização e categorização são revisitados (e cada retomada do processo representa um aprofundamento, e não um retorno ao mesmo ponto inicial) até que se atinja um estado de saturação, quando a adição de novas unidades nas categorias já não acrescenta nem altera seus significados.

Nesta pesquisa, a etapa de unitarização consistiu em fazer recortes de trechos das entrevistas cujo conteúdo dizia respeito ou a como a NdC está sendo ensinada ou aos motivos pelos quais a NdC não está sendo ensinada nas salas de aula do EB e ES.

Em função da extensão das transcrições (de 4 a 9 página, com fonte Times New Roman tamanho 10 e espaçamento entrelinhas simples), e da eventual necessidade de retornar ao material original que poderia surgir, foi criado um código, atribuído a cada unidade, que

fazia referência à sua localização na transcrição. O código foi composto pela identificação do pesquisador português e a linha da transcrição em que se inicia o fragmento. Por exemplo, o código P05L402 se refere à transcrição da entrevista do pesquisador português de número 05, em um trecho iniciado na linha 402.

Para o processo de categorização, foi adotado o método intuitivo. Segundo Moraes e Galiazzi (2007, p. 23-25), nesse método as categorias surgem como *insights*, devido à intensa impregnação do analista com os dados, de forma similar aos flashes de luz que surgem em um céu tempestuoso devido a diversos fatores atmosféricos combinados. Nesta pesquisa, este movimento de constituição das categorias se deu em duas partes. Primeiramente, as unidades foram separadas em três conjuntos, de acordo com seu conteúdo: afirmações sobre a presença da NdC nas salas de aula, informações sobre como a NdC está sendo ensinada, e motivos para o não ensino da NdC nas salas de aula do EB e ES. Em seguida, cada conjunto de unidades foi analisado em busca de elementos que permitissem sua organização em categorias capazes de sintetizar a percepção dos pesquisadores entrevistados a respeito das questões propostas, o que foi conseguido após uma série de repetições do ciclo analítico.

As categorias e subcategorias oriundas desse processo são descritas e discutidas na próxima seção, tendo em vista se tratarem dos resultados de nossa pesquisa.

6.4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Dedicamos esta seção apresentar e discutir as categorias construídas a partir do processo de análise realizado sobre as transcrições das entrevistas, categorias estas que representam as percepções dos sete pesquisadores entrevistados a respeito de como vem ocorrendo o ensino da NdC nas salas de aula do EB e ES, ou quais os motivos para a não ocorrência desse ensino.

Do processo analítico orientado pela Análise Textual Discursiva, emergiram três conjuntos de categorias e subcategorias, que estão sintetizadas no quadro 02, a seguir.

Quadro 02 – Conjuntos, categorias e subcategorias

Conjunto 01: Afirmações sobre a presença da NdC nas salas de aula do EB e ES	
Categorias	Subcategorias
Afirmações positivas	
Conjunto 02: Maneiras de abordar da NdC no ensino	
Categorias	Subcategorias
Como os professores abordaram a NdC	<ul style="list-style-type: none"> – ênfase em aspectos interdisciplinares – ensino por investigação – uso da HC
A expectativa dos pesquisadores sobre como a NdC pode ser abordada	<ul style="list-style-type: none"> – ensino por projetos ou por investigação – atividades de modelagem – uso da HC – orientações gerais para a abordagem da NdC
Conjunto 03: Dificuldades para inserir a NdC nas salas de aula do EB e ES	
Categorias	Subcategorias
Formação docente	
Academia	
Sistema Educacional e Currículo	
Influências político-econômicas	
Materiais didáticos	<ul style="list-style-type: none"> – disponibilidade – qualidade
Professor	<ul style="list-style-type: none"> – condições de trabalho – desinteresse

Fonte: os autores.

A seguir, descrevemos cada uma destas categorias e subcategorias.

6.4.1 Afirmações sobre a presença da NdC nas salas de aula

No processo de análise das entrevistas para fazer os recortes que se tornaram as unidades de análise, percebeu-se que nas falas de todos os pesquisadores entrevistados haviam afirmações acerca da presença da NdC nas salas de aula do EB e ES, estas afirmações foram separadas, e quando o ciclo de análise foi retomado a fim de construir categorias dentro cada conjunto de unidades, as unidades aqui alocadas mostraram-se todas dizer respeito à mesma coisa, eram todas afirmações positivas e com ressalvas a respeito da presença da NdC nas salas de aula. Por este motivo, deste conjunto apenas uma categoria emergiu: afirmações positivas.

6.4.1.1 Afirmações positivas

Nesta categoria estão alocadas todas as unidades que fazem parte deste conjunto. Ela representa a percepção dos pesquisadores entrevistados a respeito da presença de

discussões de temas relacionados à NdC promovidas pelos professores em suas salas de aula do EB e ES.

Todos os 07 pesquisadores disseram que a NdC está presente nas salas de aula do EB e ES. No entanto, todos eles também foram enfáticos no seguinte aspecto: isso não é uma prática comum, os casos em que a NdC está presente no ensino são pontuais e bem específicos.

Por exemplo: P02 (L275) acredita que pode-se encontrar casos em que algum contexto histórico para determinado assunto foi levantado ou que um episódio histórico foi levado para sala de aula, mas deixa claro que é um caso muito pontual. Já para P03 (L68), pode “haver algum trabalho, mas é mais acidental, sem se ter a consciência de que se está a trabalhar a NdC”.

Em alguns trechos das entrevistas, os pesquisadores exemplificaram os casos pontuais que têm conhecimento, mencionando o uso ou a discussão de episódios da HC, mas deixando claro que esta abordagem praticamente limitava-se àquilo que está presente nos manuais escolares ou nas indicações explícitas dos currículos, como é o caso de P02 (L280), que considera que nos níveis mais avançados de escolaridade talvez possa haver algum trabalho mais sério, mas somente com os temas explícitos no currículo. As falas de P03 e P05 também seguem essa linha:

Aparece muito também, como é óbvio, e com algum desenvolvimento, e aí posso admitir com um bocadinho mais [de certeza], das questões da biologia relacionadas com a evolução e com as teorias de Darwin. Aí os próprios manuais de biologia fazem parte, nenhum professor consegue escapar à alguma reflexão sobre NdC e, neste caso, da biologia e da evolução das espécies (P03.L131).

[os programas] sugerem alguns assuntos que possam ser abordados num contexto histórico e isso também se verifica através dos livros, dos compêndios, dos manuais de ensino [...] e quando isso acontece os professores também fazem esta referência, procuram fazer esta abordagem. Não é uma abordagem sistemática, eu diria que são casos pontuais, mas vão fazendo (P05.L130).

Já para P06, “há uma minoria de pessoas que se interessa e que utiliza o tema” (L138) e geralmente são os que tiveram (ou têm) alguma ligação com a pós-graduação e/ou com a pesquisa. Essa ideia, de que os poucos professores que discutem NdC em suas aulas trabalham em conjunto com investigadores, também é expressa por P05 (L75), ao mencionar sua colaboração como orientador em uma escola para desenvolver projetos interdisciplinares. Afirmações semelhantes também foram feitas por P04 e P07:

Me parece que usam muito pouco, mas eu não posso falar por todos, falo por aqueles que eu mais conheci. Mas nós tínhamos uma abordagem muito especial no sentido que trabalhávamos todos em conjunto, [...] com o orientador da escola, os estagiários e nós próprios, e discutíamos as ideias em conjunto (P04.L173).

Eu tenho algumas situações e professores... felizmente existem professores [...] que trabalham com questões da NdC, e que desenvolvem... ou que na maior parte das vezes, eu penso, acompanhados por investigadores... aí está essa tal questão de trabalhar investigadores com professores, que desenvolvem práticas extraordinárias, fundamentadas na HC, na NdC (P07.L123).

Por fim, foram identificadas nas falas de 04 pesquisadores (P01, P03, P04 e P05), além da afirmação positiva a respeito da presença da NdC no ensino nas salas de aula do EB e ES, um complemento para reforçar essa afirmação: eles fizeram uma comparação entre como era o ensino da NdC no passado e como está atualmente, indicando que melhorias já ocorreram. P01 acredita que por mais que o tema ainda não seja muito bem desenvolvido, atualmente há uma maior preocupação, “isso hoje é mais sentido em sala de aula, e talvez mais praticado” (L59), e isso se deve a crescente preocupação, nas últimas décadas, por parte dos pesquisadores (historiadores, filósofos, educadores), de se falar sobre NdC na educação e de se produzir materiais em língua portuguesa sobre o tema (L164). Essa preocupação crescente da academia também é mencionada por P03 (L063). Já P04 (L141) identifica que atualmente há mais materiais de boa qualidade sobre o tema, e que, devido à internet, hoje é mais fácil para professores se manterem atualizados e mais fácil para os formadores ofertarem cursos de formação continuada. Por fim, P05 (L128) diz estar percebendo um aumento na procura, por parte dos professores, de cursos de formação continuada sobre HFC.

A partir dos dados apresentados nesta categoria, podemos então enunciar uma primeira resposta ao problema de pesquisa: na perspectiva dos pesquisadores portugueses entrevistados, considerando um contexto geral das salas de aula portuguesas do EB e ES, a NdC não está sendo ensinada pelos professores, mas há exceções, casos específicos e pontuais em que a NdC está sendo abordada, e estes casos parecem estar aumentando.

Tendo em conta essa resposta, na próxima seção são apresentadas as categorias que representam as maneiras como a NdC é abordada pelos professores, nesses casos raros em que ela é ensinada, e na seção seguinte são descritas as categorias acerca dos motivos pelos quais, na maioria das salas de aula, a NdC não é ensinada.

6.4.2 Maneiras de abordar a NdC no ensino

Na categoria anterior mostramos o que os pesquisadores disseram a respeito da presença da NdC nas salas de aula do EB e ES portuguesas. Todos os pesquisadores entrevistados foram diretos e claros ao afirmar que a NdC, ainda que em casos pontuais, é ensinada pelos professores. Ao serem questionados, durante a entrevista, sobre como esse ensino ocorre, eles passaram então a falar desses casos raros que tiveram acesso, acerca de como os professores do EB e ES abordam a NdC. Os fragmentos das entrevistas que tratam desse assunto foram agrupados, e quando foram submetidos ao ciclo analítico orientado pela ATD, percebeu-se que haviam dois tipos diferentes de falas, cada um deles acabou por constituir-se como uma categoria: como os professores abordaram a NdC, e a expectativa dos pesquisadores sobre como a NdC pode ser abordada.

6.4.2.1 Como os professores abordaram a NdC

Nesta categoria estão agrupados os excertos das falas dos pesquisadores sobre os casos que eles tiveram conhecimento de que a NdC foi ensinada nas salas de aula do EB e ES, no que concerne à maneira como os professores abordaram a NdC.

As unidades alocadas nesta categoria são oriundas da entrevista de cinco pesquisadores (P02, P03, P04, P05, P07). De sua análise emergiram três subcategorias, que representam as formas como a NdC foi abordada pelos professores nos casos em que os pesquisadores afirmaram que a NdC foi ensinada: ênfase em aspectos interdisciplinares, ensino por investigação, e o uso da HC.

A ênfase na interdisciplinaridade da ciência, em aspectos do conhecimento científico que são transversais a várias áreas das ciências, foi mencionada como uma característica da NdC que P05 (L75) costumava enfatizar nas atividades de estágio de formação de professores que orientava e acompanhava a realização em algumas escolas.

Já o ensino por investigação é uma abordagem usada pelos professores na qual a NdC está inserida, e que costuma fazer parte das atividades realizadas nas escolas durante o estágio em formação de professores orientado por P07, e trata-se de

[...] uma abordagem baseada em questionamentos, baseada em levantamento de problemas... questões... ou no confronto... confrontar os alunos com situações que são problemáticas... nunca pode ser através de perspectivas tradicionais, porque isso é apenas dar algum exemplo da HC e aí recorre-se exatamente àquilo que são as imagens

distorcidas da ciência. [...] Portanto em termos didáticos, [...] em ensino por investigação (P07.L133).

Com relação ao uso da HC, quatro pesquisadores (P02, P03, P04, P05) citaram exemplos de casos em que a NdC esteve presente nas salas de aula devido ao uso da HC pelos professores.

Para P02, nos casos raros em que os professores do ensino básico abordam a NdC, eles o fazem pelo uso de HC, buscando

[...] explorar algum episódio que tenham achado piada, associado a algumas temáticas que tenham dado, explorar pontualmente um ou outro episódio que tenham gostado [...] portanto é um episódio, [...] pontualmente podem falar como é que surgiu o conhecimento sobre aquele assunto, ou como é que o investigador terá feito sua investigação, [...] penso quiçá, pontualmente (P02.L275).

Também nas atividades realizadas nas escolas durante o estágio, sob orientação de P07, aparece o uso da HC para o levantamento de polêmicas ou situações controversas, como por exemplo o caso de Lavoisier e a combustão e conservação de massa, cujos experimentos propostos para o ensino tem uma explicação supostamente trivial, e a HC mostra que não é, e ainda possibilita discutir, sobre o mesmo tema, questões sobre a comunidade científica e sobre a visão de mundo da época (L148).

O uso da HC para abordar um experimento histórico em detalhes, ao invés da forma reducionista e simplificada que os manuais apresentam, como é o caso do experimento de Oersted, a fim de entender que aquilo não era óbvio nem trivial e que exigiu um grande esforço intelectual, foi citado por P04 (L17) como um exemplo das teses que costuma orientar, nas quais tenta chegar à NdC por meio da HC relacionada ao conteúdo, e orientando o estudante a fazer algum tipo de intervenção nas salas de aula do ensino básico ou secundário.

Já o uso da HC com intuito de fazer uma contextualização histórica do conteúdo, falando sobre o contexto em que determinado conhecimento se desenvolveu, as descobertas, os entraves, é mencionado por P02 (L280) e P05 (L130, L138), que salientam que esse uso se limita aos exemplos presentes no currículo ou nos manuais escolares.

O pesquisador P03 identifica que “as questões de NdC aparecem quase um bocado acidentalmente, de boleia com algumas reflexões históricas” (L50), como, por exemplo, ao se contextualizar historicamente o Big Bang (L118) ou as teorias da evolução, como a de Darwin (L131).

Enfim, finalizamos esta categoria fazendo sua síntese: nos raros casos identificados pelos pesquisadores em que ocorreu o ensino da NdC pelos professores nas salas de aula do EB e ES, a maneira como ela foi abordada ou enfatizava aspectos da interdisciplinaridade da ciência, ou usava a metodologia do ensino por investigação, ou fazia uso da HC para contextualizar historicamente os conteúdos ou para aprofundar a discussão de algum aspecto da NdC (como a não-trivialidade de um experimento), e em boa parte dos casos mencionados, a abordagem da NdC ocorreu em colaboração com estudantes ou pesquisadores da universidade.

6.4.2.2 A expectativa dos pesquisadores sobre como a NdC pode ser abordada

Nesta categoria estão alocadas as falas de cinco pesquisadores (P01, P02, P03, P05, P06) que, após terem mencionado que identificaram, ainda que em casos pontuais, que a NdC é ensinada nas salas de aula do EB e ES, ao serem indagados a respeito de como esse ensino ocorreu, falaram não sobre aquilo que os professores do ensino básico ou secundário fizeram, mas sim sobre a própria atuação profissional, enquanto pesquisadores e docentes universitários. Suas respostas, desta forma, indicam como eles acreditam que a NdC possa ser abordada pelos professores do EB e ES, fazendo referência às disciplinas que lecionaram (na graduação e/ou pós-graduação), aos cursos de formação continuada que ofertaram, e às orientações (de estágio e de pesquisa na graduação ou pós-graduação) que realizaram, com intuito de que seu público (licenciandos, pós-graduandos, professores) pudesse trabalhar com a NdC quando fosse para as salas de aula. Desta forma, esta categoria representa não aquilo que foi feito pelos professores, e sim aquilo que os pesquisadores esperam que os professores façam.

Da análise dos fragmentos das falas aqui agrupadas emergiram três diferentes formas de abordar a NdC que os pesquisadores esperam que os professores usem: ensino por projetos ou por investigação, atividades de modelagem, uso da HC. Além disso, alguns dos excertos das falas dos pesquisadores apresentavam orientações gerais que não diziam respeito a uma forma específica de se abordar a NdC, mas sim aos cuidados que precisam ser tomados quando for abordar a NdC.

O ensino por projetos ou por investigação foi citado por P03:

[...] é possível fazer inovação pedagógica com atenção à NdC, com práticas que envolvam *project-based-learning*, ou *enquiry*, ou coisas do gênero, e achamos que isso é compatível, e mais compatível até, achamos nós, com eficácia cognitiva, com aprendizagem real, e com os resultados nos exames, no limite (P03.L97).

As atividades de modelagem são uma estratégia para se abordar a NdC que era discutida nos cursos de formação contínua ofertados por P06 (L33), que propunham atividades deste tipo, com o intuito levantar, discutir e argumentar sobre diferentes hipóteses, e que posteriormente os professores poderiam repetir com seus alunos. Uma dessas atividades consistia em estudar os diferentes modelos internos da Terra e os argumentos favoráveis e contrários a cada um desses modelos (P06.L76), e outra consistia em "pegar em uma série de pegadas animais que nós imaginávamos, ali naquele caso, que fossem pegadas de dinossauros, mas que podiam ser de algo da atualidade, e que depois daí, fazer inferências" (L38).

Quanto ao uso da HC como forma de abordar a NdC no ensino, três pesquisadores citaram essa estratégia (P01, P02 e P05) e descreveram diferentes maneiras de fazer esse uso:

- Trazer episódios históricos que envolvam cientistas menos “famosos”, mas que tiveram alguma produção e contribuição interessante, mostrando que as ideias da ciência se desenvolveram por muitos e em muitos locais (P01.L226).
- Apresentar outros aspectos da biografia de cientistas, que rompam com a imagem do cientista gênio ou herói, humanizando-o e aproximando-o dos alunos e dando uma noção de comunidade científica e da construção coletiva do conhecimento (P01.L331).
- Chamar a atenção para equipamentos antigos, históricos, associando os princípios científicos aos cientistas que os usaram e a como eles evoluíram (P01.L356).
- Discutir episódios históricos que envolvam polêmicas ou controvérsias, como o caso de Egas Moniz e a lobotomia (P02.L150).
- Usar textos históricos originais de fontes primárias para entender como era a ciência na época (P02.L35).
- Trazer HC junto dos conteúdos curriculares (P05.L352), buscando abordar como ele se desenvolveu historicamente, para tentar criar conflitos cognitivos nos alunos devido à possível identificação de sua forma de pensar com a forma de pensar daquele momento histórico (P05.L387).

Por fim, como já mencionado, alguns dos fragmentos analisados diziam respeito a orientações gerais, a cuidados a serem tomados quando se pretende abordar a NdC no ensino:

- Deve-se tomar cuidado para que a NdC não vire um algoritmo, uma sequência de passos a serem reproduzidos, ou definições a serem memorizadas (P01.L445).

- É preciso “dar a percepção de que é importante ler de diferentes fontes e ver o que se está a fazer, e também ver que no próprio território é importante conhecer aquilo que se tinha e ver se há alternativas ou não, [...] e, portanto, o conhecimento não está todo feito” (P01.L251).
- Tratar a NdC de forma específica (um tópico ou disciplina específico para ela) ou de forma recorrente (a NdC permeando todos os conteúdos) (P03.L185).
- Evitar a ideia do aluno como “pequeno cientista”, pois não há cientistas isolados, eles se organizam em uma comunidade científica, que é muito crítica a tudo que produz (P05.L402).

Nesta subseção, foram apresentadas as categorias oriundas do conjunto de unidades que falavam sobre como a NdC estava sendo ensinada nos casos raros identificados pelos pesquisadores entrevistados. Das análises emergiram duas categorias, cada uma delas listando algumas maneiras pelas quais a NdC estava sendo, ou poderia ser abordada pelos professores no ensino praticado nas salas de aula do EB e ES.

Tendo em conta, conforme já mostrado na primeira categoria apresentada, que na percepção dos pesquisadores entrevistados, os casos em que o ocorre o ensino da NdC são exceções, e que de forma geral a NdC não está sendo ensinada, na próxima seção descrevemos as categorias que dizem respeito aos motivos pelos quais não ocorre o ensino da NdC nas salas de aula do EB e ES.

6.4.3 Dificuldades para inserir a NdC nas salas de aula do EB e ES

Por terem afirmado que a NdC, de forma geral, não é ensinada pelos professores nas salas de aula do EB e ES, os pesquisadores entrevistados foram indagados a discorrer sobre os motivos para esse ensino não ocorrer. Nos primeiros ciclos do processo analítico orientado pela ATD, os fragmentos das entrevistas que falavam sobre isso foram aqui agrupados. Ao retornar a estes dados nos ciclos de análise seguintes, com intuito de categorizá-los, foi percebido que os pesquisados entrevistados, ao descreverem as causas para o não ensino da NdC, falavam sobre os elementos que interferem ou que dificultam a inserção de discussões a respeito da NdC nas aulas. Por esse motivo usamos a expressão “dificuldades” para nomear o conjunto de categorias desta subseção.

Do processo analítico emergiram seis categorias, que representam as dificuldades que se colocam contra a inserção da NdC nas salas de aula do EB e ES: formação docente, academia, sistema educacional e currículo, influências político-econômicas, materiais didáticos, e professores.

Estas dificuldades, de acordo com os pesquisadores entrevistados, conforme mostram os dados, não se apresentam de forma isolada, sendo que algumas delas possuem relações entre si. Por este motivo, alguns dos fragmentos das entrevistas foram alocados em mais de uma categoria.

6.4.3.1 Formação docente

Três pesquisadores (P01, P02, P04) indicaram a formação de professores como um elemento que dificulta a inserção da NdC no ensino praticado nas salas de aula de ciências. Segundo eles, muitos dos professores que hoje atuam nas escolas não tiveram discussões sobre HFC ou HC (e conseqüentemente sobre NdC) em sua formação (P02.L357, P04.L190), seja porque na formação não há preocupação em promover reflexões sobre a ciência mas sim em transmitir conteúdos, fazer as demonstrações e deduções necessárias, e aplicar e resolver exercícios (P04.L119), seja porque muitos dos docentes destes cursos de formação têm uma visão de ciência ingênua, não compreendendo a ciência como a HFC ou NdC compreendem (P04.L138).

O pesquisador P01 chama atenção para o fato de que no curso de formação de professores que atuava como docente, ele próprio não tinha tempo para promover reflexões sobre NdC, devido a existência de uma única disciplina (de introdução à HC, lecionada por P01) com espaço para isso, e porque tais reflexões exigiam um esforço muito grande por parte dos licenciandos, visto serem muito diferentes do tipo de pensamento que estavam acostumados a ver nas outras disciplinas da formação.

Ao discorrerem sobre estas dificuldades provenientes da formação inicial, os pesquisadores entrevistados acabaram por mencionar também outras dificuldades que estão a ela relacionadas: como o sistema educacional e currículo, as condições de trabalho dos professores e os materiais didáticos. Por exemplo: P04 (L187) afirma que os professores, como não tiveram formação adequada, acabam por limitar sua abordagem àquilo que está (deficientemente) presente no currículo ou nos manuais escolares, e P02 (L353) diz que devido à sobrecarga de trabalho e às deficiências em sua formação, os professores não têm tempo para estudar e elaborar seus próprios materiais didáticos.

6.4.3.2 Academia

Três pesquisadores (P02, P06, P07) indicaram a academia como algo que dificulta a inserção da NdC nas atividades de ensino dos professores do ensino básico e secundário.

A princípio, devido ao seu título, essa categoria pode parecer semelhante à anterior (formação docente), e de certa forma até está a ela relacionada. Porém, as unidades de análise que foram aqui alocadas são mais gerais, referindo-se não apenas especificamente aos cursos de formação e seus docentes, mas indo além. Nesta categoria estão os fragmentos das entrevistas nos quais os pesquisadores criticam comunidade científica (os pesquisadores das universidades), a forma como a ciência vem sendo feita na academia, à maneira (ou ausência de) como a comunidade científica acadêmica e a ciência por ela produzida se relacionam com o (ou procuram chegar ao) público alvo de suas pesquisas (neste caso, os professores do EB e ES), e a gestão da universidade ou seus departamentos.

Por exemplo: P02 expressa um descontentamento com a universidade onde trabalha, em vista do quão é desvalorizada a HC e a NdC, ao ponto de que, a única disciplina voltada para esse tema, é a disciplina lecionada por si, que foi classificada como disciplina optativa (L14), e que só existe ainda por sua insistência em defendê-la. Para agravar ainda mais a situação, foram fechados os cursos de formação de professores de ciências (Física, Química, Biologia, Geologia) em sua universidade, restando-lhe apenas a formação de professores para os anos iniciais do ensino básico (L197), e por mais que P02 insista em demonstrar a importância de se inserir HC ou NdC no ensino, não lhe é dada a oportunidade de contribuir com isso por meio da supervisão de estágios na formação de professores, tendo que se limitar à proposição de intervenções em sala de aula, à construção de materiais didáticos de apoio a serem oferecidos aos professores e futuros professores, e à oferta de cursos de formação continuada sobre o tema (L234).

Já para P06, a ciência atualmente tem sido feita de maneira tão rápida, que lhe falta o espírito científico, a reflexão e crítica que deveria fazer sobre si mesma (L111). Além disso, considera que a comunidade de HC portuguesa é tão fechada em si mesma que se acha a dona da verdade, e qualquer professor (especialmente àquele que não possui doutoramento em HC) que procurar usar a HC no ensino, será alvo de duras críticas (P06.L215), pois existe em Portugal, segundo P06, um preciosismo, um excesso de rigor para o uso da HC no ensino, que praticamente impede a criação de materiais ou o uso da HC para o ensino (L95).

Por fim, P07 aponta como elementos que dificultam a implementação da NdC nas atividades de ensino nas salas de aula, o fato de que muitos investigadores desconhecem (ou não conhecem adequadamente) o terreno onde suas pesquisas são desenvolvidas e/ou aplicadas (a sala de aula do ensino básico e secundário), pois ou não vão ao campo, ou passam apenas o tempo suficiente para coletar seus dados (L12). Esse desconhecimento gera um distanciamento entre a comunidade científica e os professores (L77, L115), que resulta em produções (materiais, artigos) direcionadas para a própria comunidade científica (da qual os professores não se sentem integrantes) e que, para os professores, são de difícil acesso, de difícil leitura e compreensão, e de difícil tradução/aplicabilidade para a sala de aula, (L78, L108), pois possuem conceitos que atemorizam, que parecem acessíveis apenas ao grupo que os produziu (L102).

As dificuldades provocadas pela academia para a inserção do NdC nas salas de aula, como pôde ser percebido pelos dados apresentados, pode ser parte da causa de outra dificuldade, que ainda será apresentada, que é o desinteresse dos professores em trabalhar com NdC em suas aulas.

6.4.3.3 Sistema educacional e currículo

Na perspectiva de cinco pesquisadores (P01, P02, P03, P04 e P05), dentre os motivos que dificultam que os professores do EB e ES insiram a NdC em suas aulas estão o sistema educacional e o currículo. Nesta categoria foram classificados os fragmentos das entrevistas que fazem alusão a estas dificuldades. Optou-se por manter estas duas dificuldades numa mesma categoria devido a relação que, de acordo com os dados analisados, elas possuem entre si.

De acordo com P05 (L67), a NdC não está formalizada explicitamente nos programas das disciplinas (no currículo) e que estes, no máximo, “sugerem alguns assuntos que possam ser abordados num contexto histórico” (P05.L150), sendo que essa HC é imprecisa e transmite uma visão distorcida da ciência, como é o caso, por exemplo, da experiência de Oersted, apresentada como se tivesse sido algo acidental (P05.L241).

Além disso, o currículo é uma dificuldade para a inserção da NdC nas salas de aula, porque desrespeita “determinados aspectos da construção lógica do conhecimento científico” (P05.L211), porque “não é isso que exige dos professores” (P04.L177), porque é

defasado (P01.L420), e porque os programas das disciplinas são muito extensos, com uma quantidade muito grande de conteúdos (P02.L353, P03.L119).

Por outro lado, e também por conta disso, há uma cobrança sobre os professores, uma obrigatoriedade para que cumpram o que está determinado no programa das disciplinas (P01.L420, P02.L354, P05.L237, P05.L328), visto que os professores são avaliados e precisam justificar quando não o cumprem (P02.L367). Além disso, observa P05 (L322), o sistema de avaliação que mensura o aprendizado dos estudantes acaba sendo determinante naquilo que será priorizado no ensino, os conteúdos científicos, e naquilo que os alunos vão preferir, aulas que direcionem para uma maior eficiência nos exames. Assim, a NdC acaba ficando em segundo plano, perde-se o interesse por ela, pois poderá atrasar ou comprometer o cumprimento do programa.

Mais uma vez, como os dados mostram, tem-se uma categoria que pode ser uma das causas de outra dificuldade, o desinteresse dos professores, e que, além disso, também está relacionada com a categoria dos materiais didáticos, visto que os manuais escolares costumam ser elaborados com base naquilo que está no currículo.

6.4.3.4 Influências político-econômicas

Nesta categoria estão alocados os trechos das entrevistas de dois pesquisadores (P03 e P06) em que eles descrevem elementos que, ainda que não estejam diretamente associados à sala de aula, à escola, ao sistema educacional ou à formação de professores, conseguem exercer influências ao ponto de interferir nas ações de ensino dos professores nas salas de aula.

Para P06 (L160), estes elementos são as questões políticas, econômicas, e a perspectiva neoliberal predominante na Europa, que entendem a educação como um mercado, como uma “economia do conhecimento”, cuja função é formar indivíduos com competências de valor econômico e mercadológico e, portanto, neste cenário, discussões sobre NdC (por exemplo: aspectos sociais ou econômicos, questões relacionadas ao financiamento de pesquisas, motivos para o subsídio de alguns projetos e outros não) no nível educacional são incômodas, são indesejadas, representam uma ameaça.

Com palavras diferentes, P03 (L73) acaba por dizer sobre a mesma coisa: que existe um poder econômico, de consumo, um cientificismo, no qual imperam as ideias de eficácia e de aplicabilidade da ciência e da tecnologia e que, como consequência, fizeram os

cientistas se tornarem extremamente competitivos (precisam produzir muitos artigos), o que reverbera na educação em todos os seus níveis, no sentido de que o estudante precisa dominar conteúdos de ciências e para que possa se dedicar quase obsessivamente à ciência e, portanto, não há espaço para o tipo de reflexões que a NdC promove.

Esta categoria, como mostram as falas dos pesquisadores, representam elementos político-econômicos cuja influência chega até a organização do currículo, do sistema educacional, reverberando inclusive na forma como as pesquisas são feitas.

6.4.3.5 Materiais didáticos

Nesta categoria foram alocados os fragmentos das entrevistas de quatro pesquisadores (P02, P04, P05 e P06), cujo conteúdo faz menção a manuais escolares (ou livros didáticos) e outros materiais didáticos, como elementos que dificultam a inserção da NdC nas atividades de ensino nas salas de aula, devido à dependência que os professores costumam ter destes materiais. Basicamente, a dificuldade oriunda dos materiais didáticos se deve a dois aspectos: sua qualidade e sua disponibilidade.

Para P02, não há materiais didáticos que façam discussões sobre NdC para serem usados nas escolas, e como professores não tem tempo estudar e elaborar os próprios materiais, isso deveria ser uma obrigação dos pesquisadores (L186, L355). Da mesma forma, P04 (L203) acredita que há um déficit de materiais sobre NdC. Essa ideia de que os professores precisam de materiais prontos para serem usados e que quase não há disponibilidade de materiais deste tipo é compartilhada também por P06 (L86).

Com relação aos manuais escolares existentes, no que diz respeito à NdC, eles são muito limitados (P04.L12), tentam fugir (assim como os professores fogem) “de situações em que houve controvérsia, em que houve debate, em que há argumentos prós e contras, das situações que não estão decididas” (P06.L70), e não possuem uma concepção de ciência adequada, seja porque “as referências históricas são muito breves, muito descritivas, pouco vivas, nada problemáticas, como se [a evolução do conhecimento] fosse algo de natural” (P04.L187), ou porque eles não respeitam a lógica e o contexto histórico da construção do conhecimento científico ao apresentarem seus conceitos (P05L211).

Conforme já mencionado em categorias anteriores, a qualidade dos materiais didáticos, em parte, se deve àquilo que está presente no currículo, e os professores que não

tiveram formação adequada terão dificuldade em elaborar os próprios materiais, ficando à mercê daqueles que estão disponíveis.

6.4.3.6 Professores

Por fim, a última, e talvez a mais importante (pois foi a única citada por todos os sete pesquisadores entrevistados) categoria que representa uma dificuldade para a inserção da NdC nas salas de aula, são os próprios professores do EB e ES. Não que seja culpa deles, e de acordo com os pesquisadores entrevistados, de fato não são. Mas como são eles os executores ações de ensino que ocorrem nas salas de aula, no fim das contas, todas as dificuldades até então listadas recaem sobre eles. Nos fragmentos das entrevistas alocados nesta categoria foi possível desmembrar em dois tipos a dificuldade associada aos professores como causa para o não ensino da NdC: suas condições de trabalho, e seu desinteresse pelo tema, ambas consequências diretas ou indiretas de todas as categorias anteriores.

De acordo com cinco pesquisadores (P01.L74, P02.L186, P02.L353, P04.L58, P04.L209, P05.L322, P06.L70), os professores são sobrecarregados pelas atividades da rotina escolar, pelas burocracias e demais exigências do sistema educacional, pela extensão do currículo. Como eles não tiveram uma formação adequada em HC, HFC ou NdC, eles precisariam estudar o assunto para poder preparar suas aulas, mas eles não têm tempo para isso (afinal já estão sobrecarregados com outras coisas), portanto acabam se limitando às indicações presentes nos currículos e àquilo que os materiais didáticos apresentam.

Por outro lado, cinco pesquisadores (P01, P03, P05, P06, P07) falam sobre o interesse que os professores (não) têm pela HC, HFC ou NdC, e a (falta de) importância que eles atribuem a isso.

Os professores não se interessam pela NdC, de acordo com P07 (L62), porque sentem um distanciamento dos investigadores e da academia, que não os procuram para realizar trabalhos contínuos a longo prazo, apenas ações pontuais e curtas; e de acordo com P01 (L80), devido à sua idade (a idade média da população docente tem aumentado, devido à saturação do mercado de trabalho e à idade da aposentadoria) os professores possuem menor interesse em participar de ações de formação contínua. Além disso, os professores não reconhecem o valor da NdC, não a consideram relevante, porque suas preocupações são outras, devido às cobranças/exigências do sistema educacional e do currículo (P05.L67), ou

porque aprenderam a dar pouca importância ao tema durante sua formação inicial, quando a maioria dos professores formadores não a tinham como algo importante (P03.L109).

Por fim, P06 comenta sobre situações que vivenciou mais de uma vez, em que os professores não deram importância ou até mesmo rejeitaram propostas de abordagem com base na HFC, nas quais ou poderiam ser discutidas diferentes perspectivas e modelos interpretativos, ou serem colocadas questões sobre polêmicas ainda não totalmente resolvidas, sobre as quais há argumentos válidos para mais de uma hipótese (L29, L52), e exemplifica uma delas, ocorrida em um curso de formação continuada que ofertou: “houve uma senhora que disse-me em uma certa altura: não vai querer que eu ensine [esse modelo antigo] para esses alunos quando depois eles vão ter a necessidade de saber qual é o modelo atual!” (P06.L31).

Como já mencionado, e agora demonstrado pelos dados, esta categoria, que elenca os professores como uma dificuldade para a inserção da NdC nas salas de aula do EB e ES, está relacionada a praticamente todas as outras anteriores, sendo, de fato, consequência delas.

Nesta subseção foram apresentados os resultados das análises dos fragmentos das entrevistas que dizem respeito aos casos, que de acordo com os pesquisadores entrevistados, são os mais comuns, em que a NdC não é ensinada pelos professores do EB e ES em suas salas de aula, e as categorias que emergiram dessa análise representam as dificuldades para se inserir a NdC nas salas de aula do EB e ES.

A partir dessas categorias, podemos então enunciar mais uma resposta, parcial, ao problema de pesquisa: na perspectiva dos pesquisadores entrevistados, os professores não estão inserindo a NdC em suas aulas porque eles não foram preparados para isso em sua formação inicial, inadequada no que concerne a HC, HFC e/ou NdC; porque a academia não oferece o apoio necessário; porque o currículo e o sistema educacional lhes imputam exigências demais; porque ou não há, ou são inacessíveis materiais didáticos sobre o tema que estejam prontos para serem usados, sendo os disponíveis de qualidade duvidosa; porque estão sobrecarregados pelas exigências do sistema educacional e do currículo e com isso não têm tempo, nem para estudarem algo que sua formação não lhes proveu, nem para preparar os próprios materiais didáticos; porque as políticas-econômicas, cuja influência reverbera no currículo, no sistema educacional, na academia, nos pesquisadores, possui interesses que são prejudicados pelas reflexões que a NdC promove; e porque, devido a vários dos motivos anteriores, os professores não se interessam e não reconhecem a importância que tem o ensino da NdC.

6.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Reconhecendo, por meio da literatura, a importância e os benefícios de se ter a NdC inserida no contexto das salas de aula do ensino de ciências e que, ainda que com alguns problemas, a NdC está presente no currículo português, entrevistamos pesquisadores portugueses, que já realizaram pesquisas sobre HFC ou NdC e eram docentes que atuavam na formação de professores, com o intuito de captar suas percepções pessoais a respeito de como a NdC estava sendo ensinada nas salas de aula do EB e ES, ou por quais motivos não estava.

Foram realizadas sete entrevistas, que foram gravadas em áudio, transcritas, e submetidas a uma série de ciclos de análise, de acordo com as orientações da Análise Textual Discursiva, a fim de responder o seguinte problema de pesquisa: quais são as percepções dos pesquisadores portugueses a respeito do ensino da Natureza da Ciência nas salas de aula da educação básica e secundária?

Com base nos dados analisados, podemos enunciar as seguintes respostas a este problema:

A) na percepção dos pesquisadores entrevistados, em um contexto geral das salas de aula do EB e ES portuguesas, a NdC não é ensinada pelos professores, porém, algumas exceções podem ser encontradas, casos específicos e pontuais, pouco frequentes (mas que parecem estar aumentando com o passar do tempo), em que ocorrem discussões sobre a NdC;

B) nesses casos raros em que ocorreu o ensino da NdC, a maneira como ela foi abordada pelos professores: ou enfatizava aspectos da interdisciplinaridade da ciência, ou usava a metodologia do ensino por investigação, ou fazia uso da HC para contextualizar historicamente os conteúdos ou para aprofundar a discussão de algum aspecto da NdC (como a não-trivialidade de um experimento), e em boa parte dos casos mencionados, a abordagem da NdC ocorreu em colaboração com estudantes ou pesquisadores da universidade; além disso, os pesquisadores entrevistados também expressaram expectativas quanto ao tipo de abordagem que esperam que os professores usem quando forem abordar a NdC: atividades de modelagem, ensino por projetos ou por investigação, e o uso da HC, trazendo ainda algumas orientações gerais e cuidados a serem tomados ao abordar a NdC;

C) para os casos que, segundo os pesquisadores entrevistados, representam a realidade de grande parte das salas de aula, em que a NdC não é ensinada pelos professores, isso se ocorre porque os professores não foram preparados para isso em sua formação inicial, inadequada no que concerne a HC, HFC e/ou NdC; porque a academia não oferece o apoio necessário;

porque o currículo e o sistema educacional lhes imputam exigências demais; porque ou não há, ou são inacessíveis materiais didáticos sobre o tema que estejam prontos para serem usados, sendo os disponíveis de qualidade duvidosa; porque estão sobrecarregados pelas exigências do sistema educacional e do currículo e com isso não têm tempo, nem para estudarem algo que sua formação não lhes proveu, nem para preparar os próprios materiais didáticos; porque as políticas-econômicas, cuja influência reverbera no currículo, no sistema educacional, na academia, nos pesquisadores, possui interesses que são prejudicados pelas reflexões que a NdC promove; e porque, devido a vários dos motivos anteriores, os professores não se interessam e não reconhecem a importância que tem o ensino da NdC.

Os resultados encontrados por esta pesquisa são reforçados pela literatura, na qual é possível encontrar outras pesquisas que chegaram a resultados semelhantes a algumas das categorias que emergiram de nossas análises. Por exemplo:

- i) o próprio *Livro Branco* (MARTINS *et al.*, 2002, p. 52–53), já citado anteriormente, destaca que os professores consideram menos importantes as finalidades que visam a sensibilização dos alunos para a NdC por meio da reflexão sobre a HC;
- ii) após uma revisão de investigações que recomendam o uso da HC no ensino de Ciências e de investigações a respeito de manuais escolares, Duarte (2007) constata que

muitos autores de manuais não prestam a atenção devida ao desenvolvimento histórico das ideias científicas. Assim, em alguns casos, os aspectos históricos são ignorados e/ou distorcidos, [...] ou tratados de uma forma muito superficial, [...]controvérsias históricas não são mencionadas [...] e o papel da comunidade científica [...] é muitas vezes omitido (p. 97–98);

- iii) após um estudo de caso com alguns professores de ciências a respeito da implementação do currículo, a conclusão de Ferreirinho (2013, p. 109) é que eles são constrangidos pela falta de tempo devido a programas extensos e poucas aulas semanais para cumpri-lo, pelas abordagens contidas nas orientações curriculares face às múltiplas dificuldades dos alunos, e pela relutância dos alunos no aprendizado das ciências por considerarem não lhes trazer qualquer benefício ou utilidade;
- iv) em um estudo de caso que buscou compreender o impacto de controvérsias sociocientíficas recentes nas concepções de NdC e nas práticas de ensino de três professores de ciências, Reis e Galvão (2005, p. 155–156) identificam alguns fatores que dificultam a discussão destes temas na sala de aula: a extensão dos programas, o fato de não incluírem temas controversos, e os exames nacionais centrados na memorização de conteúdos que induzem os professores a um ensino nada crítico ou reflexivo.

Por fim, embora reconhecendo os benefícios que a discussão da NdC traz para os alunos, e identificando que há alguma indicação no currículo português para se trabalhá-la, na perspectiva dos pesquisadores entrevistados nesta pesquisa, isso ainda não é uma realidade nas salas de aula de ciências, e os fatores que estão dificultando isso são alarmantes, pois apontam problemas em vários elementos importantes sobre os quais se apoiam e dos quais dependem as atividades de ensino: os cursos de formação, as universidades, o currículo, o sistema educacional, os materiais didáticos, e até mesmo os professores. A identificação destes problemas, no entanto, permite que se apontem algumas recomendações que podem contribuir para solução destes problemas: (i) é necessária uma melhor articulação do currículo no sentido de apresentar uma concepção de ciência (a ser ensinada) mais realista, e ser mais explícito quanto às suas orientações a respeito de como abordar a NdC; (ii) é preciso incentivar a elaboração de materiais didáticos com concepções adequadas de NdC; (iii) os professores não têm como ensinar o que não sabem nem usar abordagens que não conhecem, e é papel da formação inicial e continuada prover os professores com aquilo que precisam para suas atividades de ensino; (iv) é necessário maior incentivo no sentido de promover uma integração entre as universidades e as escolas, entre os pesquisadores e os professores do ensino básico e secundário.

Nota

A presente pesquisa faz parte do projeto “O ensino e a aprendizagem de ciências e matemática em sala de aula e em ambientes informais”, coordenado pelo pesquisador Sergio de Mello Arruda, tendo sido aprovado pelo Comitê de Ética (Número do CAAE: 57663716.9.0000.5231. Número do Parecer: 1.666.360). Todos os entrevistados assinaram um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.

Agradecimento

Ao apoio da CAPES, através de bolsa de doutorado sanduíche, Edital PDSE/CAPES 19/2016, processo nº 88881.133290/2016-01, e ao Centro de Investigação em Didática e Tecnologia de Formação de Professores (CIDTFF), da Universidade de Aveiro, que possibilitaram a realização da pesquisa aqui relatada.

6.6 REFERÊNCIAS

- BOGDAN, R. C.; BIKLEN, S. K. **Investigação qualitativa em educação: uma introdução à teoria e aos métodos**. Porto: Porto Editora, 1994.
- COELHO DA SILVA, J. L. J.; CUIÇA SEQUEIRA, M. J. Natureza da Ciência nos currículos de Ciências Naturais/Biologia e Geologia do contexto educacional português. **Boletín das Ciências: XIX Congresso de ENCIGA**, Santiago de Compostela, ano XIX, n. 61, 2006.
Disponível em <
http://www.enciga.org/files/boletins/61/natureza_da_ciencia_nos_curriculos_de_ciencias.pdf
> Acessado em 10/07/2017.
- DRIVER, R.; LEARCH, J.; MILLAR, R.; SCOTT, P. **Young People's Images of Science**. Buckingham: Open University Press, 1996.
- DUARTE, M. C. A história da ciência na educação em ciências Da investigação realizada ao seu impacto no processo de ensino-aprendizagem. **Tecné, Episteme y Didaxis**, Bogotá, n. 22, p. 86-106, 2007.
- FERNANDES, I. M.; PIRES, D. M.; VILLAMAÑÁN, R. M. Análise das inter-relações CTSA nas orientações curriculares de Portugal e Espanha (10-12 anos). In: MEMBIELA, P.; CASADO, N.; CEBREIROS, M. I. (Ed.). **Presente e Futuro do Ensino das Ciências**. Ourense: Educación Editora, 2015. p. 251-255.
- FERREIRINHO, A. I. **O Processo de Implementação do Currículo Nacional da Ciências Físicas e Naturais em uma Escola Amadora: Perspectiva dos Diferentes Intervenientes**. 2013. Dissertação (Mestrado em Educação) – Universidade de Lisboa, Lisboa.
- LEDERMAN, N. G.; ABD-EL-KHALICK, F.; BELL, R. L.; SCHWARTZ, R. S. Views of Nature of Science questionnaire: towards valid and meaningful assessment of learners' conceptions of the Nature of Science. **Journal of Research in Science Teaching**, [S. l.], v. 39, n. 6, p. 497-521, 2002.
- LEDERMAN, N. G. Nature of science: Past, present, and future. In: ABELL, S. K.; LEDERMAN, N. G. (Ed.). **Handbook of Research on Science Education**. London: Lawrence Erlbaum Associates, 2007. p. 831-879.
- MARTINS, A.; MALAQUIAS, I.; MARTINS, D. R.; CAMPOS, A. C.; LOPES, J. M.; FIÚZA, E. M.; SILVA, M. M. F.; NEVES, M.; SOARES, R. **O Livro Branco da Física e da Química**. Lisboa: Sociedade Portuguesa de Física, Sociedade Portuguesa de Química, 2002.
- MATTHEWS, M. R. História, filosofia e ensino das ciências: a tendência atual de reaproximação. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 12, n. 3, p. 164-214, 1995.
- MATTHEWS, M. R. Changing the Focus: From Nature of Science (NOS) to Features of Science (FOS). In: KHINE, M. S. (Ed.). **Advances in Nature of Science Research**. Dordrecht: Springer Netherlands, 2012. p. 3-26.

MATTHEWS, M. R. (ed.). **Science teaching**: the contribution of history and philosophy of science, 20th anniversary revised and expanded edition. 2nd ed. New York: Routledge, 2015.

MCCOMAS, W. F.; CLOUGH, M. P.; 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**. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1998. p. 3-40.

MCCOMAS, W. F. Seeking historical examples to illustrate key aspects of the nature of science. **Science & Education**, [S. l.], v. 17, n. 2-3, p. 249-263, 2008.

MORAES, R.; GALIAZZI, M. C. **Análise textual discursiva**. Ijuí: Ed. Unijuí, 2007.

PAIXÃO, F.; FIGUEIREDO, M. A Natureza da Ciência nos Programas do Ensino Secundário Português. In: VII SEMINARIO IBÉRICO / III SEMINARIO IBEROAMERICANO CTS EN LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS “Ciencia, Tecnología y Sociedad en el futuro de la enseñanza de las ciencias”, 7./3., 2012, Madri. **Anais...** Madrid: Organización de Estados Iberoamericanos - OEI, 2012.

REIS, P.; GALVÃO, C. Controvérsias sócio-científicas e prática pedagógica de jovens professores. **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v. 10, n. 2, p. 131-160, 2005.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com o intuito de compreender como a NdC está sendo ensinada pelos professores nas salas de aula do Ensino Fundamental e do Ensino Médio, no caso do Brasil, e do Ensino Básico e Secundário, seus equivalentes em Portugal, ou quais motivos impedem que este ensino aconteça, foram feitas 13 entrevistas com líderes de grupos de pesquisa brasileiros que possuem linhas de pesquisa relacionadas ao tema, e 7 entrevistas com pesquisadores portugueses que são docentes universitários com experiência na formação de professores e na investigação de questões relacionadas à NdC e ao ensino. Por meio das entrevistas foi possível captar as percepções destes pesquisadores sobre o tema.

As entrevistas foram gravadas em áudio e transcritas. As análises destas transcrições foram orientadas pelos procedimentos da Análise Textual Discursiva de Moraes e Galiazzi (2007), e foram feitas separadamente, de forma independente, para cada um dos contextos de pesquisa, do Brasil e de Portugal. A partir de cada análise foi escrito um artigo, que compôs um capítulo desta tese.

A despeito das distintas realidades econômicas, culturas, sociais, etc., e principalmente do contexto educacional destes países, alguns pontos interessantes podem ser identificados ao se colocar lado a lado os resultados de cada uma das análises.

No que diz respeito à presença da NdC nas salas de aula (se ele está ou não sendo ensinada pelos professores), a resposta encontrada em ambos os contextos é praticamente a mesma: existem casos específicos, raros, em que acontece, mas de forma geral, a NdC não está sendo ensinada pelos professores em suas salas de aula de ciências.

Para os casos (raros e pontuais) que os pesquisadores entrevistados identificaram que houve o ensino da NdC e discorreram sobre as maneiras como os professores abordaram a NdC, novamente semelhanças podem ser percebidas. Em primeiro lugar, por ter sido a mais mencionada em ambos os casos, destaca-se a abordagem da NdC pelo uso da HC ou da HFC, o que não é uma surpresa, tendo em vista que, por um lado, conforme apresentado nos referenciais teóricos, a NdC é derivada, em parte, dos conhecimentos oriundos da HFC, e por outro lado, devido às linhas de pesquisa em que atuam os pesquisadores entrevistados, tanto brasileiros quanto portugueses, estarem mais diretamente relacionadas à HC ou HFC.

Em segundo lugar, também chama-nos a atenção o fato de que, tanto no Brasil quanto em Portugal, nestes casos raros em que os pesquisadores disseram que a NdC era ensinada pelos professores, ao observar as categorias que descrevem como a NdC era

abordada, percebe-se que muitos deles ocorreram em colaboração com a universidade, seja por meio de estagiários de cursos de formação de professores, seja por estudantes de pós-graduação que estavam realizando suas pesquisas, ou alguma outra ação da universidade na escola.

Já no que se refere o cenário mais geral identificado pelos pesquisadores entrevistados, tanto brasileiros quanto portugueses, de que a NdC não é ensinada nas salas de aula de ciência, também foi possível identificar algumas semelhanças nos motivos que as provocam, a despeito das diferenças dos contextos educacionais de Brasil e Portugal.

O primeiro destaque é para a questão das condições de trabalho do professor, que em ambos os países foi destacado pelos pesquisadores entrevistados a sobrecarga de trabalho, a falta de tempo do professor para fazer qualquer coisa que lhe fuja da rotina diária, que exija uma maior dedicação para pesquisa e estudo de materiais para preparação das aulas, falta de tempo essa relacionada às exigências que lhe são impostas pelo currículo e pelo sistema educacional que, aliás, é outro ponto convergente.

Outro aspecto convergente é a interferência do sistema educacional, que interfere e por vezes tem o poder de definir a atuação docente, em função de, por exemplo, seus sistemas de avaliação (tanto de desempenho docente e quanto de aprendizado dos alunos) que acabam indiretamente exigindo dos professores o cumprimento de um currículo que já é muito extenso, dando pouca margem de tempo para atividades diferenciadas e discussões sobre NdC, visto que ela não ser um conteúdo cobrado nas avaliações.

Os materiais disponíveis para os professores também foram alvo de críticas pelos pesquisadores entrevistados em ambos os países, tanto sobre a baixa qualidade destes materiais no que diz respeito às concepções de NdC que apresentam, no caso dos materiais disponíveis e de fácil acesso pelos professores, quanto pela dificuldade de encontrar bons materiais já prontos (resumidos e interpretados) para os professores usarem, sendo que os que são encontrados são (para esses professores, de difícil interpretação e de difícil uso em sala de aula.

A formação docente é outra dificuldade mencionada tanto no Brasil quanto em Portugal e que também possui semelhanças nas críticas que foram apresentadas. A primeira crítica é que somente há pouco tempo existem (e há casos em que ainda não existe) disciplinas específicas para discutir HFC na formação, assim, muitos dos professores que atuam nos níveis de ensino já mencionados não tiveram formação para trabalhar com estes temas. Em segundo lugar, porque mesmo os cursos de formação que já trazem estas

discussões, trazem de forma muito superficial, devido à pouca carga horária destinada a isso, ficando muitas vezes no âmbito teórico e introdutório, e sem conseguir fazer discussões mais aprofundadas e sem conseguir promover reflexões sobre como tais assuntos poderiam ser levados às salas de aula. Desta forma, sem ter aprofundado o tema, muito menos ter visto exemplos de como ele pode ser ensinado aos alunos, entende-se que mesmo os professores que tiveram alguma pouca HFC na formação, terão dificuldade em discuti-la com seus alunos.

Ainda com relação à formação, também se destacou o fato de que, em ambos os países, a concepção de NdC transmitida e reforçada tanto pela forma como as disciplinas são organizadas como pela forma como os professores formadores as ensinam, geralmente tende para uma visão muito positivista e empirista. Aliás, estas concepções inadequadas/ingênuas, conforme disseram os entrevistados, são a forma como muitos professores formadores concebem a ciência.

Outra dificuldade destacada pelos entrevistados, tanto brasileiros quanto portugueses, é a limitação das universidades no que concerne sua colaboração com as escolas: falta aproximação, falta mais participação. Nos momentos em que existe algum projeto, alguma pesquisa, alguém da universidade na escola, uma atuação conjunta permite abordagens diferenciadas e a discussão da NdC, ao passo que quando esta colaboração é findada, quando a pesquisa termina, quando o projeto é encerrado, os professores da escola voltam às suas rotinas, voltam a ceder às pressões que recebe, e volta a ter dificuldades em trabalhar a NdC.

É interessante, por fim, ressaltar a relação que as categorias identificadas como dificuldades, tanto no Brasil quanto em Portugal, possuem entre si. As condições de trabalho que são consequência das exigências do sistema educacional. O professor que não tem tempo para cumprir tudo que o currículo (por meio do sistema educacional) exige, quanto mais ensinar algo que o próprio currículo considera como secundário, como é o caso da NdC. Os materiais didáticos, quando de boa qualidade no que se refere à NdC, são de difícil acesso, e os mais acessíveis, em grande parte de má qualidade, são assim por influência daquilo que o currículo prioriza. A formação de professores, por não ter provido o professor de conhecimentos sobre a NdC e sobre como ensiná-la, ou por não ter discutido isso tudo com a profundidade que deveria, deixa os professores sem condições de levar isso às suas aulas e, mesmo se eles tivessem sido formados adequadamente, devido às suas condições de trabalho, não teriam condições de abordar a NdC tanto quanto poderiam, a não ser em casos pontuais.

Todas as estas semelhanças sobre como ensino da NdC ocorre ou das causas que implicam sua não ocorrência, nos levam a crer que, apesar das diferenças que existem entre o contexto educacional brasileiro e português, existe algo em comum que pode de alguma forma estar influenciando em ambos os países. Talvez, e aqui entramos no campo das hipóteses, isso possa ter algo a ver com a situação político-econômica de ambos os países, que passaram ou estão passando por momentos de crise econômica e medidas de austeridade. Ou então, pode ser que existam interesses maiores que exerçam pressão sobre os políticos que têm poder sobre os gestores dos sistemas educacionais. A este respeito, especificamente, há uma expressão em especial que nos chamou a atenção: cientificismo. Esta expressão, que foi mencionada por P03 e por B12, é uma forma de pensamento que considera a ciência superior a qualquer ou tipo de conhecimento, e que no caso do contexto em que foi mencionada por estes pesquisadores, se refere à ênfase na questão da aplicabilidade do conhecimento científico como forma de justificar a prioridade a determinados conteúdos e práticas no ensino de ciências: aquilo que é útil, que é aplicável, que é produtivo no sentido econômico e comercial, deve ser mais valorizado.

Ainda que seja um ponto interessante a ser discutido, não vem ao caso, para este trabalho, buscar compreender as causas para os resultados semelhantes encontrados nos dois diferentes contextos da pesquisa. No entanto, esse é um bom ponto de partida para pesquisas futuras.

REFERÊNCIAS

- ABD-EL-KHALICK, F.; LEDERMAN, N. G. Improving science teachers' conceptions of nature of science: a critical review of literature. **International Journal of Science Education**, Londres, v. 22, n. 7, p. 665-701, 2000.
- BLOOR, D. **Conhecimento e imaginário social**. São Paulo: Ed. UNESP, 2009.
- BRUSH, S. Should the History of Science be Rated X? **Science**, Londres, v. 183, n. 4130, p. 1164-1172, 1974.
- CRISTO, A. H. **De quantos professores precisam as escolas?**. 2017. Disponível em: <<http://observador.pt/especiais/de-quantos-professores-precisam-as-escolas/>>. Acesso em: 22/11/2017.
- DIÁRIO DE NOTÍCIAS. **População portuguesa diminui pelo oitavo ano consecutivo**. 2017. Disponível em: <<https://www.dn.pt/sociedade/interior/populacao-portuguesa-diminui-pelo-oitavo-ano-consecutivo---ine-6248745.html>>. Acesso em: 08/02/2017.
- DRIVER, R.; LEARCH, J.; MILLAR, R.; SCOTT, P. **Young People's Images of Science**. Buckingham: Open University Press, 1996.
- GUERRA DE MENTIRA. **Wikipedia**: a enciclopédia livre. 2017. Disponível em: <https://pt.wikipedia.org/wiki/Guerra_de_Mentira>. Acesso em: 11/01/2018.
- KUHN, T. S. **A estrutura das revoluções científicas**. 9. ed., 1. reimpr. São Paulo: Perspectiva, 2009.
- LATOUR, B. **A esperança de pandora**: ensaios sobre a realidade dos estudos científicos. Bauru: EDUSC, 2001.
- LATOUR, B. **Ciência em ação**: como seguir cientistas e engenheiros sociedade afora. São Paulo: Ed. UNESP, 2000.
- LAUDAN, L. **O progresso e seus problemas**: rumo a uma teoria do crescimento científico. 1. ed. traduzida. São Paulo: Ed. UNESP, 2011.
- LEDERMAN, N. G.; ABD-EL-KHALICK, F.; BELL, R. L.; SCHWARTZ, R. S. Views of Nature of Science questionnaire: towards valid and meaningful assessment of learners' conceptions of the Nature of Science. **Journal of Research in Science Teaching**, [S. l.], v. 39, n. 6, p. 497-521, 2002.
- LEDERMAN, N. G. Nature of science: Past, present, and future. In: ABELL, S. K.; LEDERMAN, N. G. (Ed.). **Handbook of Research on Science Education**. London: Lawrence Erlbaum Associates, 2007. p. 831-879.

MASSONI, N. T. **A Epistemologia contemporânea e suas contribuições em diferentes níveis de Ensino de Física**: a questão da mudança epistemológica. 2010. Tese (Doutorado em Física) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

MATTHEWS, M. R. História, filosofia e ensino das ciências: a tendência atual de reaproximação. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 12, n. 3, p. 164-214, 1995.

MATTHEWS, M. R. Changing the Focus: From Nature of Science (NOS) to Features of Science (FOS). In: KHINE, M. S. (Ed.). **Advances in Nature of Science Research**. Dordrecht: Springer Netherlands, 2012. p. 3-26.

MATTHEWS, M. R. (ed.). **Science teaching**: the contribution of history and philosophy of science, 20th anniversary revised and expanded edition. 2. ed. New York: Routledge, 2015.

MCCOMAS, W. F.; CLOUGH, M. P.; 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**. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1998. p. 3-40.

MCCOMAS, W. F. The principal elements of the nature of science. In: _____. (ed.). **The Nature of Science in Science Education: Rationales and Strategies**. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1998. p. 53-71.

MCCOMAS, W. F. Seeking historical examples to illustrate key aspects of the nature of science. **Science & Education**, [S. l], v. 17, n. 2-3, p. 249-263, 2008.

MORAES, R.; GALIAZZI, M. C. **Análise textual discursiva**. Ijuí: Ed. Unijuí, 2007.

MOTA, G. P. R.; GONTIJO, G. B.; OLIVEIRA, J. R. S. Atividades didáticas para abordagem da Natureza da Ciência em sala de aula: uma revisão. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 10., 2015, Águas de Lindoia. **Anais...** Belo Horizonte: ABRAPEC, 2015.

PORTAL BRASIL. **População brasileira passa de 207,7 milhões em 2017**. 2017.

Disponível em: <<http://www.brasil.gov.br/cidadania-e-justica/2017/08/populacao-brasileira-passa-de-207-7-milhoes-em-2017>>. Acesso em: 08/02/2017.

RAMOS, F.; FÉLIX, P.; PERDIGÃO, R. **Organização escolar**: as turmas. Lisboa: Conselho Nacional de Educação. 2016. Disponível em:

<http://www.cnedu.pt/content/noticias/CNE/estudo_organizacao_escolar-as_turmas_versao_final.pdf>. Acesso em: 22/11/2017.

REVISTA EDUCAÇÃO. **Salas cheias: levantamento revela proporção aluno-professor muito distante do ideal**. 2015. Disponível em: <<http://www.revistaeducacao.com.br/salas-cheias-levantamento-revela-proporcao-aluno-professor-muito-distante-da-ideal/>>. Acesso em: 22/11/2017.

SALDAÑA, P. **Quase 50% dos professores não têm formação na matéria que ensinam.** 2017. Disponível em: < <http://www1.folha.uol.com.br/educacao/2017/01/1852259-quase-50-dos-professores-nao-tem-formacao-na-materia-que-ensinam.shtml>>. Acesso em: 22/11/2017.

THOMAS, R. A.; WEST, R. E.; RICH, P. Benefits, challenges, and perceptions of the multiple article dissertation format in instructional technology. **Australasian Journal of Educational Technology**, Tugun, v. 32, n. 2, p. 82-98, 2016. Disponível em: <<https://doi.org/10.14742/ajet.2573>>. Acessado em 08/02/2018.

VILAS BOAS, A. **A Natureza da Ciência no Ensino de Ciências conforme artigos publicados em periódicos nacionais e o seu ensino por meio de narrativas históricas.** 2012. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Educação Matemática) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina.

VILAS BOAS, A.; SILVA, M. R.; PASSOS, M. M.; ARRUDA, S. M. História da Ciência e Natureza da Ciência: debates e consensos. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 30, n. 2, p. 287-322, 2013.

VITAL, A.; GUERRA, A. A Natureza da Ciência no Ensino de Física: estratégias didáticas elaboradas por professores egressos do mestrado profissional. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 31, n. 2, p. 225-257, 2014.