

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO  
FACULDADE DE EDUCAÇÃO

FÁBIO MARINELI

**A REALIDADE DAS ENTIDADES CIENTÍFICAS E A FORMAÇÃO DE  
PROFESSORES DE FÍSICA: UMA ANÁLISE SOCIOCULTURAL**

SÃO PAULO

2016



FÁBIO MARINELI

**A REALIDADE DAS ENTIDADES CIENTÍFICAS E A FORMAÇÃO DE  
PROFESSORES DE FÍSICA: UMA ANÁLISE SOCIOCULTURAL**

Tese apresentada à Faculdade de  
Educação da Universidade de São Paulo  
como requisito para obtenção do título de  
Doutor em Educação

Área de Concentração: Ensino de Ciências  
e Matemática

Orientador: Prof. Dr. Maurício Pietrocola

SÃO PAULO

2016

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

Catálogo na Publicação  
Serviço de Biblioteca e Documentação  
Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo

- 
- 375.21 Marineli, Fábio  
M338r A realidade das entidades científicas e a formação de professores de física: uma análise sociocultural / Fábio Marineli; orientação Maurício Pietrocola. São Paulo: s. n., 2016.  
329 p.; tabs.; apêndices
- Tese (Doutorado – Programa de Pós-Graduação em Educação. Área de Concentração: Ensino de Ciências e Matemática - - Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo.
1. Física – Ensino 2. Natureza da ciência 3. Cultura 4. Realidade 5. Entidades científicas 6. Formação de professores I. Pietrocola, Maurício, orient.
-

Fábio Marineli

*A Realidade das Entidades Científicas e a Formação de Professores de Física:  
uma análise sociocultural*

Tese de doutorado apresentada à Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo como requisito para obtenção do título de Doutor em Educação.

Área de Concentração: Ensino de Ciências e Matemática.

Aprovada em: \_\_\_\_ / \_\_\_\_ / \_\_\_\_

Banca Examinadora

---

Prof. Dr. Maurício Pietrocola (FEUSP)  
Orientador – Membro Titular

---

Prof. Dr. Osvaldo Frota Pessoa Junior  
(FFLCH-USP) – Membro Titular

---

Prof. Dr. Ivã Gurgel (IFUSP)  
Membro Titular

---

Profa. Dra. Flavia Rezende Valle dos Santos  
(UFRJ) – Membro Titular

---

Prof. Dr. José Francisco Custódio Filho (UFSC)  
Membro Titular

---

Prof. Dr. Elio Carlos Ricardo (FEUSP)  
Membro Suplente

---

Prof. Dr. Nílson José Machado (FEUSP)  
Membro Suplente

---

Prof. Dr. Manoel Roberto Robilotta (IFUSP)  
Membro Suplente

---

Profa. Dra. Jesuína Lopes de Almeida Pacca  
(IFUSP) – Membro Suplente

---

Prof. Dr. Jenner Barretto Bastos Filho (UFAL)  
Membro Suplente



## AGRADECIMENTOS

O processo de composição de uma tese, apesar de ser um trabalho individual na maior parte do tempo, só é possível graças a inúmeros auxílios e colaborações. Nesse sentido, é também um trabalho partilhado com muitas pessoas que, de uma forma ou de outra, acabam trazendo importantes contribuições. Assim, é necessário agradecê-las.

Em primeiro lugar, agradeço ao professor Maurício Pietrocola pela orientação e apoio intelectual no decorrer deste trabalho. Sou grato pelas conversas, pelas inúmeras ideias e pela ajuda na condução do terceiro estudo da tese. Além disso, sou grato também pela amizade e pelo apoio nas questões que estavam fora do âmbito acadêmico, inclusive por ouvir algumas das minhas lamentações de vez em quando. Guardarei com muito apreço esse período de convivência, com muitas boas lembranças, especialmente do período em Nova Iorque.

Ao professor Kenneth Tobin agradeço a generosidade com que me recebeu em seu grupo de estudantes durante meu estágio doutoral na *The City University of New York* (CUNY) e também pelas ideias que acabaram sendo muito importantes para o desenvolvimento desta tese. Thank you, Ken!

Sou grato ao pessoal do *Research Squaad* da CUNY por terem me acolhido como um dos seus.

Agradeço aos colegas do LaPEF com os quais convivi nesses anos do doutorado. Obrigado pelas conversas, pelas discussões nas reuniões de grupo e por estarem disponíveis para ajudar. Agradeço especialmente ao Tiago Bodê pelo auxílio em alguns momentos de aperto durante a condução do terceiro estudo.

À Anne Scarinci e ao Ivã Gurgel, sou grato por terem aplicado o questionário do primeiro estudo.

Agradeço aos estudantes que responderam ao questionário que compõe o primeiro estudo, bem como àqueles que responderam ao heurístico e gentilmente permitiram que fossem filmados nas discussões decorrentes. A todos o meu muito obrigado. Em especial aos que aceitaram, ainda, participar de uma entrevista.

Sou bastante grato à professora Flavia Rezende e ao professor Osvaldo Pessoa Junior pela leitura do trabalho em uma fase intermediária e pelas contribuições no exame de qualificação.

À Universidade Federal de Goiás (UFG), agradeço a licença concedida para eu cursar o doutorado, o que permitiu que eu pudesse desenvolver este trabalho sem as preocupações e encargos das atividades regulares de um docente.

Aos meus pais agradeço por terem me recebido novamente por esses três anos e meio, o que ajudou muito no desenvolvimento deste trabalho. Muito obrigado pelo acolhimento e pela compreensão.

Sou grato aos meus irmãos: Felipe, por estar sempre disponível a ajudar, principalmente em algumas traduções; Fernando, pelo auxílio na revisão final da tese.

Agradeço à Joyce, minha principal interlocutora na vida, que divide comigo as vitórias, as derrotas, os momentos bons, os momentos difíceis. Obrigado pelo auxílio em traduções, pela leitura e revisão de partes do trabalho, pela ajuda na busca por materiais, por procurar oferecer um ambiente propício para eu trabalhar, entre inúmeras outras coisas. E obrigado, principalmente, pela compreensão e por acreditar em mim. Sei que para você em muitos momentos não foi fácil, mas sou extremamente grato por você ter partilhado comigo essa jornada.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Goiás (FAPEG), agradeço pelos 26 meses de bolsa.

## RESUMO

MARINELLI, F. **A Realidade das Entidades Científicas e a Formação de Professores de Física: uma análise sociocultural**. 2016. Tese (Doutorado). Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2016.

O objetivo da presente tese é realizar uma abordagem acerca da realidade das entidades científicas no contexto da formação de professores de física. A literatura em ensino de ciências destaca a importância do entendimento de aspectos da natureza da ciência por professores. Dentre esses aspectos, exploramos a questão da realidade das entidades inobserváveis descritas pelas teorias científicas, tratando sobretudo de critérios utilizados para a caracterização dessa realidade por licenciandos, bem como possíveis influências na constituição desses critérios. Consideramos que um professor de física, durante sua atuação profissional, precisará lidar com a questão da realidade de entidades não acessíveis aos sentidos, tendo talvez de explicar em que se baseia uma proposição sobre sua existência. No desenvolvimento do presente trabalho, trouxemos alguns elementos de uma discussão que se dá no âmbito filosófico a respeito do realismo científico e também abordamos formulações teóricas que tratam da questão da realidade em perspectivas que se referem ao campo cotidiano e ao senso comum. Como referencial mais geral, utilizamos uma abordagem sobre cultura, que aponta para a influência de diversas estruturas culturais nas formas de entendimento do mundo e permite conceber a ciência como uma dessas estruturas. Entre outras coisas, a aprendizagem da ciência envolveria a compreensão de suas formas específicas de atribuir realidade, em contraposição às formas de outras estruturas culturais. Foram desenvolvidos três estudos, com análises fundamentadas em metodologias qualitativas. No primeiro, investigamos critérios usados por licenciandos em física para definir a realidade de entidades da ciência e de entes relacionados a outros domínios; no segundo, analisamos formas pelas quais certas entidades científicas são caracterizadas e tomadas como reais em uma coleção de livros didáticos de física do ensino superior; e, por fim, o terceiro consistiu na construção e utilização de um heurístico, com o objetivo de proporcionar reflexões acerca de questões relacionadas ao conhecimento científico e a elementos de outras estruturas culturais e foram analisadas as entrevistas de quatro estudantes de licenciatura sobre o uso desse instrumento. Os resultados obtidos parecem mostrar que há influência de elementos vindos de fora da ciência nos critérios utilizados por estudantes para a definição da realidade das entidades. Além disso, mostram que esse tema não é comumente trazido à reflexão dos alunos, o que não contribui para a reelaboração dos critérios de realidade já trazidos por eles de outros campos que não o científico. O heurístico utilizado no terceiro estudo serviu para trazer à tona as bases do pensamento dos estudantes e lhes indicar certos elementos para reflexão; existiram diferenças nos tipos de reflexão suscitados pelo instrumento, o que consideramos ser uma espécie de “contextualização cultural” na maneira de compreender as questões trazidas por ele. O desenvolvimento dos três estudos nos permitiu compreender alguns aspectos relevantes sobre os modos de entendimento das entidades da ciência e pensar sobre suas formas de tratamento em um curso de física.

**Palavras-chave:** Ensino de física. Natureza da ciência. Cultura. Realidade. Entidades científicas. Formação de professores.

## ABSTRACT

MARINELI, F. **The Reality of the Scientific Entities and Teacher Education in Physics: a sociocultural analysis.** 2016. Faculty of Education, University of Sao Paulo, Sao Paulo, 2016.

The goal of this thesis is to approach the problem of reality of scientific entities within the education of physics teachers. The literature in the field of Science Education highlights the relevance of the teachers' understanding of aspects of the nature of science. Among these aspects, we explore the problem of the reality of non-observable entities described by scientific theories. We particularly address criteria used for characterizing such reality by undergraduate physics students as well as possible influences on the constitution of such criteria. We consider that a physics teacher, throughout the teacher's professional career, will have to address the problem of reality of entities that are not perceivable through the senses, which leads to the possibility that the teacher may have to explain the basis of the proposition of the existence of such entities. During the development of this research, we have brought some elements of a discussion within the philosophical sphere about scientific realism as well as theoretical elaborations that address the matter of reality in everyday use and common sense. As a general reference, we utilize an approach of culture that points out the influence of several cultural structures in the understanding of the world and allows conceiving science as one of these structures. Among other things, learning science would involve comprehending its specific ways of assigning reality as opposed to the ways of other cultural structures. We have conducted three studies whose analysis is based on qualitative methods. In the first study, we investigate which criteria pre-service physics teachers use for defining the reality of scientific entities and of entities related to other spheres. In the second study, we analyze ways in which certain scientific entities are characterized and taken as real in a collection of didactic books of physics for higher education. The third study, at last, consists of the construction and use of a heuristic, which aims to induce reflections about matters related to scientific knowledge and to elements of other cultural structures, and of the analysis of interviews with four pre-service physics teachers about the use of this instrument. The results obtained seem to show that there is an influence of elements from outside the scientific field on the criteria used by students to define the reality of entities. Furthermore, they reveal that this issue is not commonly addressed to students, which does not contribute to the re-elaboration of such reality criteria that are brought by them from other fields apart from the scientific field. The heuristic used in the third study has revealed the basis of the students' thoughts as well as served to give them certain reflection elements; there were differences in the types of reflection aroused by the instrument, which we consider a sort of "cultural contextualization" in the way of understanding the problems that it points out. The development of the three studies has allowed us to perceive some relevant aspects of the way of understanding scientific entities and to consider means to approach them within an undergraduate course of physics.

**Keywords:** Physics education. Nature of Science. Culture. Reality. Scientific entities. Teacher education.

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Escala de intensidades de realidade utilizada no questionário .....	124
Quadro 2 – Entes e entidades utilizados no questionário .....	124
Quadro 3 – Percentuais das justificativas classificadas em cada categoria.....	128
Quadro 4 – Justificativas classificadas em cada categoria para entidades da ciência assinaladas com intensidade “1 e 2” ou “4 e 5”, em números absolutos.....	131
Quadro 5 – Percentuais das justificativas classificadas em cada categoria para entidades da ciência assinaladas com intensidade 4 ou 5, total e algumas inobserváveis.....	132
Quadro 6 – Projeto editorial dos capítulos do Halliday .....	144
Quadro 7 – Trechos que mencionam as palavras fóton ou fótons, categorizados.....	148
Quadro 8 – Trechos que mencionam as palavras quark ou quarks, categorizados .....	148
Quadro 9 – Trechos que mencionam as palavras elétron ou elétrons, categorizados .....	149
Quadro 10 – Número de trechos que mencionam a palavra fóton ou fótons, categorizados .....	151
Quadro 11 – Número de trechos que mencionam as palavras quark ou quarks, categorizados .....	151
Quadro 12 – Número de trechos que mencionam as palavras elétron ou elétrons, categorizados .....	152
Quadro 13 – Escala de concordâncias utilizada no heurístico.....	183
Quadro 14 – Respostas ao heurístico dadas pelo estudante 1.....	195
Quadro 15 – Trechos da entrevista do estudante 1, relacionados ao bloco “processo de responder ao heurístico” .....	196
Quadro 16 – Trecho da entrevista do estudante 1, relacionado ao bloco “incentivador de novas reflexões e estudos”.....	198
Quadro 17 – Trechos da entrevista do estudante 1, relacionados ao bloco “reflexões no passado”.....	199
Quadro 18 – Trechos da entrevista do estudante 1, relacionados ao bloco “ideias e concepções apresentadas pelo estudante”.....	200
Quadro 19 – Respostas ao heurístico dadas pela estudante 2.....	212
Quadro 20 – Trechos da entrevista da estudante 2, relacionados ao bloco “processo de responder ao heurístico” .....	213
Quadro 21 – Trecho da entrevista da estudante 2, relacionado ao bloco “incentivador de novas reflexões e estudos”.....	216
Quadro 22 – Trechos da entrevista da estudante 2, relacionados ao bloco “reflexões no passado” .....	216

Quadro 23 – Trechos da entrevista da estudante 2, relacionados ao bloco “ideias e concepções apresentadas pelo estudante” .....	217
Quadro 24 – Respostas ao heurístico dadas pela estudante 3 .....	228
Quadro 25 – Trechos da entrevista da estudante 3, relacionados ao bloco “processo de responder ao heurístico” .....	229
Quadro 26 – Trecho da entrevista da estudante 3, relacionado ao bloco “incentivador de novas reflexões e estudos” .....	231
Quadro 27 – Trecho da entrevista da estudante 3, relacionado ao bloco “reflexões no passado” .....	231
Quadro 28 – Trechos da entrevista da estudante 3, relacionados ao bloco “ideias e concepções apresentadas pelo estudante” .....	233
Quadro 29 – Respostas ao heurístico dadas pela estudante 4 .....	243
Quadro 30 – Trechos da entrevista da estudante 4, relacionados ao bloco “processo de responder ao heurístico” .....	244
Quadro 31 – Trecho da entrevista da estudante 4, relacionado ao bloco “incentivador de novas reflexões e estudos” .....	246
Quadro 32 – Trechos da entrevista da estudante 4, relacionado ao bloco “reflexões no passado” .....	246
Quadro 33 – Trechos da entrevista da estudante 4, relacionados ao bloco “ideias e concepções apresentadas pelo estudante” .....	247
Quadro 34 – Intensidade de realidade atribuída para os itens do cotidiano, em valores percentuais.....	298
Quadro 35 – Intensidade de realidade atribuída para os itens do contexto religioso, em valores percentuais .....	298
Quadro 36 – Intensidade de realidade atribuída para os itens da ciência, em valores percentuais.....	299
Quadro 37 – Intensidade de realidade atribuída para os itens do cotidiano, em valores absolutos.....	300
Quadro 38 – Intensidade de realidade atribuída para os itens do contexto religioso, em valores absolutos .....	300
Quadro 39 – Intensidade de realidade atribuída para os itens da ciência, em valores absolutos.....	301
Quadro 40 – Quantidades de justificativas classificadas em cada categoria, separadas por itens do questionário, contexto cotidiano .....	304
Quadro 41 – Quantidades de justificativas classificadas em cada categoria, separadas por itens do questionário, contexto religioso .....	305
Quadro 42 – Quantidades de justificativas classificadas em cada categoria, separadas por itens do questionário, contexto científico.....	306

Quadro 43 – Quantidade de respostas para cada intensidade de realidade separadas pela categoria da justificativa correspondente à resposta, contexto cotidiano, em valores absolutos .....	308
Quadro 44 – Quantidade de respostas para cada intensidade de realidade separadas pela categoria da justificativa correspondente à resposta, contexto religioso, em valores absolutos .....	308
Quadro 45 – Quantidade de respostas para cada intensidade de realidade separadas pela categoria da justificativa correspondente à resposta, contexto científico, em valores absolutos .....	309
Quadro 46 – Quantidade de respostas para conjuntos de intensidades de realidade, separadas pela categoria da justificativa correspondente à resposta, para alguns itens da ciência, em valores absolutos e percentuais .....	309

## LISTA DE ABREVIATURAS

AC – Alfabetização Científica

CAQDAS – *Computer Assisted Qualitative Data Analysis Software* (Softwares de Apoio a Análise de Dados Qualitativos)

CFS – Campo Finito de Significação

CTS – Ciência, Tecnologia e Sociedade

CUNY – *The City University of New York*

FEUSP – Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo

GRAF – Grupo de Reelaboração do Ensino de Física

HP – Hermenêutica de Profundidade

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IFUSP – Instituto de Física da Universidade de São Paulo

LaPEF – Laboratório de Pesquisas e Ensino de Física

LC – Letramento Científico

LHC – *Large Hadron Collider* (Grande Colisor de Hádrons)

MEC – Ministério da Educação

NOA – *Natural Ontological Attitude* (Atitude Ontológica Natural)

PEF – Projeto de Ensino de Física

PSSC – *Physical Science Study Committee*

USP – Universidade de São Paulo

## SUMÁRIO

<b>APRESENTAÇÃO</b> .....	<b>19</b>
<b>1 – INTRODUÇÃO</b> .....	<b>25</b>
1.1 – Alguns delineamentos da área de ensino de ciências e a formação de professores	28
1.1.1 – Um caminhar histórico .....	30
1.1.2 – Períodos mais recentes .....	41
1.1.3 – Focalizando a discussão .....	43
1.2 - Aspectos da natureza da ciência no ensino de ciências.....	44
1.3 – O realismo e a dimensão ontológica do conhecimento científico no ensino de ciências .....	52
1.4 – Especificando nossas questões de trabalho .....	60
<b>2 – O PROBLEMA DA REALIDADE NA CIÊNCIA: ELEMENTOS GERAIS DE UMA DISCUSSÃO SOBRE REALISMO CIENTÍFICO</b> .....	<b>63</b>
2.1 – Realismo e antirrealismo .....	63
2.2 – Alguns argumentos usados no debate entre as posições realista e antirrealista .....	66
<b>3 – O MUNDO COTIDIANO EM DISCUSSÃO: SENSO COMUM, REALIDADE “SUPREMA” E CONSCIÊNCIA PRÁTICA</b> .....	<b>71</b>
3.1 – Arthur Fine e a atitude ontológica natural .....	71
3.2 – Abordagens fenomenológicas.....	74
3.3 – A concepção de consciência em Giddens.....	81
<b>4 – A NOÇÃO DE CULTURA</b> .....	<b>87</b>
4.1 – Cultura como uma categoria da vida social.....	88
4.2 – Cultura como diferentes mundos de significação.....	91
4.3 – Estruturas culturais formadas por esquemas e recursos .....	94
4.4 – Mudanças nas estruturas explicadas por meio dos esquemas e recursos .....	96
4.5 – A questão da ciência e do conhecimento científico: a ciência como cultura e a ruptura com o cotidiano.....	102
<b>5 – CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA</b> .....	<b>111</b>
5.1 – Aspectos metodológicos .....	114
5.1.1 – A perspectiva hermenêutica.....	115
5.1.2 – Análise de conteúdo .....	118
5.2 – Cenário dos estudos .....	121
<b>6 – PRIMEIRO ESTUDO: ENTENDIMENTO DA REALIDADE DE ENTES E ENTIDADES</b> .....	<b>123</b>
6.1 – Forma de análise das respostas ao questionário .....	124

6.2 – Resultados da análise do questionário.....	126
6.3 – Discussões e interpretações a respeito dos resultados do questionário.....	133
<b>7 – SEGUNDO ESTUDO: ENTIDADES NO LIVRO DIDÁTICO .....</b>	<b>141</b>
7.1 – Forma de análise do livro .....	145
7.2 – Descrições dos resultados da categorização.....	147
7.3 – Descrições qualitativas.....	153
7.3.1 – O caso do fóton: a necessidade de uma nova ontologia para explicar o já conhecido .....	154
7.3.2 – O caso do quark: o aparecimento de uma nova entidade para uma nova explicação.....	161
7.3.3 – O caso do elétron: uma entidade já conhecida .....	166
7.4 – Discussões e interpretações dos resultados .....	172
7.4.1 – As entidades tratadas como componentes do mundo – critério apresentado para considerá-las reais .....	172
7.4.2 – O caráter rotineiro do tratamento das entidades no livro .....	174
<b>8 – TERCEIRO ESTUDO: REFLEXÃO BASEADA EM UM HEURÍSTICO.....</b>	<b>177</b>
8.1 – A construção do heurístico .....	182
8.2 – Descrição do estudo .....	188
8.3 – Forma de análise.....	192
8.4 – Descrição e análise dos resultados .....	193
8.4.1 – Estudante 1 .....	194
8.4.2 – Estudante 2 .....	211
8.4.3 – Estudante 3 .....	227
8.4.4 – Estudante 4 .....	242
8.5 – Discussão e interpretação dos resultados: o heurístico como mediador de reflexões .....	254
<b>9 – OS TRÊS ESTUDOS .....</b>	<b>263</b>
<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>271</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>277</b>
<b>APÊNDICE 1 – Modelo do questionário e do termo de consentimento utilizado no primeiro estudo.....</b>	<b>287</b>
<b>APÊNDICE 2 – Exemplo de questionário digitado e categorizado utilizando o Atlas.ti.....</b>	<b>291</b>
<b>APÊNDICE 3 – Conjunto de respostas dos estudantes para a intensidade de realidade dos itens do questionário do primeiro estudo .....</b>	<b>297</b>

<b>APÊNDICE 4 – Quantidades de justificativas classificadas em cada categoria, separadas por itens do questionário do primeiro estudo .....</b>	<b>303</b>
<b>APÊNDICE 5 – Quantidade de respostas para cada intensidade de realidade dos itens do questionário do primeiro estudo, separadas pela categoria da justificativa correspondente à resposta .....</b>	<b>307</b>
<b>APÊNDICE 6 – Modelo do Heurístico e dos termos de consentimento utilizados no terceiro estudo.....</b>	<b>311</b>
<b>APÊNDICE 7 – Exemplo de entrevista transcrita (com o estudante 1), utilizada no terceiro estudo.....</b>	<b>317</b>



## APRESENTAÇÃO

A presente tese busca realizar uma investigação sobre a questão da realidade de entidades científicas no contexto da formação de professores de física, tratando sobretudo de critérios utilizados para a caracterização dessa realidade por licenciandos, bem como possíveis influências na conformação desses critérios. Além disso, procura-se estabelecer um instrumento com o objetivo de mediar reflexões de estudantes sobre a realidade do conhecimento científico. Apesar de discussões a respeito da realidade de entidades ser um assunto típico da filosofia da ciência, o presente trabalho não utiliza somente as formulações dessa área, mas também faz uso de outras caracterizações teóricas para discutir formas de entendimento da dimensão ontológica da física. Considera-se que os critérios definidores dessa dimensão são parte essencial do conhecimento científico, sendo fundamentais para o entendimento das formas pelas quais a ciência caracteriza o mundo.

A escolha pela abordagem dessa temática vem, em grande parte, de uma indagação pessoal, iniciada nos tempos da minha graduação em licenciatura em física, que diz respeito à realidade do conhecimento científico e de como ele se relaciona com o mundo.

Durante a graduação na USP, sobretudo em seu início, a impressão que eu tinha nas aulas de física era de que os conteúdos eram considerados uma espécie de imagem perfeita da realidade, tanto pelos professores quanto pelos livros. Dessa forma, as teorias, entidades, leis e fenômenos estudados, sob o argumento de estarem de acordo com o comportamento do mundo – o que era determinado por meio de experimentos –, seriam a sua expressão verdadeira. Apesar de esse argumento valorizar a área de conhecimento que eu havia escolhido como profissão, com o tempo começou a me surgir um certo incômodo com essa forma de entender a física, mesmo sem haver uma identificação clara da razão de tal incômodo.

Os conhecimentos científicos atuais não são necessariamente os mesmos do passado, ou seja, parte dos conhecimentos que já foram considerados como verdadeiros deixaram de sê-lo. As teorias científicas do passado não eram também uma imagem do mundo? Se sim, por que mudaram? Ou só o conhecimento científico atual teria esse *status*? Esses eram alguns dos questionamentos que eu fazia e, mesmo carregando-os, seguia de forma pragmática pelas disciplinas do curso, aprendendo a resolver as questões e problemas de física formulados pelos livros e pelos professores. Mas seguir dessa forma não acabava com o incômodo de fundo que surgia, principalmente, quando eu pensava a ciência de forma mais geral.

Recordo-me que foi no terceiro semestre do curso de licenciatura em física, em uma disciplina optativa, que ouvi pela primeira vez a expressão “modelo” referindo-se a uma construção teórica que caracterizava algum aspecto do mundo (pelo menos foi a primeira vez que aquilo me chamou atenção). Ou seja, foi a primeira vez em que vi a ciência sendo tratada não como uma imagem da realidade, mas como uma construção que busca caracterizar o mundo da melhor forma possível. A ênfase na questão dos modelos era algo necessário devido ao teor de alguns dos conteúdos tratados na disciplina, que não eram tão estabelecidos quanto os conhecimentos tradicionais de física, mas nem por isso aquilo deixou de ser marcante para mim.

Pensar nos conhecimentos científicos como construções que buscam caracterizar o mundo foi algo que apaziguou alguns dos meus desconfortos. Mas talvez tenha sido uma porta que me levou a outro extremo: considerar o conhecimento científico como sendo formado por construções sem relação com uma realidade externa. Afinal de contas, eu pensava, um modelo pode ser trocado por outro e, no limite, não seria possível ter certeza se o que se entende hoje como conhecimento verdadeiro também não seria trocado no futuro. Só que pensar assim igualmente me incomodava.

Essa é uma síntese, elaborada mais de uma década depois, de algumas das minhas angústias durante a graduação. Hoje penso que, pelo menos em parte, as aulas de física contribuíram para isso, já que havia uma forte concepção realista sobre a ciência sem grandes preocupações em se justificar essa posição. Era como se nas aulas estivesse sendo tratada uma realidade evidente, apresentada diretamente por dados experimentais e, mais ainda, que não houvesse outras formas de caracterizar a realidade. Essa postura, por não ter me ensinado a lidar com argumentos que questionavam esse realismo, talvez tenha contribuído em certas ocasiões para que eu aceitasse algumas teses relativistas de modo acrítico.

No final da graduação, quando pensava na monografia de final de curso, o professor Maurício Pietrocola, orientador da presente tese e da referida monografia, vendo meu interesse em questões referentes à realidade do conhecimento científico, indicou-me dois textos, que foram os primeiros que li com uma discussão acerca dessas questões. Os textos foram os de Barra (1998) e de Silva (1998), que abordavam questões a respeito do debate realismo/antirrealismo. Esses textos foram importantes à época e permaneceram como referências utilizadas nesta tese. Posteriormente, segui por outras leituras, algumas indicadas pelo orientador, outras que encontrei por mim mesmo, e com isso foi possível compreender a questão da realidade do conhecimento científico de outra forma. A leitura dos textos

citados foi complexa à época, também me deixaram incomodado e perdido, já que o que eu buscava era encontrar uma “posição correta” frente ao problema do realismo. Buscava por argumentos definitivos, que mostrassem de forma contundente porque uma determinada posição estava certa em detrimento de outras. Com o tempo, percebi que uma discussão filosófica não tem necessariamente um lado certo e outro errado e passei a enxergar de forma mais serena os debates em torno da questão da realidade das teorias ou entidades científicas.

Apesar de esta apresentação ter um teor pessoal, todo esse processo me fez pensar que a questão também poderia ser importante para todos os que aprendem, ensinam ou pensam sobre a física. Importante, portanto, para professores, que lidarão com o pensamento de outros. Não que o estudo da física leve necessariamente às mesmas preocupações e indagações que eu tive no meu processo formativo, mas considero que a questão da realidade da ciência se mostra importante ao considerarmos uma educação científica que não se restrinja à apresentação e operacionalização dos conceitos científicos, mas valorize também reflexões sobre temas mais amplos, como, por exemplo, aquelas em torno de questões referentes à natureza da ciência. Procurei esclarecer esse entendimento no Capítulo 1 desta tese.

Falando em natureza da ciência, dos inúmeros trabalhos em educação científica que tratam do assunto, poucos dão destaque a questões relativas ao realismo ou mesmo à realidade de entidades científicas. Apesar de ser um tema bastante importante na filosofia, na literatura em ensino de ciências ele parece ser secundário frente a outros que vêm sendo tratados de forma mais proeminente nas últimas décadas. Nesse contexto, desenvolver um trabalho que aborda essa temática pareceu particularmente relevante.

No entanto, a questão da realidade não se resume às discussões da filosofia da ciência. É preciso considerar que, saindo da perspectiva puramente científica ou filosófica, essa questão ganha outras conotações. A concepção da ciência sobre o mundo não é a única e, aliás, nem é a que sobressai na vida das pessoas em geral. Aquilo que vem do cotidiano tem um papel preponderante sobre nossas formas de caracterizar a realidade. E talvez estivesse aí um elemento que suscitava alguns dos incômodos que tive com o conhecimento científico durante a graduação, tendo em vista que ele não tem a mesma perspectiva sobre a realidade que se tem no cotidiano. Voltando às minhas primeiras impressões, era como se nas aulas de física eu estivesse vendo uma forma tipicamente cotidiana de conceber a realidade aplicada à ciência.

Tomar as coisas como reais de forma imediata e o conhecimento como reflexo direto do mundo, pode servir bem para aspectos do dia a dia, mas não para conceituar a

realidade do conhecimento científico. Nossas epistemologias e ontologias diretas não são suficientes para caracterizar o conhecimento científico e, portanto, as questões referentes às relações entre as diferentes formas de abordar o mundo são tão importantes quanto a aprendizagem das fórmulas e equações que tanto destaque recebem nas aulas de física.

Todo o relato posto aqui teve o intuito de indicar a origem de algumas das minhas motivações pessoais e acadêmicas para desenvolver um trabalho que trata de questões acerca da realidade na perspectiva científica. Uma justificativa mais elaborada da pertinência de um estudo sobre esse tema será apresentada no Capítulo 1.

Não há dúvida que as discussões acerca da realidade são complexas, com inúmeras abordagens possíveis, e neste trabalho foram feitas algumas escolhas para o tratamento da questão. Assim, foi considerada pertinente a adoção de um referencial que teoriza sobre as influências nas formas de entender o mundo e agir sobre ele. O referencial utilizado versa sobre cultura, considerando que nas diversas formas de entender e agir há influência das estruturas culturais em que o indivíduo está imerso e, ainda, que isso se dá por meio de mais de uma estrutura de forma concomitante (SEWELL, 2005). Com o emprego de uma noção pluralista de cultura também foi possível conceber a própria ciência como uma estrutura cultural que interage com outras estruturas. A adoção desse referencial surgiu por meio do contato com o Prof. Kenneth Tobin da *The City University of New York (CUNY)*. Durante o primeiro semestre de 2014 realizei um estágio doutoral naquela universidade.

Com isso posto, é possível formular melhor o que se busca com o presente trabalho. O foco de interesse está nas relações entre a cultura científica e as demais, especialmente na investigação das formas pelas quais estudantes de licenciatura em física entendem e se apropriam de elementos da ontologia da ciência, considerados aqui como parte da cultura científica. Além disso, buscou-se estabelecer formas de ação e instrumentos que favorecessem reflexões acerca desses elementos, principalmente sobre as entidades inobserváveis utilizadas pela física. Considera-se que essas entidades somente ganham significado à medida que haja uma imersão na cultura da ciência e nas suas formas de caracterizar o mundo. No entanto, essas formas estão relacionadas a (e podem sofrer interferência de) outros sistemas culturais, já que na vida dos indivíduos não existem fronteiras claras entre esses sistemas, tendo em vista que as pessoas estão imersas em várias estruturas culturais que se sobrepõem.

Feitas essas considerações, apresento a seguir a estrutura utilizada nesta tese.

O primeiro capítulo é uma introdução às questões de trabalho, com alguns delineamentos sobre a área de ensino de ciências e a formação de professores, bem como sobre aspectos da natureza da ciência nesta área, tratando em especial da questão do realismo e da dimensão ontológica do conhecimento científico no ensino.

No segundo capítulo foi feita uma caracterização sucinta sobre a realidade das entidades científicas na perspectiva filosófica, utilizando elementos das discussões sobre o realismo científico.

No terceiro capítulo, as formas de pensar do cotidiano foram trazidas para a discussão, considerando que a compreensão da realidade está relacionada também às interações e modos de conceber o mundo adquiridas nas relações do dia a dia. Foi tratado do conceito de atitude ontológica natural, proposto por Fine (1986a), que aborda aspectos do debate em torno do realismo, mas recorrendo a noções relacionadas ao senso comum; também foram abordadas ideias oriundas de análises fenomenológicas a respeito da realidade do dia a dia (SCHUTZ, 1974; BERGER e LUCKMANN, 2005); por fim, foi feita uma abordagem acerca da concepção de consciência proposta por Giddens (2009), que, em certo sentido, está relacionada ao caráter rotineiro das atividades, como as da vida cotidiana.

No quarto capítulo foi realizada uma caracterização de cultura (SEWELL, 2005), considerada frutífera para algumas análises realizadas, o que inclusive permite entender como se relacionam diferentes sistemas culturais com os quais as pessoas se relacionam. Neste capítulo também foi feita uma caracterização da ciência como cultura, em contraposição a noções que vêm do mundo cotidiano.

No quinto capítulo se encontram as questões de pesquisa, os aspectos metodológicos do trabalho, bem como o cenário dos estudos.

No sexto, sétimo e oitavo capítulos foram apresentados os três estudos desenvolvidos na tese: uma investigação sobre as formas de entendimento de licenciandos em física sobre a realidade de entes e entidades; uma investigação de como as entidades da ciência são apresentadas e trabalhadas em uma coleção de livros didáticos de física do ensino superior; a elaboração e utilização de um instrumento com o objetivo de trazer elementos para reflexão sobre aspectos da ciência e da caracterização científica do mundo em relação a outras caracterizações, sobretudo sobre a realidade do conhecimento científico. Esse terceiro estudo foi baseado, em parte, nos trabalhos desenvolvidos pelo grupo de pesquisa do Prof. Kenneth Tobin.

No nono capítulo foram retomados aspectos desenvolvidos nos três estudos, buscando tecer algumas relações entre seus resultados.

Ao final, foram apresentadas as considerações finais da tese.

É importante mencionar que no presente trabalho não havia um planejamento inicial fechado sobre os tipos de estudos que seriam realizados e nem todos os referenciais estavam definidos de antemão. Nesse sentido, ele foi se construindo com o caminhar da pesquisa e escolhas foram sendo feitas nesse processo, baseadas no que havia sido desenvolvido anteriormente, buscando sempre formas de tratar as questões em análise.

Além disso, existem diversas perspectivas não abordadas nesta tese, bem como questões que não foram incluídas e, dessa forma, ela não tem nenhuma pretensão de completude. Ela diz respeito, tão somente, ao meu processo de trabalho no período em que cursei o doutorado, representando aquilo que consegui elaborar nessa fase de intensa aprendizagem.

## 1 – INTRODUÇÃO

Nos dias de hoje, a ciência<sup>1</sup> tem influência crescente sobre diversos aspectos da vida, seja por meio das tecnologias ancoradas em conhecimentos científicos, que estão presentes em grande parte do que compõe a vida contemporânea, seja por meio das profundas implicações filosóficas e culturais que vieram no bojo da construção da visão científica sobre o mundo. A ciência, mais do que uma série de conhecimentos sistematizados que descrevem o mundo natural, também constitui uma forma de olhar para o mundo, um empreendimento humano bastante complexo que fornece poderosos óculos teóricos por meio dos quais podem se descortinar elementos até então desconhecidos. Os conhecimentos científicos vão além das leis e teorias que tratam do comportamento de fenômenos observáveis e se referem, também, àquilo que não se observa diretamente, mas que igualmente compõem o mundo na concepção da ciência.

A importância dada à aprendizagem dos conhecimentos científicos e de aspectos da ciência pode ser considerada proporcional à relevância que a ciência tem na época atual. E grande parte da tarefa de proporcionar meios para que se dê essa aprendizagem fica a cargo da escola e da universidade. Apesar de ser cada vez maior a possibilidade de se adquirir conhecimentos por si e autonomamente, as instituições de ensino permanecem importantes por terem entre seus objetivos empreender um trabalho sistematizado com certos saberes. Isso evidencia a relevância da atividade docente, já que o trabalho do professor está relacionado à lida mais direta com o conhecimento, o que leva à necessidade de uma formação condizente com essa tarefa.

As reflexões atuais sobre educação científica apontam que é desejável que o tratamento da ciência em situações de ensino não se concentre somente em descrições dos produtos das investigações científicas, mas que ela seja tratada também em contextos mais amplos, considerando que a ciência não se resume a aplicações técnicas. Dessa forma, o que se propõe é uma educação que não seja focada somente na apresentação de leis, teorias e modelos, mas que proporcione certo entendimento sobre o que é a ciência, a natureza de seus conhecimentos, como ela está inserida na sociedade em que vivemos e como ela influencia nossa imagem geral do mundo.

---

<sup>1</sup> Ao utilizarmos a expressão “ciência” estamos nos referindo especificamente às ciências da natureza, sobretudo à física.

Um dos aspectos relacionados à natureza do conhecimento científico e à visão de mundo proporcionada pela ciência diz respeito à realidade das entidades inobserváveis caracterizadas pelas teorias científicas. Essas entidades também são produtos da ciência e fazem parte da descrição que ela faz da natureza. No entanto, uma abordagem somente descritiva e operacional pode mascarar profundas questões filosóficas que surgem da utilização dessas entidades na caracterização do mundo. As considerações a respeito da realidade das entidades não estão apoiadas nos sentidos, já que elas são inacessíveis a eles. Micróbios, ondas eletromagnéticas, genes, campos, elétrons etc., só podem ser percebidos pelo esforço de uma imaginação guiada pelas modernas teorias da ciência e exigem o desprendimento dos sentidos imediatos e um aumento na crença teórica.

O tipo de acesso mediado que temos às entidades teóricas da ciência, que é diferente do acesso que temos aos objetos ordinários do cotidiano, pode induzir à ideia de que a ciência não trata do “mundo real”. Além disso, muitas vezes as crenças científicas contradizem as crenças cotidianas. Estas últimas são pouco questionadas, visto que o mundo cotidiano é considerado como “a” realidade por excelência (BERGER e LUCKMANN, 2005). A relação entre o “mundo da ciência” e o “mundo cotidiano”, no que diz respeito à caracterização da realidade, parece ser um ponto delicado. Para Barra (1998, p.16), “o desafio consiste em decidir como o mundo descrito por nossas teorias científicas deve se relacionar com as nossas expectativas sobre a realidade do mundo da nossa experiência cotidiana” e um professor de física não pode estar alheio a essa questão entre o “mundo da ciência” e o “mundo cotidiano”.

Para que na atividade docente haja a possibilidade de um tratamento adequado desse tipo de questão, em especial dos aspectos relacionados às entidades científicas, entendemos que reflexões mais amplas sobre o conhecimento científico devem integrar os cursos de formação de professores de ciências. De acordo com Matthews,

Professores devem saber mais do que apenas aquilo que irão ensinar. Como educadores precisam saber algo a respeito do corpo de conhecimentos que estão ensinando, algo sobre como esses conhecimentos surgiram, como suas alegações são justificadas e quais suas limitações. (MATTHEWS, 1994, p.213, tradução nossa)

Esses pontos citados indicam elementos importantes que especificam uma formação docente inserida em uma concepção de que a ciência escolar deve ir além da apresentação de aspectos operacionais das teorias. Eles mostram a importância de uma noção mais abrangente acerca daquilo que será ensinado pelos professores.

Na ausência desses elementos, seria possível direcionar à formação docente uma crítica semelhante à que Frank (2004) faz em relação à formação de cientistas: quando focada somente em aspectos técnicos, não dá subsídios para reflexões sobre temas mais amplos colocados pela ciência e por suas teorias. Ele cita como exemplo certas questões filosóficas que surgiram com as modernas teorias científicas (como por exemplo se a teoria da relatividade pode ser usada para dar crédito a concepções relativistas mais gerais) e diz que a formação técnica em física não fornece possibilidade de emitir um juízo equilibrado sobre essas questões. Além disso, afirma que, no tratamento dessas questões, muitas vezes o cientista está mais indefeso do que um leitor inteligente de revistas populares de ciência.

Voltando à frase de Matthews, concordamos com suas considerações a respeito de professores precisarem saber mais do que aquilo que mais comumente é considerado como elemento central a ser ensinado – os conhecimentos científicos –, havendo a necessidade também de um entendimento sobre a natureza desses conhecimentos. E, ampliando a questão, entendemos que para um professor de ciências também é desejável certo nível de compreensão das relações que se estabelecem entre ciência e outras áreas de conhecimento e entre a visão científica e outras formas de compreender o mundo.

Em especial, sobre esse último ponto, uma forma de caracterizar as relações entre o entendimento científico sobre o mundo e outras formas de entendimento, como a cotidiana por exemplo, é por meio de considerações a respeito da cultura. Na perspectiva de William Sewell Jr. (2005), a ciência pode ser caracterizada como uma estrutura cultural, que está sobreposta a outras estruturas com as quais as pessoas se relacionam no decorrer da vida. Desse modo, as relações entre o conhecimento científico e outras formas de conhecimento podem ser caracterizadas como relações entre diferentes estruturas culturais. As pessoas vivem imersas nessas distintas estruturas e, com isso, a aprendizagem das ciências sempre se dá em constante relação com outras formas de compreender o mundo.

Abordaremos a seguir questões que estão relacionadas à formação de professores de ciências, que surgiram junto com o desenvolvimento das pesquisas em ensino nas últimas décadas. Faremos uma descrição panorâmica, buscando esclarecer que, no decorrer do tempo, noções mais amplas sobre a ciência e o conhecimento científico passaram a ser consideradas pela área de ensino de ciências como aspectos importantes da educação científica e necessários à formação de professores.

### **1.1 – Alguns delineamentos da área de ensino de ciências e a formação de professores**

Ao longo das últimas décadas, tornou-se mais clara a complexidade que envolve a profissão docente, considerando-se que, para exercê-la satisfatoriamente, é necessário o domínio de uma série de conhecimentos e habilidades, para que o professor possa não apenas abordar e trabalhar com os conteúdos, mas também lidar com as demais questões inerentes ao trabalho em sala de aula. A atuação docente é uma tarefa complexa que ocorre em um ambiente igualmente complexo (DUSCHL e WRIGHT, 1989). Dessa forma, podemos pensar que a docência exige uma formação que trate de inúmeros fatores, o que rompe com a noção simplista de que para ser professor bastaria possuir maior nível de conhecimentos do que os alunos sobre o que será ensinado. Essa é uma questão apontada por Carvalho e Gil-Pérez (1993), que apresentam uma série de elementos que seriam necessidades formativas dos professores, sem que, com isso, seja relativizada a importância dos conhecimentos científicos. Dentre esses elementos estariam conhecimentos teóricos sobre aprendizagem das ciências, sobre preparação de atividades, orientação de alunos, avaliação, bem como noções críticas a respeito de concepções de professores e do ensino dito tradicional. Ao tratar dos conhecimentos científicos, os autores apontam que, além de conhecer e saber operacionalizar conceitos que aparecem nas teorias, um professor precisa ter certa compreensão sobre aspectos históricos, epistemológicos, metodológicos, sociais e outros acerca dessas teorias e da própria ciência, além das possíveis interações ciência/tecnologia/sociedade.

As reflexões postas pelos autores citados abordam vários elementos do trabalho docente, mas para além das questões relacionadas a aspectos mais práticos desse trabalho, podemos considerar que são enfatizados dois grandes campos de natureza teórica: um deles é o conhecimento a ser ensinado e as reflexões sobre esse conhecimento; o outro diz respeito ao aluno e a noções sobre aprendizagem. A importância desses aspectos também aparece em Astolfi e Develay (2008) que, falando sobre didática das ciências, afirmam que a emergência dessa última como área autônoma está ligada a uma análise interativa entre elementos epistemológicos do conhecimento científico e elementos psicológicos relacionados à aprendizagem.

Modelos que consideram necessária à formação de professores de ciências a reflexão sobre esses dois campos, bem como um entendimento sobre outras questões da profissão de professor, surgem de um processo de transformação da compreensão da atividade docente e do ensino de ciências que se deu nas últimas décadas. Além da superação

do entendimento de que para ser professor bastaria possuir maior nível de conhecimentos que os alunos, foi necessária também a superação de outro modelo formativo: o que julgava que para uma formação docente adequada bastaria o contato com soluções já prontas. Passou-se de um período em que se considerava que a formação de professores poderia ser realizada simplesmente por meio da apresentação de materiais mais sofisticados, abordando maior conteúdo de ensino, apresentando métodos ou estratégias mais eficazes, para uma fase em que ficava evidente a necessidade de uma visão mais articulada do processo educacional, com maior responsabilidade dos educadores (VILLANI, PACCA e FREITAS, 2007), de forma autônoma e reflexiva.

Os cursos brasileiros de formação de professores passaram por várias mudanças ao longo das últimas décadas. Com os cursos de licenciatura em física isso não foi diferente. Existiram várias transformações nas legislações que regem esses cursos (ARAÚJO e VIANNA, 2010), refletindo diferentes modelos formativos e concepções de educação e de sociedade.

Um dos pontos que influenciou as mudanças na formação docente foi o tipo de atuação que se esperava dos professores. Em especial, no caso das disciplinas de ciências, isso passa pelo tipo de formação científica oferecida aos estudantes nas escolas. Isso não quer dizer que a formação do professor consiga por si só determinar o que se passa nas salas de aula, existem muitos fatores que contribuem e até determinam o que acontece nas escolas, mas não podemos deixar de considerar que o tipo de formação docente é um elemento importante que pode favorecer um determinado tipo de ensino de ciências.

Nesse sentido, os modelos de formação de professores de ciências passam pela concepção de como e porque ensinar ciências nas escolas, o que é sempre um campo de disputas entre ideias que muitas vezes não convergem. Esse é um campo em que atuam universidades, governos, professores e a comunidade educacional como um todo, além de outras instâncias da sociedade. Isso tudo sob a influência do contexto sócio-político e cultural de uma época.

No trabalho de Villani, Pacca e Freitas (2007) encontramos uma descrição dos caminhos pelos quais passou o ensino de ciências na segunda metade do século XX e como isso, junto com as conjunturas de cada época, influenciou a atuação e a formação de professores de ciências. Faremos a seguir uma discussão sobre aspectos do ensino de ciências e da formação docente, em grande parte baseada nesse trabalho, buscando pontuar conhecimentos considerados importantes para professores de ciências, que foram se configurando ao longo das últimas décadas. Com isso pretendemos caracterizar melhor

nossa própria noção a respeito do que deve ser de conhecimento de um professor de ciências e, mais à frente, colocar onde se insere nosso problema de pesquisa.

É importante esclarecermos que o que será feito a seguir é uma espécie de sobrevoo, não tendo a pretensão de ser uma análise exaustiva do que está envolvido na formação de um professor de ciências. Mesmo porque essa é uma área muito ampla, o que torna virtualmente impossível tratar de todos os seus aspectos, principalmente verificando como eles foram surgindo ao longo do tempo. Pretendemos somente realizar alguns delineamentos, com consciência de que se trata de um recorte e, como tal, desenha um quadro limitado.

Muitas das ideias que tiveram papel na formação docente vieram das próprias pesquisas desenvolvidas nessa área, ambas – pesquisas e formação – realizadas muitas vezes no mesmo ambiente universitário, o que favorece algum tipo de relação. Dessa forma, uma boa parte das descrições a seguir serão de pesquisas e modelos teóricos do campo acadêmico, aquilo que nele era entendido como necessário para a formação de um professor de ciências. Assumimos aqui o viés acadêmico das ideias expostas acerca da formação de professores, porque esse também é nosso viés, é o lugar de onde olhamos essa formação.

### *1.1.1 – Um caminhar histórico*

Vamos iniciar nossa explanação pela década de 50 do século passado. Nela se deram alguns acontecimentos que marcaram os rumos do ensino de ciências, com um grande movimento de valorização dos conhecimentos científicos nas escolas.

Nessa década, parecia haver um consenso a respeito da necessidade de maior espaço para laboratórios e atividades experimentais no lugar de uma educação baseada em livros e caracterizada por memorização e passividade. Esse objetivo envolveu diversas instituições, que trabalharam na elaboração de materiais de laboratório e manuais para sua utilização, bem como cursos para professores<sup>2</sup>. Em 1957, deu-se o lançamento do satélite Sputnik pelos soviéticos, um importante evento científico que, entre outras coisas, marcou uma mudança no ensino de ciências em diversos locais do mundo, como nos Estados Unidos. Os estadunidenses consideravam que o sucesso soviético com esse lançamento tinha sido

---

<sup>2</sup> Como, por exemplo, o IBECC (Instituto Brasileiro de Educação Ciência e Cultura), criado com o intuito de gerenciar projetos da Unesco e de obter da Organização o apoio a seus projetos nas áreas de educação, ciência e cultura e posteriormente o FUNBEC (Fundação Brasileira para o Desenvolvimento do Ensino de Ciências), com função complementar à do IBECC. Enquanto este último desenvolvia atividades de pesquisa para a criação de material didático e o treinamento de professores, a FUNBEC se concentrou na industrialização de tais materiais. Para mais informações sobre essas instituições, ver Abrantes (2008).

influenciado por uma política educacional, na antiga União Soviética, fortemente focada na formação científica. Com isso, passou-se a valorizar, nos Estados Unidos (e posteriormente na Europa e América Latina), a educação em ciências, com financiamento de pesquisas e programas, o que levou ao desenvolvimento de diversos projetos curriculares, como por exemplo o PSSC<sup>3</sup>. Esses projetos, no geral, tinham como objetivo que os estudantes atuassem simulando a forma com que atuam os cientistas (GASPAR, 1997), visando contribuir para a formação futura desses profissionais.

Segundo Yager e Harms (1981 apud FRACALANZA, 2006), o movimento de inovação na educação científica desse período se baseava nos dois seguintes pressupostos: (i) se a ciência for apresentada na forma como é conhecida pelos cientistas ela será inerentemente interessante para todos os estudantes; (ii) qualquer conteúdo pode ser ensinado de uma forma intelectualmente honesta para qualquer aluno em qualquer estágio de desenvolvimento. Essas ideias formaram a base para o desenvolvimento dos projetos curriculares e dos cursos de atualização docente para a utilização dos novos materiais. Vemos que o foco estava no ensino, na busca por uma forma adequada de ensinar que levasse, por si só, aos resultados pretendidos.

No final dos anos 1950 e início dos anos 1960, alicerçados nesses pressupostos, outros projetos surgiram<sup>4</sup>, tendo como base principalmente a competência científica, a experiência de ensino e a sensibilidade pedagógica de seus autores (VILLANI, PACCA e FREITAS, 2007). Era esperado que eles servissem de guia para preparação e realização de atividades didáticas de qualidade nas escolas. Faziam parte desses projetos, além dos materiais didáticos, cursos de formação para que os professores pudessem utilizá-los. No entanto, e apesar disso, a participação de professores nos projetos era pequena, tendo em vista que eram considerados meros cumpridores de tarefas previamente determinadas, tendo seu papel muitas vezes restrito a auxiliar os estudantes em atividades práticas. Os resultados esperados com os projetos não foram alcançados e, segundo Villani, Pacca e Freitas (2007), apareceram dois grupos de professores: uma minoria que conseguiu utilizar adequadamente os materiais dos projetos e a maioria que desistiu deles.

Em paralelo a isso, uma visão sobre a ciência ancorada nas crescentes discussões da filosofia da ciência questionava a visão empirista dos projetos. Entre elas, as discussões

---

<sup>3</sup> Sigla que significa, no inglês, *Physical Science Study Committee*.

<sup>4</sup> Foram criados, nos EUA, o SMSG (School Mathematics Study Group), em matemática, o BSSC, em Biologia (*Biological Science Study Committee*) e o CBA (*Chemical Bond Approach*), em química. Na Inglaterra, o projeto Nuffield abarcava física, química e biologia.

suscitadas pela publicação de *A Estrutura das Revoluções Científicas*, de Thomas Kuhn, em 1962 (KUHN, 2005). Discussões de natureza epistemológica continuaram com grande força nas décadas seguintes, trazendo inclusive a necessidade de repensar o *status* do conhecimento científico no processo de formação de professores, bem como as formas de tratar os conteúdos da ciência.

No Brasil, na década de 1960, houve a criação dos Centros de Ciências<sup>5</sup>, que tiveram à época, como um de seus papéis, fornecer capacitação para professores de ciências e disseminar as inovações trazidas pelos projetos curriculares. Iniciou-se com isso um período em que, de certa maneira, os professores tiveram sua autonomia reduzida, sendo tutelados por especialistas acadêmicos. Os conhecimentos e habilidades dos professores ficaram em segundo plano, tendo em vista que bastava seguir o que era proposto pelos projetos. Como já foi dito, apenas uma parte dos docentes conseguiu se apropriar dos projetos e utilizá-los em suas práticas, enquanto a maioria não foi capaz de seguir os novos padrões estabelecidos.

No início da década de 1960, existiram iniciativas inovadoras no Brasil, que favoreciam o prestígio do professor, como as propostas de Paulo Freire de uma educação emancipatória e também o trabalho realizado nos colégios vocacionais (VILLANI, PACCA e FREITAS, 2007). No entanto, a adoção dos projetos estrangeiros, bem como as condições políticas após o golpe militar de 1964 – que abortou as propostas inovadoras e emancipatórias, introduzindo outras propostas educacionais –, tiveram o efeito da perda da autoridade docente, influenciando também a formação de professores, particularmente a educação continuada, que ganhou um caráter tecnicista. Os professores foram perdendo as condições de atuarem autonomamente.

Na década de 1970, após a falha da adoção do PSSC, surgiram no Brasil projetos próprios, como o PEF – Projeto de Ensino de Física –, elaborado no Instituto de Física da Universidade de São Paulo (IFUSP), em conjunto por pesquisadores e professores de física do Ensino Médio. A ideia era ter um projeto adequado às condições brasileiras, mas permanecia nele a pouca participação do professor, dando destaque ao trabalho dos alunos,

---

<sup>5</sup> Os Centros de Ciências estavam ligados ao Ministério de Educação e Cultura e atuavam nas seguintes capitais: Belo Horizonte, Porto Alegre, Recife, Rio de Janeiro, Salvador e São Paulo. Trabalhavam em conjunto com o IBECC e com o FUNBEC na difusão de ideias sobre a necessidade de renovação do ensino de ciências e atualização de professores (FRACALANZA, 2006). Segundo Krasilchik (1987), a origem desses centros foram grupos temporários, formados por cientistas e professores, que tinham por objetivo a organização e melhoria dos projetos curriculares, mas que se tornaram permanentes para se efetivar um trabalho contínuo de avaliação dos projetos, visando orientar eventuais reformulações.

utilizando quase somente os materiais instrucionais. Gaspar (1997) defende que, assim como os projetos estrangeiros, esse também superestimava a capacidade do material instrucional na promoção da aprendizagem, que estava ancorada basicamente na experimentação.

Ainda nesse período, no campo das pesquisas surgiram importantes resultados para a área de ensino de ciências, que traziam contribuições para resgatar a importância do professor nos processos de aprendizagem. As noções teóricas propostas por Ausubel, a respeito do conceito de *aprendizagem significativa*, enfatizavam a importância docente, trazendo para o trabalho do professor a necessidade de se encontrar organizadores prévios adequados, ou seja, determinados conteúdos potencialmente significativos capazes de servir de ligação entre a estrutura cognitiva prévia do aluno e o conhecimento a ser aprendido, objetivando uma aprendizagem significativa (MOREIRA, 1999).

Houve também o início do movimento de pesquisas a respeito das chamadas Concepções Alternativas, cujos primeiros resultados surgiram nesse período, tendo o trabalho de Viennot (1979) como um dos precursores. Havia aqui a busca pela melhoria da educação através da utilização de instrumentos de análise e detecção de concepções dos alunos, que poderiam ser aplicados em sala de aula como meio de ensino. Para Villani, Pacca e Freitas (2007), com esse movimento a educação em ciências começou a estabelecer-se como um campo independente de pesquisa e o professor reemergiu como um componente fundamental do processo de aprendizagem dos estudantes.

É também nessa década que Piaget e colegas estabelecem sua teoria da equilibrção, explicando os mecanismos de assimilação e acomodação, e aumentam a plausibilidade de suas ideias construtivistas. Essas ideias, que tratam da relação entre o indivíduo e o conhecimento, desempenhariam um papel importante na década seguinte, interagindo fortemente com o modelo de Mudança Conceitual e com o movimento construtivista como um todo.

Vemos durante esse período um deslocamento do foco do ensinar (como nos projetos) para o aprender, e o aluno e suas formas de pensar passaram a ser elementos importantes dos modelos teóricos. Com isso, houve também uma mudança no papel atribuído ao professor.

Sintetizando, poderíamos dizer que nessa década de 70, no campo teórico e acadêmico, surgia o paradigma construtivista e o professor deixa de ser visto como um executor de projetos, tornando-se um promotor da aprendizagem dos estudantes. A profissão docente assumia novo papel, o que trazia a necessidade de um novo tipo de formação, que levasse em conta as dimensões teóricas e metodológicas que ganhavam destaque à época.

No entanto, nesse período existiam no Brasil políticas educacionais do regime militar em vigor, que aumentaram a escolaridade obrigatória e buscaram produzir profissionais por meio de ensino técnico (a Lei nº 5692/71 tornou obrigatória a profissionalização no ensino de nível médio). Para suprir a necessidade de professores, foram aprovados os cursos de licenciatura de curta duração, que forneciam uma formação “facilitada” e muito limitada nas disciplinas científicas. Esse tipo de curso proliferou em faculdades privadas, apesar da oposição das comunidades científica, acadêmica e de educação<sup>6</sup>. O efeito colateral dessas medidas, para além do preenchimento rápido das vagas de professores nas escolas, foi a perda de qualidade do ensino devido às difíceis condições de trabalho e à má formação docente (KRASILCHIK, 1987). Esses professores, acabavam aceitando as diretrizes de ensino já prontas das políticas educacionais, contribuindo para enfatizar o papel secundário dos professores e uma consequente desqualificação docente (VILLANI, PACCA e FREITAS, 2007).

Na década de 1980, o Brasil passava por uma abertura política, com o fim do regime militar. Um dos destaques foi a revogação da Lei nº 5692/71, que havia introduzido a profissionalização obrigatória no ensino secundário, além de haver um declínio progressivo na demanda por cursos de licenciatura de curta duração. Para Villani, Pacca e Freitas (2007), o que se viu foi uma tendência de melhoria na qualidade de ensino, com a atuação de forças comprometidas com a redemocratização, incluindo aí uma transferência de decisões curriculares para as regiões do país, para que fossem desenvolvidos currículos regionais.

Esses autores apontam que, ao longo dessa década, a comunidade acadêmica estava focada, de modo geral, em três aspectos principais: (1) as características dos conteúdos a serem ensinados, (2) as metodologias de ensino e (3) as competências profissionais. Havia um movimento de reforma que buscava alterar esses aspectos nos programas de formação de professores.

Em relação ao primeiro deles, características dos conteúdos a serem ensinados, chamava a atenção o fato de que os conteúdos do ensino de física estavam desfasados em relação aos desenvolvimentos e avanços científicos. Por conta disso, havia pressão da comunidade científica, e indiretamente dos estudantes, para que o ensino da física estivesse mais próximo do conhecimento contemporâneo produzido por ela. A partir daí, cresceram

---

<sup>6</sup> Essa oposição foi articulada em muitos documentos escritos pelas sociedades científicas, como, por exemplo, a Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência (SBPC) e a Sociedade Brasileira de Física (SBF) (VILLANI, PACCA e FREITAS, 2007; ARAÚJO e VIANNA, 2010).

as tentativas de introdução da física moderna nas escolas, o que trazia uma nova demanda para a formação dos professores. Ao mesmo tempo, outras demandas formativas vieram com os avanços no campo da computação e a popularização do movimento que ficou conhecido como Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS). Em relação à computação, ela permitia, por exemplo, a simulação de fenômenos e novas formas de tomada de dados experimentais, bem como aumentava a capacidade de tratamento e análise desses dados em situações de ensino. A necessidade de domínio da informática foi, de forma crescente, sendo considerada como parte do rol dos conhecimentos necessários aos docentes. Já em relação ao movimento CTS, ele passou a ter certa influência nos currículos de ciências, trazendo questões das relações mútuas entre ciência tecnologia e sociedade, enfatizando que a ciência se relaciona e sofre influência de outras áreas e, além disso, que ela pode auxiliar em processos de tomada de decisões, inclusive relacionadas ao cotidiano. Por exemplo, é dessa época o início do projeto GREF – Grupo de Reelaboração do Ensino de Física –, com uma proposta de ensino elaborada por professores da USP em conjunto com docentes da rede estadual de ensino de São Paulo, que visava introduzir a física como instrumento de interpretação do cotidiano e auxílio na tomada de decisões. Nessa década de 1980, perde força a noção de que a educação científica deveria contribuir para a formação de cientistas e ganha força a ideia de que ele deveria se focar na formação de cidadãos alfabetizados cientificamente (COBERN e LOVING, 2008).

Ainda em relação às reflexões realizadas sobre os conteúdos a serem tratados no ensino de física na década de 80, outra área passou a ser fonte de demandas nesse sentido: a história e filosofia da ciência. Aumentavam as críticas em relação aos currículos de ciências não refletirem as noções contemporâneas a respeito da própria ciência que vinham das discussões filosóficas (CLEMINSON, 1990). Certas reflexões de natureza epistemológica sobre o conhecimento científico, bem como sua origem e desenvolvimento, passaram a ser considerados como conteúdos que deveriam estar na escola (MATTHEWS, 1994). Dessa forma, a formação de professores de ciências também precisava lidar com esses conhecimentos, para que os conteúdos que seriam ensinados pelos futuros docentes pudessem ser tratados de forma mais adequada histórica e epistemologicamente. Outro ponto relacionado às dimensões histórica e epistemológica é que certas ideias sobre a ciência também foram usadas na elaboração de estratégias metodológicas para o ensino de ciências, como as indicadas pelo construtivismo e pelo modelo de ensino baseado na Mudança Conceitual.

Falamos até aqui do primeiro dos três aspectos em que estava focada a comunidade acadêmica na década de 1980, as características dos conteúdos a serem ensinados. O segundo aspecto era o que se focava em questões metodológicas. O modelo da Mudança Conceitual estava bastante em voga à época e se baseava em uma analogia entre as mudanças pelos quais passavam as ideias científicas – como aquelas concebidas por Thomas Kuhn e outros filósofos – e as mudanças pelas quais passavam as concepções dos estudantes, que deveriam ir de noções mais próximas do senso comum<sup>7</sup> para noções científicas sobre o mundo. Dessa forma, por meio do uso de determinadas estratégias, buscava-se fazer com que os conteúdos fossem assimilados pelos estudantes. Esse modelo, além de ideias vindas de discussões filosóficas, também se apoiava fortemente na psicologia cognitiva.

Ao longo dos anos 1980 e até a década de 1990, a comunidade de pesquisadores em ensino de ciências no Brasil tentou repetidamente introduzir este modelo metodológico em programas de formação de professores, com a ideia subjacente de que eles fossem utilizados por esses professores na sala de aula. No entanto, isso nunca se deu a contento.

O terceiro e último aspecto que envolveu a comunidade acadêmica na década de 80 do século XX era o que estava focado nas competências profissionais. Não só na comunidade de pesquisadores em ensino de ciências, mas também entre os pesquisadores em educação no geral, havia apoio ao modelo de professor reflexivo e pesquisador de suas próprias práticas. Isso parecia ser uma busca por colocar o foco no professor e em seu papel no processo de aprendizagem do aluno. Esse modelo estava fortemente baseado nas críticas de Donald Schön ao modelo da racionalidade técnica e da formação de profissionais por meio de um currículo normativo<sup>8</sup>, tendo em vista sua insuficiência para dar respostas às situações que emergem no dia a dia profissional, já que essas situações podem ultrapassar os conhecimentos já elaborados pela ciência e as respostas podem ainda não estar formuladas (PIMENTA, 2002).

De forma resumida, o modelo de professor reflexivo consiste na proposição de uma reflexão contínua por parte do professor em relação à sua prática, mudando rumos sempre que necessário, como forma de enfrentar os múltiplos desafios que se apresentavam na atividade docente. Para tanto, segundo Pimenta (2002), descrevendo as ideias de Schön, o

---

<sup>7</sup> Ao utilizarmos a expressão senso comum estamos nos referindo às formas próprias de pensar do contexto cotidiano, que serão caracterizadas no Capítulo 3.

<sup>8</sup> Esse é um tipo de currículo que primeiro apresenta a ciência, depois sua aplicação e, por fim, existe um estágio que supõe a aplicação, pelos alunos, dos conhecimentos técnico-profissionais aprendidos (PIMENTA, 2002).

que se propõe é a valorização da prática profissional como um momento de construção de conhecimentos, de um *conhecimento na ação*. Além disso, o modelo considera necessário uma *reflexão na ação*, que é uma atitude reflexiva que permitiria enfrentar a crescente complexidade da sala de aula, com situações que inclusive extrapolam a rotina (e o conhecimento na ação não é suficiente), tendo o professor como protagonista da construção de novas soluções para as questões que surgem no contexto escolar. A partir dessas soluções seria possível construir um repertório de experiências para serem mobilizadas em situações similares. Mas frente a novas situações que superam esse repertório criado, podem ser necessárias novas análises e investigações mais aprofundadas, inclusive com apropriações de teorias sobre o problema, que seriam uma reflexão sobre a reflexão feita anteriormente, ou seja, uma *reflexão sobre a reflexão na ação*. Isso tudo abre a perspectiva para a valorização da pesquisa na atuação docente, gerando as bases para o que se convencionou chamar de *professor pesquisador* e de uma *epistemologia da prática*.

Todas essas ideias indicavam a necessidade de uma mudança de atitude por parte dos especialistas, que precisavam abrir mão de seu papel de provedores de soluções, mentalidade até então dominante, assumindo um novo papel que permitisse e incentivasse a tomada de decisões por parte dos professores, baseadas em reflexões sobre suas ações e sobre suas compreensões do processo educacional. Os currículos de formação de professores deveriam propiciar o desenvolvimento da capacidade de refletir.

No geral, nessa década, a partir das perceptivas colocadas acima, as investigações em ensino de ciências cresceram muito, o que fez com que o campo ganhasse autonomia. Além disso, ficava mais clara a complexidade da atividade de ensino e, pelo menos em teoria, também se tornava clara a necessidade de valorização profissional e da recuperação da autonomia do professor.

No entanto, Villani, Pacca e Freitas (2007) colocam que no Brasil, infelizmente, apenas um pequeno número de professores de ciências entrou em contato com estas experiências inovadoras. Além disso, enfrentava-se, no período, uma situação de falta de recursos nas escolas públicas que, aliada a uma formação inicial precária de muitos professores (principalmente devido às licenciaturas curtas), tornava muito difícil a implementação de mudanças como as propostas que estavam sendo desenvolvidas no período. Havia grandes obstáculos no enfrentamento dos problemas da sala de aula, incluindo-se aí problemas relacionados ao comportamento dos estudantes. Apenas uma minoria de professores teve a oportunidade de ter contato com as perspectivas em voga na academia.

No período dos anos 1990, o contingenciamento de recursos nas escolas públicas continuou, com a educação sendo pressionada para diminuir ainda mais os custos, aumentando a “eficiência”, em um movimento influenciado pelo ideário neoliberal em voga no Brasil e em boa parte do mundo à época, com a educação se afastando da noção de direito social (DIAS-DA-SILVA, 2005). A escola deveria ser executora de diretivas e orientações vindas do Ministério da Educação (MEC) e também passar por constantes avaliações externas, na busca por aumentar essa “eficiência”. Ao mesmo tempo, houve um grande crescimento nas matrículas no Ensino Médio, devido ao aumento de egressos do Ensino Fundamental, bem como do aumento da disponibilidade de vagas para adultos no período noturno. O número de alunos cresceu de 3,5 milhões, em 1990, para 8 milhões, em 2000, enquanto o número de professores foi de 250 mil, em 1990, para pouco mais de 400 mil, em 2000 (VILLANI, PACCA e FREITAS, 2007). Percebe-se que o aumento do número de professores não acompanhou o aumento do número de alunos, trazendo com isso um acréscimo no número médio de estudantes por professor ao longo da década.

Um grave problema a ser enfrentado era o abandono escolar pelos estudantes. Na busca por tratar dessa questão, em diversas redes de ensino foram adotados um sistema de ciclos e de progressão continuada. No entanto, em vários casos o resultado não se deu a contento, devido, entre outras coisas, a uma implementação inadequada da proposta, que ficou a cargo das escolas sem a devida preparação. Uma consequência problemática foi a aprovação automática de estudantes de um nível para outro, sem apresentarem um progresso correspondente na aprendizagem.

É nesse período que surge uma nova Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (no ano de 1996), bem como o Exame Nacional do Ensino Médio (em 1998) e os Parâmetros Curriculares Nacionais (em 1999). Todos trouxeram mudanças a respeito das concepções curriculares em voga, ocasionando a necessidade de se repensar o que vinha sendo feito até então. O ensino de segundo grau passou a ser chamado de Ensino Médio, e passou também a ter, na letra da lei, função formativa final para a cidadania, não mais sendo visto como uma etapa para o ensino superior.

No campo acadêmico, continuavam existindo grupos trabalhando com atualização de conteúdos escolares, colocando a necessidade de renová-los, tornando-os mais relevantes para a vida cotidiana e mais condizente com as demandas sociais. Permaneciam pertinentes os argumentos vindos dos estudos CTS e também daqueles sobre história e epistemologia da

ciência. Além disso, nessa década, as demandas para a inclusão na escola dos conteúdos científicos do século XX se tornou maior, assim como as tentativas de inovação.

Essa busca por atualização, que perpassou a década de 80 sem ter sido equacionada e continuava sendo necessária, tinha como maior obstáculo a formação inadequada de muitos docentes, mesmo nos conteúdos científicos clássicos. Para piorar o quadro, no período havia uma grande demanda por professores e os salários eram baixos, forçando esses profissionais a aumentarem sua carga horária em sala de aula, o que limitava suas possibilidades de atualização. Além disso, era comum deixar à iniciativa dos próprios professores sua atualização profissional, sem qualquer tipo de apoio institucional – seguindo uma lógica que entendia que o estado deveria se ausentar ao máximo –, levando a enormes dificuldades no processo de formação continuada desses docentes.

Houve, nesse período, o declínio do modelo da Mudança Conceitual que, apesar de ainda ser popular no meio acadêmico, passou a sofrer críticas diversas. Entre elas, aquelas referentes a inconsistências teóricas do modelo; à eficácia limitada das estratégias de ensino baseadas nele; à necessidade de revisão da noção de substituição de ideias espontâneas por científicas; a que o modelo favorecia estudantes que já vinham de meios culturais com forte componente científico; ou mesmo a falta de atenção para o fato de que existiam outros fatores, além dos cognitivos, que influenciavam o caminho para a mudança conceitual (VILLANI, PACCA e FREITAS, 2007).

O modelo do professor reflexivo e pesquisador, que influenciou todas as áreas da educação, ganhou uma perspectiva mais ampla com contribuições de diversos autores, inclusive com análises críticas de certos aspectos da proposta, tendo em vista que a prática profissional docente não se limita a elementos internos à sala de aula ou somente relacionados à instituição escolar (PIMENTA, 2002). Dentre esses autores, podemos citar Nóvoa, Zeichner, Tardiff, Perrenoud etc. Esse último trabalhou com a noção de educação reflexiva focando na necessidade do desenvolvimento de *competências*, que seriam adquiridas pelos professores na reflexão sobre a sua prática, como elemento necessário para o enfrentamento dos problemas da escola.

A noção de competências teve bastante influência em documentos oficiais do Ministério da Educação que tratavam da formação docente no Brasil (BRASIL, 2002a). No entanto, essa noção recebeu diversas críticas, ou por limitar a relevância dos conteúdos de ensino, ou por deixar de abordar o papel da escola como instituição que pode oferecer propostas e críticas sociais, tendo em vista seu papel na transformação social (VILLANI, PACCA e FREITAS, 2007).

Para Villani, Pacca e Freitas (2007), o modelo de professor reflexivo parecia apontar para uma recuperação da autonomia do professor no desenvolvimento de suas atividades de ensino e do projeto pedagógico da escola. Mas para essa autonomia se dar efetivamente eram necessários ainda outros fatores, entre eles políticas públicas que criassem a ambiência necessária. Pimenta (2002) alarga as noções sobre o modelo, colocando que, para além de uma visão técnica e individualista, o conceito de professor reflexivo é um conceito político e epistemológico, que só pode ser levado a cabo com o auxílio de políticas adequadas, como “[...] condições de trabalho dos professores nas escolas com tempo e estabilidade, ao menos, para que a reflexão e a pesquisa da prática viessem a se realizar” (PIMENTA, 2002, p.41).

Outra importante linha de trabalho desenvolvida no Brasil nesta década foi a que se centrava nas interações dialógicas na sala de aula, com grande influência das ideias de Vygotsky, além de investigações sobre linguagem (e discursos de professores e alunos). As ideias de Vygotsky ganharam força nesse período na comunidade de ensino de ciências, marcando um contraponto às ideias sobre aprendizagem que tinham como origem interpretações das obras de Piaget – que consideravam que a aprendizagem deveria ser posterior aos processos de desenvolvimento de crianças e jovens. A partir das ideias de Vygotsky passou-se a considerar a importância dos processos de interação no desenvolvimento. Com isso surgiram diversos trabalhos que tratavam dos processos interativos em sala de aula, bem como da importância do discurso e da linguagem na construção de conhecimentos e significados na educação em ciências.

Apesar de ter seu início em anos anteriores, ganha força nesse período estudos que abordam a educação em ciências na perspectiva de uma *alfabetização científica* (AC) ou *letramento científico* (LC). Esses estudos trouxeram à discussão as funções que se têm atribuído à educação científica e buscavam dar uma nova ênfase aos currículos de ciências, destacando o papel dela na formação do cidadão. Para Santos (2007), em aspectos gerais, os autores que trabalham nessa perspectiva caracterizam sempre dois grandes grupos de categorias sobre o AC/LC: um deles traz ideias referentes às especificidades do conhecimento científico e o outro trata da função social da atividade científica. Mas Santos aponta que esses dois domínios estão inter-relacionados. Além disso, de forma mais específica, ele coloca que três aspectos vêm sendo amplamente considerados nos estudos que abordam conceituações sobre alfabetização/letramento científico: (i) *natureza da ciência*, levando em consideração a importância de se compreender o que é a ciência, seu

conhecimento, como os cientistas trabalham, etc., o que implica na necessidade de conhecimentos sobre história, filosofia e sociologia da ciência; (ii) *linguagem científica*, considerando que ensinar ciência significa ensinar a ler sua linguagem, compreendendo sua estrutura sintática e discursiva; e (iii) *aspectos sociocientíficos*, que se referem a questões ambientais, políticas, econômicas, éticas, sociais e culturais relativas à ciência e tecnologia.

Todos os elementos apontados acima trazem mais necessidades à formação docente, tendo em vista que há um aumento na gama de assuntos considerados relevantes para a educação em ciências.

Já em relação à atuação docente na década de 1990, Vilani, Pacca e Freitas (2007) a caracterizam como sendo marcada por ambiguidades e contradições. Enquanto documentos oficiais se baseavam em teorias modernas para indicar interesse no que se dava no campo teórico da educação, as medidas práticas das políticas públicas estavam marcadas pela contenção de custos e uma noção reducionista do que propunham as teorias utilizadas nos documentos. No âmbito acadêmico, nas comunidades envolvidas com formação de professores, via-se uma valorização teórica da profissão docente, com o entendimento da necessidade de mais autonomia para os professores como uma necessidade para se lidar com as questões postas pela profissão.

### *1.1.2 – Períodos mais recentes*

Tratamos até aqui de alguns aspectos gerais das cinco últimas décadas do século XX. No entanto, em relação a um tratamento semelhante dos períodos mais recentes, consideramos que existem dificuldades adicionais. Apesar de nossa pretensão não ter ido além de fazer um delineamento bem geral, a dificuldade aumenta conforme se chega mais perto do tempo atual. Isso porque, além do aumento dos trabalhos desenvolvidos, a maior proximidade temporal faz com que muitas das ideias e pesquisas que surgiram ainda estejam sendo pensadas e elaboradas. Ao dizermos que algo foi importante em décadas passadas, em parte estamos nos referindo aos desenvolvimentos posteriores e à sobrevivência das ideias que lá surgiram, especialmente quando verificamos que elas trouxeram importantes contribuições para a área de ensino de ciências. De certa forma, estamos olhando sob a perspectiva das ideias “vencedoras”. Assim, dos anos 2000 em diante, a maior proximidade temporal leva à existência de menos consensos em relação aos principais eixos de trabalho da área e, conseqüentemente, quais novos desenvolvimentos devem ser integrados à formação docente.

Além disso, existe outra questão significativa que deve ser levada em consideração. Após algumas décadas de pesquisas e trabalhos na área de ensino de ciências, sobretudo na formação de professores, estabeleceu-se certo núcleo de aspectos considerados importantes nessa formação. Temos que muitas das abordagens consideradas significativas nas décadas de 80 e 90 ainda permanecem como importantes eixos de trabalho em relação ao que se entende necessário para a formação docente hoje. Dessa forma, julgamos que o que foi exposto até aqui já caracteriza suficientemente o tema para os fins deste trabalho.

Tendo isso em vista, abordaremos somente alguns aspectos pontuais dos anos 2000 em diante, não tratando de elementos das pesquisas em ensino de ciências, mas somente aspectos relacionados a algumas mudanças impostas à formação de professores por meio das normas estabelecidas pelo MEC.

Esclarecido isso, consideramos importante pontuar que nos anos iniciais da década de 2000 foram estabelecidas novas *Diretrizes Curriculares Nacionais para a Formação de Professores*, instituídas pela Resolução CNE/CP 01/2002 (BRASIL, 2002a) e pela Resolução CNE/CP 02/2002 (BRASIL, 2002b). Essas resoluções buscavam, entre outras coisas, construir os cursos de licenciatura como cursos com identidade própria, que não se confundiam com cursos de bacharelado. Sem nos alongarmos sobre esses documentos, queremos somente levantar dois pontos. O primeiro, um aspecto positivo, é esse estabelecimento de identidade para as licenciaturas, já que havia ainda cursos de formação de professores que se confundiam com cursos de bacharelado. As resoluções citadas, além de outros documentos, explicitaram a necessidade de se buscar uma maior articulação entre a formação acadêmica e a futura atuação docente, apontando inclusive que reflexões próprias do âmbito educacional deveriam ser realizadas desde o início dos cursos de formação. Nesse sentido, eles materializaram uma compreensão de que as necessidades formativas de um professor não são as mesmas de um bacharel e que, portanto, os cursos que formam esses diferentes profissionais devem possuir características e objetivos formativos distintos. As *Diretrizes Nacionais Curriculares para os Cursos de Física* (BRASIL, 2001) inclusive caracterizam diferentes perfis formativos para diferentes tipos de cursos de física, entre eles o perfil que especifica o “físico-educador”.

O segundo ponto a ser destacado é que existem elementos problemáticos nesses documentos, como por exemplo os relacionados à noção de competências<sup>9</sup>, perspectiva que

---

<sup>9</sup> Consideramos que não cabe aqui entrar no mérito das definições do conceito de competências ou dos usos dele nos documentos oficiais. Para tanto, ver Valente (2002).

ganhou força na década de 90, conforme já apontamos. Dias e Lopes (2003, p.1156) apontam que nos “documentos produzidos para orientação da reforma curricular da formação docente, o conceito de competências é apresentado como nuclear na organização curricular – um ‘novo’ paradigma educacional”. No entanto, as autoras tecem críticas a essa perspectiva, apontando que “o conhecimento sobre a prática acaba assumindo o papel de maior relevância, em detrimento de uma formação intelectual e política dos professores” (DIAS e LOPES, p.1157), sendo seu trabalho cada vez mais considerado somente em seus aspectos técnicos do cotidiano escolar.

Esses documentos obrigaram à realização de mudanças em todos os cursos de licenciatura do país, principalmente devido às alterações curriculares que foram impostas, sobretudo as relacionadas às horas de “prática como componente curricular” distintas das horas de estágio (BRASIL, 2002b). Essa distinção traz em si a noção de que a “prática” referida no documento parece estar relacionada à epistemologia da prática, de uma reflexão sobre ela, e às ideias de Schön e de outros pesquisadores que trabalharam com o modelo de professor reflexivo. Isso enfatiza a influência desse modelo nesses documentos citados.<sup>10</sup>

### *1.1.3 – Focalizando a discussão*

Ao passarmos por vários períodos do ensino de ciências, pelos elementos que marcaram as últimas décadas e que influenciaram as noções a respeito de formação de professores, verificamos o que foi dito no início dessa introdução acerca da complexidade da formação docente, tendo em vista que existem demandas formativas de várias naturezas. Por esse breve histórico que delineamos, vemos que essas demandas passaram por mudanças ao longo dos anos, relacionadas às pesquisas desenvolvidas e também ao papel atribuído à educação científica. Alguns aspectos se consolidaram como elementos formativos necessários a um professor de ciências.

Aproximando a discussão do nosso foco de interesse no presente trabalho, uma das dimensões que vamos destacar é a que diz respeito aos conteúdos. Considerados inicialmente como um fim em si mesmos – em uma concepção de que na escola deveria haver uma espécie de “ciência pura”, tal como o conhecimento científico acadêmico –, houve uma mudança

---

<sup>10</sup> Em 2015 o MEC definiu novas diretrizes curriculares nacionais para a formação de professores (BRASIL, 2015). Também não vamos nos deter nesse documento, mas somente apontar que, nele, a carga horária das “práticas” e dos estágios dos cursos de formação docente foi mantida, mas houve um aumento na carga horária total desses cursos. Além disso, há uma clara indicação da necessidade de uma maior articulação entre a instituição formadora e os sistemas de ensino no processo de formação inicial de professores e há também uma ampliação nos tipos de conhecimentos e habilidades consideradas necessárias para a atuação de um professor.

para uma noção em que os conteúdos tratados pela ciência escolar deveriam ter um papel cultural e na formação cidadã, permitindo um entendimento mais amplo do mundo em que vivemos e como a ciência se insere nele. O primeiro entendimento, relacionado a uma concepção de ciência pela ciência, era marcante nos projetos de ensino das décadas de 60 e 70, mas passou por alterações, principalmente com as discussões a respeito da noção de alfabetização/letramento científico. Todo esse processo, que ocasionou uma nova visão sobre a função da educação científica, trouxe a necessidade de outras abordagens sobre a ciência, com alterações dos currículos e dos conteúdos tratados, como a inclusão de elementos referentes às especificidades do conhecimento científico e sobre a natureza da ciência. Abordagens referentes a esses aspectos na educação científica vieram ganhando força ao longo do tempo, assim como a necessidade de esse tipo de conhecimento estar presente na formação de professores. Principalmente a partir dos anos 80 do século passado houve um aumento nas reflexões sobre esse domínio, que permanece, nos dias de hoje, como questão relevante em trabalhos em ensino de ciências.

Consideramos esse um ponto importante para a presente tese, uma vez que a questão que tratamos se insere dentro da problemática mais ampla relacionada à natureza da ciência. Dessa forma, na próxima seção abordaremos aspectos da questão da natureza da ciência no ensino de ciências e da relação dela com a atuação docente.

## **1.2 - Aspectos da natureza da ciência no ensino de ciências**

O conceito de Natureza da Ciência é amplo e multifacetado, mas em aspectos gerais podemos dizer que compreende elementos de diferentes áreas, como história, sociologia e filosofia da ciência, e tem por objetivo explorar o que é a ciência, como funciona, como os cientistas trabalham como um grupo social e como a própria sociedade direciona os esforços científicos e reage aos problemas derivados da ciência (MCCOMAS, CLOUGH e ALMAZROA, 1998; GUIASOLA e MORENTIN, 2007).

Essas áreas citadas passaram por profundas transformações na segunda metade do século XX. Diversos trabalhos elaborados no período levaram a uma profunda reformulação da nossa visão a respeito da ciência e do empreendimento científico. Dentre esses trabalhos, podemos citar o livro *A Estrutura das Revoluções Científicas*, escrito em 1962 por Thomas Kuhn (2005), como um dos precursores das mudanças que ocorreram. Entre outras coisas, esse trabalho teve importância por contribuir para a inclusão de argumentos históricos e sociológicos como inerentes ao debate filosófico sobre a ciência (PIETROCOLA, 1999). As

mudanças ocorridas no período também tiveram impacto na área de ensino de ciências, que gradativamente passou a incorporar ideias vindas de trabalhos históricos, filosóficos e sociológicos (NORONHA, 2014), cujas ideias sobre a ciência, como já dissemos, foram agrupadas em um grande guarda-chuva com o nome de estudos sobre a natureza da ciência.

Conforme apontamos na seção anterior, a incorporação de estudos sobre a natureza da ciência na educação científica vem sendo defendida já há bastante tempo, sobretudo considerando a perspectiva da alfabetização/letramento científico. Essa incorporação pode servir a diferentes finalidades e o trabalho de Rodríguez e Adúriz-Bravo (2013) destaca três: uma *intrínseca*, uma *cultural* e uma *instrumental*. A primeira delas, finalidade *intrínseca*, diz respeito à natureza da ciência ser uma reflexão “racional e razoável” sobre a própria ciência, servindo para analisá-la criticamente. A segunda, finalidade *cultural*, coloca a possibilidade de se trabalhar a natureza da ciência a partir de diferentes áreas curriculares para salientar o valor histórico da ciência como uma criação intelectual humana, situando personagens e ideias no contexto social amplo de cada época. A terceira, finalidade *instrumental*, aponta que a natureza da ciência tem se mostrado uma ferramenta valiosa para melhorar o ensino e aprendizagem dos próprios conteúdos científicos.

Seja qual for a finalidade que se tem em vista, parece ser consensual na literatura a importância do trabalho com aspectos da natureza da ciência no ensino de ciências, sendo ela considerada, como já foi dito, um aspecto essencial do letramento científico (LEDERMAN, 2007; SANTOS, 2007). Apesar disso, diversos estudos feitos para levantar a visão de estudantes e professores sobre esses aspectos mostraram a existência de visões inadequadas sobre diversos deles (LEDERMAN, 1992; ABEL e SMITH, 1994; ABD-EL-KHALICK e BOUJAOUDE, 1997; HARRES, 1999; GUERRA-RAMOS, 2012). O trabalho de Fernández *et al.* (2002) afirma, inclusive, que as concepções de professores e estudantes não diferem de visões ingênuas, populares, adquiridas por impregnação social. De um modo geral, essas concepções incluem reducionismos e deformações que, quando manifestadas por professores, podem ser obstáculos ao desenvolvimento de uma educação que transmita uma visão mais coerente da ciência, além de serem um dos principais obstáculos a movimentos de renovação da educação científica (CACHAPUZ *et al.*, 2005).

Ainda sobre a má compreensão do funcionamento da ciência, McComas, Clough e Almazroa (1998) apontam que os livros didáticos de todos os níveis de ensino de ciências se focam quase que exclusivamente nos conteúdos científicos, excluindo o processo de geração de conhecimento. No geral, elementos relacionados à natureza da ciência ou dos conhecimentos científicos não são contemplados nesses materiais. Os autores apontam ainda

que professores de ciências raramente têm a oportunidade, em seus próprios estudos, de aprender como a ciência funciona e, não surpreendentemente, deixam de enfatizar esse aspecto para seus alunos. Além disso, os professores que quiserem incorporar algo sobre o processo da ciência em suas aulas precisam consultar os mesmos livros que deturpam ou mesmo omitem essa discussão.

Baseando-nos na síntese feita por Fernandez *et al.* (2002), dentre as concepções deformadas sobre a ciência que são encontradas na literatura, podemos destacar:

- *Concepção empírico-indutivista e atórica*, que entende a observação e a experimentação como “neutras”, ignorando tanto o papel essencial de hipóteses iniciais em uma investigação científica, quanto o fato de que essas investigações são orientadas por teorias disponíveis no momento.

- *Concepção algorítmica*, que entende que a ciência segue um “método científico” único, como um conjunto de passos que são seguidos mecanicamente.

- *Concepção não problemática e não histórica*, como se o conhecimento científico não fosse gerado como resposta a problemas e não tivesse um processo de construção, que pode passar por inúmeras dificuldades.

- *Concepção exclusivamente analítica*, que destaca que os estudos científicos devem ser feitos em pedaços, bem delimitados, e esquece esforços subsequentes de unificação e construção de corpos de conhecimento mais amplos.

- *Concepção meramente acumulativa do desenvolvimento científico*, que aparece como fruto de um crescimento linear e acumulativo, ignorando momentos de crise e processos de reformulação pelos quais passam a ciência e seus conhecimentos.

- *Concepção individualista e elitista*, com a ciência aparecendo como obra de gênios solitários, ignorando o papel do trabalho coletivo desenvolvido entre pessoas e equipes.

- *Concepção descontextualizada e socialmente neutra da atividade científica*, que ignora ou trata muito superficialmente as complexas relações CTS e a influência de fatores históricos e sociais na ciência.

Seja qual for a ideia problemática apresentada, Fernández *et al.* (2002) afirmam que existe certo consenso da necessidade de se questionar e modificar a epistemologia espontânea que é encontrada entre professores. Isso se justifica pelo fato de que, apesar de concepções válidas sobre a ciência não garantirem um comportamento docente coerente com elas, essas concepções são uma condição necessária para que o trabalho docente consiga

transmitir visões mais adequadas sobre como os conhecimentos científicos são construídos (CACHAPUZ *et al.*, 2005).

É importante levar em conta que alunos podem levar muito mais das aulas de ciência do que somente os conhecimentos ensinados. Nessas aulas, uma imagem sobre a ciência é passada pelos professores (MATTHEWS, 1994; GUIASOLA e MORENTIN, 2007), bem como concepções a respeito da realidade do conhecimento científico, uma vez que até questões como o realismo podem ser influenciadas pela linguagem utilizada pelo professor (ZEIDLER e LEDERMAN, 1987 e 1989). Nessa mesma linha de raciocínio, Guerra-Ramos (2012) aponta que as ideias dos professores sobre a ciência têm relevância porque lidam com a tarefa de introduzir a ciência para as gerações mais jovens e mensagens sobre a ciência inevitavelmente são transmitidas pelos professores. Além disso, como também aponta a autora, essas ideias estão interligadas a visões sobre ensino e aprendizagem de ciências, podendo influenciar as atividades didáticas desenvolvidas.

Essa questão da relação entre as noções epistemológicas dos professores e suas práticas didáticas não é consensual nas pesquisas. Por exemplo, o trabalho de Lederman (1999), em um estudo com cinco professores de biologia, ressalta que as concepções dos professores sobre a ciência não necessariamente influenciam suas práticas. No entanto, outras pesquisas apontam a existência de relação entre as concepções epistemológicas dos docentes e suas práticas (BRICKHOUSE, 1990; MCCOMAS, CLOUGH e ALMAZROA, 1998; MASSONI e MOREIRA, 2014).

A partir da análise de um conjunto de pesquisas, e apesar de algumas com opinião contrária, Mccomas, Clough e Almazroa (1998) tomam a posição de que o conhecimento e a compreensão da natureza da ciência influenciam os comportamentos dos professores em sala de aula, ou seja, que as visões que os professores têm a respeito da sua disciplina são traduzidas em seu trabalho, mesmo quando eles não pensam explicitamente sobre isso.

Massoni (2010) afirma que, embora seja pequena a quantidade de trabalhos que investigam as relações entre concepções epistemológicas de professores e suas práticas docentes, esses trabalhos parecem sugerir que visões epistemológicas mais adequadas possuem potencial para a melhoria das práticas educativas em vários aspectos. Massoni e Moreira (2014), apesar de esclarecerem que não é possível generalizar os resultados encontrados por eles – obtidos com poucos professores –, apontam que a investigação que levaram a cabo parece indicar que professores com visões epistemológicas alinhadas a visões contemporâneas da filosofia da ciência possuiriam as seguintes características: tinham maior tendência para diversificar suas estratégias didáticas; possuíam maior disposição ao debate

e à negociação de ideias sobre os fenômenos físicos em estudo; propunham-se a ouvir as formas de explicação dos alunos e, com isso, identificavam, não raro, concepções alternativas; aceitavam a controvérsia; negociavam significados; afirmavam com mais naturalidade que não sabiam responder quando questionados sobre aspectos que não dominam; prontificavam-se a pesquisar e trazer respostas; não passavam uma ideia de que o professor tudo sabe. No entanto, os autores apontam que mesmo esses professores possuindo visões epistemológicas mais adequadas, ainda assim apresentavam dificuldades para conduzir discussões de natureza epistemológica com seus estudantes.

O trabalho de Roehrig e Luft (2004), tratando especificamente da implementação de atividades investigativas por professores estadunidenses em início de carreira, coloca que possuir visões mais contemporâneas da natureza da ciência é condição necessária (apesar de não suficiente por si só) para a implementação desse tipo de atividade. Junto dessas visões entram em jogo concepções e conhecimentos pedagógicos, bem como a necessidade de sólidos conhecimentos sobre o conteúdo a ser tratado. Já o trabalho de Brickhouse (1990) aponta uma relação entre as concepções do professor e suas práticas, a não ser que o professor não seja capaz de implementar práticas consistentes com suas concepções sobre a ciência. Em ambos os trabalhos aparece a ideia de que outros fatores, além da concepção sobre a ciência, têm influência sobre as práticas docentes, sem deixar de considerar que essa concepção é um fator importante.

Dessa forma, pensamos ser razoável considerar que visões sobre a natureza da ciência, apesar de não determinarem por si só as atividades docentes, possuem influência fundamental no trabalho do professor. Mais ainda quando se busca tratar da ciência de forma a não reproduzir noções ingênuas a respeito do empreendimento científico.

Em um trabalho de análise crítica sobre pesquisas que abordaram as concepções de professores acerca da natureza da Ciência, Guerra-Ramos (2012) levanta alguns pontos em relação a esses trabalhos. Dentre eles, destacamos:

- De forma irrealista, em alguns desses trabalhos é esperado que as ideias dos professores sobre a ciência coincidam com perspectivas desenvolvidas na filosofia, história ou sociologia da ciência. A autora coloca que, apesar de alguns critérios normativos serem necessários para julgar a adequação das ideias dos professores, não há uma perspectiva única que seja adequada em todas as situações. Há a necessidade de desenvolver uma perspectiva flexível, filosoficamente instruída e defensável, mas sensível à situação dos professores.

- Há o predomínio de uma suposição falsa de que os professores têm uma visão única sobre a natureza da ciência, que se mantém estável em diferentes contextos e que pode ser facilmente expressa de forma não problemática.

Guerra-Ramos (2012) aponta ainda que um importante resultado das pesquisas sobre visões de docentes a respeito da ciência é que essas visões muitas vezes são ecléticas, misturam diferentes pontos de vista e não espelham de forma consistente uma única posição ou mesmo uma posição filosófica particular.

Uma ideia semelhante é posta por Pórlan e Rivero (1998 apud HARRES, 1999, p.203) quando dizem que

(...) existe um conjunto de concepções metadisciplinares que constituem autênticas cosmovisões ou epistemologias pessoais e que afetam parcelas importantes das nossas crenças pessoais e profissionais. (...) Estas cosmovisões influem, portanto, no conhecimento dos professores e podem explicar (...) contradições aparentes em âmbitos mais específicos de seu modo de significados.

A ideia expressa neste excerto ressalta a existência de outros elementos, além de uma determinada concepção sobre a ciência, que afetam as concepções dos professores, explicando, inclusive, possíveis contradições nas visões apresentadas por eles. Pensamos que essas cosmovisões pessoais citadas são fortemente influenciadas pelas estruturas culturais em que a pessoa está inserida. Avançaremos na discussão dessa interpretação quando tratarmos da questão da cultura mais adiante, no Capítulo 4.

Em relação às características da ciência que foram apontadas nos estudos sobre natureza da ciência, podemos dizer que existe consenso em relação a algumas delas, mas também existem controvérsias em relação a outras. Em relação à existência de controvérsias, isso é algo esperado, já que existe uma pluralidade de visões sobre a ciência entre cientistas, filósofos, historiadores e sociólogos.

Em linhas bem gerais, as características ou aspectos consensuais se referem, por exemplo, a visões sobre o empreendimento científico, como noções de que os conhecimentos da ciência são resultados de uma série de diferentes processos metodológicos e práticas sociais, e não de procedimentos que devem ser seguidos passo a passo (como um “método científico”) e/ou observação direta da natureza. Além disso, também se referem ao entendimento de que os produtos da ciência não são coisas concretas para serem “vistas lá fora”, mas ideias muito bem aceitas, que também servem como ferramentas para compreender e explicar os processos naturais (GUERRA-RAMOS, 2012).

Podemos avançar um pouco mais na especificação dos aspectos que na literatura compõem a natureza da ciência. Moura (2014), em um trabalho de revisão sobre o tema, resume em cinco tópicos abrangentes certos aspectos que seriam consensuais. São eles:

- *A noção de que a ciência é mutável, dinâmica e tem como objetivo buscar explicar os fenômenos naturais.* A ciência não é um conhecimento estático, mas está em constante transformação, mantendo o objetivo de elaborar modelos explicativos para os fenômenos do mundo natural. Dessa forma, como os conhecimentos científicos estariam passando por contínuas mudanças e reformulações, a nossa própria percepção a respeito da ciência também mudaria com o tempo.

- *A ideia de que não existe um método científico universal,* ou seja, não existe um conjunto de regras universais a serem seguidas para fazer ciência. Dessa forma, como as metodologias e os resultados podem ser variados, podem existir desacordos e, mais ainda, a noção de que um mesmo fenômeno pode ser estudado e compreendido de modos distintos, todos podendo obter resultados legítimos dentro de certos limites de validade.

- *O entendimento de que uma teoria não é consequência de observação/experimento e vice-versa.* Existe um consenso de que as relações entre teorias e experimentos são complexas, não sendo completamente definidas nem lineares, mas entende-se que a ciência não se constrói sem esses dois aspectos. Têm-se a ideia de que a ciência constrói modelos, conceitos, teorias sobre o mundo natural, que são embasados por um arcabouço de saberes e conhecimentos, incluindo-se aí noções metodológicas e informações que vêm de dados experimentais.

- *A noção de que a ciência sofre influência dos contextos social, cultural, político etc., nos quais ela é construída.* Isso evidenciaria que a ciência não se constrói apartada de influências externas e que seus conhecimentos não são neutros. Apesar de isso estar exposto no trabalho de Moura (2014) como um aspecto consensual da natureza da ciência, não existe consenso em relação ao teor da influência desses aspectos no conhecimento produzido pela ciência. Esse ponto será abordado logo mais à frente.

- *O entendimento de que o fazer científico envolve aspectos pessoais dos cientistas, que também sofrem influências externas.* Isso traz a ideia de que os cientistas não são seres especiais, mas seres humanos como outros, não alheios ao mundo ao redor, que podem cometer erros e inclusive podem utilizar suas crenças e expectativas pessoais para elaborar e legitimar suas ideias.

Com os elementos listados acima, não queremos apresentar todos os pontos que possivelmente seriam consensuais, mas mostrar que existe um núcleo de elementos sobre a ciência e o fazer científico que possivelmente serão tratados como importantes ou necessários nas discussões a respeito da natureza da ciência. Outra lista de aspectos consensuais é feita por Eflin, Glennan e Reisch (1999) e possui semelhanças e interseções com a lista elaborada por Moura, mas também destaca outros elementos. Não consideramos que essas diferenças entre as listagens mereçam ser destacadas aqui, mas sim a indicação de que existem certos conjuntos de aspectos sobre os quais, tomados em linhas gerais, não parece haver grandes controvérsias. No entanto, cabem aqui duas considerações. A primeira é que essas listas não são definitivas. Assim como a ciência é considerada mutável e dinâmica, não podemos perder de vista que os aspectos da natureza da ciência também são e, por isso, conjuntos de aspectos consensuais não devem ser tomados como derradeiros, mas como um reflexo do nosso entendimento atual sobre o tema (NORONHA, 2014; ASSIS, 2014). A segunda consideração é que esse consenso se dá em linhas gerais e que um maior aprofundamento sobre os temas pode sim levar a novos dissensos e debates<sup>11</sup>.

Em relação a aspectos mais diretamente identificados como não consensuais, ou seja, que não possuem o mesmo tipo de concordância nos debates entre educadores da ciência, o trabalho de Eflin, Glennan e Reisch (1999) indica dois desses aspectos, que dizem respeito a áreas mais estritamente relacionadas a discussões em andamento na filosofia da ciência. O primeiro se refere ao *teor da influência de fatores históricos e sociais na geração de conhecimentos científicos*. Sobre essa questão, os autores colocam que existe certo consenso que compromissos teóricos e fatores sociais e históricos possuem papel na ciência, mas que há uma considerável discordância sobre sua natureza e força. Já o segundo aspecto não consensual é relativo ao debate *realismo/antirrealismo*. O Capítulo 2 desta tese é dedicado a uma discussão desse ponto.

Apesar de serem áreas não consensuais, as questões postas por elas também podem trazer reflexões relevantes sobre a ciência, seu funcionamento, bem como características de seus conhecimentos. Controvérsias fazem parte da ciência e das discussões filosóficas sobre ela.

Tratando especificamente do debate realismo/antirrealismo, que entre outras coisas aborda o *status* ontológico de entidades científicas, é provável que um professor de ciências

---

<sup>11</sup> Também existem críticas a listagens desse tipo, sobre a existência de aspectos consensuais a respeito da natureza da ciência. Algumas delas podem ser encontradas em Alters (1997) e em Irzik e Nola (2011).

precisará lidar em algum momento de sua atuação profissional com a questão da realidade de entidades que não são acessíveis aos sentidos, tendo talvez de explicar em que se baseia uma proposição sobre sua existência. Questionamentos a respeito da realidade dessas entidades parecem ser bastante razoáveis, considerando que não são simplesmente coisas que podem ser vistas, mas representam um conjunto de considerações sobre o mundo que servem como ferramentas explicativas para determinados fenômenos.

Sobre esse ponto, Matthews (1994, p.4, tradução nossa) aponta que:

Algo que é comum ocorrer nas aulas de ciências é uma criança perguntar: Se ninguém viu átomos, como nós podemos construir imagens deles? Essa criança está levantando uma das mais interessantes questões da filosofia da ciência: a relação entre evidência e modelos, e entre modelos e realidade. Bons professores de ciências devem incentivar tais questionamentos e ser capazes de prover respostas satisfatórias ou sugestões para mais questões. Responder “eu não sei” ou “porque está no livro” é abrir mão da oportunidade de introduzir os estudantes às ricas dimensões metodológicas da ciência.

Na seção seguinte traremos alguns estudos que abordam a questão do realismo e da ontologia da ciência e caminharemos para a especificação das nossas questões de trabalho.

### **1.3 – O realismo e a dimensão ontológica do conhecimento científico no ensino de ciências**

Reflexões sobre a dimensão ontológica do conhecimento científico, ou seja, aquilo que existe no mundo na visão científica, parece não receber muita atenção quando se pensa em formas mais tradicionais de ensino de ciências. Na física, átomos, elétrons, fótons são elementos que fazem parte dessa dimensão ontológica, sendo produtos das investigações científicas, tal como as teorias e modelos. E todos parecem ser tratados de forma meramente instrumental, muitas vezes considerados tão somente como “fatos objetivos”, com ênfase em cálculos matemáticos de situações que envolvem essas entidades.

No entanto, considerações a respeito dessa dimensão ontológica, em particular a questão da realidade de entidades inobserváveis, não são triviais. Percebemos isso nas discussões referentes ao realismo científico, que abordaremos mais adiante neste trabalho. Na presente seção traremos alguns estudos, sobretudo na área de ensino de ciências, que incorporam elementos dessa questão. Ela faz parte do que se convencionou chamar de natureza da ciência, mas os estudos nessa temática são relativamente escassos.

Aspectos relacionados ao debate em torno do realismo científico, talvez por ser um aspecto não consensual da natureza da ciência, não têm o mesmo tratamento na literatura em

ensino de ciências que os aspectos ditos consensuais. Em relação a esses últimos, como já apontamos, existem trabalhos que discutem visões que seriam consideradas “adequadas” ou “inadequadas” sobre a ciência, devido, justamente, a certos consensos estabelecidos, mesmo existindo ressalvas e críticas. No entanto, no que se refere ao debate a respeito do realismo científico, talvez seja necessário ainda mais cuidado ao considerar a existência de visões adequadas ou mesmo o que seria esse tipo de visão. Se tomarmos a questão da realidade das entidades inobserváveis da ciência, por exemplo (se existem ou não de forma independente das teorias científicas e instrumentos que as identificam e descrevem), não existe uma resposta que possa ser considerada certa ou errada. Nesse sentido, não seria nesses termos que haveria uma visão adequada ou inadequada. No entanto, podemos dizer que uma possível inadequação esteja relacionada ao tratamento dessas entidades de forma ingênua, ou como meras revelações imediatas da realidade (um realismo ingênuo) ou como simples ficções que podem ser trocadas por outras sem maiores problemas.

Existem trabalhos em ensino de ciências que, apesar de se referirem a questões ontológicas do conhecimento científico, não tratam de aspectos relacionados às problemáticas postas pelas discussões acerca do realismo. Dentre eles podemos citar Mariani e Ogborn (1991) e Mariani (1992), cuja preocupação era estudar o raciocínio de estudantes sobre certas entidades e conceitos científicos, olhando, entre outras coisas, como esse raciocínio entende determinadas “categorias ontológicas” como objeto, causa, espaço e tempo.

Outro trabalho é o de Chi, Slotta e Leeuw (1994), onde são feitas considerações a respeito da ontologia de determinadas entidades e conceitos, que seriam, na concepção dos autores, ou matéria ou processos ou estados mentais<sup>12</sup>. Além disso, eles argumentam que se as concepções iniciais dos estudantes foram ontologicamente compatíveis com as concepções científicas relacionadas a um certo domínio, ou seja, se ambas estiverem em uma mesma categoria ontológica, a aprendizagem do conceito científico seria mais fácil do que se estiverem em categorias ontológicas diferentes; nesse segundo caso, a incompatibilidade entre as representações categóricas dos estudantes e a categoria ontológica a que os conceitos científicos realmente pertenceriam levaria a dificuldades na sua aprendizagem e à necessidade de uma mudança conceitual.

---

<sup>12</sup> Gupta, Hammer e Redish (2010) tecem críticas a essa perspectiva que classifica entidades e conceitos como pertencentes a categorias ontológicas completamente distintas, estáveis e restritivas. Além disso, esses autores também criticam a consideração de Chi, Slotta e Leeuw de que não haveria flexibilidade na visão ontológica das pessoas.

Trabalhos como esses citados, apesar de se referirem a aspectos ontológicos, não estavam focados na problemática concernente à realidade das entidades da ciência e nem a questões epistemológicas relacionadas às formas de acesso a elas. Neles, as referências à ontologia consistiam em formas de classificação de entidades ou conceitos científicos, já tomados como elementos dados e reais.

No entanto, considerações relacionadas ao debate em torno do realismo científico também aparecem em alguns trabalhos. Apesar de o debate filosófico em torno desse tema não possuir solução definitiva, encontramos trabalhos em ensino de ciências que defendem um ensino feito com base em uma concepção realista. Ou porque consideram essa perspectiva filosófica mais adequada (BARRA, 1998; GILBERT *et al.*, 2000; MATTHEWS, 1994) ou porque entendem que uma concepção não realista da ciência poderia levar à ideia de que não compensaria estudá-la, já que, nesse tipo de concepção, o conhecimento científico não diria nada sobre a realidade (PIETROCOLA, 1999). No entanto, nos parece que esses trabalhos não se contrapõem somente a concepções antirrealistas, mas sobretudo a concepções relativistas mais radicais ou mesmo idealistas, que relativizam não só a realidade de teorias e entidades, mas também os padrões de racionalidade da ciência ou mesmo a noção de que o conhecimento pode ser a representação de um mundo independente do observador. O chamado Construtivismo Radical proposto por Ernst von Glasersfeld seria uma das posturas criticadas, já que, como encontramos no trabalho de Pietrocola (1999), ele abandona o realismo metafísico (a noção da existência de um mundo exterior independente) e, com isso, os conhecimentos científicos, como conhecimentos sobre o mundo, fariam menos sentido.

O trabalho de Cobern e Loving (2008) também defende um ensino de ciências baseado em uma noção realista, mas considera que uma defesa do realismo por meio de argumentos filosóficos não é efetiva com professores. Esses autores apontam que o pensamento educacional esteve dominado por epistemologias empiristas, antirrealistas e instrumentalistas. Consideram que tanto o construtivismo psicológico quanto o construtivismo social, que desempenharam um papel importante nas discussões educacionais das últimas décadas, são formas de antirrealismo. Assim, argumentam que os proponentes das teorias construtivistas valoram o conhecimento pela sua utilidade e evitam, por considerarem irrelevantes, as especulações sobre esse conhecimento dizer respeito à realidade. Na crítica dos autores, o construtivismo teria semelhança com as formas iniciais do empirismo, ou seja, considera que o conhecimento é adquirido por meio da experiência,

direta ou indireta, e que teorias sem base na experiência não possuem valor. Para uma defesa do realismo, os autores apresentam uma discussão fictícia entre dois educadores, um relativista e outro realista, apontando como principal argumento a favor do realismo o fato de que não há outra forma racional de explicar a capacidade humana em aumentar o poder instrumental das teorias científicas a não ser considerando que elas têm relação com o mundo real. Ao final dessa discussão fictícia, os autores apresentam um impasse: não é possível saber com certeza se experiências perceptivas e vivenciais *são* ou *não são* significativamente fundamentadas em uma realidade ontológica. No entanto, eles buscam dar uma possível solução à questão de uma forma que, nas palavras deles, “[...] muitos educadores hoje em dia iriam considerar bastante atraente” (COBERN e LOVING, 2008, p.440, tradução nossa). Para tanto, utilizam argumentos elaborados no século XVIII por Thomas Reid, baseados no senso comum. O senso comum, para Reid, seria um tipo de conhecimento fundamentado na experiência de muitas pessoas e, apesar de poder estar errado, ele seria uma posição padrão que não deveria ser abandonada até que houvesse evidência substancialmente persuasiva para isso. Com esse argumento, os autores defendem que uma posição realista está baseada no senso comum e que por isso não deveria ser abandonada, tendo em vista que posições não realistas não são mais prováveis de serem verdadeiras, ou seja, não existem evidências suficientemente persuasivas para adotá-las. Vale lembrar que os autores colocam esse argumento em um contexto de discussão com professores de ciência e não em um debate filosófico, tal como foi feito por Arthur Fine<sup>13</sup> (1986a).

Além desses trabalhos, que fazem uma defesa do realismo sem necessariamente propor que uma discussão sobre ele seja efetivamente levada à sala de aula, existem outros que defendem a inclusão de elementos relacionados a esse tema em atividades de ensino. E, para tanto, julgam que a utilização de episódios históricos seja algo proveitoso.

Um dos trabalhos que defende a utilização de elementos históricos para o tratamento explícito da temática concernente ao realismo é o de Noronha (2014). Nele se investiga quais aspectos do debate realismo/antirrealismo surgem das discussões históricas e filosóficas da teoria da relatividade especial e, além disso, têm potencial para promover debates no ensino de física. É descrita uma pesquisa com estudantes de licenciatura e bacharelado em física da USP que procurava investigar as concepções filosóficas dos estudantes sobre a questão do realismo e antirrealismo científicos no contexto histórico da teoria da relatividade. Entre seus resultados, o trabalho aponta que o contato com elementos

---

<sup>13</sup> Algumas ideias de Fine, especialmente o conceito de atitude ontológica natural, se encontram no Capítulo 3.

históricos pôde trazer ricas discussões e reflexões entre os estudantes de física. Para o autor, a abordagem de aspectos não consensuais da natureza da ciência no ensino de ciências tem a vantagem de possibilitar uma compreensão mais profunda de características da ciência.

Outro trabalho que faz uma defesa da utilização no ensino de física de casos históricos para uma análise da interface entre história e filosofia, em particular sobre o debate entre concepções realistas e antirrealistas, é o de Dion e Loures (2013). Os autores apontam que, assim como o cientista detém uma metafísica que orienta suas escolhas, um estudante também possuiria sua própria “metafísica”, um conjunto de crenças que, embora não articuladas, também orientariam suas formas de conceber a natureza da ciência. Isso inclusive guiaria o entendimento deles a respeito da realidade das entidades inobserváveis presentes nas teorias da física. Para os autores, os estudantes apresentam dificuldades com essas entidades, já que é comum não fazerem distinção entre o que seria uma interpretação literal e existencial dessas entidades e outra que as considera como modelos ou que lhes atribui função eminentemente heurística. Dion e Loures utilizam uma noção vinda de Bachelard de que um certo tipo de realismo seria uma “filosofia inata”, “que se apoia na explicação das propriedades das coisas pela substância, e que considera a Ciência no nível das qualidades sensíveis diretas” (DION e LOURES, 2013, p.202) e consideram que isso mostra uma oposição entre essa postura dos estudantes e as abstrações que são características da física. Esse realismo não crítico, apegado a qualidades sensíveis diretas, nas palavras dos autores, não seria “o resultado de uma escolha, de uma opção filosófica entre as diferentes formas de entendimento sobre o que nos dizem as teorias científicas acerca do mundo, mas de um obstáculo que precisa ser trazido à tona; do contrário, o estudante deterá duas visões, a física da escola e aquela na qual acredita de fato” (DION e LOURES, 2013, p.202). Com isso, os autores advogam que é relevante a consideração do debate realismo/antirrealismo em situações de ensino de física. No entanto, entendem que esse debate somente adquire sentido se associado a episódios históricos, utilizando fontes primárias, que acrescentem conteúdos de ciências significativos para essa discussão. Dessa forma, apontam que é possível introduzir a discussão sem apelar para seus aspectos mais técnicos, o que permitiria aproximar a discussão do interesse e das concepções dos estudantes. Como exemplo de trabalho, eles citam a utilização de textos originais de Michael Faraday a respeito do conceito de linhas de força.

O trabalho de Silva (2013) também utiliza um episódio histórico nas suas argumentações, nesse caso para defender a ideia de que a atitude filosófica acerca da

existência de entidades científicas não passa exclusivamente por discussões de natureza ontológica, mas também por uma dimensão explicativa. Nesse sentido, por meio de um episódio da história da ciência – a construção do conceito de oxigênio como uma alternativa viável à teoria do flogisto –, ele busca mostrar que nem sempre a discussão a respeito da existência de entidades e processos é a discussão mais importante, mas que para os cientistas o fundamental é a construção de hipóteses que efetivamente expliquem determinados fenômenos, que acabam por definir também uma ontologia. Dessa forma, ele advoga que em uma situação de ensino, mais do que a questão de se estabelecer um veredito frente à existência ou não de certas entidades, o importante seria o professor poder fornecer uma imagem de ciência em que sejam mostradas as complexidades relacionadas à história do conceito que se pretende tratar. Com isso, estariam sendo apresentados aspectos do funcionamento da ciência e que a (suposta) existência de certas entidades é assumida por uma necessidade de teorias.

Nessa questão, da existência de uma entidade ser assumida em virtude da capacidade explicativa trazida por essa existência, é utilizada uma inferência chamada de *inferência abdutiva*. De acordo com Chibeni (1996), nesse tipo de inferência o poder explicativo de uma hipótese parece fornecer bases para cremos em sua verdade. Segundo Peirce (apud CHIBENI, 1996, p.46), “o fato surpreendente, C, é observado. Mas se A fosse verdade, C seria um fato natural. Logo, há razões para suspeitar que A seja verdade”.

Chibeni exemplifica a utilização dessa inferência da seguinte forma:

Ao adentrarmos uma sala, vemos sobre uma mesa um saco com feijões brancos e, ao seu lado, um punhado de feijões brancos. Diante disso, estimando que a hipótese de que os feijões do punhado vieram do saco representa a melhor explicação para o fato (e, além disso, é uma boa explicação para ele), inferimos abdutivamente que essa hipótese é, muito provavelmente, verdadeira. (CHIBENI, 1996, p.46).

De acordo com Silva (2013), esse tipo de inferência é algo que faz parte do processo de construção do conhecimento científico e daí emergiria uma imagem da ciência que poderia ser utilizada por professores em seus cursos.

Essa ideia de que em uma explicação científica no ensino de ciências está envolvida uma “construção de entidades” também foi explorada nos trabalhos de Ogborn *et al.* (1996) e de Martins, Ogborn e Kress (1999). Em um estudo cujo foco foram as explicações científicas, esses autores colocam que uma explicação é um processo que envolve “a criação de novas visões de mundo, onde possam existir novas entidades constituintes e participantes de novas realidades” e, além disso, as explicações tratam de “como essas entidades atuam

juntas de forma a produzirem fenômenos”<sup>14</sup> (MARTINS, OGBORN e KRESS, 1999, p.35). Os autores apontam que as explicações científicas teriam estrutura semelhante à de “estórias”, cujos protagonistas seriam as entidades da ciência, que possuem poderes próprios de ação e interagem em sequências de eventos. Dependendo do fenômeno tratado, essas “estórias científicas” podem envolver entidades não familiares, que realizam ações não triviais em um mundo ou cenário inacessível. Nesse sentido, assim como uma “estória” precisa da apresentação de seus “protagonistas”, uma explicação científica acerca de determinado fenômeno tem de apresentar entidades da ciência, pois elas são recursos utilizados na explicação. E essas entidades precisam ser construídas, precisam ser objeto de reflexão e análise, para, no futuro, se tornarem ferramentas para o pensamento, transformando-se em partes das explicações. Nesse caso, as entidades precisariam se tornar recursos para o pensar por meio da sua utilização, e não somente algo para se pensar sobre. Dessa forma, a construção das entidades seria também a construção de futuras explicações.

Das colocações dos autores depreende-se que uma explicação é baseada na ontologia das entidades físicas envolvidas nos fenômenos a serem elucidados, uma vez que esses fenômenos adviriam das propriedades e características dessas entidades. Muito das explicações em salas de aula de ciências não são explicações de fenômenos, mas de recursos que os estudantes precisam para a compreensão dos fenômenos (OGBORN *et al.*, 1996) e, em grande medida, requerem a aceitação de um mundo fundamentalmente diferente daquele do senso comum. Essas explicações frequentemente fazem uso de entidades não acessíveis sensorialmente, longe dos conhecimentos ordinários do mundo do dia a dia, e que não fazem sentido até conhecermos o que supostamente essas entidades podem fazer, o que pode ser feito a elas e como são constituídas. Ao mesmo tempo, e aqui está uma questão complexa, a razão da existência dos conceitos que dizem respeito a muitas dessas entidades deve-se, em parte, ao papel delas nas explicações. Ou seja, a explicação não pode ser dada antes da apresentação dessas entidades, mas a razão delas serem apresentadas é justamente a própria explicação (OGBORN *et al.*, 1996).

As ideias apresentadas por Ogborn e colaboradores trazem a noção de que em situações de ensino, para além das questões próprias das discussões filosóficas em relação às entidades científicas, também ganha relevância a questão das relações entre as noções

---

<sup>14</sup> Segundo Ogborn *et al.* (1996), uma visão comum das explicações científicas era a que as via como deduções de leis científicas. Para os autores, a não ser em algumas partes mais teóricas da física, essa visão era difícil de ser levada a sério.

ontológicas próprias da ciência e aquelas do senso comum, vindas do contexto do dia a dia. Nesse sentido, aparece a ideia de que a questão da realidade de entidades inobserváveis, ou dos critérios de definição dessa realidade, em contraste com os critérios próprios da vida cotidiana, são elementos que, de uma forma ou de outra, fazem parte do trabalho do professor. Sobre essa questão, de acordo com Matthews,

Um professor de ciência histórica e filosoficamente instruído pode ajudar os seus alunos a compreenderem exatamente como a ciência apreende e não apreende o mundo real, subjetivo e vivido. Um professor sem essa instrução deixa os estudantes com a infeliz escolha entre rejeitar, por ser uma fantasia, ou o seu próprio mundo ou o mundo da ciência. (MATTHEWS, 1994, p.213, tradução feita por BARRA, 1998, p.15).

Esse trecho nos leva à questão das diferenças entre as caracterizações epistemológicas e ontológicas do mundo da ciência e do mundo vivido no dia a dia. Matthews aponta que, ao eleger um deles como verdadeiro, os estudantes poderiam ser lavados a rejeitar o outro devido às diferenças entre eles. Com isso, a preocupação externada pelo autor é de que um professor saiba lidar com as formas pelas quais esses dois mundos se relacionam. Para isso, acrescentamos, é necessário que o domínio ontológico do campo científico não seja tratado com os mesmos critérios do mundo cotidiano, o que poderia levar a problemas no entendimento da ciência.

Essa noção de que o mundo da ciência e aquele vivido no dia a dia possuem diferentes caracterizações ontológicas e epistemológicas será melhor desenvolvida no decorrer desta tese, sobretudo com a adoção de um referencial que aborda o tópico como diferenças entre estruturas culturais (SEWELL, 2005). Segundo esse referencial, em nossas vidas estamos em contato com diversas dessas estruturas culturais, que se sobrepõem e se relacionam, e, dessa forma, a aprendizagem científica se dá em relação com outras estruturas, com outras caracterizações sobre o mundo.

Sobre essa questão, já apontamos as visões externadas por Guerra-Ramos (2012) e por Pórlan e Rivero (1998 apud HARRES, 1999) a respeito das visões pessoais que professores possuem sobre a ciência serem ecléticas, que elas podem misturar diferentes pontos de vistas, e que certas cosmovisões particulares podem influenciar o entendimento que possuem sobre a ciência e seus conhecimentos. Pensamos que as ideias de Sewell também nos auxiliam na explicação desses pontos.

#### 1.4 – Especificando nossas questões de trabalho

Dos elementos trazidos até aqui, procuramos esclarecer que um entendimento de certos aspectos da natureza da ciência vem sendo considerado como elemento fundamental para a atuação de professores. Isso levando em consideração uma educação científica que aborde não somente aspectos conceituais das teorias da ciência, muitas vezes de forma quase somente operacional, mas que também proporcione certo entendimento sobre questões implicadas mais amplas, como a natureza dos conhecimentos científicos ou mesmo como esses conhecimentos exercem influência sobre nossa imagem do mundo. Esses aspectos se somam a diversos outros considerados importantes para a formação docente, que vieram se estabelecendo durante as últimas décadas, tendo como influência fundamental as pesquisas e reflexões desenvolvidas sobre formação de professores e sobre ensino de ciências de forma mais geral.

No desenvolvimento de seu trabalho, um professor de ciências, de física em particular, terá de lidar com entidades inobserváveis que fazem parte das teorias científicas. Por isso, a questão da realidade dessas entidades, ou os critérios que a ciência usa para caracterizar sua existência, são elementos que fazem parte do trabalho docente. Reflexões a respeito desses aspectos podem contribuir para um entendimento mais acurado da própria ciência. Já apontamos anteriormente que levamos em consideração que as visões dos professores influenciam a forma pela qual seu trabalho é desenvolvido e o tipo de mensagem sobre a ciência que é transmitida aos seus estudantes. Isso ganha importância ao valorizarmos um trabalho docente que consiga transmitir visões menos estereotipadas da ciência e seus conhecimentos, de forma a não reproduzir ou reforçar noções ingênuas.

As entidades científicas que aparecem em teorias e modelos são produtos construídos ao longo de um processo complexo e a transposição do contexto da ciência para o contexto do ensino de ciências não é trivial. Considerações a respeito da realidade ou não desses componentes do mundo podem ser feitas sob a perspectiva filosófica, em discussões como as que se dão em torno do realismo científico, e também sob uma perspectiva que chamamos de *sociocultural*, contrastando o tipo de caracterização sobre o mundo feita pela ciência com as caracterizações feitas sob a perspectiva de outras estruturas culturais (SEWELL, 2005)<sup>15</sup>.

---

<sup>15</sup> A partir dos referenciais que adotamos, cultura e sociedade são dois aspectos intimamente relacionados, não sendo possível falar de um sem o outro, por isso a utilização do termo *sociocultural*. Ele está sendo empregado em sentido amplo, não se configurando como um alinhamento a outras perspectivas teóricas que também o utilizam.

É nessa última perspectiva que buscamos realizar as análises na presente tese, explorando questões relacionadas à realidade de entidades inacessíveis aos sentidos, com suas devidas complexidades e tensões. Nas páginas anteriores, procuramos esclarecer a relevância que esse tema tem para o ensino de física. Entendemos que ele ainda não foi suficientemente explorado nas pesquisas em educação científica, havendo espaço para estudos nessa temática. Nesse sentido, dentre as diversas possibilidades de investigar a questão, buscaremos estudá-la num contexto de professores em formação.

Para isso, iremos pontuar algumas noções teóricas que consideramos importantes para abordar a questão da realidade das entidades científicas, bem como da realidade de outros aspectos do mundo, e, utilizando esses conceitos como suporte para análises, buscaremos investigar algumas formas de entendimento de estudantes de graduação em física, futuros professores, sobre a realidade das entidades científicas. Interessa-nos compreender como esses estudantes concebem e justificam a realidade de entidades da ciência, ou seja, quais noções ontológicas e epistemológicas aparecem nas suas visões a respeito dessas entidades que fazem parte da caracterização do mundo feita pela ciência.

Acreditamos que nas visões manifestadas pelos licenciandos existem influências de diversos tipos, mas julgamos que a formação em física deve dar subsídios e ter certo peso na composição dessa visão. Pensando nas entidades científicas, entendemos que elas somente ganham significado na medida em que há uma imersão nas formas científicas de caracterizar o mundo e, dessa forma, a formação em física pode trazer a oportunidade de mudanças em visões ontológicas e epistemológicas espontâneas. Nesse sentido, caberia também uma análise da maneira pela qual essas entidades são apresentadas aos estudantes e se isso se aproxima das formas pelas quais eles caracterizam as entidades.

Finalmente, por considerarmos importante uma abordagem reflexiva a respeito do conhecimento científico, bem como sobre a realidade das entidades científicas, pensamos ser relevante investigar formas de contribuir para certas reflexões dos licenciandos acerca de aspectos ontológicos e epistemológicos próprios do conhecimento científico, considerando que um posicionamento reflexivo favoreceria uma futura atuação docente mais autônoma, principalmente sobre o que envolve esse tipo de questão.

Serão apresentados nesta tese três estudos, referentes a essas três questões.

Posto isso e os delineamentos iniciais, no próximo capítulo iniciaremos as caracterizações teóricas desta tese, começando por uma discussão a respeito do realismo científico.



## **2 – O PROBLEMA DA REALIDADE NA CIÊNCIA: ELEMENTOS GERAIS DE UMA DISCUSSÃO SOBRE REALISMO CIENTÍFICO**

Como é possível entender como reais certas entidades da ciência que não podem ser diretamente percebidas, mas somente caracterizadas por meio de aparatos teóricos e experimentais? E as teorias que explicam fenômenos do mundo utilizando esse tipo de entidade, podem ser consideradas reais?

Ao tratarmos e pensarmos sobre os conhecimentos científicos, é possível que aflorem questões como essas, que estão relacionadas à discussão filosófica a respeito do realismo científico. Para caracterizar uma visão sobre esse tema, apresentaremos a seguir elementos do debate a respeito da realidade das teorias científicas e das entidades inobserváveis postuladas por elas, entidades essas que estão amplamente presentes na visão de mundo da ciência. Esse debate indica que essa não é uma questão trivial e, além disso, que algumas afirmações sobre certos aspectos do mundo, feitas em cursos de ciências, talvez mereçam mais atenção e cuidado.

### **2.1 – Realismo e antirrealismo**

A discussão acerca da relação entre os conhecimentos científicos e o mundo é complexa, relacionada com os critérios usados para a aceitação das teorias e, conseqüentemente, dos conhecimentos por elas postulados, incluindo-se aí uma determinada ontologia.

Os fatores que levam à aceitação de uma determinada teoria científica são vários. Entre eles, Dutra (1998) aponta o poder explicativo em relação a um determinado domínio de fenômenos, a plausibilidade em relação à tradição científica já estabelecida, além de certa confirmação dada por experimentos. Essa aceitação também dependerá, em grande medida, do grau de elaboração da teoria e do grau de sofisticação dos testes utilizados. Esses pontos podem ser considerados como virtudes epistêmicas ou cognitivas relacionadas à aceitação de teorias. No entanto, alguns autores, como Thomas Kuhn (2005), argumentam que fatores de ordem não-cognitiva também entram em jogo na aceitação ou não de determinada teoria, dentre eles a formação do cientista ou fatores de ordem social e cultural.

Deixando de lado os fatores não-cognitivos, podemos dizer que, em grande medida, uma teoria é aceita porque ela explica determinados fenômenos e, além disso, é eficiente em prever outros. Isso pode ser chamado de confiabilidade instrumental e, nesse caso, costuma-se dizer que a teoria é empiricamente adequada (DUTRA, 1998).

Uma possível explicação acerca da possibilidade de que teorias sejam empiricamente adequadas consiste em dizer que elas são verdadeiras ou, pelo menos, aproximadamente verdadeiras. Esse tipo de resposta é dado pelo realismo científico, que defende que as teorias científicas são um relato aproximadamente verdadeiro de como o mundo é, afirmando a existência das entidades postuladas por essas teorias (DUTRA, 1998; TIERCELIN, 1999). Tal visão é baseada na ideia da existência de um mundo exterior independente de nossos conhecimentos, experiências e opiniões sobre ele (*tese da independência* – realismo metafísico), e que a ciência consegue alcançar informação substancial e correta sobre aspectos desse mundo (*tese do conhecimento* – realismo epistemológico). Utiliza-se aqui uma concepção clássica da verdade, considerada como correspondência com o mundo.

A *tese da independência* é rejeitada por formulações idealistas. Já a *tese do conhecimento*, por formas de ceticismo que afirmam que não podemos conhecer a verdade sobre o mundo (PAPINEAU, 1996). Especificamente na filosofia da ciência, as teses céticas centram-se principalmente nas entidades inobserváveis postuladas pelas teorias científicas modernas, pois não é de todo óbvio que conheçamos tais entidades, uma vez que não temos qualquer indício sensorial a favor delas. Afirmar que uma teoria é adequada empiricamente envolve experimentos cujas constatações dizem respeito a entidades que ocorrem em seus próprios arranjos experimentais e não a objetos presentes no mundo da experiência ordinária.

O termo antirrealismo representa ideias que se opõem às teses realistas na ciência. Inclusive englobando, em algumas de suas vertentes, teses céticas como as citadas acima. Dentre as diversas formas de antirrealismo, descreveremos três como forma de pontuar melhor essas ideias. Para isso, nos basearemos em Chibeni (1996). A primeira não é uma tese cética, as duas outras o são.

O *Redutivismo* defende que as proposições teóricas sobre aquilo que não é observável são, na verdade, espécies de “abreviações” para proposições mais complexas sobre entidades e processos observáveis, ou seja, seriam fórmulas econômicas por meio das quais resumimos uma série de observações; não devem ser interpretadas literalmente, mas “reduzidas” a proposições observacionais para que seu verdadeiro conteúdo empírico e significado se evidenciem. Essa tese não é cética, mas, conforme apontado, utiliza uma interpretação não literal da linguagem científica.

O *Instrumentalismo* sustenta que as referências que as teorias científicas fazem a entidades ou processos não observáveis são na verdade instrumentos úteis que auxiliam a

conexão e a estruturação das proposições sobre coisas e processos observáveis. Dessa forma, as proposições a respeito daquilo que não é observável não seriam proposições genuínas, mas pseudoproposições, não cumprindo nenhuma função descritiva de aspectos não-observáveis do mundo.

Uma terceira forma de antirrealismo, considerada por Chibeni (1996) como a forma mais plausível de antirrealismo científico, é o *Empirismo Construtivo*, proposto por Bas van Fraassen (1980). Nela, as proposições sobre aspectos não observáveis são consideradas proposições genuínas e devem ser interpretadas literalmente, mas não seria objetivo da ciência a determinação de seu teor de verdade. O objetivo da ciência, nessa concepção, seria fornecer teorias que são empiricamente adequadas.

Todas essas três posições antirrealistas citadas são realistas em relação aos objetos materiais ordinários.

De modo geral, daqui para frente no presente trabalho, tomaremos as teses antirrealistas expostas em seus aspectos mais gerais, sem tratar de especificidades de cada uma delas, contrapondo os argumentos que as sustentam com aqueles que dão sustentação ao realismo. Temos, então, que nessas concepções antirrealistas, o conhecimento da ciência em relação ao que é inobservável não necessariamente representa um mundo que é independente ou verdadeiro, uma vez que o conhecimento se limita estritamente ao que pode ser fornecido por evidências, ao que é diretamente observável por meio dos sentidos. Assim, conhecimentos teóricos não tratariam necessariamente do mundo tal como ele é, mas uma teoria seria aceita desde que funcionasse adequadamente. E isso não diria nada sobre a verdade dessas teorias e nem sobre os processos e entidades inobserváveis postulados por elas. Essas últimas poderiam ser tomadas como instrumentos (Instrumentalismo), um termo que resume certas observações (Reduccionismo – Bertrand Russell e posteriormente os empiristas lógicos) ou mesmo ficções (Empirismo Construtivo – Bas van Fraassen).

Para exemplificar a dicotomia entre realismo e antirrealismo, Chalmers (1993) afirma que a interpretação realista da teoria cinética dos gases é a de que os gases são realmente feitos de moléculas em movimento aleatório, colidindo umas com as outras e com as paredes do recipiente que as contém; já em uma interpretação antirrealista poderia ser dito que as moléculas a que se refere a teoria constituem ficções ou mesmo instrumentos convenientes que habilitariam os cientistas a fazer relações e previsões sobre manifestações observáveis das propriedades dos gases.

Apesar de a discussão realismo/antirrealismo se manter atual, ela não é nova, já apareceu em outras ocasiões, como, por exemplo, com George Berkeley se recusando a

aceitar as consequências realistas da mecânica de Newton, uma vez que essas não poderiam ser observadas diretamente por meio dos sentidos (SILVA, 1998). Assim, para Berkeley, força, inércia, gravidade, não seriam entidades realmente existentes – como pensava Newton –, mas criações teóricas, sem nenhuma referência externa. Seriam categorias explicativas, sem autonomia ontológica, que acomodariam de forma bastante razoável o material da experiência, mas não fariam referência a entidades extra teóricas. Matthews (1994) cita outros episódios históricos desse tipo de discussão, como, por exemplo, o realismo de Max Planck a respeito dos átomos em contraposição às ideias empiristas de Ernest Mach. Ou seja, o *status* ontológico das entidades científicas já vem sendo debatido há bastante tempo e até hoje é uma questão controversa.

## 2.2 – Alguns argumentos usados no debate entre as posições realista e antirrealista

Uma defesa do realismo pode ser realizada pelo *argumento da coincidência cósmica*<sup>16</sup> (SMART apud CHIBENI, 1996), que utiliza como critério o êxito empírico da ciência. Além disso, Tiercelin (1999) apresenta três argumentos que são usados para essa mesma defesa. O primeiro é o fato de a ciência poder unificar teorias diferentes (como a teoria cinética e a teoria atômica ou as teorias de Kepler e Galileu na gravitação de Newton), o que nos leva a pensar que essas teorias estão, sim, descrevendo aspectos do mundo. Um segundo argumento seria o caráter explicativo das teorias: como uma teoria pode realmente explicar os fenômenos ao postular entidades que não existem? E um terceiro seria a existência de novas previsões.

No entanto, como já foi dito, o sucesso explicativo e preditivo da ciência não resolve definitivamente a questão. Uma análise histórica da ciência também mostra certa inadequação na tentativa de justificar o realismo com base em sua explicação do êxito científico, o que pode levar a uma defesa do antirrealismo. Existiram teorias científicas que apresentaram considerável êxito em sua época, mas que postularam entidades teóricas cuja existência hoje é negada (por exemplo o flogisto ou o fluido calórico). Quer dizer, há teorias que foram bem-sucedidas, mas que, na concepção atual, não fazem referência a objetos do mundo físico (PLASTINO, 1995). Isso porque as teorias científicas mudam e, como aponta

---

<sup>16</sup> Esse argumento “[...] simplificadamente, consiste em alegar que se uma teoria prediz corretamente uma grande quantidade e variedade de fenômenos é improvável que seja falsa acerca dos elementos do mundo de que suas predições empíricas dependem. Se as entidades postuladas pela teoria não existissem, e se o que a teoria diz sobre elas não fosse aproximadamente verdadeiro, somente uma coincidência de proporções cósmicas poderia explicar seu sucesso empírico”. (CHIBENI, 1996, p.56).

Silva (2013), uma das consequências da substituição de uma teoria por outra é que certas entidades, mecanismos e processos científicos que compunham a ontologia da teoria antiga desaparecem. Além disso, mesmo quando certas entidades são mantidas, as transformações conceituais pelas quais as teorias eventualmente passam, podem também levar a modificações a respeito das características dessas entidades postuladas. Por exemplo, o conceito de elétron das teorias atômicas clássicas não é o mesmo das teorias quânticas atuais (DUTRA, 1998). Isso tudo nos leva ao argumento da *meta-indução pessimista*, que aponta que assim como teorias e entidades do passado foram consideradas falsas, as do presente e as do futuro poderão também ser consideradas falsas. No entanto, a concepção realista não é alheia a essa questão e pode argumentar que, em um dado momento, ao se aceitar uma teoria como aproximadamente verdadeira, também se aceitam as entidades designadas por ela.

Além da análise histórica, para a defesa do antirrealismo poderia ser utilizado o argumento da *subdeterminação da teoria pelos dados*. Este é um argumento metodológico que sustenta que para um mesmo conjunto de dados poderia haver mais de uma teoria que os representasse; e essas teorias empiricamente equivalentes (que coincidem no que afirmam a respeito do que é observável) poderiam conflitar em suas afirmações sobre entidades inobserváveis e, assim, seriam ontologicamente distintas. E por não haver como determinar com base nas evidências experimentais qual delas é verdadeira, não haveria base empírica para acreditarmos nas entidades teóricas postuladas por uma teoria empiricamente adequada, pois teorias rivais, observacionalmente indistinguíveis, poderiam incluir em sua ontologia entidades inobserváveis de diferentes tipos.

No entanto, este argumento metodológico também não é livre de problemas. Ele não leva em conta o avanço da ciência e que as evidências empíricas podem variar de acordo com o progresso das teorias ou técnicas experimentais, nem que aquilo que se entende por observável pode alterar-se com o desenvolvimento das ideias científicas. Ou seja, as evidências empíricas da tese da subdeterminação poderiam ser revistas por uma nova teoria (SILVA, 1998). Outro problema seria o de demonstrar que para toda teoria haveria alternativas teóricas empiricamente equivalentes (PLASTINO, 1995).

Além disso, conforme aponta Dutra (1998), falando sobre as ideias de Richard Boyd, como a concepção realista considera que as teorias se relacionam com o mundo, entre duas teorias competidoras seria possível fazer uma escolha com base na maior plausibilidade em relação à tradição estabelecida, uma vez que essa tradição já traz em si elementos de uma

verdade aproximada (já possuiria certa relação com o mundo). Ademais, outros elementos poderiam ser considerados para inferir a melhor explicação.

Além dos argumentos apresentados, que se centram em elementos da própria ciência e de suas teorias, existem outros centrados no realismo e no antirrealismo como teorias filosóficas. Por exemplo, uma fragilidade importante das teses antirrealistas é a distinção que fazem entre o que é observável e o que não é observável. O antirrealismo considera que as teorias só podem dizer algo “verdadeiro” sobre elementos observáveis e, dessa forma, precisa caracterizar o que é observável e o que não é, ou seja, dizer até onde vai o que é observável e onde começa o inobservável. Conforme afirma Dutra (1998), se tomarmos a série: olhar através de uma vidraça, de óculos, de binóculos, de microscópio de baixa potência, de microscópio de alta potência etc., há uma discussão sobre como determinar onde termina o observável. Isso acaba por fragilizar a distinção que o antirrealismo faz entre verdade, nos termos do realismo, e adequação empírica, uma vez que essa distinção se apoia na distinção entre observável e não observável.

Mas a questão da verdade de uma teoria no realismo também é um ponto frágil. Considerar uma teoria científica como aproximadamente verdadeira pode ser considerada uma explicação vaga, pois isso significa que ela possui aspectos verdadeiros e aspectos falsos, de forma não muito precisa. Além disso, segundo Papineau (1996), não pode haver uma maneira independente dos nossos interesses de medir a distância entre uma teoria e a verdade. E a análise histórica de teorias também é um complicador para a ideia de verdade aproximada (ou mesmo de verdade), porque existem teorias do passado que foram bem-sucedidas quanto à previsão, mas não estão nem sequer próximas da verdade, considerada hoje em dia. Por exemplo, a teoria de Ptolomeu – admitida como falsa após a aceitação da teoria heliocêntrica de Copérnico – era, até certo ponto, adequada empiricamente. E para a física atual, nem uma nem outra são verdadeiras. Contudo ambas as teorias podem ser consideradas bons instrumentos preditivos.

Outro ponto, em defesa do realismo, seria o *argumento do milagre* (PUTNAM apud CHIBENI, 1996) que coloca que o realismo é a única posição filosófica que não faz do sucesso da ciência um milagre. O argumento do milagre se baseia em uma analogia: do mesmo modo que o *argumento da coincidência cósmica* aponta que a capacidade de uma teoria científica explicar certos fenômenos constitui evidência da verdade, a capacidade de uma teoria filosófica – o realismo científico – explicar o sucesso da ciência também fornece evidência da verdade dessa teoria filosófica.

No entanto, como o *argumento do milagre* se baseia em uma inferência da melhor explicação – também conhecida como inferência abdutiva –, Fine (1986a) critica o argumento justamente nesse ponto do uso da abdução. É como se a abdução fosse usada (no argumento do milagre para uma defesa do realismo) para explicar a confiabilidade da própria abdução que é usada geralmente na ciência (como explicada no argumento da coincidência cósmica). Ou seja, o realismo, para se justificar, utilizaria o mesmo método que ele procura explicar, o que se configuraria como uma circularidade viciosa. Mas Chibeni (1986) não considera justa essa acusação de circularidade, uma vez que, segundo ele, a abdução não é uma tese, e muito menos a tese em disputa, mas uma regra inferencial que o realista emprega tanto no nível das teorias científicas quanto no nível das teorias filosóficas. Mais ainda, considera que cabe ao realista o direito de usar esse tipo de inferência, considerando que essa utilização parece bastante razoável, quando se consideram as situações como as descritas no argumento da “coincidência cósmica”, da antecipação teórica que as teorias científicas conseguem realizar etc.

De um modo geral, para Dutra (1998), do ponto de vista dos programas epistemológicos, a opção por uma posição realista ou antirrealista irá depender de qual dos aspectos levantados por essas correntes se considera mais relevante, pois ambas possuem fragilidades. Enquanto o realismo destaca o sucesso preditivo da ciência como mais importante, os antirrealistas dão mais ênfase à possibilidade de um mesmo evento ser explicado de modos diferentes, ou seja, ao problema da subdeterminação.

Assim, podemos considerar que tanto o realismo científico quanto o antirrealismo pretendem atribuir um sentido à ciência empírica, compreendê-la dentro de uma concepção filosófica que permita construir uma interpretação global da mesma e analisar seu fundamento e finalidade (PLASTINO, 1995), mas nenhuma das duas teses está livre de problemas.



### **3 – O MUNDO COTIDIANO EM DISCUSSÃO: SENSO COMUM, REALIDADE “SUPREMA” E CONSCIÊNCIA PRÁTICA**

Para além das discussões filosóficas a respeito da verdade das teorias e da realidade de entidades científicas – elementos com os quais entendemos o mundo na perspectiva da ciência –, nossas formas de compreensão da realidade estão relacionadas sobretudo às interações e modos de conceber o mundo que adquirimos no dia a dia. Por esse motivo, apresentaremos três abordagens teóricas que trazem para a discussão elementos relacionados ao cotidiano. A primeira delas é a discussão da atitude ontológica natural, proposta por Arthur Fine (1986a), que é uma tentativa de resolução das questões postas pelo debate realismo/antirrealismo. Apesar de não tratar diretamente sobre noções cotidianas, Fine encaminha a resolução do debate recorrendo a elas e ao senso comum. A segunda abordagem que exploraremos diz respeito a uma análise fenomenológica das maneiras pelas quais entendemos e nos relacionamos com a realidade do dia a dia, vindas das ideias expostas por Alfred Schutz (1974) e por Peter Berger e Thomas Luckmann (2005). Finalmente, a terceira abordagem diz respeito a algumas ideias acerca da consciência, apresentadas por Anthony Giddens (2009), que estão relacionadas ao caráter habitual das atividades da vida cotidiana.

#### **3.1 – Arthur Fine e a atitude ontológica natural**

Em meio à polêmica entre realismo e antirrealismo, em suas diversas formas, Fine (1986a) tenta caracterizar aquilo que, segundo ele, tanto realistas quanto antirrealistas concordariam<sup>17</sup>. Ele aponta que tanto realistas quanto antirrealistas aceitam os resultados de investigações científicas como verdade, da mesma forma que reconhecem como verdade elementos mais cotidianos, como as evidências dos sentidos em relação à existência dos objetos do dia a dia. Isso não significa que não possa haver distinções entre alegações melhor ou pior confirmadas no cotidiano ou na ciência; nem que não possa haver formas particulares de realizar inferências e preocupações específicas sobre a confiabilidade delas.

Esse tipo de aceitação das verdades científicas ele chamou de “posição nuclear”<sup>18</sup> e o que distinguiria realistas de antirrealistas seria aquilo que se adiciona à posição nuclear. Os antirrealistas poderiam acrescentar análises particulares sobre o conceito de verdade ou

---

<sup>17</sup> Adiantamos que a solução apontada não nos parece adequada, uma vez que ela somente deixa de considerar os pontos polêmicos que são o cerne das duas posições, além de misturar elementos das maneiras de pensar do cotidiano com a ciência (mais à frente relacionaremos a proposição de Fine com a noção de segurança ontológica de Giddens, o que ajudará a esclarecer esse ponto).

<sup>18</sup> *Core Position* no original (FINE, 1986a, p.128)

outros conceitos, o que pode levar a posições específicas sobre afirmações de existência; ou poderiam acrescentar certas restrições metodológicas, como a determinadas formas de inferência (como a abdução). Já os realistas acrescentariam a palavra “realmente” em relação a afirmações de existência, como, por exemplo, “realmente existem elétrons!”, no sentido de que suas afirmações dizem respeito à real existência daquilo que é afirmado, enfatizando que as entidades teóricas não são meras ficções. Dessa forma, os realistas pretendem dar às entidades ou relações postuladas um sentido muito mais robusto que o sentido reduzido dado pelos antirrealistas. E isso envolve a concepção de verdade como correspondência com o mundo ou, pelo menos, o uso da noção de verdade aproximada, como “quase correspondência”.

Fine coloca que existe uma terceira alternativa em relação às adições que o realismo e o antirrealismo fazem à posição nuclear, uma posição que toma essa última por ela mesma, sem fazer adições. Falando sobre ele próprio, Fine afirma que confia nas evidências dos sentidos e tem confiança similar no sistema da investigação científica e nas demais garantias incorporadas pela ciência. E, além disso, de um modo geral, considera que o bom senso dita nossa aceitação das verdades cotidianas nas mesmas bases das verdades científicas, o que faz com que a posição nuclear seja convincente. Ela seria como uma epistemologia do senso comum, pois segue uma linha de pensamento que é familiar para as pessoas em geral. Por isso, ele chamou a posição nuclear de *atitude ontológica natural* (NOA – *natural ontological attitude*, em inglês).

Fine apresenta elementos que, segundo ele, fazem com que a NOA seja uma posição filosófica adequada sobre a ciência. Em relação à ontologia, a NOA aconselha a aceitação dos resultados da ciência como verdadeiros, bem como as proposições científicas a respeito de entidades, propriedades, relações e processos. Mas essa aceitação está vinculada às relações de confirmação e suporte evidencial, sujeitas aos cânones científicos habituais.

No entanto, não há aqui, como há no realismo, um compromisso com a ideia de progresso da ciência. Não se considera que, ao longo do tempo, os resultados científicos estejam cada vez mais próximos da verdade sobre o mundo. Isso porque a crença nas entidades científicas está relacionada à tradição científica vigente. Havendo uma mudança nessa tradição, como nos casos das revoluções científicas caracterizadas por Kuhn (2005), a NOA não considera que a mudança seja progressista ou que ela faça com que possamos aprender mais sobre as mesmas coisas; o que se considera é que uma mudança de paradigma acarretaria uma mudança total de referência. Nesse sentido, aquilo de que a ciência fala,

aquilo que afirma ser real, não seriam objetos do mundo exterior, mas entidades do próprio mundo da ciência. E, mais ainda, Fine acrescenta que não há maneira de mostrar que a existência dessas entidades está realmente relacionada ao mundo exterior.

Na atitude ontológica natural há uma recusa em ampliar o conceito de verdade, uma vez que a reconhece como um conceito já em uso e pretende respeitar suas regras usuais. Pretende, ainda, respeitar uma epistemologia habitual, que fundamenta juízos de verdade em juízos perceptuais e várias relações de confirmação. E, dessa forma, Fine não traz nenhuma definição do que seja verdade. Ele diz que

Se pressionada a responder à questão sobre o que, então, significa dizer que algo é verdadeiro [...], NOA responderá apontando as relações lógicas engendradas pela afirmação específica e se concentrará, então, sobre as circunstâncias históricas concretas que fundamentam esse julgamento particular de verdade. Pois, afinal, não há nada mais a dizer. (FINE, 1986a, p.134, tradução nossa)

Fine afirma que a virtude da NOA está na parcimônia, o que faz dela uma abordagem revolucionária sobre o entendimento da ciência. Coloca, ainda (FINE, 1986b), que os argumentos e contra-argumentos de cada posição a respeito da verdade acabam formando um ciclo sem fim, mas que a NOA pode pará-lo, considerando a ideia da existência de um tipo “natural” de verdade, um conceito aberto, que vai “crescendo com o crescimento da ciência” (FINE, 1986b, p.149).

As posições realista e antirrealista, de modo parecido, veem a ciência como suscetível de ser situada em um contexto, fornecido por um objetivo que faça sentido. Além disso, veem-na como um conjunto de práticas que necessitam de uma interpretação e que oferecem a interpretação que seria correta. Fine (1986b) critica isso dizendo que na ciência a definição de questões, metas ou objetivos, ou propósitos ocorre espontaneamente e localmente (Qual o propósito de se usar determinado instrumento? Ou de se usar um filamento de tungstênio ao invés de cobre? Quais objetivos significativos podem ser conseguidos ao se construir um acelerador capaz de gerar níveis de energia superiores a  $10^4$  GeV? Por que podemos ignorar os efeitos gravitacionais na análise do espalhamento Compton?). Dessa forma, querer definir um objetivo geral para a ciência seria um dilema análogo àquele que vem com a pergunta “qual é o propósito da vida?”. Esse dilema aparece quando perguntas desse tipo feitas para qualquer instituição ou prática que é suficientemente rica e variada.

A ciência, segundo a NOA, possui uma história enraizada no pensamento do dia a dia. Mas considerando que esse pensamento pode variar ao longo da história, a NOA não

prega uma uniformidade geral relacionada ao desenvolvimento da ciência, nem um aspecto essencial nela. Inclusive em relação ao conceito de verdade. Já as respostas sobre o teor de verdade de uma questão particular estão relacionadas a determinadas práticas e lógicas, mas cujo significado pode ir além da prática atualmente estabelecida. Um conhecimento presente não somente redistribui valores de verdade vindos do passado, mas também reavalia todo o caráter das práticas passadas. Nesse sentido, não haveria como projetar um esboço do que significa a verdade e nem em quais áreas da ciência a verdade está isenta de reformulações (nem nunca haverá). E, além disso, algumas questões não são resolvidas pelas práticas atuais de julgamento sobre a verdade e, talvez, algumas nunca sejam resolvidas.

Como posição filosófica, a NOA é passível de duras críticas, como, por exemplo, as que foram feitas por Musgrave (1989)<sup>19</sup>. A noção de verdade de teorias científicas ser considerada da mesma forma que verdades do dia a dia é um ponto extremamente frágil da proposta de Fine. Em certo sentido, se levada a sério, essa proposta seria uma espécie de interdição do debate filosófico em torno da questão do realismo, utilizando-se para isso de princípios que vêm do cotidiano.

### 3.2 – Abordagens fenomenológicas

Buscando caracterizar aspectos das formas de entendimento do mundo que são adquiridas nas relações cotidianas, abordaremos a seguir elementos que vêm de análises a respeito das maneiras pelas quais compreendemos e nos relacionamos com a realidade do dia a dia e também com a realidade de outros “campos”.

No texto “Sobre as Realidades Múltiplas”, Schutz (1974) faz uma descrição fenomenológica da realidade do senso comum, ou seja, aquela em que todos estamos imersos no dia a dia. Berger e Luckmann (2005), baseados em parte nas colocações de Schutz, tecem considerações sociológicas acerca dessa realidade.

O mundo cotidiano, vivenciado no dia a dia, é geralmente tratado como sendo “a” realidade (BERGER e LUCKMANN, 2005). Schutz inclusive o chama de “realidade suprema”<sup>20</sup>. A sua estabilidade dinâmica (permanência na mutabilidade) lhe confere existência própria, autonomia e constância, o que faz com que a realidade do dia a dia seja considerada como imutável e permanente. Pessoas que vivem em uma mesma sociedade

---

<sup>19</sup> Musgrave afirma que a NOA seria aceita somente por realistas uma vez que somente eles concordam que uma teoria pode ser verdadeira. Além disso, coloca que, entre outras coisas, por Fine não esclarecer a concepção de verdade usada em sua teoria, ela é uma posição demasiado sem forma para ser filosófica.

<sup>20</sup> *Paramount reality*, no original.

tendem a percebê-la de maneira semelhante e pouco refletem sobre seus fundamentos, tratando-a como algo natural (SCHUTZ, 1974), uma vez que são motivos pragmáticos que governam as pessoas no mundo da vida diária. Além disso, a realidade da vida cotidiana é, em certo sentido, intersubjetiva, tão real para mim quanto para os outros; muitas das minhas percepções sobre as coisas e as percepções dos outros parecem corresponder neste mundo que partilhamos. Por ser partilhada, além dos fenômenos parecerem independentes da apreensão que temos deles, essa realidade cotidiana é mais facilmente admitida como “a” realidade. Ela está aí, evidente por si mesma e compulsória, dada à nossa experiência e interpretação. E isso mesmo com os fenômenos e objetos sendo experimentados em diferentes graus de aproximação e distância no espaço e no tempo: o que está mais próximo no aqui e no agora é impossível de ser ignorado, mas algo que se deu em um tempo passado ou que se encontra distante e fora do nosso raio de ação ainda faz parte da realidade.

Por tudo isso, podemos pensar que as concepções advindas da realidade cotidiana são altamente “enraizadas”, ainda mais considerando que vão se formando desde a infância, quando estamos nos desenvolvendo em meio a um cotidiano já formado e estabelecido. Segundo Schutz (1974), parte das nossas interpretações sobre o mundo nos é dada pelas experiências e interpretações de outros, que nos antecederam nele, e as adquirimos por meio de interações sociais. Isso funciona como um esquema de referência, que atribui sentido às coisas, colocando que o mundo em que vivemos é um mundo de objetos bem circunscritos, com qualidades definidas, entre os quais nos movemos e sobre os quais podemos atuar. Schutz afirma ainda que dentro do esquema de referência do cotidiano não há interesse nem razão em se levantar dúvidas em relação aos objetos, na medida em que esse esquema funciona satisfatoriamente. Não há razão para duvidar que nossas experiências nos oferecem um acesso às coisas como realmente são nesse mundo que é ao mesmo tempo cenário e objeto de nossas ações e interações.

Apesar disso, não podemos deixar de considerar que a realidade cotidiana é um conceito que possui relatividade social, uma vez que existem diferentes formas das pessoas viverem seu dia a dia, dependendo da estrutura social na qual estão imersas. “O que é ‘real’ para um monge tibetano pode não ser ‘real’ para um homem de negócios americano. O ‘conhecimento’ do criminoso é diferente do ‘conhecimento’ do criminalista” (BERGER e LUCKMANN, 2005, p.13). Mas a relatividade social da realidade cotidiana não é algo óbvio no pensamento do homem comum, que geralmente não se dá conta de que em nossa compreensão do mundo, e dos objetos presentes nele, há um componente construído. Pelo contrário, o que se percebe é uma realidade ordenada, onde as coisas simplesmente são da

forma que são e partilhamos isso nas nossas relações. Ao nos referirmos a objetos ordinários como cadeira, livro, carro, abridor de latas, computador, sabemos que seremos entendidos pelos nossos interlocutores, pois eles partilham conosco do significado dessas palavras, bem como sabem a que objetos se referem. Dessa forma, sabemos que esses objetos existem, os percebemos pelos sentidos, nos referimos a eles em nossas comunicações. E essa existência ocorre de forma independente da ação de um indivíduo específico. Tudo isso faz com que sejam tomados como reais, fazendo parte do terreno firme em que pisamos no nosso dia a dia. Esse tipo de conhecimento está além de teorizações – que são feitas somente por poucos indivíduos –, faz parte das formas de entendimento de todos os homens que participam de determinado contexto social.

Uma descrição das características do estilo cognitivo da realidade cotidiana foi feita por Schutz (1974) com os seguintes apontamentos: as pessoas mantêm-se na realidade cotidiana com uma atitude alerta, que se origina de uma plena atenção à vida<sup>21</sup>; há uma atitude específica de suspensão da dúvida em relação aos objetos à volta (uma *epoché* específica); há uma forma predominante de espontaneidade, com ações baseadas num projeto e caracterizadas pela intenção de produzir o estado de coisas projetado, através de movimentos do corpo no mundo exterior; há uma forma específica de experimentar o próprio “si mesmo” (o si mesmo “executante” como um si mesmo total); há uma forma específica de sociabilidade (um mundo intersubjetivo comum, da comunicação e da ação social); há uma perspectiva temporal específica<sup>22</sup>.

No entanto, a concepção cotidiana sobre o mundo não é única; em um mesmo contexto social podemos ter diferentes formulações do que seja a realidade. As formulações teóricas da mesma – quer sejam científicas, filosóficas, mitológicas etc. – podem definir a realidade em diferentes termos. E não esgotam o que é “real” para os membros de uma sociedade.

---

<sup>21</sup> Essa atenção seria uma atenção ativa, dirigida a pôr em prática um projeto, executar um plano. Isso daria significatividade pragmática a certos setores do mundo, o que determinaria nossa corrente de pensamento. Essa ideia guarda relação com a de “consciência prática” apresentada por Giddens (2009), que trataremos na próxima seção.

<sup>22</sup> Schutz chama essa perspectiva de tempo padrão, que seria uma interseção do “tempo interior” e do “tempo cósmico”, como estrutura de tempo universal do mundo intersubjetivo. O “tempo interior” seria aquele dentro do qual nossas experiências atuais se conectam com o passado, mediante recordações e retenções, e com o futuro, mediante projeções e previsões. Já o “tempo cósmico” seria aquele que pode ser medido com cronômetros, baseado nas sequências temporais da natureza (SCHUTZ, 1974).

Nesse sentido essas “diferentes realidades” podem ser consideradas como *campos finitos de significação*<sup>23</sup> (CFS), com significados e modos de experiência delimitados. Esses campos caracterizam-se, entre outras coisas, por desviar a consciência da realidade cotidiana. “Embora haja [...] deslocamentos de atenção dentro da vida cotidiana, o deslocamento para um campo finito de significação é muito mais radical” (BERGER e LUCKMANN, 2005, p.43). Como exemplo disso, as experiências estéticas e religiosas são ricas em produzir transições dessa espécie. O sonho pode ser tomado como outro exemplo. Fala-se na realidade cotidiana como “suprema” porque estamos inseridos nela de forma compulsória e não podemos nos desvencilhar dela durante nossa vida. E mesmo após nos “deslocarmos” para outro campo de realidade, sempre acabaremos voltando à realidade do dia a dia.

Segundo Schutz (1974), esses campos finitos de significação são determinados por um conjunto de experiências, relacionadas a um estilo cognitivo específico, coerentes e compatíveis umas com as outras. Ou seja, cada um desses campos possui características internas específicas. No entanto, as características de um campo não precisam necessariamente ser compatíveis com as da vida cotidiana. Enquanto nessa última há uma atitude específica de suspensão da dúvida em relação aos objetos ordinários, em outros campos essa suspensão pode não existir e os objetos colocados em dúvida ou, então, tratados de forma diferente daquela do dia a dia, não mais como realidade dada.

Generalizando essa ideia, podemos dizer que a coerência e a compatibilidade de experiências que dizem respeito a um estilo cognitivo específico existem somente dentro dos limites do campo finito de significação ao qual pertencem essas experiências. Assim, algo que se supõe real em um CFS pode parecer experiência meramente fictícia ou incoerente em outro.

Schutz (1974) usa essa ideia para dizer que é por isso que CFS são finitos, o que implica que não haveria possibilidade de se fazer uma completa correlação de elementos de um desses campos com elementos de outro introduzindo uma fórmula de transformação. A mudança se daria somente através de uma “comoção”, que seria uma forma diferente de tensão da consciência, baseada em uma diferente atenção à vida. Nesse mesmo sentido, Berger e Luckmann (2005) colocam que a própria linguagem que usamos é fundada na

---

<sup>23</sup> Nos originais em inglês das obras de Schutz e de Berger e Luckmann a expressão que aparece é *finite provinces of meaning*. Na tradução para o português do trabalho de Berger e Luckmann (2005) essa expressão aparece como *campos finitos de significação*. Apesar de a expressão em português não estar totalmente fiel aos termos da original, a utilização do termo “significação” nos parece adequada, tendo em vista que esses “campos” ou “províncias” caracterizam formas de experienciar e dar significado ao mundo.

realidade do dia a dia, e quando ela é utilizada para interpretar outros CFS, eles são distorcidos por essa tentativa de “tradução”. Isso pode ser visto na tentativa de se relatar mundos de significação teóricos, estéticos ou religiosos. “O físico teórico diz-nos que seu conceito de espaço não pode ser transmitido por meios linguísticos, tal como o artista em relação ao significado de suas criações e o místico com relação a seus encontros com a divindade” (BERGER e LUCKMANN, 2005, p.44). Cabe aqui uma menção de que as entidades inobserváveis da ciência se enquadrariam nessa mesma questão.

No entanto, Berger e Luckmann também colocam que essa espécie de “tradução” seria uma forma de relacionar diferentes campos, o que entendemos ser uma concepção diferente da que foi colocada por Schutz, que os considera completamente separados. Para Berger e Luckmann, a linguagem ordinária pode se referir a elementos de outros CFS e, com isso, certos significados desses campos seriam integrados no campo da vida cotidiana, o que seria uma espécie de transposição de elementos das distintas realidades, formando um enclave dentro da realidade do dia a dia. No entanto, esses elementos do outro CFS ficariam dotados de sentido em termos da realidade da vida cotidiana em vez de serem entendidos nos termos da sua própria realidade particular. Esses enclaves produzidos por esse tipo de transposição pertenceriam, de certa forma, a ambas as esferas de realidade, estando localizados em uma delas, mas se referindo a outra.

Elementos que, desse modo, abrangem diferentes campos de realidade podem ser caracterizados como símbolos e a linguagem usada para se referir ao que está em outra realidade seria uma linguagem simbólica, o que permitiria serem feitas referências a regiões inacessíveis à experiência cotidiana. A religião, a filosofia, a arte e a ciência, com seus sistemas próprios de símbolos, se enquadram aqui. E esses sistemas de símbolos, apesar de altamente abstraídos das experiências diárias, são elementos reais na vida do dia a dia. Dessa forma, “[...] o simbolismo e a linguagem simbólica tornam-se componentes essenciais de realidade da vida cotidiana e da apreensão pelo senso comum desta realidade” (BERGER e LUCKAMNN, 2005, p.61).

Para Schutz, cada CFS possuiria uma forma própria de atenção à vida, uma maneira peculiar de suspensão da dúvida, uma forma predominante de espontaneidade, uma forma específica de experiência de si mesmo e de sociabilidade, bem como uma perspectiva temporal própria. Mas, mesmo assim, o mundo cotidiano permaneceria como um “arquetipo” de nossa experiência de realidade e os demais âmbitos poderiam ser considerados como suas modificações.

Nesse sentido, a ciência se configura como um campo finito de significação, diferente do campo cotidiano. As teorizações científicas não têm os fins práticos das questões da vida diária, mas são ações planejadas com o propósito de serem obtidas soluções para determinados problemas, com o sentido de compreender da forma mais precisa possível parte do mundo. Para Schutz, por meio das motivações é possível determinar o campo: se elas estão relacionadas a questões práticas, então dizem respeito ao mundo do executar, que ele associa à realidade vivida cotidianamente. E isso mesmo para os casos em que as pessoas se entregam a contemplações teóricas relacionadas a aspectos práticos. Já o mundo que ele chama de “mundo da teoria científica” se basearia em atividades de teorização sem nenhum propósito prático, senão observar e possivelmente compreender o mundo. Nesse ponto é feita uma distinção entre o processo de teorização de um lado e os usos dos resultados das teorizações de outro, esses últimos também colocados dentro do campo do executar.

O que também é posto por Schutz como parte do campo do executar são ações que dão base às teorizações (como medições, experimentações etc.) ou mesmo as comunicações posteriores (artigos, conferências etc.). Isso tudo é considerado condição ou consequência das teorizações, mas não pertencentes à atitude teórica mesma.

Há também na atitude teórica uma “atenção à vida” diferente, sem as necessidades, ansiedades e temores do mundo do dia a dia. As expectativas do pensador teórico se referem ao seu acervo de experiências prévias e a um sistema específico de significações, mas não está necessariamente interessado em saber se, no caso dessas expectativas serem cumpridas, ele terá uma solução útil para um problema prático, o que supõe uma certa distância da “atitude alerta” da vida cotidiana. O pensamento teórico pode ser revisto, alterado ou desfeito sem provocar nenhuma mudança no mundo externo. Além disso, ele não está necessariamente vinculado àquilo que está ao alcance do cientista, podendo se referir a realidades distantes, como no caso daquilo que é microscópico ou então está localizado onde nenhuma pessoa tem acesso. A existência física do cientista é posta “entre parêntesis” e seu ponto de vista subjetivo é suspenso frente a problemas e soluções que devem ser válidas para qualquer lugar e qualquer momento (dadas certas condições), ou seja, ter um caráter universal.

Enquanto no pensamento cotidiano há uma suspensão da dúvida em relação aos objetos percebidos à volta, aqui há uma suspensão da subjetividade do pensador, incluindo sua existência corporal; suspensão do sistema de orientação pelo qual o mundo da vida cotidiana é agrupado em zonas, que se referem àquilo que está ao alcance ou não; suspensão do sistema de significações pragmáticas. As significações na ciência passam a ser

estabelecidas por meio do problema que está sob investigação, ou seja, é a questão em análise que determina como significativos os elementos do mundo que estão ou podem estar relacionados a ela, além de demarcar quais pontos são de interesse para se deter e investigar.

Há aqui uma concessão a ser feita em relação à suspensão da subjetividade do cientista, que diz respeito à definição de seu campo de estudo. Nesse caso pode haver elementos subjetivos envolvidos, já que características pessoais podem ser determinantes na escolha da sua área de atuação ou mesmo na escolha de questões que estuda. No entanto, após essas escolhas, ele entra em um universo da tradição histórica da sua área, que abarca os resultados obtidos por outros cientistas, com problemas enunciados por outros, soluções sugeridas por outros e métodos elaborados também por outros (SCHUTZ, 1974). Ou seja, adentra um campo finito, com seu estilo peculiar, e os problemas que surgem no âmbito científico devem participar do estilo universal desse campo e ser compatível com outros problemas tratados nele, bem como com as soluções aceitas. Dessa forma, a liberdade individual que goza o cientista é limitada.

Quando tratamos das ideias que apontam diferenças entre o mundo cotidiano e o científico, as distinções postas por Schutz dizem respeito sobretudo a diferentes tensões na consciência quando alguém trata ou está imerso nas questões desses mundos. Nesse sentido, parece ser razoável considerar a existência de diferenças entre eles. No entanto, temos de levar em conta que existem outras abordagens sobre o mundo que não são essas duas, algo talvez intermediário a elas, como conhecimentos científicos aplicados a situações concretas, conhecimentos tecnológicos etc., que não permitiriam essa distinção tão clara, ou mesmo se aproximariam mais das características cotidianas. Por isso, inclusive, que Berger e Luckmann estabelecem a noção de “enclaves de realidade”, quando um desses universos estaria dentro do outro ou em relação com o outro.

Podemos também fazer distinções epistemológicas em relação ao olhar cotidiano e ao olhar da ciência sobre o mundo. Nesse ponto, não estaríamos tão somente tratando de formas de experienciar esses diferentes universos, mas tratando de distinções deles próprios. Falando de forma geral, é possível apontar como característica da ciência que as suas explicações são desenvolvidas buscando generalidade e utilizam como parâmetro a confrontação experimental, além da ciência estar em constante busca pelo aperfeiçoamento e pela ampliação do conhecimento (CHALMERS, 1994), especificidades essas que não estão presentes nos conhecimentos do cotidiano. Nesse sentido, o conhecimento científico é diferente daquele do dia a dia, já que é resultado de um processo de interpretação do mundo

baseado em técnicas e métodos que se diferenciam das formas empregadas cotidianamente, gerando uma forma de conceber o mundo que não é a mesma do senso comum, inclusive no tocante a noções ontológicas.

Em relação a essas distinções epistemológicas, cabe aqui um comentário a respeito das ideias de Fine (1986a) apresentadas na seção anterior. Essas ideias parecem não fazer essas distinções, misturando elementos das formas de entendimento de mundo do cotidiano com as formas próprias da ciência. Seria uma espécie de transferência de um contexto para outro. A palavra “natural”, que aparece na expressão “atitude ontológica natural”, diz respeito justamente às maneiras pelas quais o pensar cotidiano, o senso comum, entende a verdade sobre o mundo, como um conceito já em uso e cujas regras deveriam ser respeitadas. Dessa forma, parece que o autor, ao buscar não romper com formas de pensar do cotidiano, acaba descaracterizando aspectos que são próprios das reflexões sobre o mundo baseadas na ciência.

### 3.3 – A concepção de consciência em Giddens

Na obra *A Constituição da Sociedade*, Anthony Giddens (2009) trata de sua teoria da estruturação, que busca conciliar elementos vindos de formulações teóricas distintas, como aspectos provenientes de perspectivas “macrossociológicas” (noção de estrutura vinda de teorias estruturalistas e objetivistas), com aspectos provenientes de perspectivas “microsociológicas” (elementos mais subjetivos derivados de teorias fenomenológicas e hermenêuticas). No próximo capítulo, trataremos de uma formulação teórica que incorpora e dá outros desenvolvimentos a aspectos da teoria de Giddens (SEWELL, 2005). No entanto, faremos aqui uma breve descrição de algumas de suas ideias a respeito da noção de consciência, que consideramos guardarem relação com o que tratamos nas seções anteriores do presente capítulo e que, além disso, servem como suporte para a formulação de um dos estudos desta tese.

No glossário da obra de Giddens existem alguns resumos de conceitos que foram apresentados de forma esparsa pelo autor ao longo de seu livro. Dentre eles encontramos, na página 440:

*Consciência discursiva*: O que os atores são capazes de dizer, ou expressar verbalmente, acerca das condições sociais, incluindo especialmente as condições de sua própria ação; consciência que tem uma forma discursiva.  
*Consciência prática*: O que os atores sabem (creem) acerca das condições sociais, incluindo especialmente as de sua própria ação, mas não podem

expressar discursivamente; nenhuma barreira repressiva, entretanto, protege a consciência prática, como acontece com o inconsciente<sup>24</sup>.

Giddens (2009) aponta que os atores humanos possuem como aspecto inerente do que fazem a capacidade de entender o que fazem. Ou seja, a capacidade de reflexão é uma característica presente na conduta social. Mas essa reflexividade operaria somente de forma parcial no nível discursivo, muito do que as pessoas sabem acerca do que fazem e porque fazem está no nível da consciência prática<sup>25</sup> e consiste primordialmente em conhecimentos tácitos. Na consciência prática, a reflexividade seria uma espécie de monitoração contínua da ação, própria e dos outros, ou do fluxo contínuo da vida social. Isso garantiria a capacidade de “prosseguir” no âmbito das rotinas dos diferentes contextos de que as pessoas tomam parte.

O caráter rotineiro de muitas das atividades sociais é destacado por Giddens, que caracteriza dois conceitos relacionados: *rotinização* e *segurança ontológica*. No glossário do livro que estamos citando, na página 444, existem as definições desses conceitos:

*Rotinização*: O caráter habitual e assente da maior parte das atividades da vida social cotidiana; a preponderância de estilos e formas de conduta familiares, sustentando e sendo sustentada por um senso de segurança ontológica.

*Segurança ontológica*: A confiança em que os mundos natural e social são como parecem ser, incluindo os parâmetros existenciais básicos do self e da identidade social.

Giddens esclarece que rotina não significa formas de comportamento executadas “sem pensar”, mesmo ela sendo composta por práticas sociais que muitas vezes são empreendidas de maneira idêntica dia após dia. O caráter rotinizado das atividades é algo continuamente “trabalhado” por aqueles que sustentam essas atividades na conduta cotidiana. No entanto, podemos considerar que as formas de reflexão são limitadas ao fluxo das atividades, sem que isso necessariamente passe pela consciência discursiva. Questionamentos referentes a intenções ou razões de certas condutas não são normalmente formulados pelas pessoas, mas podem ser se se depararem com uma “quebra” na

---

<sup>24</sup> Além dos conceitos de consciência discursiva e consciência prática, Giddens também faz uso do conceito de *inconsciente*, utilizando criticamente formulações vindas da psicanálise. O inconsciente incluiria “aquelas formas de cognição e de impulsão que estão ou totalmente impedidas de consciência ou somente aparecem na consciência de forma distorcida” (GIDDENS, 2009, p.5). Apesar de importante na obra de Giddens, esse não é um conceito com o qual iremos trabalhar.

<sup>25</sup> Seria no nível da consciência prática que estariam expressas muitas das “regras sociais” da formulação teórica de Giddens, conceito esse que tem relação com a noção de “esquemas” da formulação teórica de Sewell (2005), tratada no Capítulo 4.

previsibilidade da rotina, o que demandaria um nível de reflexão além daquele da consciência prática. Essa “quebra” pode se dar, por exemplo, quando as pessoas estão frente a alguma situação incomum ou crítica, ou se defrontam com uma conduta especialmente enigmática, ou, ainda, quando são solicitadas a dar uma explicação ou razão para algo, especialmente quando têm dificuldades nessa explicação ou no fornecimento de razões. No entanto, comumente ninguém pergunta a uma pessoa por que ela realiza uma atividade que é convencional para o grupo ou cultura de que é membro. No geral, conforme esclarece Giddens, esses momentos de “quebra” não são tão frequentes e a continuidade da vida ordinária seria impossível se todos os objetos ou situações fossem submetidos a questionamentos e/ou a análises.

Um elemento importante da formulação de Giddens sobre a consciência diz respeito à memória, colocada como intimamente ligada à percepção. Em linhas gerais, ele relaciona a percepção a um fluxo de atividades, que envolveria estratégias de previsão mediante os quais as pessoas buscam antecipar as novas informações que chegarão, ao mesmo tempo em que processam as velhas. Isso dependeria, nas palavras de Giddens (2009, p.54), da “continuidade espacial e temporal, ativamente organizada como tal pelo perceptor”. Além disso, esse processamento contínuo da temporalidade da experiência “pode [...] ser entendido como inerentemente envolvido na monitoração reflexiva da ação em geral” (característica relacionada à consciência prática). Nesse sentido, na percepção estão envolvidos elementos do passado que influenciam o presente, característica comumente relacionada à memória<sup>26</sup>.

Dessa forma, presente e passado não estariam separados, mas envolvidos no fluxo contínuo da ação. E a memória não designaria somente as “experiências passadas”, bem como a consciência não estaria se referindo somente àquilo que se dá no “presente”. Aquilo sobre o que uma pessoa está cônica não poderia ser fixado em um ponto no tempo, a memória seria a constituição temporal da consciência. A recapitulação de experiências passadas – que comumente é entendida como sendo memória –, Giddens chama de recordação, considerando-a como algo que permite focalizar essas experiências de modo a situá-las na continuidade da ação.

Se a memória se refere a esse domínio temporal tão inerente na experiência humana, então a consciência discursiva e a prática referem-se a *mecanismos psicológicos de recordação*, conforme utilizados em contextos de ação. A consciência discursiva implica as formas da recordação que o ator é capaz de expressar verbalmente. A consciência

---

<sup>26</sup> Os elementos descritos nesse parágrafo têm semelhança com conceito de “tempo interior” descrito por Schutz (1974).

prática envolve a recordação a que o agente tem acesso na *durée* da ação, sem ser capaz de expressar o que assim “sabe”. (GIDDENS, 2009, p.56).

Um último elemento que trataremos nessa breve exposição das ideias de Giddens diz respeito à validade dos conhecimentos proferidos no nível discursivo. O conhecimento no senso comum é muitas vezes formulado de modo fragmentário e deslocado. Grande parte da fala do dia a dia dos membros de uma sociedade se baseia “em pretensões de conhecimento que são díspares ou nunca foram examinadas” (GIDDENS, 2009, p.108). O autor aponta ainda que “os indivíduos podem operar com falsas teorias, descrições ou explicações tanto dos contextos de sua própria ação quanto das características de sistemas sociais mais abrangentes” (GIDDENS, 2009, p.108). Dessa forma, não podemos considerar que um conhecimento, somente por ser expresso discursivamente, seja “adequado” ou “verdadeiro”<sup>27</sup>.

Por fim, julgamos pertinente tecer algumas relações e aproximações entre as ideias aqui apresentadas e aquilo que foi trazido nas seções anteriores deste capítulo. Em primeiro lugar, podemos fazer uma conexão entre o conceito de consciência prática com as ideias sobre a realidade cotidiana trazidas por Schutz (1974). Para esse autor, a realidade cotidiana é tomada como algo natural e geralmente há poucas reflexões sobre os fundamentos dela. Ambas as formulações, de Schutz e de Giddens, trazem a ideia de que em muitas situações (ou na maioria delas) as pessoas atuam de forma não totalmente reflexiva, mas utilizando tão somente conhecimentos tácitos, apreendidos no convívio social e reproduzidos nele. Assim, podemos considerar que há uma convergência entre as ideias desses autores em relação à noção de que a reflexividade no nível discursivo não está totalmente presente na atuação do dia a dia.

Outro ponto de convergência diz respeito ao conceito de segurança ontológica, que também pode ser aproximado de algumas das ideias de Schutz (1974) e de Berger e Luckmann (2005). Para esses autores, as percepções e interpretações sobre o mundo são mediadas por aquilo que adquirimos nas interações sociais, o que funciona como um esquema de referência na atribuição de sentido às coisas e ao mundo. E, conforme já apontamos, desde que esse esquema funcione satisfatoriamente, não existiria, de forma geral, interesse de se levantar dúvidas a respeito dele. Isso pode ser relacionado com a noção de confiança que Giddens associa ao o conceito de segurança ontológica, uma confiança de que

---

<sup>27</sup> Mesmo no presente contexto consideramos que cabem os elementos trazidos pelas discussões feitas no segundo capítulo dessa tese a respeito da “verdade” ou “adequação” de um conhecimento.

as coisas são como parecem ser, o que implica na não necessidade de se levantar dúvidas a seu respeito, pelo menos nas situações em que não há uma “quebra” naquilo que é previsto sobre o mundo.

Tratando ainda do conceito de segurança ontológica, entendemos que é possível relacioná-lo também com a concepção de atitude ontológica natural proposta por Fine (1986a). Fine defende a ideia de que a verdade de teorias científicas deve ser considerada da mesma forma que as verdades cotidianas. A “confiança de que as coisas são como parecem ser”, da segurança ontológica, poderia ser pensada como a “confiança de que as coisas são *verdadeiras* como parecem ser”, tal qual uma epistemologia do senso comum. E a confiança nessa verdade aparente, seguindo as regras usuais do contexto cotidiano, segundo Fine, deveria ser usada também para os resultados científicos, o que aproxima suas ideias da noção de segurança ontológica. A questão problemática é que a busca por uma confiança desse tipo no âmbito da ciência, que evita entrar no mérito das discussões acerca do realismo, significa, como já apontamos, truncar o debate filosófico e todos os conhecimentos eventualmente gerados por ele. Assim, podemos considerar que a posição pragmática de Fine é uma posição de “não reflexão” e, até, antifilosófica, que guarda relação com o conceito de consciência prática.



## 4 – A NOÇÃO DE CULTURA

A vida humana é fundamentalmente constituída pela cultura. Convenções, crenças e práticas sociais moldam todos os aspectos da vida. Ao mesmo tempo, as ações individuais sustentam e formatam o mundo social.

Sobre esse último ponto, Geertz (1973) faz uma comparação entre a cultura e os genes. Enquanto esses últimos formam um programa codificado, um conjunto de instruções para a formação de complexos de proteínas que moldam e estruturam o funcionamento do organismo humano, a cultura estabeleceria padrões externos a esse organismo, instituindo processos sociais e psicológicos que moldam comportamentos. Mais que uma analogia, Geertz coloca que o cérebro humano e a cultura teriam evoluído em conjunto; a cultura seria uma fonte de informações suplementar, necessária à formação humana, uma vez que as respostas geneticamente programadas são muito gerais, sendo necessária informação externa para a realização de diversas tarefas da vida, bem como para guiar e moldar respostas cognitivas e emocionais a estímulos e acontecimentos.

No entanto, ao utilizarmos a noção de cultura é necessário levarmos em conta que esse termo possui diferentes significados e é usado em diferentes contextos. Dessa forma, para a utilização da cultura como categoria analítica é necessário caracterizá-la de forma mais precisa. Sobre os diferentes usos do termo, existem, por exemplo, usos institucionais, com um significado específico, quando ele aparece no nome de um ministério do Governo Federal do Brasil, Ministério da Cultura; ou em secretarias de cultura estaduais e municipais. Aqui é feita referência à cultura como um aspecto da vida que é diferente de outros aspectos, como economia, política, educação etc. Outro exemplo de significado, menos institucional, é o que associa o termo a certas formas de manifestação artística, como a música erudita. Ou a toda e qualquer manifestação artística. Todos esses são usos mais cotidianos do termo cultura, dentre outros possíveis.

Considerando os vários possíveis significados para cultura, Sewell (2005) faz uma primeira grande distinção entre dois significados amplos que ele considera fundamentais. No primeiro deles, cultura seria uma categoria ou aspecto da vida social, teoricamente definido, que é abstraído da realidade complexa da existência humana. Aqui cultura é contrastada com algum outro aspecto ou categoria que não é cultura, como a economia ou a política. É nesse sentido (mas não só nele) que ela aparece em nomes de ministérios e secretarias estaduais ou municipais. Cultura, nessa acepção, é uma categoria analítica abstrata, sempre tomada no singular. Um segundo significado apontado por Sewell, e

adotado por ele em seus trabalhos, caracteriza cultura como representando um concreto e delimitado mundo de crenças e práticas. Nesse sentido, o termo caracteriza algo pertencente à sociedade ou isomórfico a ela ou, ainda, algo com alguma identificação clara com subgrupos dentro da sociedade. Cultura brasileira, cultura japonesa, cultura erudita, cultura de massa, cultura científica são exemplos de culturas neste sentido. Aqui o termo cultura é usado no plural, como distintos mundos de significação, e o contraste não é entre cultura e não cultura, mas entre uma cultura e outra. Sewell afirma que esses dois significados para o termo cultura são incomensuráveis, pois se referem a universos conceitualmente diferentes.

O primeiro significado, da cultura como uma categoria da vida social, será tratado a seguir.

#### **4.1 – Cultura como uma categoria da vida social**

Cultura como uma categoria da vida social, segundo Sewell (2005), também pode ser conceituado de diferentes formas, que serão caracterizadas a seguir.

*Cultura como um comportamento aprendido.* Nesse sentido seriam as práticas, crenças, instituições, hábitos, mitos etc., construídos pelas gerações passadas e transmitidos adiante; cultura aqui é contrastada com natureza e seria o que distinguiria humanos de animais.

Um uso mais específico do termo considera cultura não como tudo o que é aprendido, mas a categoria de comportamentos aprendidos que dizem respeito a significados. Esse conceito de cultura como significado pode ainda especificar a esfera da cultura em quatro formas distintas, cada uma delas definida em contraste com algo que não é cultura.

*Cultura como uma esfera institucional dedicada à construção de significados.* Concepção baseada na ideia de que a sociedade é composta por clusters de instituições devotadas a atividades especializadas; a cultura é a esfera devotada à produção de significados, bem como à circulação e uso deles, dividida em sub esferas como arte, música, teatro, literatura, religião, mídia, educação etc. Aqui, um estudo da cultura seria um estudo das atividades que tem lugar dentro de esferas institucionalmente definidas e os significados produzidos nelas. O problema seria que o conceito de cultura estaria focado somente em certos tipos de significados, produzidos em certos tipos de locais institucionais. E isso considera que a produção de significados teria uma importância menor em outras esferas.

*Cultura como criatividade e agência.* Esse conceito é utilizado em tradições que defendem a existência de um poderoso determinismo material, como o marxismo por

exemplo. A cultura seria o domínio da criatividade que escapa da determinação das ações sociais pelas estruturas sociais e econômicas. Sewell critica essa posição defendendo que tanto os processos socioeconômicos quanto os culturais são misturas de estruturas que os restringe com atuações criativas. A particular relação entre esses dois elementos (restrição e criatividade) não é a mesma para cultura e economia, mas nenhuma delas pode ser definida somente por meio da estrutura ou atuação criativa.

*Cultura como um sistema de símbolos e significados.* Conceito utilizado pelo antropólogo Clifford Geertz, entre outros, que caracteriza o sistema cultural como sendo um particular “nível de abstração” das relações sociais. Ele é contrastado com um “sistema social” – um sistema de normas e instituições – e com um “sistema de personalidade” – que é um sistema de motivações. A ideia de distinguir o sistema cultural desses outros sistemas visa, nesse caso, a realização de análises de aspectos significativos da ação humana separados do fluxo de interações concretas, investigando as influências semióticas na ação, separadas de outras influências – demográficas, biológicas, econômicas etc. – que estão misturadas nos comportamentos concretos. Dentre os trabalhos que utilizam caracterizações semelhantes do conceito de cultura, como um sistema de símbolos e significados, estão os relacionados à tradição do estruturalismo francês, que também caracterizam a autonomia dos sistemas de símbolos, considerando-o distinto de outros aspectos da vida social e irredutível a eles. No geral, a cultura aparece aqui como algo lógico, coerente, compartilhado, uniforme e estático.

*Cultura como prática.* Esse conceito faz contraposição ao conceito de cultura como um sistema de símbolos e significados. Sob o conceito de cultura como prática aparece a ideia que a cultura se insere na esfera das atividades práticas e que ela, ao invés de ser lógica, coerente, uniforme etc., é na verdade permeada por ações intencionais, relações de poder, lutas, contradições e mudanças. A cultura pode ser entendida, inclusive, como uma espécie de coleção de “ferramentas” utilizadas para o desempenho de ações, ao invés de um conjunto de símbolos. Essas ferramentas, devido a um caráter local, usadas para propostas específicas, podem ser usadas como variáveis explicativas de uma forma que a cultura concebida como um sistema geral não pode.

Em relação às formas de caracterizar cultura listadas, Sewell aponta que as duas últimas são mais frutíferas. Além disso, que os conceitos de cultura como um sistema e cultura como prática podem ser entendidos como complementares, onde um pressupõe o outro. Para alguém se engajar em uma determinada prática cultural é necessária a utilização de símbolos culturais existentes; o emprego de um símbolo para a realização de um objetivo

só se dá porque ele possui determinado significado, especificado pelas suas relações com outros símbolos em um sistema; ou seja, a prática implica em sistema. Ao mesmo tempo, um sistema não existe apartado das práticas que o fundamenta, o reproduz ou, até, o transforma; por isso sistema implica prática.

No entanto, temos que levar em consideração que a dimensão prática da vida social não é estruturada somente pela cultura, existem aspectos do contexto em que ela ocorre que podem influenciá-la. Além disso, essa influência também vem de outras esferas ou categorias da vida social. No entanto, apesar de esses vários aspectos estabelecerem relação com a dimensão dos significados, com a cultura, não podemos deixar de considerar que essa também possui certo grau de autonomia. Como já foi dito, está sendo considerado aqui o entendimento de que a dimensão cultural é diferente de outras dimensões, como a econômica por exemplo. A cultura, aqui, tem relação com esses outros aspectos, mas não se confunde com eles.

Ainda sobre essa autonomia da dimensão cultural, em um caso hipotético em que uma questão econômica determine quase totalmente uma prática, essa última ainda precisa ser tornada significativa por uma lógica semiótica, que não necessariamente está na própria esfera econômica. Alguém que precisa de um emprego pode arranjar-lo em uma empresa e passar a fazer parte das relações culturalmente definidas de um trabalhador. E essas relações, embora influenciadas pelo contexto onde é empregada, não está circunscrita somente à determinada situação particular, mas sofre influência de vários outros contextos em que também é utilizada – outras empresas, sindicatos etc. –, o que faz com que os significados transcendam um determinado âmbito particular. Isso é um exemplo de como a dimensão cultural forma uma rede de significados que perpassa toda a sociedade, em diferentes esferas ou domínios institucionais. E, em certo sentido, ela possui coerência. Isso, segundo Sewell, sob a perspectiva de que o significado dos signos e símbolos é uma função da rede de oposições ou distinções em relação a outros signos no sistema. E as pessoas imersas em uma determinada cultura formam uma espécie de comunidade semiótica, no sentido de que são capazes de reconhecer o mesmo conjunto de significações e, portanto, são capazes de se engajar em ações simbólicas mutuamente significativas. Em uma analogia linguística, as pessoas são capazes de utilizar a “gramática” do sistema simbólico para produzir declarações compreensíveis. Mas tudo isso não implica em que essa coerência seja forte, uma vez que o reconhecimento de um conjunto de oposições simbólicas não determina os tipos de

declarações ou ações que são tomadas a partir desse conjunto. Implica somente que deve haver relações sistemáticas entre signos e um grupo de pessoas que reconhece essas relações.

A lógica do sistema de símbolos pode ainda ser aberta e objeto de disputas. E nos casos em que o sistema de símbolos é mais fechado e restritivo, não possuindo ambiguidades, isso não se dá somente pelas qualidades do sistema, mas também é resultado da inter-relação das estruturas semióticas com outras estruturas. Ou seja, o que as coisas no mundo são não é determinado somente pela “rede simbólica” lançada sobre elas, mas depende de outros aspectos, como características físicas, relações de poder, valor econômico, bem como de diferentes significados simbólicos que são atribuídos por outros atores.

Parte do que dá à prática cultural a sua potência é a capacidade que os atores possuem de jogar com os múltiplos significados dos símbolos – redefinindo, assim, situações de maneiras que eles acreditam que irá favorecer seus propósitos. Ação cultural criativa geralmente implica a transposição intencional ou espontânea de significados a partir de um lugar social, ou contexto, para outro. Mas isso faz sentido em um outro significado para cultura.

#### **4.2 – Cultura como diferentes mundos de significação**

Até aqui a cultura foi caracterizada no singular, como uma dimensão da vida social que é autônoma em relação a outras dimensões. Mas existe um segundo significado amplo para cultura, em que o termo não é tomado no singular – definido em contraste com outra esfera que não é cultura –, mas no plural. Segundo Sewell (2005), alguns trabalhos recentes estão mais preocupados com a cultura nesse sentido mais plural e concreto, isto é, cultura como diferentes mundos de significação. Não como um todo único claramente definido, coerente, logicamente consistente, integrado, consensual e resistente à mudança, como consideravam os estudos etnográficos (ou culturais) clássicos. Mas podemos pensar em diferentes mundos de significação como algo que pode ser contraditório, menos integrado, mutável e permeável. Aqui se reconhece mais fortemente que a cultura é um campo de disputas e com uma lógica aberta, ou melhor, com diferentes lógicas dentro dele.

Essa concepção de cultura leva em consideração que as sociedades são compostas por diferentes esferas de atividade e que cada uma delas possui suas formas e sistemas culturais específicos, que operam com lógicas próprias, muitas vezes definidas por relações locais. Além disso, esses sistemas não necessariamente formam um todo integrado. Uma integração, quando ocorre, muitas vezes se dá baseada em poder e dominação, suprimindo conflitos e desacordos que podem aparecer. De acordo com Sewell, essa integração, ou

tentativa de estabelecer coerência, é feita a partir de nodos institucionais na sociedade, centros de poder que buscam ordenar os significados para consolidar uniformidade e, mais ainda, organizar diferenças, hierarquizando, excluindo, criminalizando, marginalizando práticas e, em certos casos, populações. Quando as pessoas fazem distinção entre práticas culturais “mais elevadas” e “menos elevadas” ou entre práticas de diferentes etnias ou, ainda, entre práticas “normais” e “não-normais”, o contraste estabelece um campo de diferenças que parte de certos centros de poder, citados anteriormente. Essas distinções são feitas tanto semioticamente quanto politicamente.

Além de diferenças culturais internas em uma sociedade, outro elemento que precisa ser considerado é que hoje em dia os sistemas culturais de diferentes sociedades não estão isolados uns dos outros, como poderiam estar há alguns séculos. Relações entre sociedades levam a influências mútuas, como as que se dão por meio dos processos de colonialismo, migração, das missões religiosas, das trocas econômicas, da atuação de corporações transnacionais ou de organizações não governamentais transnacionais e, mais recentemente, sob a influência da internet que acelerou as trocas culturais. Podemos considerar que uma sociedade possui uma multiplicidade de sobreposições de sistemas culturais que se interpenetram. Eles são somente relativamente autônomos, pois utilizam significados e símbolos que são compartilhados com outros sistemas. Além disso, podem se referir às mesmas coisas e influenciar a subjetividade das mesmas pessoas.

No geral, o que vemos é que a coerência da cultura não pode ser considerada como algo não-problemático. Ela é variável, é contestável, está em constante mudança e é incompleta. Os diferentes mundos de significação permanecem juntos por meio de uma relação que pode ser conflituosa. Ou melhor, por meio de uma relação em que há uma “coerência fina” entre os diferentes sistemas.

Essa existência de uma multiplicidade de sistemas culturais, que se sobrepõem e se interpenetram, leva as pessoas a conviverem durante as suas vidas com mais de um desses sistemas. Na formulação teórica de Sewell, esses sistemas são chamados de *estruturas culturais*. O termo *estrutura* é usado por esse autor no sentido dado por Giddens (2009), como um elemento dual, que influencia e molda formas de pensar, motivos, intenções e ações das pessoas, mas que, ao mesmo tempo, é reproduzido e também moldado pelas ações dessas pessoas. Em certas circunstâncias, os sujeitos podem improvisar ou inovar de forma a modificar ou reconfigurar essas estruturas. Logo mais à frente caracterizaremos melhor a noção de estrutura.

Um exemplo utilizado por Sewell (2005) para descrever as diferentes estruturas culturais em que uma pessoa pode estar imersa, trata de um suposto engenheiro químico bengali que vive e trabalha em Houston, nos Estados Unidos. Esse indivíduo participa simultaneamente pelo menos da cultura bengali, da cultura da cidade/país em que está vivendo e da cultura técnico/científica internacional da profissão que exerce. Cada um desses sistemas ou estruturas culturais possui sua própria linguagem, símbolos próprios, formas particulares de fornecer significados às coisas etc., mas sem possuírem fronteiras (geográficas e sociológicas) claras. Nesse sentido, a ideia de estrutura cultural pode ser utilizada para o entendimento das diferentes arenas ou esferas das práticas sociais, que possuem várias formas de interligação e sobreposição, interpenetrando-se no espaço e no tempo, com todas as conseqüentes instabilidades, contradições, lacunas e fissuras<sup>28</sup>. Algumas dessas estruturas podem compartilhar símbolos e significados com outras, mas ainda assim elas possuem certa autonomia. Existem ainda estruturas em níveis menores (famílias, relações em determinada escola etc.), também possuindo autonomia, uma vez que não são necessariamente redutíveis a estruturas culturais que operam em níveis mais inclusivos das relações sociais.

Segundo Sewell, se assumimos que os indivíduos são formados por essas estruturas, o conceito de estruturas múltiplas é capaz de explicar a existência de pessoas com uma variedade de inclinações, interesses, capacidades e conhecimentos. Ou seja, isso implica em diferentes subjetividades. Além disso, as estruturas múltiplas que se sobrepõem nos permitem considerar que significados culturais e identidades derivados de uma estrutura ou esfera institucional podem ser transpostos para outras. E as pessoas, quando confrontadas com um fenômeno anômalo, podem inclusive fazer uma reflexão – no nível que seria da consciência discursiva (GIDDENS, 2009) – sobre as categorias existentes, fornecidas pelas estruturas culturais, sugerindo redefinições (juntando categorias que estavam separadas, movendo uma categoria de seu lugar em uma estrutura para um lugar em outra estrutura, desenvolvendo possíveis sistemas de classificação alternativos etc.).

A concepção de múltiplas estruturas ajuda também a explicar a criatividade dos sujeitos, com suas subjetividades variadas relacionadas às múltiplas estruturas culturais.

---

<sup>28</sup> Matthews (1994) aponta que em um indivíduo visões de mundo inconsistentes podem coexistir e os indivíduos podem viver, às vezes de forma não consciente, com esse tipo de dissonância. Ele cita alguns exemplos dessa acomodação privada de elementos contraditórios: a astronomia e a astrologia, ambas consideradas por estudantes de pós-graduação; fundamentalismo religioso entre cientistas; coexistência entre cristianismo e marxismo entre intelectuais etc. Esse fenômeno pode ser relacionado com as ideias de Sewell aqui apresentadas a respeito da sobreposição de estruturas culturais.

Todo indivíduo combina em si mesmo elementos que não podem ser limitados a uma determinada situação cultural particular. Pessoas, símbolos e entidades de uma referência cultural estão localizados de forma sobreposta com outros. Dessa forma, diferentes domínios, regras, categorias e sentidos podem ser criativamente transpostos de uma situação para outras. Além disso, certas pessoas possuem a experiência de negociar e renegociar as relações entre estruturas culturais não congruentes; para isso, é necessário conseguir manter certa distância intelectual das categorias estruturais e ser capaz de ver um conjunto de categorias culturais do ponto de vista de outras que são diferentemente organizadas, podendo assim comparar e criticar categorias e sua lógica para elaborar formas de harmonizar ou ordenar as demandas aparentemente contraditórias de diferentes culturas.

#### **4.3 – Estruturas culturais formadas por esquemas e recursos**

Como dissemos anteriormente, a noção de estrutura utilizada por Sewell vem dos trabalhos de Giddens, mas com algumas reformulações.

Giddens (2009), em sua descrição geral sobre estruturas, aponta que elas são formadas por *regras* e *recursos*. Regras teriam uma existência virtual e seriam procedimentos generalizáveis aplicados no desempenho/reprodução da vida social. Seria o conhecimento dessas regras o que torna as pessoas capazes de agir em determinado contexto. No entanto, Sewell (2005) aponta que Giddens não desenvolve completamente suas definições teóricas, como no caso da caracterização de um vocabulário para esclarecer o que seria o conteúdo do que as pessoas conhecem. Nesse caso, Sewell aponta que o termo que se refere a isso está disponível em um campo quase totalmente ignorado por Giddens: a antropologia cultural. O termo das ciências sociais usualmente utilizado para “o que as pessoas conhecem” seria cultura.

Sewell argumenta, ainda, que o termo *regra*, utilizado por Giddens, não parece o mais adequado, já que esse termo tende a indicar algo como prescrições a serem seguidas, explicitadas em estatutos, contratos, etc. Assim, Sewell propõe o uso do termo *esquema*, indicando algo que seria mais informal e nem sempre consciente. Esquemas seriam definidos tal como as regras de Giddens, como procedimentos generalizáveis aplicados na ação ou reprodução da vida social. Aqui entrariam regras de etiqueta, normas estéticas, voto democrático, papéis sociais de homens e mulheres, relações entre público e privado, a noção de que o ser humano é composto por corpo e alma etc. Além disso, os esquemas podem ser usados não somente nas situações nas quais eles foram aprendidos inicialmente ou mais

convencionalmente aplicados, mas podem ser transpostos ou estendidos para outras situações e, dessa forma, constituem algo virtual.

Giddens definiu estrutura formada não somente por regras, mas também por *recursos*. Mas Sewell aponta que a noção de recursos é ainda menos adequadamente teorizada por Giddens que a de regras. Sewell reformula uma definição obscura dada por Giddens e caracteriza recursos como “elementos que servem como fonte de poder nas interações sociais” (SEWELL, 2005, p.132, tradução nossa). Dessa forma, podemos considerar recursos como aquilo que habilita o indivíduo a realizar suas práticas dentro de uma determinada estrutura. Recursos, para Sewell, podem ser de dois tipos: humanos e não-humanos. Esses últimos seriam objetos, animados ou não, manufaturados ou naturais, que podem ser usados para aumentar ou manter poder; já recursos humanos se referem a força física, destreza, conhecimento e compromissos emocionais que podem ser usados para aumentar ou manter poder, incluindo-se aqui o conhecimento dos meios de ganhar, manter, controlar e propagar tanto recursos humanos quanto não-humanos. Diferente dos esquemas que seriam virtuais, recursos, para Sewell, são reais, pois existem no “tempo-espaço”. Isso tanto para objetos materiais, quanto para características observáveis de pessoas reais que vivem em um determinado tempo e lugar. Sewell argumenta que recursos materiais possuem qualidades que certamente não são geradas por esquemas, apesar de poderem ser fonte de poder em um sentido que vai além de sua existência material. Ou seja, recursos (principalmente não-humanos) possuem uma existência material que não é redutível a esquemas, mas sua classificação como recurso depende do esquema cultural que informa seu uso social<sup>29</sup>.

Ambos os tipos de recursos são meios de poder e são desigualmente distribuídos entre os membros de uma sociedade, mas alguma fração desses recursos, mesmo que pequena, é controlada por todos. Na verdade, parte do que significa entender os seres humanos como agentes é concebê-los como tendo algum tipo de poder devido ao acesso a algum tipo de recurso.

Dentro de uma determinada estrutura, esquemas (virtuais) e recursos (reais) entretêm uma relação dialética: recursos seriam corporificações dos esquemas, que poderiam ser “lidos” como um texto e, dessa forma, serem recuperados os esquemas culturais

---

<sup>29</sup> Na formulação teórica de Giddens, toda a estrutura é considerada virtual, o que, para Sewell, indica um ponto problemático dela. Essa consideração aproximaria a teoria de Giddens do estruturalismo, com os recursos sendo efeitos das estruturas virtuais. Dessa forma, haveria uma única direção de causalidade, o que seria uma negação da dualidade das estruturas, dualidade essa que é uma premissa central da formulação de Giddens.

relacionados; ao mesmo tempo, esquemas são mantidos e reproduzidos no decorrer do tempo somente por meio do uso de recursos. Desta forma, um implica na existência do outro e ambos se sustentam.

As diferentes estruturas culturais possuem diferentes características e dinâmicas próprias. Sewell (2005) indica duas importantes dimensões ao longo das quais essas estruturas variam: *profundidade*, relacionada à dimensão *esquema* das estruturas, e *poder*, relacionada à dimensão *recurso*. Uma estrutura profunda seria uma que fica “por baixo” e gera uma variedade de outras estruturas mais “superficiais”. Nesse sentido, os esquemas mais profundos estão presentes em uma diversidade de âmbitos institucionais, práticas e discursos e muitas vezes permanecem em uma esfera relativamente inconsciente, no sentido de que determinadas suposições ou formas de proceder são tomadas como certas sem que os atores envolvidos estejam conscientes de as estarem aplicando. Seria uma forma de entendimento ou atuação ancoradas no que Giddens (2009) chamou de consciência prática. Além da profundidade, as estruturas podem variar enormemente nos recursos, e conseqüentemente no poder, que mobilizam. Estruturas que moldam as finanças de um estado possuem maior concentração de poder do que as estruturas que moldam as brincadeiras de um grupo de crianças. Diferentes tipos de poder são mobilizados com diferentes estruturas, que podem ser baseados em persuasão ou mesmo em coerção.

#### **4.4 – Mudanças nas estruturas explicadas por meio dos esquemas e recursos**

Apesar de os esquemas e recursos que compõem uma determinada estrutura cultural mutuamente se sustentarem, Sewell (2005) coloca que ainda assim é possível uma mudança nessa estrutura. Para mostrar como isso é possível, ele propõe cinco axiomas: a multiplicidade de estruturas, a transponibilidade de esquemas, a imprevisibilidade de acumulação de recursos, a polissemia dos recursos e a interseção de estruturas.

O primeiro ponto da explicação apresentada por ele já indica que a cultura, aqui, está sendo considerada como formada por diferentes mundos de significação e, assim, é possível uma *multiplicidade de estruturas*. A sociedade é baseada em práticas derivadas dessas diferentes estruturas, que existem em diferentes níveis, operam em diferentes modalidades e são, elas mesmas, baseadas em uma grande variedade de tipos e quantidades de recursos.

A *transponibilidade de esquemas* indica que os esquemas podem ser transpostos de uma estrutura para outra, permitindo a solução de problemas com formato similar. Ou seja,

eles podem ser aplicados, de forma criativa, a casos fora do contexto em que foram inicialmente aprendidos, ação essa que Sewell chamou de “*agency*”. O autor considera, ainda, que essa capacidade de transpor esquemas é inerente ao conhecimento de um membro minimamente competente de uma cultura.

Sobre a *imprevisibilidade de acumulação de recursos*, o fato de um esquema poder ser aplicado a uma situação ou contexto novos, tem como consequência que os recursos relacionados à influência desses esquemas nunca são completamente previsíveis. Uma piada contada para uma nova plateia pode não ter o mesmo resultado que teve anteriormente e, com isso, ser descartada do repertório de um comediante; um investimento em um novo mercado pode tornar alguém rico ou pobre. Ambos os casos citados podem levar a uma mudança nos recursos (quantidade de piadas e de dinheiro). No entanto, a reprodução de esquemas depende da sua contínua validação por recursos; e como eles podem ser validados de forma diferente quando são postos em ação, potencialmente estão sempre sujeitos a modificações.

A respeito da *polissemia dos recursos*, é considerado que recursos corporificam esquemas, mas seu significado não é totalmente isento de ambiguidade. O sucesso de uma campanha militar pode ser atribuído às relações entre os combatentes, sua disciplina e capacidade, reforçando seu poder, ou ser atribuído a um general comandante, aumentando a subordinação de todos a seu líder. Assim, de modo geral, qualquer conjunto de recursos pode ser interpretado de formas variadas, empoderando diferentes atores e podendo ensinar diferentes esquemas. E isso está relacionado com a possibilidade de se transpor esquemas a novos contextos, reinterpretando e mobilizando os recursos em termos dos novos esquemas, diferentes daqueles a que os recursos se relacionavam originalmente.

Ainda sobre recursos poderem ser interpretados de mais de uma forma, isso pode ser explicado porque diferentes estruturas culturais se sobrepõem, ou seja, há uma *interseção de estruturas*. Essa interseção ocorre não somente com recursos, mas também com esquemas; enquanto os recursos podem ser reivindicados por diferentes atores imbuídos de diferentes estruturas (ou de maneiras diferentes por uma mesma pessoa que se encontra imbuída de mais de uma estrutura) os esquemas podem ser apropriados ou emprestados de uma estrutura para outra.

Assim, podemos considerar estruturas como um conjunto de esquemas e recursos que se sustentam mutuamente, que permitem e limitam ações sociais e tendem a se reproduzir por essas ações. Mas essa reprodução não é automática, uma vez que estruturas estão em risco, ao menos até certo ponto, em toda relação social que elas moldam, porque

elas são múltiplas e se sobrepõem, porque esquemas são transponíveis, porque recursos são polissêmicos e de acumulação imprevisível.

Outra questão relevante que deve ser levada em conta é a noção de agência (*agency*), já citada. Agência aqui tem o sentido de capacidade de agir e que, para isso, é necessário o exercício de certo controle sobre as relações sociais em que se está imerso. Essa capacidade surge das estruturas culturais, do conhecimento dos esquemas e do acesso a recursos. A agência se relaciona à aplicação de esquemas a novos contextos ou à reinterpretção ou mobilização de recursos em termos de outros esquemas, diferentes daqueles que constituíam originalmente os recursos. A agência é uma atuação criativa inerente a todos os humanos, mas que varia de pessoa para pessoa, dependendo do tipo de estruturas relacionadas ao seu mundo social, bem como à posição que ela ocupa nele, que daria à pessoa conhecimento de diferentes esquemas e acesso a diferentes tipos e quantidades de recursos, levando a diferentes possibilidades de ações transformadoras.

Esse conceito de agência é tanto individual quanto coletivo, porque é sempre um ato de comunicação com outros, que implica em coordenar as próprias ações com ações de outros (ou contra elas), para formar projetos coletivos. Mas, ainda assim, a extensão da agência de uma pessoa depende da sua posição na organização coletiva. O presidente de um país, um executivo de uma indústria, alguém com posição de destaque em uma organização religiosa, possuem capacidades de ação que podem ser diferenciadas em relação aos demais em suas respectivas estruturas.

Um elemento importante nas teorizações de Sewell sobre mudança nas estruturas culturais é a noção de evento. Essa ideia foi baseada nos trabalhos do antropólogo Marshall Sahlins (1985), que buscava criar uma teoria das mudanças culturais sem abandonar seu estruturalismo, originado da vertente de Lévi-Strauss. Eventos, para Sahlins, são elementos que geram transformações nas estruturas culturais. Além disso, a forma atual dessas estruturas seria o resultado cumulativo de eventos que ocorreram no passado. Um evento só pode ser reconhecido dentro dos termos fornecidos por uma estrutura cultural, sendo distinto de um acontecimento rotineiro na medida em que viola as expectativas gerada pela estrutura. Ou seja, o reconhecimento de um evento como evento pressupõe estrutura. Além disso, as consequências de um evento dependem de como ele é interpretado, o que é feito nos termos de uma estrutura local; o que um determinado evento se tornará, qual será seu curso, depende de como ele está implicado na estrutura. Sahlins chama isso de “a constituição de eventos históricos pelas estruturas culturais”. E se as estruturas definem eventos, os eventos

redefinem e mudam a forma das estruturas, que, como já foi dito, seriam produtos de eventos passados.

Em particular, Sewell (2005) utiliza como exemplo de evento uma descrição feita por Sahlins (1981) de mudanças nas estruturas culturais dos povos da Polinésia por meio do contato com os europeus. Sem entrarmos em muitos detalhes da descrição, essa mudança se deu em particular devido à chegada de ingleses no Havaí – o capitão Cook e seus marinheiros – na mesma época do ano em que se dava na ilha um determinado festival comemorativo da chegada de um deus através do mar. Com isso, os ingleses acabaram sendo recebidos no Havaí de acordo com as categorias da história mítica havaiana, e o capitão Cook identificado como uma divindade, o que inclusive levou à sua morte. Uma vez morto, Cook foi apropriado pelos governantes havaianos como um espírito ancestral e um dos reis passou a considerar que sua própria força espiritual – chamada *mana* – tornou-se inglesa, tal como o capitão Cook, o que levou esse rei a desenvolver uma política de amizade com os ingleses e demais europeus. Essa política garantiu tanto a segurança dos europeus, quanto a realização trocas comerciais com eles, permitindo que o rei adquirisse armas, navios e conselheiros europeus, por meio dos quais foi possível conquistar todo o arquipélago.

A chegada dos ingleses foi certamente um evento transformador na história do Havaí. Não simplesmente pela superioridade tecnológica ou bélica dos europeus, mas pela apropriação das ações e bens materiais deles em termos da cultura local<sup>30</sup>. Sahlins (1985) aponta que a experiência social humana é a apropriação de percepções específicas por conceitos gerais. No caso, um capitão inglês apropriado pelas noções havaianas de divindade. No entanto, classificar os objetos de percepção e ações dentro de categorias os coloca em risco. Os navios, armas, instrumentos e objetos ingleses foram colocados dentro da lógica havaiana, ou seja, como recursos que permitiram uma enorme acumulação de *mana* pelo rei e pelos chefes, o que permitiu inclusive a conquista de todas as ilhas do arquipélago. Isso deu ao conceito de *mana* novas referências e conseqüentemente alterou seu significado original.

---

<sup>30</sup> Apesar de Sewell (2005) utilizar a interpretação de Sahlins, ele não deixou de criticar essa interpretação naquilo que ela trazia das ideias estruturalistas, como se as estruturas culturais fossem únicas e definissem completamente as pessoas. Assim, Sewell critica o que fato de que os atores havaianos de Sahlins parecem não hesitar e agir de forma automática frente à situação sem precedentes que foi vivenciada. O relato de Sahlins, baseado somente no que foi dito pelos ingleses, faz a transposição das estruturas culturais feitas pelos havaianos parecer muito fácil, muito automática, mas que não é difícil imaginar que um fenômeno anômalo pode resultar em ações semióticas muito mais complexas que a atribuição dos fenômenos em uma categoria. Pessoas podem refletir sobre as categorias existentes, sugerindo redefinições de vários tipos, ou mesmo agir de forma ambígua na esperança de serem guiadas pelos comportamentos futuros do fenômeno. Apesar disso, Sewell utiliza essa história como válida e realiza adaptações nas teorizações de Sahlins.

Vemos nesse caso a existência de uma relação dialética entre esquemas e recursos no processo de mudança das estruturas culturais. E para melhor esclarecer essa relação, Sewell (2005, p.216) a esquematiza em três pontos:

- i. *Recursos são produzidos por esquemas culturais*: com isso se quer dizer que os valores específicos de um recurso surgem da sua categorização em determinados esquemas. Por exemplo, os ossos do Capitão Cook se tornaram uma poderosa fonte de mana porque eram tratados de acordo com esquemas utilizados no tratamento dos ossos de grandes chefes; e aquele que possuísse os ossos possuiria também seu poder. Ações no mundo marcam as substâncias como recursos com certos valores e poder. Isso não somente coloca as substâncias em categorias abstratas que possuem relações semióticas com outras categorias, mas também confere a elas os poderes do mundo real que são característicos das outras substâncias que pertencem à mesma categoria e, ainda, as sujeita à dinâmica social característica da categoria.
- ii. *No entanto, recursos são governados por outras dinâmicas além daquelas que recebem dessa categorização*: os recursos estão sujeitos a certas tendências e limitações, naturais (físicas, biológicas etc.) ou socioculturais. Na história descrita por Sahlins, por exemplo, havia árvores de sândalo das ilhas havaianas que possuíam certo valor e eram propriedade exclusiva dos chefes e reis (um esquema de tabu). Mas isso não mudava o fato de que elas se reproduzem devagar e, ao serem cortadas em excesso, se esgotavam. Outro exemplo diz respeito aos bens adquiridos dos europeus, considerados fontes de mana pelos polinésios, mas que, além disso, faziam parte de outros esquemas e dinâmicas, relacionados ao sistema capitalista emergente no mundo. Como recursos implicados em outro universo cultural, eles dificilmente poderiam ser governados somente pelos esquemas havaianos de mana e tabu.
- iii. *A transformações dos esquemas culturais resulta de fluxos inesperados de recursos*: em ações no mundo as categorias culturais adquirem novos valores e podem ser alteradas. Engajar-se em uma ação é agir linguisticamente, designando algo como pertencente a uma categoria semântica, mas também é caracterizar algo no mundo como um potencial recurso para ação, como sendo suscetível aos tipos de utilização social características dessa categoria de coisas. Toda ação no mundo pode ser vista como uma inflexão no significado da

categoria a qual esse potencial recurso é referido, ou seja, há uma mudança nos conteúdos empíricos aos quais a categoria se refere, o que afeta o conjunto de características que podem ser incluídas nela. O risco de transformação das categorias culturais surge do fato de que algo inicialmente caracterizado como um recurso em um determinado esquema pode ser sujeito, no decorrer do tempo, a outras determinações, naturais e socioculturais, que podem causar mudanças de várias ordens. Na história havaiana, as categorias de mana e tabu foram alteradas porque muitas coisas caracterizadas como recursos pelas suas relações com essas categorias também eram sujeitas a outros valores, imprevistos pelos chefes e sacerdotes havaianos. Os inesperados fluxos e flutuações dos recursos acabaram transformando os esquemas.

Esse exemplo da história do capitão Cook mostra o que Sewell considera um mecanismo de mudança nas estruturas culturais: a aplicação de categorias culturais pré-existentes a novas circunstâncias<sup>31</sup>. A ação no mundo, em uma nova situação, de elementos com determinado significado cultural pode, pelo menos ocasionalmente, transformar esses significados e assim reorientar as próprias categorias culturais. O exemplo citado mostrou que isso teve origem com as características da chegada e da relação estabelecida com os ingleses, que foi o evento desencadeador da transformação. Ou seja, uma micro condição, com detalhes específicos – a chegada dos ingleses em determinada época do ano e não em outra –, foi responsável no decorrer do tempo por um efeito macro, alterando elementos das estruturas culturais dos povos da Polinésia. Isso seria a marca característica de um evento, que mostra uma lógica que é emergente quando são relacionadas, em uma dada situação, estruturas que estavam separadas ou cuja relação se dava somente por meio de outros tipos de conexão. Nesse caso, as consequências podem ser a supressão de certos caminhos ou elementos e o surgimento de novas possibilidades, como a elaboração de outras rotas. Para Sewell (2005), nessas situações as novas combinações irão influenciar as ações baseadas em cada uma das estruturas anteriores simultaneamente, cuja consequência pode ser a transposição experimental de esquemas, em uma dinâmica interativa e volátil, onde é

---

<sup>31</sup> Isso é o que Sahlins chamou de risco objetivo para as categorias culturais. Existiria, ainda, um risco chamado de subjetivo. Eventos transformam os significados e relações das categorias culturais não somente porque o mundo falha em se conformar nas expectativas vindas das categorias, mas também porque atores alteram as categorias para seus próprios fins no curso da ação. Apesar de importante na teoria de Sahlins, não entraremos aqui nessa segunda definição.

provável que haja redefinições mútuas que reestruturam as práticas de forma significativa. E detalhes aparentemente menores podem ter consequências grandes e duradouras.

Um ponto que merece destaque é que um evento não precisa ser necessariamente algo que trará uma grande mudança, mas pode estar relacionado a uma estrutura cultural de nível menor. E pode ser, ao mesmo tempo, um acontecimento rotineiro dentro de outras estruturas culturais. Um divórcio pode ser normal em um país, mas um evento para uma família que considera que isso contraria seus princípios.

Sewell (2005) coloca ainda que um evento envolverá uma nova conjuntura para as estruturas envolvidas. No entanto, apesar de não ser possível prever antecipadamente quais conjunturas irão moldar o que constituirá um evento, é possível saber para onde olhar: uma conjunção de estruturas que desencadeia uma interação sinérgica entre atores na tentativa de dar um sentido estrutural a uma situação muito volátil.

#### **4.5 – A questão da ciência e do conhecimento científico: a ciência como cultura e a ruptura com o cotidiano**

É no segundo sentido de cultura apresentado anteriormente, como diferentes mundos de significação, que consideramos ser mais frutífero tratar a ciência, como uma estrutura cultural que se relaciona com outras que permeiam a sociedade em que vivemos. Quando se aprende ciência, quando se dá efetivamente uma imersão no universo de significação dela, é necessário passar a considerar suas formas de conceber o mundo, próprias de sua estrutura cultural, bem como lidar com os contrastes entre os significados e concepções trazidos por ela com aqueles vindos de outras estruturas.

A noção de cultura vem sendo usada há um tempo em trabalhos sobre educação em ciências, mas não necessariamente com uma definição clara.

Por exemplo, em relação ao tratamento da física como um elemento cultural, em 1989 João Zanetic defendeu sua tese de doutorado cujo título é *Física também é cultura*. Para o autor, ao se falar sobre cultura no senso comum, raramente a física ou outra ciência aparece no discurso. A tese de Zanetic, destaca que a ciência faz parte da bagagem cultural das pessoas e aponta aspectos do conhecimento científico que vão além do formalismo matemático e que deveriam fazer parte da educação em ciências<sup>32</sup>. De forma geral, ele

---

<sup>32</sup> O autor escreveu que “[...] a física ensinada em nossas escolas é essencialmente matemático-operacional, metodologicamente pobre, sem história interna ou externa e desligada da vivência dos alunos e da prática dos cientistas”. (ZANETIC, 1989, p.177)

caracterizou esses aspectos como pertencentes à cultura científica. Para satisfazer um ensino que atendesse essa concepção cultural, a física deveria ser apresentada como “[...] um elemento cultural básico para a compreensão do mundo contemporâneo, para o entendimento de concepções do mundo físico que existiram na história e para a ‘satisfação cultural’ do cidadão contemporâneo” (ZANETIC, 1989, p.24).

No entanto, a concepção de cultura que aparece nesse trabalho é uma concepção bastante genérica, uma espécie de reconhecimento de elementos da ciência, além do formalismo matemático, que se relacionam com outros aspectos da vida intelectual e social em geral. Além disso, os elementos culturais parecem ser considerados como uma espécie de “visão de mundo”, que favoreceria o entendimento do mundo contemporâneo.

Essa ideia da cultura científica como elemento de entendimento do mundo contemporâneo, com seus aparatos tecnológicos, também aparece em trabalho de Souza, Bastos e Angotti (2007). Esses autores defendem que, apesar de as pessoas utilizarem diversos objetos tecnológicos, a presença desses objetos na vida delas não faz com que sejam parte de sua cultura. De um modo geral, as pessoas não compreendem seu funcionamento e, mais que isso, não veem como problema desconhecem questões relacionadas à ciência e tecnologia. Na visão dos autores, uma inserção efetiva no universo cultural da ciência se daria por meio de uma aprendizagem que envolveria

[...] a iniciação dos alunos em uma nova maneira de pensar e explicar os mundos natural e tecnológico, que é fundamentalmente diferente daquelas disponíveis no senso-comum. Isso envolve um processo de socialização das práticas da comunidade científica e de suas formas particulares de pensar e ver o mundo, em última análise, um processo de “enculturação”. (SOUZA, BASTOS e ANGOTTI, 2007, p.4).

Essa noção de “enculturação” pode ser encontrada também em outros trabalhos em ensino de ciências (DRIVER *et al.*, 1999; CARVALHO, 2007), bem como a noção de ciência como fazendo parte da cultura (MACEDO e KATZKOWICZ, 2003; SANTOS, 2007). Os significados de cultura em todos trabalhos nem sempre estão claros, não ficando explícito se ela é considerada uma categoria geral e única da vida social ou possui significado mais múltiplo, composto por formas específicas de dar significado e lidar com o mundo. Ou ainda uma outra forma diferente de associação com a vida social.

Consideramos que por meio das definições de Sewell (2005) podemos caracterizar a ciência como uma estrutura cultural que possui determinados esquemas e recursos. Dessa forma, as diferentes especialidades da ciência podem ser consideradas como espaços culturais compostos por um conjunto de momentos de atuação de esquemas específicos e

recursos próprios da cultura científica em voga. Neste sentido, pode-se definir cultura científica especificamente conectada com esquemas e recursos pertencentes ao modo próprio de atuação dos cientistas em suas práticas usuais. Trata-se de um sistema cultural onde símbolos e significados são partilhados por uma comunidade de uma forma coerente, como proposto por Geertz (1973). Mas os atores no domínio científico produzem cultura reproduzindo padrões do sistema ao qual pertencem ao mesmo tempo em que o transformam. Isto porque os esquemas e os recursos podem ser apropriados de diferentes formas e, além disto, sempre há a possibilidade de que esquemas e recursos de outras estruturas culturais interfiram na cultura científica específica ou esta nas demais. Ou seja, ao considerarmos a ideia colocada por Sewell de que recursos são governados por outras dinâmicas além daquela que recebem devido à categorização em determinado esquema, podemos pensar que os recursos também podem alterar os padrões culturais da ciência quando, por exemplo, os esquemas dos cientistas precisam, em determinado momento, ser alterados para abarcar novos conteúdos empíricos, que no caso das ciências são um tipo de recurso.

Na cultura científica, esquemas englobam todo tipo de atividade que visa a resolver problemas de natureza prática ou teórica, inclusive utilizando como parâmetro a apuração experimental. Por exemplo, as estratégias de solução de problemas tipos (ou prototípicos) são esquemas próprios de um físico teórico. Assim como o uso de abordagens estatísticas são esquemas próprios de um físico experimental lidando com muitos dados. De certo modo, esquemas se vinculam à dimensão cognitiva, mas também aos valores e às metas a serem atingidos, como, por exemplo, a busca pelo aperfeiçoamento e pela ampliação do conhecimento. Já os recursos se definem pelo fato de “empoderarem” os atores de uma dada comunidade. Podem ser considerados recursos na física as teorias, leis, princípios, conceitos, bem como artigos, livros, equipamentos de medida, instalações físicas, computadores, etc. Além desses, também podem ser considerados como recursos os alunos de pós-graduação e iniciação científica, técnicos de laboratório, gestores científicos, entre outros.

No entanto, não podemos deixar de concordar que a ciência também permite uma leitura do mundo que é diferenciada, ideia essa que aparece em alguns dos trabalhos que citamos anteriormente. Esse, aliás, é um aspecto importante dela. Adentrar o mundo das ciências é semelhante à forma na qual conhecemos um novo país distante culturalmente de nosso país de origem. Isso justifica-se pelo fato de que a ciência nos convida a ver o mundo de um outro ponto de vista, diferente das formas de conhecimento que em geral possuímos.

A ciência possui uma racionalidade específica, além de critérios próprios de caracterização do mundo.

Martins, Ogborn e Kress (1999, p.30) afirmam que aprender ciência envolveria “[...] passar a conceber o mundo físico de forma diferente e vislumbrar outras dimensões da relação entre o homem e a natureza”. Como exemplo dessa forma diferente de conceber o mundo, esses autores afirmam que, na concepção científica, a matéria passa a ser vista como composta, principalmente, por espaço vazio; germes microscópicos, e não a chuva ou o vento frio, passam a ser a causa dos resfriados; a Terra, normalmente vista como o chão em relação ao qual nos movimentamos, passa a ser considerada como ativa e em constante movimento. Como destaca Tiercelin (1999), quanto mais a ciência progride, mais parece divergir da descrição que o senso comum atribui ao mundo. E isso pode gerar questionamentos em relação ao conhecimento produzido por ela. Matthews (1994), falando sobre a utilização de idealizações pela ciência, coloca que essas idealizações são um dos maiores obstáculos à aprendizagem científica, em parte porque as crenças intuitivas são fortemente influenciadas pela experiência concreta do dia a dia. Isso aponta novamente para a ideia de que os conhecimentos científicos e as conceituações vindas do cotidiano caracterizam o mundo de formas distintas.

Em relação à caracterização ontológica do mundo feita pela ciência, que utiliza entidades não diretamente acessíveis, cabe aqui indicar uma ideia posta por Gupta, Hammer e Redish (2010), apontando que nossos órgãos dos sentidos, bem como as ferramentas que nosso cérebro possui para interpretar os dados que chegam desses órgãos, são evolutivamente otimizados para lidar com as experiências cotidianas. Nossos olhos, por exemplo, detectam uma gama limitada do espectro eletromagnético, na região em que se encontra a maior parte da radiação solar, e os objetos que precisamos lidar no dia a dia (o que precisamos encontrar para nos sustentar ou mesmo o que precisamos evitar para conseguirmos sobreviver suficientemente para passar nossos genes a uma nova geração) refletem bem essas frequências, são visíveis nelas. Como sabemos, isso não significa que não haja informações em outras faixas de frequência, inclusive alguns animais são sensíveis à luz nessas outras faixas. De maneira semelhante, as categorias que nosso cérebro utiliza para lidar com nossa sobrevivência também são boas o suficiente para a experiência cotidiana. No entanto, para esses autores, a atividade científica busca um entendimento mais profundo e analítico e, assim como os instrumentos científicos podem ir além das limitações dos nossos órgãos sensoriais, mostrando outros aspectos da realidade, as teorias científicas

podem ir além das limitações das nossas ontologias diretas, criando categorias mais complexas e sutis.

Essas ideias apresentadas podem ser relacionadas ao que foi dito no início do presente capítulo, quando abordamos as concepções de Geertz (1973) sobre a cultura ser uma fonte de informações suplementar e necessária à formação humana. Geertz faz uma comparação entre os seres humanos e os animais, dizendo que esses últimos apresentam respostas bem determinadas a certos estímulos, ou seja, os padrões de comportamento são razoavelmente definidos em todos os animais de uma mesma espécie. Já nos seres humanos seriam poucos, ou nenhum, os comportamentos bem definidos, as respostas humanas são bastante variadas. Geertz coloca que, face às múltiplas possibilidades de ação oferecidas pelas situações vivenciadas no mundo, os padrões de comportamento humanos e as respostas cognitivas e emocionais a estímulos e acontecimentos não podem ser definidos apenas por fontes intrínsecas – nossa base genética. Nossa humanidade é também moldada por referências externas que servem de filtro e auxiliam na tomada de decisões. Essa referência externa seria a cultura. Dessa forma, a cultura científica, com seus modos próprios de caracterizar o mundo, nos auxiliaria na definição de comportamentos e resposta cognitivas, além de poder ser relacionada a determinadas formas de compreensão ontológica do mundo.

Diferenças entre o real científico e o real cotidiano, que vêm sendo discutidas ao longo do nosso trabalho, também são pontuadas por Bachelard. Conforme já apontamos, para o senso comum a realidade é aquilo que se apresenta aos sentidos, como uma realidade dada. No entanto, Bachelard coloca que o conhecimento científico se constitui a partir do rompimento com o conhecimento direto do cotidiano, um processo de constante ruptura com o que se pensava anteriormente sobre o mundo, ou seja, um processo de retificação do saber (BACHELARD, 1978). Dessa forma, a ciência se constitui como definidora de outro tipo de real.

Cabe fazer aqui uma digressão e mencionar que essa distinção entre caracterizações sobre o mundo feitas pela ciência e pelo pensamento cotidiano, havendo uma ruptura entre elas, vai de encontro às ideias apresentadas por Fine (1986a), tratadas anteriormente, que consideram que as noções científicas são uma espécie de continuação das noções cotidianas, ambas fundamentadas em bases epistemológicas semelhantes. Já apontamos que no nosso entendimento a proposta de Fine a respeito da NOA representa uma espécie de recusa em relação ao debate filosófico acerca das noções de verdade e realidade na ciência. Além disso, pelo que foi visto até aqui, consideramos que essa proposta desconsidera distinções

fundamentais entre esses dois campos. Algumas ideias de Bachelard, tratadas a seguir, também tocarão nesse ponto.

No pensamento de Bachelard existem diferentes razões constitutivas em diferentes níveis de realidade (LOPES, 1999; RHEINBERGER, 2005). A realidade de um objeto que pode ser visto ou tocado não é a mesma de uma partícula não observável, cuja realidade é caracterizada por meio de uma série de noções teóricas e resultados de experimentos. Esse tipo de partícula seria parte de outra ordem de realidade, que não pode ser compreendida sem o uso da razão, já que não aparece à percepção como algo direto. Enquanto o conhecimento comum lida com um mundo dado, o conhecimento científico trata de um mundo reconstruído, elaborado, constituído por fenômenos que muitas vezes são produzidos em laboratório.

Bachelard utiliza a expressão *fenomenotécnica* para se referir a fenômenos que não estariam “naturalmente na natureza”, ou seja, fenômenos que são produzidos tecnicamente<sup>33</sup>. O acesso a eles é mediado por uma técnica, utilizando instrumentos que são construídos empregando teorias e que fornecem resultados que também são interpretados por meio de conceitos teóricos. Sob esse ponto de vista, transparece um *esquema* próprio da ciência, com seus métodos de compreensão do mundo, em que o real científico surge mediante um diálogo da razão, ou de uma teoria racional, com a experiência, diálogo esse que se apoia em aparatos tecnológicos, indispensáveis para a constituição do conhecimento científico atual. Para Rheinberger (2005, p.315, tradução nossa), “[...] na medida em que o modo de ação tecnológico está envolvido no núcleo do empreendimento científico, o próprio objeto tecnológico adquire uma função epistêmica”.

Isso evidencia as formas próprias da ciência moderna caracterizar o mundo, com os equipamentos sendo recursos que “empoderam” os cientistas na prospecção do mundo, ao mesmo tempo em que são esquemas científicos materializados – considerando aqui como esquema a busca pelo aumento e pelo aperfeiçoamento do conhecimento por meio desses equipamentos, utilizando averiguação experimental. Os resultados das investigações dão suporte a novas teorizações, que por sua vez servem de base à elaboração de novos tipos de equipamentos e a novas buscas, o que inclusive altera a visão de mundo da ciência, que, nesse processo, infere a existência de entidades inobserváveis para explicar os resultados obtidos nas suas investigações. Algumas dessas entidades podem ser consideradas como

---

<sup>33</sup> Podemos pensar no LHC (*Large Hadron Collider* ou Grande Colisor de Hádrons), o maior e mais famoso acelerador de partículas do mundo, como um importante exemplo de produtor de fenômenos que não ocorreriam normalmente na natureza.

“criadas em laboratório”, em fenômenos provocados por técnicas instrumentais (CASTELAO-LAWLESS, 1995). No entanto, o teste experimental faz parte da estratégia para se determinar se essas entidades, ou qualquer hipótese utilizada, realmente possuem valor epistêmico.

Disso concluímos que, para Bachelard, o conhecimento não pode ser separado da técnica e o desenvolvimento de condições tecnológicas dá suporte ao desenvolvimento da ciência moderna, tanto para a construção da realidade científica quanto para a retificação do que se conhecia anteriormente, para uma de retificação do próprio saber da ciência.

Outro conceito importante posto por Bachelard (1996), que vamos somente citar brevemente, é o de *obstáculo epistemológico*. Ele seria uma espécie de resistência do pensamento ao próprio pensamento, uma acomodação da razão ao que já se conhece (LOPES, 1999). O desenvolvimento científico se dá não somente por avanços técnicos, mas também pela superação desses obstáculos (e as duas coisas podem estar inter-relacionadas).

Saindo agora de uma discussão específica sobre ciência e indo para um contexto mais geral, para Bachelard, o conhecimento do senso comum se constitui como um obstáculo epistemológico ao conhecimento científico, já que as formas de pensar cotidianas seriam um obstáculo ao desenvolvimento das formas científicas de pensar que, muitas vezes, contradizem o senso comum. E esse conhecimento cotidiano deveria ser reelaborado, assim como os conhecimentos científicos também devem ser, já que esses últimos também constituem obstáculos a novos conhecimentos e novas formas de pensar.

Lopes (1999) coloca ainda que, segundo Bachelard, o conceito de obstáculo epistemológico pode ser utilizado tanto no estudo do desenvolvimento histórico do conhecimento científico, quanto na prática da educação. Nessa última, a análise dos obstáculos contribuiria para que fossem suplantados os obstáculos pedagógicos, ou seja, os entraves que impedem o aluno de compreender o conhecimento científico.

No entanto, deve-se levar em conta a existência de racionalidades setoriais, relacionadas a diversas áreas do conhecimento. Além disso, em uma mesma área, uma racionalidade nova não implicaria necessariamente no abandono da anterior, mas a limitaria dentro de um âmbito específico. Da mesma forma, podemos fazer uma analogia, considerando que a aprendizagem científica não implicaria no abandono de formas cotidianas de pensar (o que consideramos impossível), mas limitaria essas formas a seus contextos próprios. Ainda mais que em um mesmo indivíduo diversas estruturas culturais estão interpenetradas e em inter-relação, não formando um todo homogêneo. No entanto,

isso não significa que os conhecimentos dessas diferentes estruturas se igualem epistemologicamente, conforme vimos salientando no decorrer desse trabalho.

Uma última questão a ser tratada é que também podemos considerar o mundo cotidiano (o campo do senso comum) como representando um contexto cultural. Mesmo levando em consideração que o cotidiano não é necessariamente o mesmo para todas as pessoas, certas características dele são partilhadas, como os aspectos apontados por Schutz (1974) referentes ao estilo cognitivo da realidade do dia a dia. Dessa forma, ao tratarmos o mundo cotidiano como um campo específico, estamos nos referindo ao fato de que ele possui certas características que lhe são próprias, mesmo ele não sendo exatamente o mesmo para todos.

No entanto, não podemos deixar de considerar que ele é um campo menos estruturado que outros (como o científico, por exemplo), já que também é constituído pelos elementos particulares dos agrupamentos sociais específicos em que as pessoas estão inseridas. Ele seria um campo aberto, que sofre influência mais direta das diversas estruturas com as quais as pessoas convivem.



## 5 – CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA

Conforme apontamos na Introdução, consideramos desejável uma educação científica que não faça somente um tratamento operacional da ciência, mas que tenha um enfoque mais amplo dela, incluindo uma abordagem de questões sobre a natureza do conhecimento científico e de características do que estamos chamando, de modo geral, de cultura científica. Para tanto, julgamos que certo entendimento desses elementos é importante para um professor de ciências, o que traz a necessidade de um tratamento deles no processo formativo desse professor.

Podemos pensar o conhecimento científico como uma forma de conceber o mundo que é distinta daquelas que vêm de outras caracterizações da realidade, inclusive rompendo com determinados aspectos dos modos usuais de pensar o mundo. Uma noção pluralista da cultura nos auxilia a interpretar essas diferenças em virtude da existência de diferentes estruturas culturais (SEWELL, 2005). Nessa perspectiva, essas estruturas estão parcialmente sobrepostas, existindo ao mesmo tempo, todas com certo grau de influência sobre os indivíduos. Assim, a ciência, considerada como uma estrutura cultural, coexiste com outras estruturas, cada uma delas com características próprias e não necessariamente concebendo o mundo da mesma maneira.

Cada estrutura cultural possui seus modos próprios de atribuir significados, bem como seus esquemas e recursos, com várias formas de interligação e sobreposição, e a aprendizagem da ciência se dá com os estudantes imersos em várias estruturas, recebendo influências diversas além daquela que vem da cultura científica aprendida nas instituições de ensino. Assim, aprender ciências, tanto para estudantes na escola básica, quanto para futuros cientistas ou futuros professores de ciências, envolveria também aprender a estabelecer contraposições e limites de validade entre os diversos esquemas e recursos das diferentes estruturas culturais com as quais eles têm contato. Embora seja impossível, e mesmo indesejável, estabelecer fronteiras rígidas entre as diversas culturas, tomar consciência e ser capaz de estabelecer conexões e contraposições entre elas pode melhorar as formas de se relacionar com essas diversas estruturas culturais, bem como contribuir para que elas sejam entendidas em seus próprios termos.

A cultura científica possui suas formas próprias de caracterizar o mundo, incluindo-se aí uma ontologia específica que é constituída, entre outras coisas, por entidades inobserváveis que surgem como produto das investigações científicas. Essas entidades compõem a realidade na perspectiva da ciência, mas, como descrevemos no Capítulo 2, as

considerações a respeito dessa realidade são bastante complexas. Pensamos que em situações de ensino, sobretudo naquelas em que se pretende incorporar aspectos da natureza da ciência e dos conhecimentos científicos, seria indesejável um tratamento dessas entidades como se a sua existência fosse algo trivial, tal como a existência dos objetos ordinários que podem ser apreendidos diretamente pelos sentidos, ou como se essas entidades fossem meras ficções, ignorando os avanços científicos e tecnológicos realizados levando em consideração a existência delas. Novamente, aparece aqui a necessidade de certo entendimento desses elementos por um professor de ciências.

A partir dessas considerações, como já dissemos na Introdução, pensamos ser pertinente um estudo sobre como estudantes de licenciatura em física, futuros professores, incorporam certos aspectos da cultura científica nas formas que usam para caracterizar a realidade de entidades da ciência. Estudantes de licenciatura, além de lidar com as próprias visões de mundo, estabelecendo critérios próprios de caracterizar a realidade de algo, deverão tratar também, mesmo que de maneira indireta, de questões a respeito da realidade do mundo da ciência com seus futuros alunos. Assim, surge a importância de conhecimentos específicos sobre critérios definidores de existência das entidades da ciência, bem como o entendimento de como isso pode se relacionar com outros critérios de definição de realidade, vindos de outras estruturas culturais.

São as seguintes questões que pretendemos responder:

- 1) É possível identificar aproximação entre elementos da cultura científica e a forma pela qual os licenciandos caracterizam entidades da ciência? Os estudantes caracterizam de maneira diferente a realidade de entidades da ciência e de entes<sup>34</sup> que compõem outros domínios?
- 2) Ao estudar física, há respaldo para uma reflexão a respeito da realidade das entidades? Que tipo de justificativa sobre a realidade de entidades científicas é apresentada aos estudantes?
- 3) Considerando a importância de reflexões acerca da realidade do conhecimento científico, é possível estabelecer uma maneira de favorecê-las, fazendo também com que os estudantes se conscientizem das formas pelas quais eles entendem a realidade da ciência?

Com base nessas questões, nosso trabalho é composto por três estudos:

---

<sup>34</sup> Convencionamos neste trabalho utilizar o termo *entidade* para os recursos materiais relacionados ao contexto científico e *ente* para elementos do mundo relacionados a outros contextos culturais.

- 1) O primeiro, é uma investigação sobre as formas pelas quais licenciandos em física entendem a realidade de entes e entidades. Para tanto, foi utilizado um questionário, adaptado de outro questionário que utilizamos em trabalhos anteriores (MARINELI e PIETROCOLA, 2009; MARINELI e PIETROCOLA, 2010), indagando sobre como os estudantes entendem a “intensidade da realidade” de entes/entidades que consideramos como pertencentes a três contextos culturais: da ciência, do cotidiano e da religião. Levamos em consideração que um estudante de ciência está imerso, em maior ou menor grau, nesses três contextos. Esse questionário foi respondido por 23 estudantes de licenciatura em física da USP.
- 2) O segundo estudo consiste na investigação de como as entidades da ciência são apresentadas e caracterizadas em uma coleção de livros didáticos de física do ensino superior. Partimos aqui da suposição de que as formas pelas quais as entidades são abordadas nas aulas de física na universidade são aquelas apresentadas nos livros. A aprendizagem científica que se dá na universidade é produzida a partir de sistemas de conceitos que são historicamente constituídos e, de certo modo, materializados nos manuais utilizados. Assim, julgamos razoável considerar que, por meio do livro, é possível formar uma ideia de como essas entidades são tratadas e trabalhadas com os estudantes em um curso de física.
- 3) Com base nos resultados obtidos nesses dois estudos, elaboramos um heurístico, um instrumento que visa trazer à tona as formas pelas quais os estudantes pensam tanto as entidades da ciência e aspectos do conhecimento científico, quanto entes e aspectos de outras estruturas culturais nas quais eles estão imersos. Além disso, o heurístico busca colocar para os estudantes determinadas características que julgamos pertinentes para reflexão. Esse instrumento foi aplicado duas vezes em uma turma de licenciatura em física da USP, em uma disciplina do último semestre da graduação, ocorrendo uma conversa geral, sobre as respostas dadas pelos alunos, logo após a aplicação. Além disso, alguns estudantes responderam ao instrumento uma terceira vez e passaram por uma entrevista.

### 5.1 – Aspectos metodológicos

Nosso trabalho possui uma perspectiva analítico-descritiva e se fundamentará principalmente em uma metodologia qualitativa de pesquisa (MINAYO, 2014; ERICKSON, 2012). Pesquisas que buscam verificar formas de compreensão sobre algo, ou seja, os significados dados por atores sociais a determinado elemento em estudo, possuem respaldo nesse tipo de metodologia (ERICKSON, 2012). Além disso, estudos sobre as formas pelas quais um material escrito apresenta certos conteúdos também podem se apoiar em métodos qualitativos. Minayo (2014, p.54) aponta que a função fundamental do método é “tornar plausível a abordagem da realidade a partir das perguntas feitas pelo investigador”.

Método ou metodologia estão sendo tratados aqui como um certo caminho que possibilita o conhecimento, compreendido como uma determinada abordagem sobre o objeto em estudo (GHEDIN e FRANCO, 2008).

De acordo com Erickson (2012), classificar uma pesquisa como qualitativa não implica tratar informações quantitativas como irrelevantes, mas sim considerar que o problema crucial para o pesquisador é a determinação das “qualidades” de uma ação ou significado. Para tanto, esse autor entende que, em alguns tipos de análise, o pesquisador qualitativo deve sim prestar atenção a frequências de ocorrência, especialmente frequências relativas, para poder fazer comparações e ser capaz de distinguir o que é típico daquilo que é atípico.

Em uma pesquisa qualitativa parte dos focos de análise vão se definindo/redefinindo conforme o trabalho se desenvolve e o próprio objeto também passa por processos de redefinição. Erickson (2012) coloca a forte relação entre as questões de pesquisa e evidências, apontando que as asserções e perguntas são geradas com base nas evidências e as evidências são definidas em relação às asserções e perguntas.

Quando se fala de modo geral em pesquisa qualitativa está sendo feita referência a um conjunto perspectivas diferentes, a diversos caminhos possíveis de análise (MINAYO, 2014). Dessa forma, torna-se necessário especificar o tipo de abordagem utilizada. Assim, no presente trabalho, como perspectiva metodológica mais geral, nos baseamos em um referencial de caráter hermenêutico, chamado de Hermenêutica de Profundidade (HP) (THOMPSON, 2000). Esse referencial aponta para a importância das relações entre o material em análise e elementos do contexto e/ou processos estruturados que têm relação com ele. Além disso, para o tratamento específico dos materiais, a abordagem utilizada será a *análise de conteúdo* (BARDIN, 2011), considerando que o conteúdo dos materiais

analisados em nossos estudos continha as informações relevantes que permitiriam nossas análises. Para Bardin (2011), uma especificidade da análise de conteúdo reside na possibilidade de articulação entre a *superfície dos textos*, descrita e analisada, e os *fatores que determinam estas características*, deduzidos logicamente. Parte dessa articulação será feita sob o direcionamento do referencial hermenêutico adotado.

Como instrumento auxiliar da pesquisa, no primeiro estudo dessa tese foi utilizado um software para análise de dados qualitativos chamado Atlas.ti. Esse tipo de software é conhecido como CAQDAS (*computer assisted qualitative data analysis software* ou softwares de apoio a análise de dados qualitativos) e auxilia na organização e gerenciamento das informações, facilitando o desenvolvimento das análises<sup>35</sup>.

Passamos agora a caracterizar as abordagens utilizadas.

### 5.1.1 – A perspectiva hermenêutica

A Hermenêutica de Profundidade (HP) é um referencial metodológico geral proposto por Thompson (2000) no contexto de seus estudos sobre mídia, cultura e ideologia. Entre outras coisas, esse autor buscava investigar ideologias difundidas pela mídia e, para tanto, entendia ser necessário um tipo de análise que não se centrasse somente nos materiais transmitidos pelos meios de comunicação de massa, mas também nos contextos sociais e culturais onde esses materiais são criados, transmitidos e recebidos.

Thompson parte de uma “concepção estrutural” da cultura, que em certos aspectos se aproxima das ideias de Sewell (2005) utilizadas no presente trabalho. Essa concepção leva em consideração tanto o caráter simbólico dos fenômenos culturais, quanto o fato de que tais fenômenos estão inseridos em contextos sociais estruturados. A análise cultural proposta pelo autor propõe realizar o estudo do que ele chama de “formas simbólicas”, entendidas como um “amplo espectro de ações e falas, imagens e textos, que são produzidos por sujeitos e reconhecidos por eles e outros como construtos significativos” (THOMPSON, 2000, p.79). Essas formas simbólicas são analisadas em relação a contextos e processos socialmente estruturados “dentro dos quais e por meio dos quais essas formas simbólicas são produzidas, transmitidas e recebidas” (THOMPSON, 2005, p.181). Nesse sentido, a abordagem da HP visa não somente analisar as formas simbólicas em si, mas também a elucidação de

---

<sup>35</sup> A versão utilizada do Atlas.ti foi a 6.1.1. Mais informações sobre esse software podem ser obtidas no site <www.atlasti.com>. Para mais informações sobre CAQDAS, ver Lage (2011).

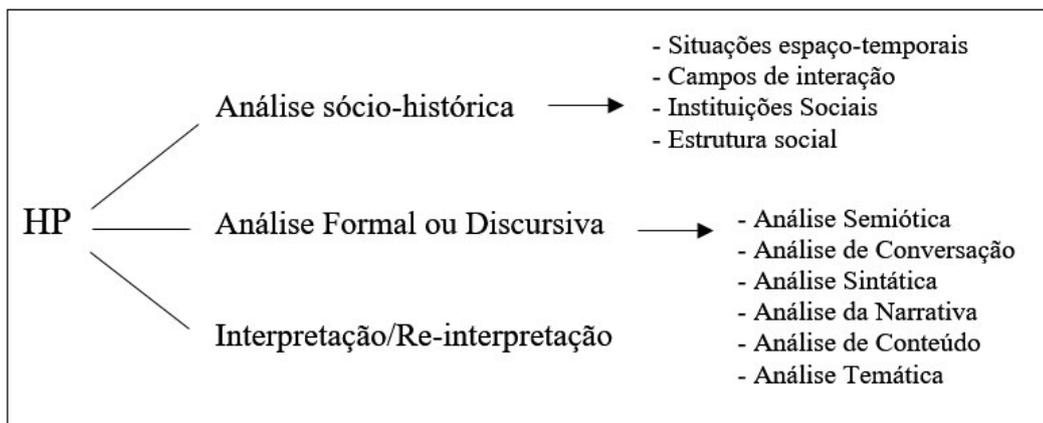
elementos do contexto e/ou processos que as influenciam, considerando que essas são duas dimensões complementares.

Thompson esclarece que seu enfoque se fundamenta na tradição hermenêutica. Segundo ele, os filósofos hermeneutas lembram, em primeiro lugar, que “o estudo das formas simbólicas é fundamentalmente e inevitavelmente um problema de compreensão e interpretação” (THOMPSON, 2007, p.357).

Entendemos que a abordagem proposta por Thompson traz elementos frutíferos para olharmos nossa pesquisa e, portanto, julgamos pertinente utilizar algumas de suas ideias em nosso trabalho. O conceito de forma simbólica utilizado por ele, por exemplo, é suficientemente abrangente para abarcar inclusive os nossos materiais de análise. No entanto, consideramos necessário esclarecer que, como já dissemos, as ideias desse autor surgiram em um contexto de análise da mídia e das comunicações de massa, centrando-se nos elementos em que operam a ideologia. No nosso caso, os objetivos de pesquisa, bem como os tipos de materiais analisados, não estão dentro do âmbito de trabalho inicialmente caracterizado por ele e, portanto, a utilização de suas ideias por nós será uma espécie de adaptação. Apesar disso, consideramos oportuna a utilização da HP como forma de direcionamento de algumas de nossas análises. Ela não será utilizada como uma técnica, mas, na medida do possível, como uma espécie de guia para a abordagem de nossas questões de pesquisa.

A HP propõe três dimensões de análise, que, segundo Cardoso (2011), não são necessariamente etapas consecutivas e nem precisam ser todas aplicadas a um mesmo estudo. A primeira dimensão é uma análise sócio histórica ou contextual (ou análise externa); a segunda é uma análise formal ou discursiva (ou análise interna); já a terceira se refere a um processo de interpretação/reinterpretação. Sucintamente, a análise contextual busca reconstruir os contextos mais amplos que envolvem os materiais em análise (ou formas simbólicas), bem como os processos de produção, circulação ou recepção deles; a análise formal busca analisar a organização interna desses materiais; a fase da interpretação/reinterpretação se dá tecendo relações entre os aspectos levantados nas outras duas análises.

A Figura 1 a seguir, retirada do trabalho de Veronese e Guareschi (2006, p.87), indica sinteticamente as dimensões de análise que compõem a HP.



**Figura 1 – Dimensões de análise da HP**

Na análise formal é onde se faz uma descrição detalhada e criteriosa dos materiais e procedimentos utilizados, sendo assim um momento mais “objetivo” da análise. Há aqui a possibilidade de utilização de uma ampla gama de procedimentos, conforme aparece na Figura 1. Pode ser realizada, por exemplo, uma análise de conteúdo, que é a abordagem que utilizamos no presente trabalho.

Enquanto a análise formal ou interna adota procedimentos em que os materiais de pesquisa são quebrados em partes, a etapa da interpretação/reinterpretação realiza uma síntese e propõe a construção ou reconstrução de sentidos para o fenômeno estudado, buscando elaborar uma interpretação plausível que relaciona elementos da análise interna com os contextuais vindos da análise externa. Segundo Otero-Garcia e Silva (2013), são as relações tecidas entre o material analisado e o seu contexto que caracterizam o diferencial da HP.

Ainda sobre a fase da interpretação/reinterpretação, Thompson (2000) esclarece que ela é as duas coisas simultaneamente, tanto uma interpretação quanto uma reinterpretação. Isso porque os materiais (ou formas simbólicas) analisados já foram previamente interpretados pelos sujeitos que os produziram e que constituem os campos sociais, ou seja, as pessoas estão constantemente interpretando ações, falas, imagens, textos, acontecimentos ao seu redor e refletindo sobre eles (VERONESE e GUARESCHI, 2006). Com isso, a interpretação do pesquisador constitui uma reinterpretação.

Além disso, a interpretação/reinterpretação baseada nos indícios obtidos pelas análises também implica em uma proposição de sentido para os materiais em estudo, uma construção criativa. De acordo com Thompson,

Por mais rigorosos e sistemáticos que os métodos da análise formal ou discursiva possam ser, eles não podem abolir a necessidade de uma construção criativa do significado, isto é, de uma explicação

interpretativa do que está representado ou do que é dito. (THOMPSON, 2000, p.375)

Uma ideia correlata é apresentada por Veronese e Guareschi (2006), que consideram que em uma abordagem hermenêutica como a HP “não se desvelam sentidos, mas se propõem sentidos viáveis, para avançar na compreensão do fenômeno, sugerindo uma verdade plausível, mesmo que provisória” (VERONESE e GUARESCHI, 2006, p.87). Ou seja, uma interpretação não descobre simplesmente sentidos ocultos, mas os propõe, representando uma leitura qualificada do fenômeno, tal qual ele se apresenta e é apreendido pelo pesquisador. Para isso, é necessário justificar e fundamentar a interpretação realizada, argumentando sobre sua plausibilidade, baseando-se naquilo que foi obtido nas análises.

Por fim, consideramos importante salientar que quando empregamos, no presente trabalho, a noção de que elementos contextuais são relevantes para entendermos questões internas da pesquisa, isso não significa a realização de uma análise independente, com outros materiais, para caracterizar esses elementos externos. Para essa caracterização, utilizamos ou aspectos teóricos ou mesmo elementos que vieram da mesma fonte dos demais dados. Como dissemos, a HP está sendo utilizada como uma maneira de pensar nossos materiais e, dessa forma, tratamos suas proposições como um guia para a abordagem de nossas questões de pesquisa, de acordo com aquilo que foi possível nos nossos estudos.

Como apontamos anteriormente, na análise formal ou interna utilizamos uma *análise de conteúdo*, que será descrita a seguir.

### 5.1.2 – *Análise de conteúdo*

A análise de conteúdo é composta por um conjunto de técnicas de pesquisa já bem estabelecidas, tendo por objetivo buscar certos sentidos nos materiais analisados (BARDIN, 2011; CAMPOS, 2004). De acordo com Minayo (2014), essas técnicas permitem a realização de inferências sobre os dados de um determinado contexto, utilizando certos procedimentos especializados.

Uma descrição feita por Moraes (1999) aponta que

A análise de conteúdo constitui uma metodologia de pesquisa usada para descrever e interpretar o conteúdo de toda classe de documentos e textos. Essa análise, conduzindo a descrições sistemáticas, qualitativas ou quantitativas, ajuda a reinterpretar as mensagens e a atingir uma compreensão de seus significados num nível que vai além de uma leitura comum. (MORAES, 1999, p.9).

De acordo com Bardin (2011), os métodos de análise de conteúdo visam a *superação da incerteza* do que se julga ver no material analisado e o *enriquecimento da leitura*, levando em consideração que um olhar atento pode contribuir para evidenciar elementos que confirmam algo que se busca demonstrar ou pode esclarecer aspectos que conduzem a descrições de mecanismos sobre os quais, a priori, não se possuía compreensão.

A análise de conteúdo, assim com outros tipos de análise, é uma interpretação do pesquisador sobre o material analisado (MORAES, 1999), feita sob a perspectiva dos objetivos do trabalho e dos referenciais utilizados, que auxiliam a delimitar aquilo que é considerado significativo nos dados, bem como as inferências realizadas sobre esses dados.

Dentre as diversas possibilidades de se dar o processo de análise de conteúdo, adotamos os procedimentos descritos por Moraes (1999), que caracteriza essa análise como constituída por cinco etapas: 1) Preparação das informações; 2) Unitarização ou transformação do conteúdo em unidades; 3) Categorização ou classificação das unidades em categorias; 4) Descrição; 5) Interpretação.

A etapa 1, *preparação das informações*, diz respeito a identificar no material aquilo que deverá ser efetivamente analisado, o que deve ser representativo e pertinente aos objetivos da pesquisa. Feito isso, é necessária a realização de uma codificação desses elementos, possibilitando uma identificação deles no decorrer do processo.

A etapa 2, *unitarização*, é o processo de definição da *unidade de análise*, que é o elemento unitário de conteúdo que será submetido à classificação. A natureza dessa unidade é definida pelo pesquisador, podendo ser palavras, frases, temas ou documentos inteiros, dependendo do tipo de pesquisa e do tipo de material a ser analisado. Definida a unidade de análise, ela deve ser identificada no material, sendo necessário também uma nova codificação. Os elementos do material separados em unidades de análise deverão ser isolados para serem submetidos a uma classificação. Chamaremos esses elementos simplesmente de dados. É importante salientar que as unidades de análise devem representar um conjunto de informações com significado completo em si mesmas, uma vez que os dados serão tratados fora do contexto original em que se encontravam e serão integrados a novos conjuntos para serem interpretados. Nesse processo de fragmentação, parte da informação do material original é perdida, mas essa perda pode ser justificada pelo aprofundamento na compreensão que a análise propicia. Finalmente, para que a perda de informação do contexto original não seja completa, define-se também uma *unidade de contexto*, que é de onde o dado foi retirado. A unidade de contexto é mais ampla que a unidade de análise e serve como uma possível referência para interpretá-la.

A etapa 3, *categorização*, refere-se ao processo de agrupar os dados considerando o que eles têm em comum, uma classificação que segue determinados critérios, formando categorias<sup>36</sup>. Os critérios de classificação podem ser semânticos, originando categorias temáticas; sintáticos, com categorias definidas a partir de verbos, substantivos etc.; léxicos, com ênfase nas palavras e seus sentidos; expressivos, centrando-se em problemas na linguagem. Mas o conjunto de categorias deve estar fundamentado em somente um desses critérios. A categorização representa uma síntese, destacando os aspectos mais importantes do material analisado, o que facilita sua análise.

As categorias podem ser definidas a priori ou podem surgir a partir dos dados, devendo refletir os propósitos da pesquisa. Para Moraes (1999), seja qual for a forma de definição, as categorias precisam ser *válidas*, *exaustivas* e *homogêneas*. A *validade* se refere à adequação das categorias aos objetivos da análise, à natureza do material utilizado e às questões que se pretende responder por meio da pesquisa. A *exaustividade* diz respeito ao conjunto de categorias ser capaz de categorizar todo o conteúdo significativo da análise. A *homogeneidade* aponta para a necessidade das categorias serem estabelecidas por meio de um mesmo critério, estruturadas em uma mesma dimensão de análise.

Além dessas três características, existem outras duas que tratam da classificação dos dados. A classificação de cada dado deve ser *exclusiva* e, no conjunto, as classificações devem ser *consistentes*. A *exclusividade* diz respeito aos dados não poderem ser incluídos em mais de uma categoria e, para isso, as regras de classificação devem ser precisas. A *consistência* coloca a necessidade de que as regras de classificação sejam aplicadas da mesma forma a todo o conjunto de dados.

A etapa 4, *descrição*, corresponde à apresentação do trabalho realizado. Ela pode ser feita por meio de tabelas e quadros, não só das categorias como, também, mostrando frequências e percentuais referentes a elas (em uma abordagem que também usa aspectos quantitativos) ou com textos síntese que exprimem o conjunto de significados dos dados que figuram na categoria (em uma abordagem somente qualitativa).

A etapa 5, *interpretação*, se refere a uma busca por compreender os resultados obtidos. Aqui se vai além da descrição dos conteúdos, com o interesse em verificar o que o tratamento desses conteúdos pode ensinar em relação a “outras coisas”, como questões

---

<sup>36</sup> Uma definição de categoria foi dada por Campos (2004, p.614): “[...] as categorias seriam grandes enunciados que abarcam um número variável de temas, segundo seu grau de intimidade ou proximidade, e que possam, através de sua análise, exprimirem significados e elaborações importantes que atendam aos objetivos de estudo e criem novos conhecimentos, proporcionando uma visão diferenciada sobre os temas propostos”.

psicológicas, sociológicas, culturais, relativas às condições em que se deu a comunicação etc. (BARDIN, 2011). A interpretação não se dá somente sobre conteúdos diretamente manifestos, mas também sobre elementos que figuram em segundo plano. Em trabalhos com fundamentação teórica explicitada a priori, a interpretação pode ser realizada por meio das teorias utilizadas. Mas também é possível que uma teoria seja construída a partir dos dados e das categorias; nesse caso, a própria construção da teoria é uma interpretação.

Os resultados finais obtidos podem ser submetidos a operações estatísticas, que permitem colocar em relevo certas informações e, a partir daí, podem ser realizadas inferências e interpretações (MINAYO, 2014). Conforme aponta Campos (2004), produzir inferências ou interpretações sobre o material analisado seria a razão de ser da análise de conteúdo, ou seja, aquilo que dá relevância teórica a ela.

Por fim, é importante salientar todo o processo de análise se dá por meio de diversas leituras, com um desenvolvimento que é gradativo. Segundo Moraes (1999),

[...] a análise do material se processa de forma cíclica e circular, e não de forma sequencial e linear. Os dados não falam por si. É necessário extrair deles o significado. Isto em geral não é atingido num único esforço. O retorno periódico aos dados, o refinamento progressivo das categorias, dentro da procura de significados cada vez melhor explicitados, constituem um processo nunca inteiramente concluído, em que a cada ciclo podem atingir-se novas camadas de compreensão.

## 5.2 – Cenário dos estudos

Nossos estudos envolveram estudantes de licenciatura em física da Universidade de São Paulo, do campus localizado na capital. Na USP em São Paulo, o curso de licenciatura em física é um curso autônomo, separado do curso de bacharelado desde 1993, e a opção do aluno se dá já no vestibular. São disponibilizadas 50 vagas no período diurno e 60 no noturno. Ele é sediado no Instituto de Física (IFUSP), mas possui disciplinas oferecidas por outras unidades da universidade, bem como professores representantes de algumas dessas unidades na comissão que coordena o curso. Ele está organizado para ser cursado em oito semestres no período diurno e dez semestres no período noturno, contando com uma ampla gama de disciplinas (obrigatórias e optativas) e atividades (estágio, monografia etc.).

Segundo o Projeto Pedagógico do Curso de 2009 (IFUSP, 2009), seu objetivo é formar professores de física para o ensino básico, com perfil de educador-pesquisador, esperando-se que o profissional formado:

I) tenha consciência da função social do professor de física, compreendendo sua atividade como a de educador, no sentido de integrar seus alunos de maneira consciente à sociedade atual. Assim, este profissional tem conhecimento sobre a interpretação física do mundo

natural e tecnológico, compreende e é capaz de discutir as teorias físicas sobre o universo, tem conhecimento do processo histórico de construção da ciência e entende a ciência como cultura.

II) tenha conhecimento sobre a natureza da ciência, e que, portanto, compreenda a ciência física como uma construção, em desenvolvimento contínuo, que engloba a observação, a experimentação, o desenvolvimento de modelos, imagens, conceitos e relações matemáticas, e sua aplicação. (IFUSP, 2009, p.8).

Vemos que o curso objetiva oferecer uma formação ampla, dando ênfase, entre outras coisas, à noção de ciência como cultura, bem como conhecimentos sobre a natureza da ciência. Esses são aspectos que apontamos, na Introdução, como importantes para um professor de física.

Além dessa descrição do cenário dos nossos estudos, informações mais específicas serão dadas nas suas próprias descrições. Nos próximos capítulos, serão apresentados os três estudos desenvolvidos nessa tese.

## 6 – PRIMEIRO ESTUDO: ENTENDIMENTO DA REALIDADE DE ENTES E ENTIDADES

Nosso primeiro estudo busca compreender as formas pelas quais estudantes de licenciatura em física caracterizam a realidade de entidades da ciência e entes que compõem outros domínios. Ele se deu por meio da aplicação de um questionário – adaptado de um trabalho desenvolvido anteriormente (MARINELI e PIETROCOLA, 2009 e 2010) –, solicitando aos licenciandos que atribuíssem uma “intensidade da realidade” a entes/entidades pertencentes a três contextos culturais, da ciência, do cotidiano e religioso<sup>37</sup>, apresentando uma justificativa para essa atribuição. Como dissemos na nota 34, convencionamos nesse trabalho usar o termo *entidade* para os recursos materiais relacionados ao contexto científico e *ente* para elementos do mundo relacionados aos demais contextos culturais. Nosso questionário também foi inspirado no trabalho de Pinheiro (2003), que utilizou um instrumento semelhante em um estudo que buscava entender os critérios de atribuição de realidade utilizados por estudantes do Ensino Médio<sup>38</sup>.

Ao falarmos dos três contextos culturais, estamos nos referindo a uma delimitação feita por nós, de antemão, a respeito dos âmbitos que estão mais fortemente relacionados aos entes e entidades utilizados no questionário e que lhes dariam sentido. Esses contextos seriam, ainda, os “locais sociais” em que haveria um contato mais específico com esses entes ou entidades. Podemos considerar, inclusive, que esses contextos são caracterizados por *estilos cognitivos* específicos (SCHUTZ, 1974), que definiriam significados e modos de experiência próprios.

No questionário que utilizamos, a intensidade de realidade dos entes/entidades foi atribuída por meio de uma escala Likert. Além disso, havia um espaço para ser apresentada a justificativa para a intensidade escolhida. A escala continha cinco níveis, especificados no Quadro 1 a seguir.

---

<sup>37</sup> Para a escolha dos entes do contexto religioso que foram incluídos no questionário, foi dada ênfase às religiões mais comuns no Brasil. O último censo demográfico do IBGE apontou que, em 2010, católicos e evangélicos formavam mais de 86% da população do país (IBGE, 2012).

<sup>38</sup> O trabalho de Pinheiro buscava entender esses critérios sob o enfoque da dimensão afetiva, utilizando o conceito de *sentimento de realidade*, com a ideia de que “os objetos se tornam ‘reais’ não apenas por sua natureza ontológica, mas por fatores de ordem sentimental” (PINHEIRO, 2003, p.11).

**Quadro 1 – Escala de intensidades de realidade utilizada no questionário**

1	totalmente não-real
2	mais não-real do que real
3	½ real, ½ não-real
4	mais real do que não-real
5	totalmente real

Os entes/entidades foram dispostos no questionário em ordem alfabética. Eles são apresentados no Quadro 2, separados por contexto.

**Quadro 2 – Entes e entidades utilizados no questionário**

<b>Entes / Entidades</b>	<b>Contexto cultural</b>
Algodão, Ar, Aroma, Cadeira, Cor, Estrela, Melodia, Relâmpago	Cotidiano
Anjo, Deus, Espírito, Mundo não físico / não terreno, Orixá, Seres elementais	Religioso
Átomo, Bóson de Higgs, Calórico, Campo elétrico, Campo gravitacional, Carga, Conservação da Energia, Corrente elétrica, Elétron, Éter, Força eletromagnética, Fóton, Gravidade, Gráviton, Massa, Movimento retilíneo uniforme, Onda eletromagnética, Quark, Relatividade do tempo, Salto quântico, Spin	Científico

O questionário completo, da forma que foi apresentado aos estudantes, se encontra no Apêndice 1.

Esse questionário foi aplicado em estudantes de licenciatura em física da Universidade de São Paulo, no segundo semestre de 2013. Ao total, 23 alunos o responderam. Todos estavam havia pelo menos mais de três anos e meio na graduação e cursavam diferentes disciplinas. Os questionários foram aplicados pelos professores que ministravam essas disciplinas, no Instituto de Física da USP.

Todos os estudantes deram o consentimento por escrito a respeito da utilização, para fins de pesquisa, das suas respostas. O modelo do termo de consentimento livre esclarecido utilizado também se encontra no Apêndice 1.

### **6.1 – Forma de análise das respostas ao questionário**

Para a análise das respostas, realizamos uma análise de conteúdo, conforme descrição feita na seção 5.1.2, o que também corresponde à análise interna da Hermenêutica de Profundidade (HP). Seguimos as etapas apresentadas por Moraes (1999), que são: 1)

Preparação das informações; 2) Unitarização ou transformação do conteúdo em unidades; 3) Categorização ou classificação das unidades em categorias; 4) Descrição; 5) Interpretação.

Os dados e informações obtidos com análise de conteúdo foram interpretados de acordo com os contextos culturais relacionados aos entes e entidades. Estamos considerando que esses contextos correspondem à análise externa da HP. Certas caracterizações desses contextos, daquilo que foi considerado necessário, foi feita nos capítulos teóricos desta tese. As interpretações (ou reinterpretações) dos dados obtidos foram realizadas relacionando-os com os contextos culturais e, portanto, consideramos que isso se enquadra na terceira dimensão de análise da HP.

Voltando à descrição da análise de conteúdo, a etapa 1, *preparação das informações*, foi realizada utilizando o software Atlas.ti. Para isso, todas as respostas dadas nos questionários foram digitadas para inserção de dados no software – o ente/entidade, a intensidade de realidade atribuída e a justificativa dada para essa intensidade. Apresentamos um exemplo de um questionário digitado no Apêndice 2. As informações foram dispostas de forma a facilitar a utilização do software. Toda a codificação do material analisado, necessária para a realização da análise, foi feita pelo próprio software. Definimos como nosso foco central de análise as justificativas dadas pelos licenciandos para a existência/não existência das entidades e entes. O resultado das atribuições de intensidades de realidade (escala de 1 a 5) foi utilizado posteriormente, em nossas descrições e análises, para separar as respostas que consideravam os entes e entidades mais ou menos reais.

Sobre a etapa 2 da análise de conteúdo, *unitarização*, definimos como *unidade de análise* toda a frase das justificativas dadas pelos estudantes, já que essas frases possuíam um significado completo a respeito do critério que o estudante declarou utilizar para atribuir realidade ao ente ou entidade correspondente. E definimos a *unidade de contexto* como aquilo que chamamos de contexto cultural do ente ou entidade (cotidiano, religioso ou científico), conforme Quadro 2 acima.

Para a etapa 3, *categorização*, utilizamos como critério os temas que apareceram nas justificativas, e deles foram elaboradas as categorias. Isso se deu em um processo que envolveu várias leituras do material e muitas reelaborações das categorias, buscando, da melhor forma possível, que elas fossem válidas, exaustivas e homogêneas. Consideramos que o formato final cumpriu esses requisitos. A classificação de cada frase se deu em somente uma categoria e, considerando totalidade das frases, buscou-se classificá-las de maneira consistente, sob os mesmos critérios para todo o conjunto. Consideramos que esse processo de construção das categorias foi facilitado pelo uso do Atlas.ti.

As etapas 4 e 5, *descrição e interpretação*, serão apresentadas nas próximas seções, não necessariamente de forma separada. Como já dissemos, além dos dados vindos da categorização das justificativas dos estudantes, também fizemos uso, nessas etapas, do resultado das atribuições de intensidades de realidade. Além disso, a etapa de interpretação se enquadra também na etapa de mesmo nome da HP, por conter elementos dos contextos culturais.

## 6.2 – Resultados da análise do questionário

Como dissemos, focamos nossa análise basicamente nas justificativas dadas pelos estudantes para a existência/não existência das entidades/entes. Já o resultado das atribuições de intensidades de realidade será utilizado quando considerarmos que constituem fator relevante para o entendimento das justificativas apresentadas pelos estudantes. O resultado das atribuições de intensidades de realidade se encontram nos Quadros 34 a 39 no Apêndice 3.

Cabe mencionar inicialmente que intensidades mais altas foram atribuídas aos entes do cotidiano e intensidades mais baixas àqueles do contexto religioso. Às entidades científicas, no geral, foram atribuídas intensidades intermediárias em comparação às atribuídas aos outros dois grupos.

As justificativas dadas pelos licenciandos foram agrupadas em 9 categorias, estabelecidas por meio dos próprios dados, embora tenham tido como ponto de partida nosso trabalho anterior (MARINELI e PIETROCOLA, 2010). As justificativas foram analisadas em conjunto, não sendo feitas análises individuais de cada aluno. Como já foi dito, o trabalho de construção das categorias se deu por meio de inúmeras leituras no material, em um processo que envolveu revisões e reelaborações na construção das categorias. Foi um trabalho longo, que foi sendo refinado a cada volta aos dados.

As categorias definidas no trabalho foram as seguintes:

*Categoria A – Conhecimento pessoal:* As justificativas aqui categorizadas relacionam a realidade ao que se sabe ou se entende do ente/entidade, expressando certa dependência entre o conhecimento ou a inteligibilidade do ente/entidade e a intensidade de realidade a ele atribuída. Um ponto importante é que a maioria das justificativas aqui categorizadas alegavam desconhecimento do ente/entidade. Como exemplos, temos: “adquiri muita familiaridade com esse objeto que considero real”, “não sei o que é isso”, “não sei se é real ou não”, “não tenho certeza”.

*Categoria B – Conhecimento geral:* Foram aqui agrupadas as justificativas que relacionam a intensidade de realidade atribuída a um entendimento coletivo sobre o ente/entidade. A atribuição de realidade se apoia no referendo de algo ou alguém. Entre as justificativas aqui categorizadas aparecem expressões como: “demonstrado empiricamente”, “provaram”, “só falta a prova”, “a ideia já foi demonstrada errada”.

*Categoria C – Realidade definida por meio de crença ou existência:* Nessa categoria foram agrupadas as respostas que justificavam o ente/entidade por meio de crença, sustentando que se tratava de um elemento imaginário ou apenas afirmando sua existência/inexistência. Como exemplos dessas respostas, temos: “seres imaginários”, “creio, logo existe”, “não existe”.

*Categoria D – Realidade definida por meio de uma relação direta entre pessoas e o ente/entidade:* Agrupa justificativas que expressam que a realidade de algo é atestada pela percepção ou interação com o ente, que realmente ocorre ou que em tese é possível que ocorra. A percepção pode ser por meio dos sentidos ou percepções subjetivas. Exemplos: “perceptível pelos nossos sentidos”, “posso tocar”, “não vemos nem sentimos”.

*Categoria E – Realidade definida por meio de uma relação entre um aparelho e o ente/entidade:* As justificativas aqui categorizadas afirmam que a realidade de algo é justificada por meio de sua detecção, medição ou percepção utilizando aparelhos ou experimentos. Entre as justificativas aqui categorizadas, temos: “algo observado através de experimentação”, “detectável”, “é possível medir”.

*Categoria F – Realidade definida por meio da detecção ou percepção de efeitos:* Justificativas aqui se baseiam na percepção ou detecção de um efeito que é atribuído ao ente, ou seja, por meio do efeito se avalia a realidade dele<sup>39</sup>. Exemplos: “Detectamos os efeitos, mas não é algo que compreendemos por completo o que é”, “vemos seus efeitos”.

*Categoria G – Realidade definida por alguma caracterização que envolve teoria:* As respostas aqui tinham em comum justificar a realidade do ente por meio de alguma caracterização que envolve uma noção teórica, como uma menção direta a teoria, modelo ou expressando que a existência do ente em questão deve ser real para poder explicar algum outro fenômeno. Como exemplos, destacamos: “modelo científico”, “elemento que faz parte

---

<sup>39</sup> É importante notar que a diferença entre a categoria F e a categoria D. Na categoria F se faz uma inferência da existência de algo por meio de um efeito que teoricamente é atribuído ao ente. Por exemplo, vejo algo cair e digo que a gravidade é real. No entanto, essa relação não é direta, a gravidade não é vista diretamente. Se disserem que a veem diretamente, a frase entra na Categoria D. Na F a dimensão inferencial é mais proeminente que a observacional.

de uma teoria”, “Representa e explica bem as partículas como prótons e nêutrons” [para o quark].

*Categoria H – Realidade definida por outro ente/entidade considerado real:* Nessa categoria a realidade de algo é justificada pela existência de um outro ente/entidade que faria com que o primeiro também fosse real ou não. Exemplos: “cargas em movimento” [para corrente elétrica], “termo que identifica a matéria do dia a dia” [para cadeira], “A cor que vemos é a luz refletida”.

*Categoria I – Outras:* justificativas que não se encaixaram nas demais categorias.

A distribuição das justificativas dadas pelos alunos nas diversas categorias encontram-se no Quadro 3, a seguir, em valores percentuais. Trabalhamos com os dados separados por suas unidades de contexto. Quadros com a distribuição das justificativas por cada item do questionário estão no Apêndice 4, Quadros 40 a 42. Cabe mencionar que as contagens dos itens que aparecem nas tabelas foram feitas por meio do software Atlas.ti e, posteriormente, transpostas para uma planilha para a realização de alguns cálculos, quando necessários.

**Quadro 3 – Percentuais das justificativas classificadas em cada categoria**

<b>Categoria</b>	<b>Cotidiano (%)</b>	<b>Religião (%)</b>	<b>Ciência (%)</b>
Categoria A – conhecimento pessoal	0,5	5,8	3,7
Categoria B – conhecimento geral	3,8	7,2	9,5
Categoria C – crença ou existência	5,4	<b>55,8</b>	6,0
Categoria D – relação direta pessoa-ente/entidade	<b>75,5</b>	12,3	13,5
Categoria E – relação aparelho-ente/entidade	1,1	0	11,2
Categoria F – detecção de efeitos	0	0	8,3
Categoria G – envolve teoria	0,5	0	<b>32,7</b>
Categoria H – definida por meio de outro	9,8	5,8	6,2
Categoria I – outras	2,2	4,3	6,4
Sem justificativa <sup>40</sup>	1,1	8,7	2,5
Total	100	100	100

<sup>40</sup> Diz respeito aos casos em que o estudante não apresentou nenhuma justificativa para a intensidade de realidade atribuída a um ente/entidade.

Ao verificarmos a distribuição de respostas nas várias categorias, vemos que apareceram concentrações diferentes em relação aos itens dos três contextos culturais. Esta primeira análise parece mostrar que os contextos são epistemologicamente diferentes para os alunos que responderam ao questionário. No caso dos entes que classificamos como fazendo parte do *contexto cotidiano*, mais de 75% das justificativas puderam ser classificadas na Categoria D, “*relação direta pessoa-ente*”. Neste caso, a realidade dos itens era majoritariamente justificada por meio de uma relação direta entre o ente e a pessoa, seja essa pessoa o próprio respondente ou outra em abstrato. Aqui temos uma caracterização razoavelmente clara do critério usado para definir a realidade de algo. Esse resultado já era esperado, uma vez que “naturalmente” se reconhece as coisas no dia a dia por meio dos sentidos, é por meio deles que lidamos com a maioria das situações no contexto cotidiano. E a facticidade da realidade cotidiana, que percebemos e nos relacionamos, faz com que os entes a ela relacionados sejam considerados reais. Nas respostas dos estudantes para a intensidade de realidade, os entes do cotidiano foram majoritariamente assinalados com intensidade de realidade 5 (totalmente real), quase 80% das vezes<sup>41</sup>.

Nos itens classificados no *contexto religioso* houve também uma significativa predominância de certo tipo de justificativa. Mais de 55% delas foram classificadas na Categoria C, “*crença ou existência*”. Era afirmado que algo existia ou não sem que fossem apresentadas justificativas, ou simplesmente por se acreditar ou não. Sobre a intensidade de realidade dos entes que aparecem neste contexto, houve o predomínio de respostas que assinalam baixa intensidade de realidade, com 50,7% delas assinalando intensidade de realidade 1 (totalmente não-real)<sup>42</sup>. Além disso, cabe apontar que a maioria das justificativas estava nessa categoria independentemente do nível de realidade atribuído<sup>43</sup>, o que mostra ser esse um tipo predominante de resposta, independente do ente ser ou não considerado real. Em certo sentido, essa categoria possui relação com a Categoria B, “*conhecimento geral*”, ambas sendo categorias de ordem dogmática, uma vez que nelas não parece haver uma preocupação em definir meios/métodos/processos como possíveis formas de justificar a existência de algo. No caso da categoria B, era afirmado que a existência ou inexistência é sabida por algum meio. Se considerarmos as respostas nas duas categorias (B + C), temos quase dois terços do total (55,8% + 7,2% = 63%). Ainda no contexto religioso, as respostas

---

<sup>41</sup> Conforme Apêndice 3, Quadro 34.

<sup>42</sup> Conforme Apêndice 3, Quadro 35.

<sup>43</sup> Conforme Apêndice 5, Quadro 44.

classificadas na Categoria D (12,3%) apresentavam justificativas que, na maioria das vezes, eram relacionadas à ausência de percepção das entidades desse domínio.

Finalmente, no caso das entidades que classificamos como fazendo parte do *contexto científico*, também houve um tipo de justificativa que foi utilizado mais vezes: as justificativas classificadas na Categoria G, que recorrem à dimensão teórica da ciência, foram as mais utilizadas pelos alunos (32,7%). No entanto, essa categoria não se destaca das demais como nos casos dos contextos cotidiano e religioso, o que mostra haver uma particularidade desse contexto. Mais variadas que aquelas do contexto religioso e muito mais variadas que as do contexto cotidiano, a dispersão nas justificativas dadas pelos estudantes para justificar a realidade (ou não realidade) no contexto científico mostra que esses estudantes possuem formas menos homogêneas de justificar a existência de entidades na ciência. Em relação à intensidade de realidade, 60,9% das respostas indicaram intensidade de realidade 4 (mais real do que não-real) ou 5 (totalmente real)<sup>44</sup>.

Como já dissemos, no *contexto religioso* temos que a maioria das justificativas associadas às respostas que indicaram intensidade de realidade alta (4 ou 5) são do mesmo tipo das que aparecem como majoritárias todo o conjunto (intensidade de 1 a 5). Ou seja, mesmo fazendo um recorte apenas das respostas que consideram as entidades “mais reais”, as justificativas utilizadas são, na maioria das vezes, de mesma natureza daquelas que aparecem nas respostas que consideram os entes “menos reais” (predominando a Categoria C). No caso do *contexto cotidiano*, quase todas as respostas dos estudantes indicaram intensidade de realidade alta (4 ou 5), mas mesmo naquelas poucas respostas que indicaram intensidade de realidade menor, as justificativas também eram da mesma natureza das que apareceram majoritariamente nas respostas que assinalaram intensidade de realidade alta (Categoria D)<sup>45</sup>. De maneira geral, pode-se inferir que existe um padrão na forma de conceber a realidade dos entes que pertencem a esses dois contextos, parecendo que neles é possível lidar com mais segurança sobre a existência ou não de algo, havendo critérios mais canônicos e aparentemente com validade ampla.

No entanto, no caso do *contexto científico* a situação é diferente. Quando fazemos um recorte somente das respostas que indicam intensidade de realidade alta (4 e 5), aparece uma distribuição de justificativas diferente da apresentada pelas respostas que indicam

---

<sup>44</sup> Conforme Apêndice 3, Quadro 36.

<sup>45</sup> Conforme Apêndice 5, Quadro 43.

realidade baixa (1 e 2)<sup>46</sup>. O quadro 4 a seguir apresenta esses dados, em valores absolutos<sup>47</sup>. Isso indica que os critérios usados para justificar porque uma entidade seria real não foram os mesmos usados para justificar porque ela não seria.

**Quadro 4 – Justificativas classificadas em cada categoria para entidades da ciência assinaladas com intensidade “1 e 2” ou “4 e 5”, em números absolutos**

<b>Categoria</b>	<b>Justificativas para itens assinalados com intensidade 1 e 2 para ciência (em números absolutos)</b>	<b>Justificativas para itens assinalados com intensidade 4 e 5 para ciência (em números absolutos)</b>
Categoria A – conhecimento pessoal	6	6
Categoria B – conhecimento geral	9	33
Categoria C – crença ou existência	5	21
Categoria D – relação direta pessoa-ente/entidade	7	<b>52</b>
Categoria E – relação aparelho-ente/entidade	3	<b>51</b>
Categoria F – detecção de efeitos	0	<b>38</b>
Categoria G – envolve teoria	<b>44</b>	<b>45</b>
Categoria H – definida por meio de outro	0	27
Categoria I – outras	5	14

Para as entidades assinaladas com intensidades baixas (intensidade 1 ou 2), 44 justificativas (55% do total), foram classificadas na categoria G, “*Realidade definida por alguma caracterização que envolve teoria*”, sendo esta a categoria majoritária. Para os itens assinalados com intensidades altas (4 ou 5), mais de 52 justificativas (17%) foram classificadas na Categoria D, 51 justificativas (17% aproximadamente) na Categoria E, 45 justificativas (em torno de 15%) na Categoria G e 38 justificativas (quase 13%) na Categoria F. Estes resultados demonstram uma distribuição mais diversificada das justificativas.

Uma primeira interpretação deste resultado seria considerar que isso se deve ao fato de o contexto científico congrega diferentes tipos de entidades, desde aquelas que parecem

<sup>46</sup> Conforme Apêndice 5, Quadro 45.

<sup>47</sup> Como esclarecimento em relação ao Quadro 4, preferimos apresentar nele os dados em números absolutos porque a quantidade de itens assinalados com 4 e 5 é maior que os assinalados com 1 e 2. Essa diferença ficaria mascarada se apresentássemos os dados em valores percentuais, tal como os dados apresentados no Quadro 3 ou no Quadro 5 mais adiante. Nesse caso, estamos olhando o mesmo conjunto de itens do questionário nas duas colunas, o que não ocorre nos outros quadros citados.

ter uma relação direta conosco (como a gravidade e corrente elétrica, por exemplo), até entidades inobserváveis e com existência virtual (como os quarks). Para verificar se essa interpretação é correta, apresentamos no Quadro 5 a seguir as justificativas para os itens da ciência assinalados com intensidades de realidade altas, separando as justificativas para algumas entidades inobserváveis do total de justificativas. Na coluna 2 são apresentadas as justificativas para o total de itens da ciência e, na coluna 3, apenas para algumas entidades inobserváveis que são consideradas “reais” pelas teorias vigentes (átomo, campo elétrico, campo gravitacional, elétron, fóton e quark)<sup>48</sup>.

**Quadro 5 – Percentuais das justificativas classificadas em cada categoria para entidades da ciência assinaladas com intensidade 4 ou 5, total e algumas inobserváveis**

<b>Categoria</b>	<b>Justificativas para itens assinalados com intensidade 4 e 5 para ciência (%)</b>	<b>Justificativas para itens assinalados com intensidade 4 e 5 para entidades inobserváveis da ciência (%)</b>
Categoria A – conhecimento pessoal	2,0	2,2
Categoria B – conhecimento geral	11,2	8,9
Categoria C – crença ou existência	7,1	7,8
Categoria D – relação direta pessoa-ente/entidade	17,7	13,3
Categoria E – relação aparelho-ente/entidade	17,3	21,1
Categoria F – detecção de efeitos	12,9	13,3
Categoria G – envolve teoria	15,3	18,9
Categoria H – definida por meio de outro	9,2	10,0
Categoria I – outras	4,8	3,3
Sem justificativa	2,4	1,1
Total	100	100

Como pode ser visto no quadro acima, isolar as entidades inobserváveis das demais não altera significativamente a distribuição das justificativas nas nove categorias. Percebe-se que as justificativas para definição de realidade das entidades inobserváveis, em comparação com as justificativas para todo o conjunto de entidades da ciência, possuem uma maior porcentagem nas categorias E (“*Realidade definida por meio de uma relação entre*

<sup>48</sup> Dados apresentados no Apêndice 5, Quadros 45 e 46.

um aparelho e o ente/entidade”) e G (“Realidade definida por alguma caracterização que envolve teoria”) e uma diminuição na porcentagem daquelas na categoria D (“Realidade definida por meio de uma relação direta entre pessoas e o ente/entidade”).

Apenas para confirmar a tendência de justificativas que se valem de teorias e/ou aparelhos para lidar com a realidade de entidades inobserváveis, podemos buscar os dados das respostas que indicaram baixa intensidade de realidade (1 e 2)<sup>49</sup>. Também neste caso, a grande maioria das justificativas se concentrou na categoria G, “Realidade definida por alguma caracterização que envolve teoria” (62,5%). Esse valor é pouco maior em comparação ao conjunto de entidades da ciência (55%).

### 6.3 – Discussões e interpretações a respeito dos resultados do questionário

Para poder discutir com mais precisão os resultados obtidos por meio do questionário, é importante retomar a noção de esquemas e recursos nos três contextos culturais estudados. As entidades científicas que compuseram o questionário são elementos que compõem a ontologia do mundo na perspectiva científica. No entanto, no questionário há também entidades ligadas à ciência, mas que não fazem parte de sua ontologia atual, como é o caso do calórico. Estas entidades não seriam consideradas “reais” pelos cientistas atuais, em qualquer uso que o termo “real” possa ter para eles. No entanto, do ponto de vista da definição de cultura que adotamos, todas as entidades presentes no questionário, sendo ou não validadas pela ciência atual, são recursos usados nos esquemas da cultura científica, de hoje ou do passado. Esses recursos dão (ou davam) poder ao cientista na prospecção e na elaboração de explicações e na previsão de resultados sobre o mundo físico.

Da mesma forma, no contexto religioso os entes do questionário também podem ser considerados recursos no uso de esquemas que permitem gerar explicações sobre o mundo, explicações a respeito de experiências pessoais, regras de conduta dos membros de uma comunidade religiosa etc.

Já em relação ao contexto cotidiano, os entes do mundo que aparecem no questionário podem ou não serem recursos de estruturas culturais. Tomemos como exemplo uma pedra num deserto, que pode ser somente um objeto inerte e sem função, ou pode se tornar uma arma na mão de uma pessoa que precise se defender de um animal. São os esquemas que fazem do objeto um recurso. Ou seja, no mundo cotidiano a relação recurso/esquema precisa de algum modo ser construída no momento da ação, diferentemente

---

<sup>49</sup> Conforme Apêndice 5, Quadro 46.

do que acontece no contexto religioso ou científico, onde recursos e esquemas parecem previamente definidos.

Nas respostas dos licenciandos ao questionário, a justificativa predominante para os entes do cotidiano foi justamente a que caracterizava a realidade por meio de uma relação direta com as pessoas (Categoria D). Apesar da possibilidade de os entes adquirirem diferentes funções/papéis (como foi dito, até objetos ordinários podem ser recursos dentro de determinadas estruturas culturais), é de se esperar que isso seja um elemento secundário frente à percepção direta. Este resultado merece destaque pois os entes e objetos com os quais nos relacionamos no dia a dia, por possuírem uma relação direta com os nossos sentidos, muitas vezes são tratados de forma auto evidente, implicando numa concepção naturalizada deles e do mundo cotidiano (SCHUTZ, 1974). Dessa forma, os possíveis papéis que esses entes podem assumir em diferentes esquemas podem ficar eclipsados pelo destaque dessa auto evidência e pelas formas mais comuns pelas quais esses objetos são tratados. Schutz inclusive coloca que uma das características da realidade do dia a dia é que nela se dá uma espécie de “suspensão da dúvida” em relação aos objetos e que essa é uma característica do estilo cognitivo da realidade cotidiana, que, junto com outras características, faz com que seja chamada de “realidade suprema” (SCHUTZ, 1974).

No contexto religioso, as justificativas dos estudantes apareceram majoritariamente na Categoria C, “*crença ou existência*”. Entendemos que considerar os entes do contexto religioso – recursos da estrutura cultural da religião – como reais por meio da crença ou de afirmações de existência tem relação com os esquemas culturais religiosos que, de um modo geral, são constituídos por dogmas e muitas vezes possuem a noção da existência de uma divindade ou de outros entes como uma premissa básica. Mas até as justificativas de estudantes que não consideravam reais os entes desse contexto – que os assinalaram com baixa intensidade de realidade – também foram classificadas majoritariamente na categoria “*crença ou existência*”. No entanto, de maneira diferente daquela que usa a crença para afirmar a realidade de um ente desse contexto, nesse caso a crença é usada como critério de negação dele, o que pode estar ocorrendo por duas razões: ou pela negação de um ente específico, considerando que ele não é um recurso válido, ou seja, que ele não faz parte de uma ontologia religiosa específica; ou, em um aspecto mais amplo, pela negação dos esquemas relacionados à estrutura cultural religiosa. Nesse segundo caso, os esquemas desse domínio (incluindo a crença) não forneceriam um critério convincente de justificação de realidade dos entes. Como exemplos de justificativas que se encaixam nesse caso que nega

a realidade dos entes utilizando a crença, os alunos usaram expressões como: “crença religiosa”, “fé, crença”, “criação da religião”, “não acredito”. Um último ponto a ser destacado é que parte das respostas também negava a existência das entidades do contexto religioso baseando-se na ausência de percepção delas. Aqui, parece haver uma influência da realidade do mundo cotidiano na definição da realidade do mundo da religião. Este tipo de primazia do mundo cotidiano sobre outros mundos (no nosso caso, de contexto cultural do cotidiano, sobre outros contextos culturais) pode ser relacionado novamente com as ideias de Schutz sobre a realidade cotidiana ser percebida como uma “realidade suprema”. Isso faria com que alguns de seus esquemas fossem usados para avaliar os recursos de outra estrutura cultural, no caso os entes religiosos.

Indo um pouco mais longe nessa interpretação, inclusive podemos considerar que isso explica também a negação dos esquemas religiosos (baseados na crença), uma vez que certos esquemas cotidianos seriam fortes a ponto de também negar esquemas de outras estruturas. No entanto, nesse segundo caso, não temos como saber exatamente se são esses esquemas do cotidiano ou outros que levam a essa negação.

Em relação às entidades do domínio científico, constatamos uma maior variedade nas respostas dadas pelos estudantes para justificar sua realidade. A primeira implicação desse resultado é que as entidades do contexto cultural da ciência são tratadas de forma diferente dos entes dos outros dois contextos (Quadro 3). Essa maior variedade pode ser indício de que não há tanta clareza sobre os critérios para definir a existência daquilo que compõe o domínio científico. No entanto, mais da metade das respostas encontram-se nas categorias que envolvem de algum modo o uso de teoria (E, F e G, ver Quadro 3). As teorias na ciência são estruturas conceituais nas quais se encontram os esquemas mais fortes e paradigmáticos. A prospecção do mundo por meio de aparelhos de medição ou detecção envolve o uso de teorias<sup>50</sup> e é um esquema comum, uma forma de ação própria e característica dos cientistas. Além disso, inferir a existência de uma entidade por meio de um efeito que lhe é atribuído, ou mesmo considerar algo real usando menções mais explícitas a relações teóricas, também diz respeito a esquemas da ciência, que possui nas teorizações sua forma básica de ação. Ou seja, do ponto de vista científico, os alunos acertam nesses casos ao eleger tais categorias como justificativas válidas para definir a realidade de entidades científicas.

---

<sup>50</sup> Ver o conceito de fenomenotécnica, elaborado por Bachelard, tratado brevemente na seção 4.5 desta tese.

No entanto, quando separamos as justificativas apresentadas nas respostas que indicavam baixa intensidade de realidade daquelas com alta intensidade de realidade (Quadro 4), aparece um padrão diferente para ambas. No caso das respostas indicando baixa intensidade de realidade para as entidades científicas, há uma menção direta a teorizações (Categoria G) 44 vezes, o que representa 56% das justificativas, aproximadamente. Já nas respostas indicando alta intensidade, o número de justificativas nesta categoria cai bastante proporcionalmente, representando apenas 15,7% do total. Aparecem outras justificativas com porcentagem semelhante: Categoria D, “*relação pessoa-ente/entidade*”, com 18,1%; Categoria E, “*relação aparelho-ente/entidade*”, com 17,8%; e Categoria F, “*detecção de efeitos*”, com 13,2%. Assim, o esquema científico “teorização” está bastante presente nas respostas dos alunos, mas muitas vezes ele é utilizado para rejeitar a realidade dos recursos (ou entidades), ou seja, para afirmar que eles não fazem parte do mundo. É como se o processo de teorização ou modelização não servisse para indicar a realidade da entidade, mas sim para negá-la. Isso seria uma espécie de negação da própria validade desses processos como fatores de caracterização de realidade das entidades. Já para afirmar a realidade das entidades cerca de 2/3 das justificativas se distribuem nas quatro categorias mencionadas acima (D, E, F e G).

Outro aspecto importante é que as justificativas baseadas em “detecção” ou “percepção” (categorias D, E e F) aparecem com predominância, inclusive quando consideramos somente as entidades inobserváveis átomo, campo elétrico, campo gravitacional, elétron, fóton e quark (ver quadro 5). Nas justificativas utilizadas pelos estudantes categorizadas em E, “*relação aparelho-ente/entidade*”, muitas vezes eram usadas expressões do tipo “detectável”, “mensurável”, “observado”, “perceptível por experimentos”, “visto por técnicas”. E isso apesar das entidades serem inobserváveis, o que pode estar indicando que há uma ideia de acesso direto por meio da utilização de um aparelho, mesmo no caso de tais entidades, por definição, serem não-observáveis.

As entidades inobserváveis da ciência, diferente da pedra que foi usada em exemplo anterior, são sempre recursos dentro da estrutura cultural científica. Mesmo considerando que elas existem no mundo da ciência como a pedra existe no mundo cotidiano, o acesso a ela não é nunca direto, mas somente por meio de esquemas científicos pré-definidos. Assim, podemos ter duas possíveis leituras das respostas dos licenciandos neste semigrupo de respostas.

A) Em uma primeira leitura os estudantes reconheceriam os esquemas da ciência dentro do seu âmbito, entendendo que são esses esquemas que dão suporte para atribuir realidade às entidades. Nesse sentido, os estudantes entenderiam que a experimentação e a detecção científicas estão carregadas de teorias, que as entidades não são simplesmente observadas no mundo; que um efeito detectado somente é atribuído a um ente/entidade (e explicado por seu intermédio) por meio de teorizações; que as definições e modelos teóricos são instrumentos importantes de caracterização do mundo. E que, mesmo assim, é possível defender a realidade das entidades da ciência.

B) Em uma segunda interpretação, os estudantes considerariam que a experimentação ou detecção científicas se dão somente como uma ampliação dos sentidos e que seria possível perceber diretamente coisas não percebidas sem eles; que a atribuição de um efeito detectado a uma entidade inobservável seria como perceber uma característica de um objeto macroscópico, podendo, dessa maneira, ser estabelecido um vínculo de forma direta. Ao se considerar que equipamentos permitem esse “acesso direto” às entidades, a utilização de teorizações e modelos, apesar de empregados na ciência, seriam maneiras “menos válidas” de caracterizar o mundo (o que foi usado muitas vezes para justificar a baixa realidade de entidades). Nesta segunda leitura, faz sentido as respostas se apoiarem em uma relação direta pessoa-ente/entidade – até para os inobserváveis –, uma vez que essa relação seria possível assim como a relação direta com os objetos cotidianos. Essa segunda forma de interpretarmos as ideias dos estudantes permite ainda relacionarmos a noção deles sobre o contexto científico com esquemas vindos de estruturas culturais do cotidiano, o que caracterizaria uma forma de realismo ingênuo.

Claramente a primeira leitura seria mais próxima da maneira como os filósofos consideram o meio de produção/acesso das/às entidades científicas, mesmo que muitas vezes os próprios cientistas não tenham tanta clareza sobre esse processo de mediação por meio de teorias. A segunda leitura seria como se houvesse uma extrapolação da epistemologia do contexto cotidiano para o contexto da ciência. A ideia de uma ampliação dos sentidos por meios dos aparelhos rejeita o papel desempenhado pelas teorias e adota uma epistemologia própria do contexto cotidiano para lidar com as entidades científicas. Essa segunda leitura também explica a negação dos esquemas de teorização ou modelização, observado em algumas respostas, considerando que os esquemas vindos da estrutura cotidiana seriam proeminentes a ponto de serem considerados únicos e, com isso, negar os esquemas da ciência.

O que nos parece provável é que ambas as leituras dos dados sejam verdadeiras e que haja uma superposição de critérios usados pelos estudantes, sem haver uma coerência forte em termos dos entes ou entidades de um mesmo contexto cultural. Considerando que a cultura é um sistema formado por estruturas que se sobrepõem e que mantêm uma coerência fina, uma lógica aberta e bordas não totalmente delimitadas (SEWELL, 2005), podemos admitir que os contextos culturais da ciência e aquele que vem do senso comum se sobreponham, assim como o contexto religioso e o cotidiano, e isso apareça nos critérios usados pelos estudantes ao responder o questionário.

Cabe mencionar que não obtivemos evidências que mostrassem uma superposição entre o contexto da ciência e o contexto religioso. Isto pode ser resultado do local e da amostra que tomamos ou mesmo do tipo de instrumento que foi utilizado.

Embora as entidades científicas sejam parte do conjunto de recursos que, juntamente com os esquemas da ciência, habilitam os físicos no exercício de suas práticas, essas entidades podem ser apreendidas pelos estudantes sofrendo influência de outras estruturas culturais que, por sua vez, contêm recursos e esquemas próprios. Nossa perspectiva considera que, pelo fato de existir em qualquer campo da vida social múltiplos sistemas culturais, sempre há o risco de haver interferência nos momentos em que são colocados em prática. Apesar de cada estrutura possuir seus próprios esquemas, significados etc., não existem fronteiras claras entre elas, justamente devido aos indivíduos participarem simultaneamente de diferentes sistemas culturais que se sobrepõem, com todas as consequentes instabilidades, contradições e hiatos. Nesse sentido, esquemas e recursos de outros sistemas culturais podem entrar em jogo nos momentos de incorporação e uso dos artefatos da cultura científica.

Devido ao fato dos estudantes que participaram desse estudo serem licenciandos em física, respondendo ao questionário dentro do ambiente de uma universidade, pensamos que as evidências a respeito da superposição de elementos do cotidiano nas respostas sobre ciência devem ser mais fortemente consideradas, tendo em vista que esse ambiente deveria, pelo menos em tese, contribuir para inibir essa superposição. Talvez seja razoável pensar que se as respostas tivessem sido dadas por pessoas tomadas aleatoriamente na rua, em um ambiente fora da universidade, os esquemas cotidianos seriam proeminentes. No entanto, mesmo com estudantes de física dentro da universidade isso apareceu, o que parece ser algo significativo.

Como tratamos anteriormente, a ciência faz uma caracterização do mundo diferente das caracterizações vindas de outras estruturas. A noção de uma realidade dada e apreendida diretamente, como concebida no senso comum, é rompida na constituição da ciência, ainda mais em relação àquilo que Bachelard chamou de *fenomenotécnica*, já que essa se constituiria por meio de instrumentos e conceitos teóricos, e não pela experiência direta como a do dia a dia, representando uma maneira distinta, em relação à cotidiana, de constituir a realidade.

Ainda conforme Bachelard (1996), as noções vindas do senso comum representam um *obstáculo epistemológico* em relação ao conhecimento científico, cuja superação é necessária para um entendimento adequado da ciência. Dessa forma, ao considerarmos a existência de uma superposição de critérios de caracterização da ciência, mesmo com essa superposição podendo ser explicada como algo possível, não podemos deixar de pensar que isso representa um problema para a compreensão científica e mostra que a formação em física pode não estar oportunizando adequadamente mudanças em visões ontológicas e epistemológicas já trazidas pelos estudantes.



## 7 – SEGUNDO ESTUDO: ENTIDADES NO LIVRO DIDÁTICO

Além do estudo que busca compreender as formas pelas quais estudantes de licenciatura em física caracterizam a realidade de entes e entidades, descrito no capítulo anterior, outros dois estudos compõem a presente tese. O segundo estudo consiste na análise das formas de caracterização e tratamento de algumas entidades da ciência, bem como da realidade delas, em uma coleção de livros didáticos do ensino superior.

Thomas Kuhn (2005), na sua formulação teórica sobre o desenvolvimento histórico da ciência, atribuiu grande importância aos livros didáticos (ou manuais), uma vez que são veículos por meio dos quais os estudantes tomam contato com um determinado ramo científico e com um determinado paradigma. O livro seria uma parte essencial daquilo que ele chamou de “ciência normal”, reproduzindo as formas de compreensão do mundo dadas pelo paradigma vigente.

Não é nossa intenção aqui entrar em discussões sobre as teorias de Kuhn – não trabalhamos nessa tese com os conceitos trabalhados por esse autor –, mas somente tomar de empréstimo a ideia do livro didático como um elemento importante de introdução de estudantes na cultura da ciência. Temos ainda, de acordo com Zwiebel (2012), que o livro é o material didático predominantemente utilizado pelos estudantes nas disciplinas científicas do ensino superior.

O livro didático de ciências registra uma reconstrução ordenada e linearizada de certos conhecimentos aceitos por uma dada comunidade científica (VIEIRA e FERNÁNDEZ, 2006). O que aparece nele não é somente uma apresentação das ideias e conceitos das teorias originais, mas é fruto também de uma organização que é própria de um livro didático, envolvendo não só o tipo de abordagem proposto pelo autor, mas também decisões editoriais a respeito das formas de apresentação e sistematização dos conteúdos. A elaboração de um livro envolve inúmeras coisas, entre elas considerações a respeito de seus objetivos e por quem ele será utilizado.

Um livro pode ser pensado, por exemplo, como material de referência para os estudos dos alunos; ou como um guia para o trabalho do professor (ou as duas coisas). Dessa forma, apesar das inúmeras possibilidades de uso do livro em salas de aula, podendo haver mais ou menos utilização direta das ideias apresentadas nele, estamos considerando que, em certo sentido, ao olhar o livro estaremos olhando também uma imagem da forma como a física é levada para os alunos. É com essa ideia em mente que faremos uma análise das maneiras pelas quais certas entidades são tomadas como reais e caracterizadas em uma

coleção de livros didáticos de física, considerando que, em grande medida, é nos mesmos termos do livro que as entidades são retratadas nas aulas e nos discursos feitos aos estudantes de física.

Nesse sentido, podemos classificar o livro como um elemento relacionado ao contexto da aprendizagem científica dos estudantes, já que faz parte dos processos socialmente estruturados por meio dos quais a ciência é ensinada e aprendida. Dessa forma, pensando nas definições da Hermenêutica de Profundidade, uma análise do livro didático também pode ser tomada como uma análise contextual do primeiro estudo desta tese, levando em conta que o entendimento dos estudantes acerca da realidade das entidades científicas é influenciado por aquilo que é visto nas aulas de física e nos livros didáticos. Assim, entre outras coisas, os resultados desse segundo estudo podem contribuir para o entendimento dos resultados obtidos no primeiro.

Para a análise aqui realizada, focamos-nos especificamente em três partículas: o fóton, o quark e o elétron. Consideramos que a forma pelas quais elas são tratadas se repete de modo aproximado no tratamento das outras partículas, fazendo com que, por meio da análise dessas três entidades, nós possamos ter uma ideia razoável da forma pela qual o livro lida com as entidades não observáveis da física. Nossa intenção não é buscar saber o que a física diz sobre essas partículas, mas sim como o livro as apresenta. Sendo mais específicos, nosso objetivo com esse estudo é saber duas coisas: (1) a justificativa usada pelo livro para as entidades serem tomadas como reais, ou seja, o critério usado para caracterizar sua realidade e (2) se as discussões dessa realidade, bem como outras caracterizações sobre as entidades, são significativas frente às demais vezes em que conteúdos referentes a elas aparecem no livro.

Em relação ao segundo objetivo, consideramos relevante o conceito de *rotinização* proposto por Giddens (2009), já discutido anteriormente, que trata do caráter habitual da maior parte das atividades da vida social, preponderando formas de conduta familiares, sustentadas por uma confiança de que as coisas são como parecem ser. Além das atividades, estenderemos essa noção do caráter habitual também para as formas de pensar o mundo. Nesse sentido, queremos investigar se nos livros as entidades são tratadas de uma forma que possamos caracterizar como rotineira. O caráter habitual e rotineiro limita as formas de pensar à *consciência prática* e uma quebra nas formas habituais, como em uma situação incomum, levaria à necessidade um nível de reflexão que passa pela *consciência discursiva*. É, inclusive, utilizando o nível discursivo que os estudantes responderam ao questionário

sobre entes/entidades apresentado anteriormente, já que tiveram que apresentar razões ou justificativas para as respostas. Por meio da formulação de Giddens, podemos considerar que uma possível forma de se dar um processo reflexivo seria mediante situações que rompem a rotina.

A coleção de livros escolhida para a análise foi o Halliday<sup>51</sup> (HALLIDAY, RESNICK e WALKER, 2009a; 2009b; 2009c; 2009d). Essa é uma das mais famosas coleções de livros de física, amplamente utilizada nas disciplinas iniciais de cursos superiores. Foi considerado pela *American Physics Society* como “o texto de física mais marcante do século XX” (ZWIEBEL, 2012, p.8, tradução nossa). Além disso, consideramos que, de um modo geral, os livros didáticos de física básica mais utilizados são parecidos entre si em termos dos conteúdos e da estrutura apresentados.

A coleção de livros em questão possui 4 volumes, divididos nos temas Mecânica (vol.1), Gravitação, Ondas e Termodinâmica (vol.2), Eletromagnetismo (vol.3) e Óptica e Física Moderna (vol.4). No prefácio dos livros (que é o mesmo nos quatro volumes), aparecem algumas noções a respeito da relação entre a física e o mundo. Nele, encontramos a frase “a física é o assunto mais interessante do mundo porque descreve o modo como o mundo funciona [...]”. E, ainda, “[...] o curso associado a este livro [...] revela os mecanismos fundamentais do mundo, responsáveis por todas as aplicações científicas e de engenharia” (HALLIDAY, RESNICK e WALKER, 2009a, p.xi). Nesses trechos transparece uma noção realista em relação à física, sendo dito que ela descreve o mundo e que seria responsável por uma espécie de revelação de seus mecanismos.

Menções aos objetivos do livro aparecem em dois locais, ambas no prefácio. Na primeira menção é dito que o objetivo do livro seria “[...] proporcionar aos professores um instrumento através do qual possam ensinar os alunos a estudar assuntos científicos, identificar conceitos fundamentais, pensar a respeito de questões científicas e resolver problemas quantitativos” (HALLIDAY, RESNICK e WALKER, 2009a, p.xi). Aqui está sendo feita referência ao livro como um guia para a atuação docente. Mas também é dito que “um dos principais objetivos [do] livro é ensinar os estudantes a usar o raciocínio para resolver problemas, desde os princípios básicos até a solução final” (HALLIDAY, RESNICK e WALKER, 2009a, p.xii). Nesse trecho aparece a noção que o livro também objetiva o uso direto por estudantes, enfatizando a resolução de problemas.

---

<sup>51</sup> Passaremos a nos referir à coleção de livros como “o Halliday”, por ser a forma como ela é conhecida nos cursos de física.

Os capítulos do livro possuem todos a mesma estrutura. Em linhas gerais, o projeto editorial dos capítulos é constituído por uma apresentação inicial de um texto com o conteúdo, que chamamos de *parte principal*, por uma parte de *revisão e resumo*, por outra de *perguntas* e, por fim, uma parte de *problemas*. A *parte principal* é dividida em seções e subseções. Os elementos que a compõe são títulos e subtítulos, o corpo mesmo do texto (incluindo equações, imagens e tabelas), legendas (de imagens e equações), exemplos e, em alguns capítulos, testes e táticas para a resolução de problemas. Após a *parte principal*, na sequência do capítulo, existe a parte de *revisão e resumo* do que foi visto anteriormente, fixando-se principalmente nos resultados das teorias apresentadas. Essa segunda parte também possui títulos e pode ter equações e figuras com suas legendas. A terceira parte é composta por *perguntas* (que não envolvem cálculos) e, por fim, a quarta parte é onde são apresentados *problemas* (esses sim com cálculos numéricos, salvo raras exceções, e em quantidade muito maior que as perguntas). Essa última parte também apresenta títulos, idênticos aos títulos das seções da parte principal, indicando a quais seções os problemas se referem.

Essa estrutura observada no Halliday é uma estrutura usual, que, com alguma eventual pequena diferente, também pode ser observada em outros livros de física.

No Quadro 6 a seguir apresentamos, para melhor visualização, o projeto editorial do livro, com cada parte que compõe os capítulos e suas subdivisões.

**Quadro 6 – Projeto editorial dos capítulos do Halliday**

<b>Divisões dos capítulos</b>	<b>Componentes das divisões</b>
Parte principal do texto	Título e subtítulos
	Corpo do texto
	Legendas
	Exemplos
	Testes
	Táticas para a resolução de problemas
Revisão e resumo	Títulos
	Corpo do texto
	Legendas
Perguntas	Corpo do texto
Problemas	Título da seção correspondente
	Corpo do texto

## 7.1 – Forma de análise do livro

Na análise da coleção de livros, realizamos uma análise de conteúdo, o que entendemos estar de acordo com os objetivos desse estudo, que busca olhar somente características internas do material. Das etapas da análise apresentadas por Moraes (1999), na *preparação das informações* nós selecionamos, como já foi dito, os 4 livros que compõe a coleção (HALLIDAY, RESNICK e WALKER, 2009a; 2009b; 2009c; 2009d). Além disso, também usamos a versão em inglês da coleção (HALLIDAY, RESNICK e WALKER, 2008), que é seu idioma original, para tirar algumas eventuais dúvidas que apareceram na leitura da versão em português. Dos livros, olhamos somente aquilo que estava no interior dos capítulos, ou seja, ficamos de fora sumários, prefácio, conteúdos dos apêndices, respostas dos problemas, índices, tabelas com propriedades e tabelas com constantes físicas. Na *unitarização* definimos como *unidade de análise* trechos em que havia menções, no singular ou no plural, às entidades analisadas. Queríamos observar a forma pela qual a entidade era mencionada, se havia uma justificativa para que ela fosse tomada como real, ou para alguma caracterização dela, e os locais do texto em que isso ocorria. E esses locais foram, justamente, nossa *unidade de contexto*, ou seja, registramos se a menção à entidade foi feita na parte principal do texto (em algum de seus componentes), na parte da revisão, na parte das perguntas ou na parte dos problemas.

Ainda sobre a unidade de análise, a definição do trecho selecionado dependia da parte do capítulo onde estava, mas sempre buscando selecionar uma ideia completa. Quando no *corpo do texto* da *parte principal*, os trechos foram definidos por subseção. A *parte principal* dos capítulos dos livros está dividida em seções e essas, na maioria dos casos, em subseções. Não separamos as subseções em partes menores entendendo que não faria sentido subdividi-las, tendo em vista que formam o todo de uma explicação ou caracterização.

Cabe esclarecer que, diferentemente dos capítulos e seções, as subseções originalmente não possuem numeração, dessa forma, criamos nosso próprio critério para numerá-las: as subseções de cada seção foram numeradas a partir de zero, com esse número correspondendo ao texto logo abaixo do título da seção e os demais números, em ordem crescente, foram atribuídos para os textos seguintes aos títulos das subseções. Assim, por exemplo, nos referimos ao capítulo 38, seção 3, subseção 1 como 38.3.1. Já quando a seção não possui subseções, ficaram apenas os dois primeiros números, como 39.5.

Em relação às demais partes que compõem a *parte principal* dos capítulos, adotamos os critérios descritos a seguir. Os *títulos*, *subtítulos* (incluindo títulos de tabelas) e *legendas* não foram incluídos na categorização. Consideramos que as menções nessas partes

podiam não compor uma ideia completa, o que tornava sem sentido tentar categorizar essas menções. Os *exemplos, testes e táticas para a resolução de problemas*, que estavam na parte principal do texto, esses sim foram considerados para a categorização. No entanto, apesar de eles estarem dentro de alguma subseção, foram tratados de forma separada dela. O próprio livro faz essa separação e, para os fins de classificação, consideramos esses trechos de forma independente do texto da subseção onde eles estavam inseridos. Para nos referirmos aos exemplos, seguimos a mesma numeração atribuída pelo livro. Para os demais, indicamos inicialmente o número do capítulo e, em seguida, o número do teste ou da tática. Por exemplo, nos referimos ao teste 3 do capítulo 21 como 21.3.

Além da *parte principal* (que acabamos de descrever), os capítulos possuíam ainda mais três partes: uma de *revisão*, uma de *perguntas* e uma de *problemas*.

As partes de *revisão* estavam estruturadas em tópicos. Dessa forma, para a escolha dos trechos, optamos por usar o tópico todo, sem separá-lo em trechos menores. Referimo-nos a eles mencionando o capítulo em que aparecem e usando o nome do tópico. Assim como na parte principal, também aqui os títulos e legendas não foram incluídos na categorização.

Já em relação às partes das *perguntas* e dos *problemas*, os trechos mínimos foram cada pergunta e cada problema, tomados de forma inteira. Para nos referirmos a eles, indicamos o número do capítulo e, em seguida, o número da pergunta ou do problema. Aqui, os títulos também não foram incluídos.

Para a *categorização*, os trechos com as menções foram separados em duas categorias, de acordo com o que era tratado:

*Categoria 1 – Existência/caracterização.* Entraram aqui dois tipos de trechos que mencionavam entidades: o primeiro tipo corresponde aos locais em que era explicado porque elas eram tomadas como reais, ou seja, quando era dado algum tipo de justificativa para a atribuição de realidade às entidades; o segundo tipo corresponde às menções onde era tratada de alguma de suas características. São momentos em que as entidades estão sendo “apresentadas”.

*Categoria 2 – Aplicação e outros.* Diz respeito aos locais em que se fazia algum “uso” das entidades (muitas vezes junto das teorias que dão suporte a elas), ou em outras formulações teóricas, ou para resolver problemas ou em exemplos. Nesses casos, as entidades já tinham certas características definidas e eram consideradas reais. Também

entraram aqui os casos em que eram feitas simples menções a elas enquanto era tratado outro assunto.

Em relação à Categoria 1, sabemos que deixar em uma mesma categoria elementos que trazem justificativa de existência com os que apresentam características das entidades pode não esclarecer bem a distinção entre, por um lado, caracterizações e atribuições de existência justificadas e, por outro, caracterizações que somente são discriminadas sem preocupações com as justificativas. A questão é que as partes do livro que tratam da existência da partícula muitas vezes são as mesmas que a caracterizam, dificultando essa separação (como, por exemplo, na subseção 44.8.0 sobre o modelo dos quarks). Além disso, também apareceram casos, como o do fóton, em que são apresentadas algumas características da entidade em uma seção (38.2) e, na seção seguinte (38.3), diz-se que a entidade é tomada como real para se explicar um fenômeno (o efeito fotoelétrico), usando o que foi apresentado anteriormente. Isso mostra que separar as menções sobre o porquê de uma partícula ser tomada como real e as menções sobre as características dela nem sempre era viável, já que em algumas vezes, no livro, essas coisas aparecem juntas, uma dando suporte à outra. Outra justificativa para a junção é que a atribuição de realidade a uma partícula e a atribuição de características a ela são feitas, algumas vezes, por meio do mesmo tipo de inferência (como foi o caso da inferência usada para afirmar a existência do fóton e para a consideração de que ele possui momento). Mais à frente, na descrição qualitativa, buscaremos deixar mais claro esse ponto.

Para a categorização dos trechos que citam as entidades, adotamos o seguinte procedimento: para pertencer à Categoria 1 deveria haver no trecho (i) uma explicação sobre o porquê de a partícula ser considerada real ou (ii) ser feita alguma caracterização dela; para pertencer a Categoria 2, no trecho não deveriam haver os dois casos anteriores, mas somente “usos” da entidade em situações específicas.

Os resultados obtidos da categorização serão descritos a seguir, por meio de quadros com os trechos classificados em cada categoria. Além disso, também apresentamos descrições qualitativas das formas pelas quais as três entidades são tratadas no livro e como é justificada sua realidade.

Essas *descrições* e as *interpretações* dos resultados serão apresentadas a seguir.

## **7.2 – Descrições dos resultados da categorização**

A seguir, apresentamos nos Quadros 7 a 9 a indicação dos trechos em que cada uma das três entidades analisadas é mencionada no livro, indicando onde essas menções

apareceram (se na parte principal do texto, na parte em que é feita a revisão, na parte das perguntas ou na parte dos problemas) e a categoria em que o trecho foi classificado. Para a localização das menções e a seleção dos trechos, foi utilizada a versão digital em inglês do livro (HALLIDAY, RESNICK e WALKER, 2008). No entanto, levamos em consideração que as menções na versão em português são as mesmas da versão em inglês.

**Quadro 7 – Trechos que mencionam as palavras fóton ou fótons, categorizados**

Entidade	Parte do texto	Categoria 1	Categoria 2
Fóton	Seções/subseções	38.2, 38.3.0, 38.3.1, 38.3.2, 38.4.0, 38.5.2, 38.5.3	38.1, 38.3.3, 38.5.0, 38.5.1, 38.6.0, 39.3.3, 39.6.1, 39.7.1, 39.9.1, 40.2.2, 40.6, 40.10.1, 40.10.2, 40.10.4, 40.12.0, 40.12.1, 41.10.0, 41.10.2, 42.3.6, 42.6.0, 43.3, 43.7, 44.2.1, 44.2.3, 44.3, 44.9.1, 44.9.2, 44.9.3, 44.14.0
	Exemplos	38.2	38.1, 38.3, 38.4, 39.1, 39.4, 39.6, 40.2, 40.4
	Testes	-	-
	Táticas	-	-
	Revisão	38 - Tópico “Fótons”	38 - Tópico “Efeito fotoelétrico” 38 - Tópico “Ondas luminosas e fótons” 39 - Tópico “Um elétron em um poço de potencial infinito” 40 - Tópico “Algumas propriedades dos átomos” 40 - Tópico “Os espectros de raio X dos elementos” 40 - Tópico “O laser e a luz do laser” 44 - Tópico “As interações”
	Perguntas	-	38.5, 38.10, 39.14
Problemas	-	38.1, 38.2, 38.3, 38.4, 38.5, 38.6, 38.8, 38.9, 39.10, 38.11, 38.12, 38.13, 38.14, 38.15, 38.24, 38.27, 38.28, 38.30, 38.31, 38.32, 38.33, 38.34, 38.35, 38.37, 38.38, 38.39, 38.40, 38.41, 38.42, 38.45, 38.46, 38.52, 38.53, 38.64, 38.75, 38.82, 38.83, 38.84, 39.10, 39.12, 39.20, 39.35, 39.36, 39.38, 39.40, 39.46, 39.48, 40.17, 40.18, 40.34, 40.35, 40.39, 40.44, 40.46, 40.47, 40.51, 40.55, 40.57, 40.68, 41.39, 42.31, 42.34, 42.73, 43.38, 44.39, 44.44	

**Quadro 8 – Trechos que mencionam as palavras quark ou quarks, categorizados**

Entidade	Parte do texto	Categoria 1	Categoria 2
Quark	Seções/subseções	21.5, 44.7, 44.8.0, 44.8.4, 44.9.3	28.7.0, 42.3.8, 44.8.1, 44.8.2, 44.8.3, 44.14.0
	Exemplos	-	44.5
	Testes	-	-
	Táticas	-	-
	Revisão	44 - Tópico “Quarks”	42 - Tópico “A força nuclear” 44 - Tópico “Léptons e quarks” 44 - Tópico “As interações” 44 - Tópico “Hádrons: bárions e mésons”
	Perguntas	-	44.6, 44.9, 44.11
Problemas	-	21.45, 24.99, 44.23, 44.24, 44.25, 44.26, 44.27, 44.29, 44.47	

Quadro 9 – Trechos que mencionam as palavras elétron ou elétrons, categorizados

Entidade	Parte do texto	Categoria 1	Categoria 2
Elétron	Seções/subseções	1.7.1, 21.3.0, 21.5, 28.2, 28.4, 28.10, 32.7.1, 32.7.2, 37.12.2, 38.6.0, 38.9.0, 39.3.2, 39.3.3, 39.4.0, 39.4.1, 39.5, 39.7.1, 39.7.2, 40.3, 40.4.0, 40.4.1, 40.4.2, 44.3, 44.4.0	2.2, 5.2, 16.2, 16.9, 18.2.1, 21.3.1, 21.3.2, 21.4.0, 21.4.1, 21.6, 22.8.2, 22.8.3, 22.8.4, 22.9.0, 23.6.0, 24.3.0, 24.8.1, 24.12.1, 24.12.2, 25.2.1, 25.5.0, 26.2.0, 26.2.1, 26.3.1, 26.6, 26.8, 26.9, 28.3.1, 28.5, 28.6.0, 28.6.1, 28.7.0, 28.8, 30.2, 30.3.0, 30.5.2, 30.6.0, 31.6, 31.11.4, 32.2.1, 32.6.0, 32.7.0, 32.7.3, 32.7.4, 32.8, 32.9, 32.10, 32.11.0, 36.10.1, 37.2.1, 37.12.3, 38.3.0, 38.3.1, 38.3.2, 38.3.3, 38.4.0, 38.4.1, 38.6.1, 38.9.1, 39.1, 39.2, 39.3.1, 39.4.2, 39.4.3, 39.6.0, 39.6.1, 39.6.2, 39.6.3, 39.8.0, 39.8.1, 39.8.2, 39.8.3, 39.9.1, 39.9.2, 39.9.3, 39.9.4, 40.2.1, 40.2.3, 40.4.3, 40.5.3, 40.7, 40.8.0, 40.8.1, 40.9.0, 40.9.1, 40.9.2, 40.9.3, 40.9.4, 40.10.0, 40.10.1, 40.10.2, 40.10.3, 40.10.4, 40.12.1, 41.3, 41.4, 41.5.0, 41.5.1, 41.5.2, 41.5.3, 41.5.4, 41.5.5, 41.5.6, 41.6.0, 41.6.1, 41.6.2, 41.6.3, 41.7.1, 41.7.2, 41.8.0, 41.8.1, 41.8.2, 41.9, 41.10.0, 41.10.2, 41.11.0, 42.1, 42.2, 42.3.2, 42.3.3, 42.3.4, 42.3.6, 42.3.7, 42.3.8, 42.6.0, 42.6.1, 42.6.2, 42.8, 42.9.2, 43.1, 43.2.1, 43.7, 43.8.0, 44.2.0, 44.2.1, 44.2.2, 44.2.3, 44.1.1, 44.9.1, 44.10, 44.13, 44.14.0
	Exemplos	-	21.3, 22.2, 22.5, 23.5, 23.6, 24.1, 24.4, 24.7, 25.1, 25.3, 26.1, 26.3, 26.6, 27.5, 28.2, 28.4, 37.6, 37.7, 37.8, 38.2, 38.3, 38.4, 38.5, 38.6, 38.7, 39.1, 39.2, 39.3, 39.4, 39.5, 39.8, 40.3, 40.4, 40.5, 41.1, 41.2, 41.3, 41.6, 42.3, 42.6, 42.7, 44.4
	Testes	-	21.2, 21.3, 22.1, 22.3, 24.3, 24.6, 26.2, 28.3, 32.4, 38.3, 39.2, 39.3, 40.1, 40.2, 41.2
	Táticas	-	21.1, 25.3
	Revisão	32 - Tópico “Momento dipolar magnético de spin” 32 - Tópico “Momento dipolar magnético orbital” 38 - Tópico “Ondas de matéria” 39 - Tópico “Um elétron em um poço de potencial infinito” 39 - Tópico “Um elétron em um poço de potencial finito” 39 - Tópico “Armadilhas eletrônicas bidimensionais e tridimensionais” 40 - Tópico “Momento angular e momento magnético” 44 - Tópico “Léptons”	21 - Tópico “Carga elétrica” 26 - Tópico “Resistividade de um metal” 26 - Tópico “Semicondutores” 32 - Tópico “Ferromagnetismo” 38 - Tópico “Efeito fotoelétrico” 38 - Tópico “Deslocamento de Compton” 39 - Tópico “Normalização e energia de ponto zero” 39 - Tópico “O átomo de hidrogênio” 40 - Tópico “Princípio de exclusão de Pauli” 40 - Tópico “Construção da tabela periódica” 40 - Tópico “Os espectros de raios X dos elementos” 41 - Tópico “Níveis de energia em um sólido cristalino” 41 - Tópico “Isolantes” 41 - Tópico “Metais” 41 - Tópico “Semicondutores” 41 - Tópico “A junção p-n” 42 - Tópico “Decaimento Beta”

Entidade	Parte do texto	Categoria 1	Categoria 2
Elétron	Perguntas	-	21.1, 22.6, 23.9, 26.5, 26.6, 26.7, 28.9, 28.10, 29.4, 32.2, 32.6, 32.9, 38.1, 38.3, 38.4, 38.6, 38.9, 38.10, 38.12, 38.13, 38.14, 38.16, 39.1, 39.2, 39.3, 39.4, 39.5, 39.6, 39.7, 39.8, 39.10, 39.11, 39.12, 39.13, 39.14, 40.1, 40.2, 40.3, 40.4, 40.5, 40.6, 40.8, 40.9, 40.10, 41.6, 41.7, 41.8, 41.11, 42.5, 43.7, 44.3, 44.5, 44.8
	Problemas	-	2.16, 2.23, 2.27, 4.3, 4.6, 4.93, 4.113, 4.124, 5.29, 5.104, 9.100, 9.111, 9.127, 19.22, 21.25, 21.26, 21.27, 21.28, 21.34, 21.35, 21.36, 21.41, 21.49, 21.52, 21.57, 21.65, 21.68, 22.14, 22.15, 22.39, 22.40, 22.41, 22.44, 22.46, 22.48, 22.49, 22.50, 22.51, 22.52, 22.54, 22.68, 22.70, 22.71, 22.74, 22.76, 22.78, 22.86, 23.17, 23.24, 23.39, 23.40, 23.73, 23.76, 24.1, 24.2, 24.4, 24.6, 24.37, 24.44, 24.49, 24.50, 24.53, 24.55, 24.56, 24.57, 24.58, 24.60, 24.61, 24.69, 24.71, 24.78, 24.81, 24.87, 24.103, 24.112, 25.3, 25.22, 25.25, 25.33, 26.1, 26.4, 26.9, 26.31, 26.36, 26.37, 26.40, 26.47, 26.66, 26.70, 26.74, 27.10, 28.1, 28.5, 28.7, 28.8, 28.9, 28.12, 28.17, 28.18, 28.19, 28.21, 28.22, 28.27, 28.28, 28.30, 28.32, 28.33, 28.34, 28.52, 28.68, 28.70, 28.72, 28.73, 28.74, 28.81, 28.82, 29.54, 29.55, 29.76, 30.79, 32.32, 32.33, 32.34, 32.35, 32.38, 32.43, 32.45, 32.61, 32.63, 32.64, 32.74, 33.21, 35.110, 37.10, 37.41, 37.43, 37.44, 37.46, 37.52, 37.54, 37.55, 37.56, 37.58, 37.71, 37.73, 37.81, 37.83, 38.6, 38.15, 38.17, 38.18, 38.19, 38.20, 38.21, 38.22, 38.23, 38.24, 38.25, 38.28, 38.29, 38.30, 38.31, 38.32, 38.33, 38.34, 38.35, 38.36, 38.37, 38.38, 38.39, 38.41, 38.42, 38.43, 38.45, 38.46, 38.49, 38.50, 38.51, 38.52, 38.53, 38.54, 38.63, 38.64, 38.66, 38.67, 38.68, 38.74, 38.76, 38.78, 38.83, 38.84, 39.1, 39.2, 39.3, 39.5, 39.6, 39.7, 39.8, 39.9, 39.10, 39.11, 39.12, 39.13, 39.15, 39.16, 39.17, 39.18, 39.20, 39.21, 39.22, 39.23, 39.24, 39.25, 39.26, 39.27, 39.28, 39.29, 39.30, 39.34, 39.39, 39.41, 39.45, 39.48, 39.50, 39.51, 39.56, 39.58, 39.60, 39.61, 40.1, 40.4, 40.6, 40.7, 40.8, 40.10, 40.11, 40.12, 40.13, 40.16, 40.17, 40.18, 40.20, 40.21, 40.22, 40.23, 40.24, 40.25, 40.26, 40.27, 40.28, 40.29, 40.30, 40.31, 40.33, 40.34, 40.35, 40.37, 40.38, 40.39, 40.43, 40.45, 40.63, 40.67, 40.68, 40.69, 40.73, 40.74, 40.75, 40.77, 41.2, 41.5, 41.9, 41.10, 41.14, 41.17, 41.18, 41.19, 41.20, 41.21, 41.22, 41.23, 41.25, 41.26, 41.27, 41.28, 41.29, 41.30, 41.31, 41.32, 41.33, 41.34, 41.36, 41.39, 41.41, 41.46, 41.47, 41.51, 42.13, 42.14, 42.53, 42.54, 42.56, 42.57, 42.59, 42.75, 42.76, 42.87, 42.95, 42.96, 42.97, 43.20, 44.1, 44.3, 44.14, 44.36, 44.43

Considerando que nosso objetivo com o presente estudo é investigar os tipos de justificativa usados pelo livro para que as entidades fossem consideradas reais, e se o número de trechos com essas justificativas com caracterizações é significativo em relação aos demais trechos que mencionam as entidades (quando, já caracterizadas e consideradas reais, são usadas para resolver problemas ou em outras discussões teóricas), realizamos uma contagem do número de trechos categorizados nos quadros 7 a 9. Essa contagem é apresentada a seguir, nos quadros 10 a 12.

**Quadro 10 – Número de trechos que mencionam a palavra fóton ou fótons, categorizados**

Entidade	Parte do texto	Categoria 1	Categoria 2
Fóton	Seções/subseções	7	29
	Exemplos	1	8
	Testes	0	0
	Táticas	0	0
	Revisão	1	7
	Perguntas	0	3
	Problemas	0	66
	<b>Total</b>	<b>9</b>	<b>113</b>

**Quadro 11 – Número de trechos que mencionam as palavras quark ou quarks, categorizados**

Entidade	Parte do texto	Categoria 1	Categoria 2
Quark	Seções/subseções	5	6
	Exemplos	0	1
	Testes	0	0
	Táticas	0	0
	Revisão	1	4
	Perguntas	0	3
	Problemas	0	9
	<b>Total</b>	<b>6</b>	<b>23</b>

**Quadro 12 – Número de trechos que mencionam as palavras elétron ou elétrons, categorizados**

<b>Entidade</b>	<b>Parte do texto</b>	<b>Categoria 1</b>	<b>Categoria 2</b>
Elétron	Seções/subseções	24	142
	Exemplos	0	42
	Testes	0	15
	Táticas	0	2
	Revisão	8	17
	Perguntas	0	53
	Problemas	0	316
	<b>Total</b>	<b>32</b>	<b>587</b>

O que chama a atenção nos quadros é que os trechos classificados na Categoria 2 são em número maior (em alguns casos muito maior) que aqueles que entraram na Categoria 1. Em relação ao total de trechos, os que estão na Categoria 1 correspondem a 7,4% no caso do fóton, 20,7% no caso do quark e 5,2% no caso do elétron.

Podemos perceber que no caso do quark há relativamente mais menções dentre as classificadas na Categoria 1. Isso é razoável considerando que há mesmo menos possibilidades de “uso” dele em comparação com o fóton e o elétron e, além disso (e talvez por isso), ele foi tratado somente no último capítulo do livro.

De modo geral, os trechos classificados na Categoria 1, quando apareceram, se encontravam quase todos no corpo da parte principal do texto. Em alguns casos, certas descrições também apareceram na revisão (repetindo o que se encontrava no corpo do texto). As menções em todas as demais partes dos capítulos (nos exemplos, testes, táticas, perguntas e problemas) eram de usos das entidades, conseqüentemente entrando na Categoria 2. Somente encontramos uma exceção: no exemplo 38.2, uma aplicação numérica é usada para dar suporte à noção teórica que considera o fóton real. Nesse caso o trecho entrou também na Categoria 1. Ainda em relação ao corpo da parte principal do texto, apesar de ser nele que estavam quase todos os trechos que entraram na Categoria 1, a maioria desse conteúdo também diz respeito a “aplicações” e, conseqüentemente, entrou na Categoria 2.

O maior número de trechos classificados na Categoria 2 indica que, no livro, há uma valorização de aplicações e usos das entidades e teorias que lhes dão suporte, mais do que explicações sobre essas entidades. Isso se mostra coerente com o que é colocado no prefácio do livro, em um trecho que já citamos, que afirma que um de seus objetivos é

“ensinar os estudantes a usar o raciocínio para resolver problemas, desde os princípios básicos até a solução final”. (HALLIDAY, RESNICK e WALKER, 2009a, p.xii). Ou seja, a resolução de problemas, e não discussões epistemológicas, parece mesmo ser o foco do livro.

Essa questão também se percebe por meio do significativo número de menções às entidades nos exercícios numéricos, quase todos classificados na Categoria 2. No projeto editorial do livro (assim como de outros livros de física) os exercícios numéricos são muito valorizados, tanto nos exemplos da parte principal do texto, quanto na parte dos problemas no final dos capítulos<sup>52</sup>. Eles aparecem como “aplicações” das noções sobre as entidades e das teorias que as sustentam, ou seja, seu uso é feito, sobretudo de equações relacionadas, para resolver algo que foi indagado. Da mesma forma, a parte de perguntas também traz “aplicações” teóricas, tendo em vista que o que se faz é utilizar a teoria para tratar uma questão.

Um último ponto a ser mencionado é que a Categoria 1 reúne dois tipos de informações: aquelas referentes às justificativas para as entidades serem tomadas como reais e aquelas referentes a características dessas entidades. Como já dissemos, não foi possível separar os dois tipos de informação. No entanto, tendo em vista que ambas estão juntas nos números referentes à Categoria 1, precisamos considerar, mesmo qualitativamente, que as discussões a respeito da realidade das entidades são ainda menores que as mostradas na Categoria 1. Ou seja, parece que esse tipo de informações tem mesmo pouca relevância no livro.

Além dos dados das contagens e categorizações das menções, consideramos importante realizar também descrições qualitativas do tratamento dado pelo livro às três entidades para investigar os tipos de justificativa usados pelo livro para as entidades serem consideradas reais. O que será feito a seguir.

### 7.3 – Descrições qualitativas

As descrições qualitativas do tratamento dado pelo livro a cada uma das entidades em análise serão apresentadas a seguir, separadamente, começando pelo fóton, passando para o quark e, finalmente, abordando o elétron.

---

<sup>52</sup> No livro em análise, o que aparece nos exemplos tem o mesmo formato dos problemas que aparecem na última parte dos capítulos. Inclusive, na versão em inglês do livro (HALLIDAY, RESNICK, WALKER, 2008), a parte dos exemplos é chamada de *Sample Problem* (amostra ou exemplo de problema), o que em certo sentido mostra que a parte dos *exemplos* possui as mesmas características da parte de *problemas*.

### 7.3.1 – O caso do fóton: a necessidade de uma nova ontologia para explicar o já conhecido

As menções ao fóton surgem na coleção de livros somente no capítulo 38, cujo título é “Fótons e Ondas de Matéria”, que faz parte do quarto volume (HALLIDAY, RESNICK, WALKER, 2009d). Não há menção a ele anteriormente. Na seção 38.2 é feita uma breve introdução sobre grandezas quantizadas e é dito que, em 1905, Einstein propôs que a radiação eletromagnética (ou a luz) era quantizada e que sua quantidade elementar é chamada fóton. Na sequência, os autores afirmam que essa ideia pode parecer estranha, uma vez que em vários capítulos anteriores no livro se discutiu a ideia da luz como uma onda eletromagnética senoidal, uma combinação de campos elétricos e magnéticos alternados. E daí são colocadas as questões: “Como é possível que uma onda composta por campos alternados possa ser encarada como uma quantidade elementar de alguma coisa como o quantum de luz? Afinal, o que é o fóton?” (HALLIDAY, RESNICK, WALKER, 2009d, p.186). A primeira questão parece não estar bem traduzida<sup>53</sup>, mas a ideia apresentada é que parecem incompatíveis as duas descrições do que é a luz: formada por uma quantidade elementar e formada por campos elétricos e magnéticos. A seguir, é dito que o conceito de quantum de luz não é compreendido perfeitamente até hoje e que no livro serão discutidos somente alguns aspectos básicos do conceito de fóton, mais ou menos de acordo com a ideia original de Einstein.

Parece que a tarefa que se busca no livro é uma alteração na ontologia da luz. Até então vista como formada por campos eletromagnéticos, passa a ser vista como composta por fótons. Alguns experimentos cuja explicação dos resultados fizeram uso dessa nova entidade são apresentados na sequência no livro, bem como algumas de suas características.

O texto continua, ainda na seção 38-2, apresentando uma expressão para a energia do fóton<sup>54</sup>, apontando que essa energia é transferida para um átomo quando o fóton é absorvido por ele. E quando um fóton é emitido por um átomo, a energia seria transferida do átomo para o fóton criado. Ou seja, uma característica da nova entidade é que ela pode ser criada e aniquilada em interações com átomos. Logo após o texto coloca que

Quando discutimos a absorção ou emissão de luz nos capítulos anteriores, os exemplos envolviam uma intensidade luminosa tão grande (ou seja, um número grande de fótons) que não havia necessidade de recorrer à física quântica; os fenômenos podiam ser analisados à luz da física clássica. No

---

<sup>53</sup> Na versão em inglês do livro a frase que aparece é “*How can this wave of oscillation fields consist of an elementary amount of something – the light quantum? What is a photon?*” (HALLIDAY, RESNICK, WALKER, 2008, p.1058).

<sup>54</sup>  $E = hf$ .

final do século XX a tecnologia se tornou suficientemente avançada para que experimentos que envolvem um único fóton pudessem ser executados e o uso de fótons isolados tivesse algumas aplicações práticas. Desde então a física quântica foi incorporada à engenharia, especialmente à engenharia ótica. (HALLIDAY, RESNICK, WALKER, 2009d, p.187).

Aqui, de certa forma, é colocada uma questão semelhante à da relação entre mecânica newtoniana e mecânica relativística: nas situações até então tratadas as noções clássicas davam conta dos fenômenos. No caso da luz, não havia necessidade de recorrer a noções de quantização e os fenômenos podiam ser explicados utilizando os conceitos da física clássica. Essa relação entre as duas explicações sobre a luz parece ser trazida como mais um elemento relacionado à construção de uma nova ontologia, além de ser uma justificativa da razão para a utilização, até então, de uma ontologia diferente, que considerava a luz como sendo formada por ondas eletromagnéticas. Nesse trecho também é explicitado o domínio em que essa nova ontologia se mostrou necessária, nos casos onde estariam envolvidos pouquíssimos fótons.

Já é possível ver que no livro o fóton é apresentado como um constituinte do mundo, como um elemento que faz parte de como as coisas são, mas que não teria sido observado anteriormente por uma espécie de limitação tecnológica. Transparece uma noção realista a respeito do fóton, uma noção que coloca que ele sempre esteve lá, mas só não havia ainda sido detectado.

Em seguida, na página 188 (seção 38-3), o livro passa a tratar do efeito fotoelétrico, colocando que ele não pode ser compreendido à luz da física clássica. São apresentados experimentos cujos resultados poderiam ser explicados pensando a luz em termos de fótons. A equação do efeito fotoelétrico<sup>55</sup> aparece na sequência (subseção 38.3.3 – Categoria 2), sendo dito que ela é um resumo feito por Einstein dos resultados dos experimentos sobre o efeito fotoelétrico.

De um modo geral, podemos dizer que o fóton aparece aqui na forma de uma inferência abdutiva (CHIBENI, 1996), ou seja, considerar que a luz é quantizada seria uma forma de explicar aquilo que foi observado nos experimentos. Aqui é apresentada, pela primeira vez, a necessidade dos fótons para uma explicação dos resultados experimentais obtidos.

No entanto, apesar de introduzir a necessidade do fóton, o livro traz a seguinte frase:

A explicação do efeito fotoelétrico certamente requer o uso da física quântica. Durante muitos anos a explicação de Einstein também foi

---

<sup>55</sup>  $hf = K_{max} + \emptyset$

considerada como um argumento decisivo para a existência dos fótons. Em 1969, porém, foi proposta uma explicação alternativa para o fenômeno que utiliza a física quântica mas dispensa a ideia de fótons. Os fótons *realmente* existem, mas hoje se sabe que a explicação proposta por Einstein para o efeito fotoelétrico não pode ser considerada uma prova da existência dos fótons. (HALLIDAY, RESNICK, WALKER, 2009d, p.190, grifo dos autores).

Essa frase relativiza a inferência que no livro dá origem ao conceito de fóton. Parece que em uma tentativa de correção histórico-conceitual, apresentando uma explicação alternativa para o efeito fotoelétrico<sup>56</sup>, o livro, de certa forma, deixa o conceito de fóton sem sustentação explícita, a não ser pela simples afirmação da sua existência. E essa afirmação é até realçada por meio do termo “realmente”, que aparece em itálico.

No entanto, apesar dessa colocação do livro que relativiza o conceito de fóton, logo em seguida são apresentadas novamente explicações onde o fóton se faz necessário.

Um próximo ponto, que traz a necessidade do fóton para as explicações, é apresentado por meio de um exemplo (exemplo 38-2, p.190 do quarto volume) em que é realizado o cálculo do tempo que um elétron levaria para ser ejetado de um material se fosse transferida para ele energia por meio de uma fonte luminosa, considerando uma transferência de energia contínua, ou seja, a luz se comportasse como uma onda clássica. O cálculo chega a um valor muito alto – aproximadamente  $1,3h$  –, quando, segundo o livro, o resultado observado em uma situação prática é de  $10^{-9}s$ . Dessa forma, esses resultados realçariam que a matéria recebe a energia da luz de acordo com o conceito de quantum de luz, e não de forma contínua. Aqui, novamente, é mostrada uma situação cuja explicação não poderia ser feita por meio da ontologia das ondas eletromagnéticas, enfatizando novamente a necessidade do quantum de luz.

O texto, na sequência, passa para outro tópico, sobre o momento linear nos fótons (HALLIDAY, RESNICK, WALKER, 2009d, p.191, subseção 38.4.0). É dito que Einstein ampliou o conceito de fóton ao propor que o quantum de luz possui momento linear. É apresentada a expressão para o momento de um fóton<sup>57</sup> e dito que, ao interagir com a matéria, além de energia o fóton também transfere momento, como se essa interação pudesse ser

---

<sup>56</sup> Aqui parece estar sendo feita referência ao trabalho de Lamb e Scully (1969), que mostrou que era possível interpretar o efeito fotoelétrico por meio da quantização dos estados eletrônicos, e não da luz. Ou seja, não era necessário o conceito de fóton. No entanto, para explicações de fenômenos como a radiação de corpo negro ou o espalhamento Compton, o fóton ainda seria necessário.

<sup>57</sup>  $P = \frac{hf}{c} = \frac{h}{\lambda}$

considerada uma colisão clássica. Em seguida é apresentado o experimento realizado por Arthur Compton, que, segundo o livro, confirmou que os fótons possuem energia e momento. Também é dito que os resultados do experimento constituem um mistério para a física clássica, mas puderam ser explicados ao se utilizar o conceito de luz quantizada, além das leis de conservação de energia e de momento. São feitas algumas manipulações matemáticas e chega-se à expressão para o deslocamento Compton<sup>58</sup>.

Nesse caso, assim como foi feito inicialmente com o efeito fotoelétrico (com a ressalva da menção à “explicação alternativa” que enfraquecia a possibilidade da afirmação de existência de algo por meio de uma inferência), pensar a luz em termos de fótons e que esses possuem momento aparece como a melhor explicação para o fenômeno observado no experimento. Novamente é realizada uma inferência abdução.

No entanto, a caracterização da luz como composta por fótons traz alguns problemas, uma vez que até então, no livro, ela foi tratada como onda eletromagnética, apresentando um comportamento ondulatório. Dessa forma, o livro apresenta, na sequência, um tratamento da luz considerando o conceito de quantização e, em alguns trechos, traz mais características dos fótons.

O livro continua com a apresentação de um novo tópico, tratando a luz como uma onda de probabilidade (HALLIDAY, RESNICK, WALKER, 2009d, p.194, seção 38.5). Os autores começam dizendo, na subseção 38.5.0, que:

Um dos grandes mistérios da física é o fato de a luz se comportar como uma onda (ou seja, como um fenômeno não localizado) na física clássica e, ao mesmo tempo, ser emitida e absorvida através de entidades discretas chamadas fótons (ou seja, como um fenômeno localizado) na física quântica.

Em seguida é colocado que, para compreender melhor esse dualismo, discutir-se-á três versões de um experimento de fenda dupla que havia sido apresentado anteriormente no livro (Experimento de Young). Na seção em que esse experimento foi apresentado inicialmente, foi dito que a presença de franjas de interferência que aparecem no experimento era prova da natureza ondulatória da luz (HALLIDAY, RESNICK, WALKER, 2009d, p.82, seção 35.4). Mas agora, ao tratar de fótons, seria necessária uma relativização da própria afirmação e a reinterpretação do experimento que levou à frase citada.

---

<sup>58</sup>  $\Delta\lambda = \frac{h}{mc}(1 - \cos \phi)$

Para tanto, foi apresentada, na subseção 38.5.1, a seguinte situação: se um detector de fótons, que emitiria um sinal sonoro ao detectar uma dessas partículas, fosse colocado na região que aparecem as franjas de interferência, ele iria apresentar mais ou menos sinais sonoros de acordo com os máximos e mínimos da figura de interferência, ou seja, haveria uma diferença no número de sinais sonoros por unidade de tempo nas diferentes regiões. Além disso, é dito que nessa situação a detecção de um fóton em um determinado ponto não apresentaria regularidade, mas que seria possível calcular a probabilidade relativa de que um fóton seja detectado em um certo ponto durante um intervalo de tempo especificado, com essa probabilidade sendo proporcional à intensidade da luz incidente nesse ponto. Vemos aqui a construção de uma situação para, novamente, ser possível uma mudança na ontologia da luz sem descaracterizar aquilo que foi dito sobre ela anteriormente, a respeito de sua natureza ondulatória.

Na sequência, após a descrição dessa situação, os autores utilizam uma expressão obtida antes para a intensidade de uma onda luminosa, que em qualquer ponto do espaço é proporcional ao quadrado da amplitude do campo elétrico associado à onda no mesmo ponto<sup>59</sup>, e a reinterpretem, dizendo que

A probabilidade (por unidade de tempo) de que um fóton seja detectado em um pequeno volume com o centro em um dado ponto de uma onda luminosa é proporcional ao quadrado da amplitude do campo elétrico associado à onda no mesmo ponto. (HALLIDAY, RESNICK, WALKER, 2009d, p.195).

Para os autores, essa descrição probabilística de uma onda luminosa é outra forma de encarar a luz, que pode ser vista não só como uma onda eletromagnética, mas também como uma onda de probabilidade. Aqui, novamente, há um processo de alteração da ontologia da luz, passando de uma onda eletromagnética para uma onda que define a probabilidade com que fótons possam ser encontrados em uma determinada região. Há, dessa forma, uma versão para descrição da ontologia da luz que utiliza os fótons, mas em certo sentido mantém sua natureza ondulatória.

A seguir, o livro descreve uma versão para fótons isolados do experimento de Young (subseção 38.5.2), onde a fonte luminosa emite apenas um fóton por vez, em intervalos aleatórios, e que, em um tempo suficientemente longo, as mesmas franjas de

---

<sup>59</sup> A expressão apresentada é  $I = \frac{1}{c\mu_0} E_{rms}^2$ , onde  $E_{rms}$  é o valor médio quadrático do campo elétrico e é definido como  $E_{rms} = \frac{E_{max}}{\sqrt{2}}$ .

interferência são encontradas. Aqui surge um momento interessante do livro em que é colocada a questão de uma possível explicação para esse resultado. É dito que

Antes mesmo de começarmos a pensar em uma explicação temos vontade de fazer perguntas como as seguintes: se os [fótons]<sup>60</sup> passam pelo equipamento um de cada vez, por qual das fendas do anteparo B passa um dado fóton? Como um fóton pode “saber” que existe outra fenda além daquela pela qual passou, uma condição necessária para que a interferência existe? Será que um fóton pode passar pelas duas fendas ao mesmo tempo e interferir com ele mesmo? (HALLIDAY, RESNICK, WALKER, 2009d, p.195).

Esses questionamentos chamam atenção para o fato de que a ontologia puramente corpuscular da luz não pode responder a contento ao resultado desse experimento. Traz a dificuldade em se estabelecer uma ontologia que dê conta de explicações para todos os fenômenos envolvendo a luz.

Na sequência, o livro aponta que só se conhece a existência de fótons por meio de sua interação com a matéria e que, no caso do experimento relatado, não se tem informação sobre o que acontece durante o percurso dele da fonte luminosa até a tela onde aparecem as franjas de interferência. Na sequência, o texto caracteriza de forma especulativa a ontologia da luz, apresentando uma nova característica dos fótons, nos seguintes termos:

[...] como uma figura de interferência aparece na tela podemos especular que cada fóton se propaga da fonte até a tela *como uma onda*, que preenche todo o espaço entre a fonte e a tela e depois desaparece quando o fóton é absorvido em algum ponto da tela, transferindo energia e momento para a tela neste ponto. (HALLIDAY, RESNICK, WALKER, 2009d, p.195, grifos dos autores).

É dito que não se pode prever onde o fóton será detectado, mas somente a probabilidade de que essa detecção ocorra em um determinado ponto. E que a onda que se propaga da fonte luminosa até a tela é uma onda de *probabilidade*, que produz na tela uma figura composta por “franjas de probabilidade”.

O texto continua (subseção 38.5.3), colocando que físicos tentaram interpretar o resultado do experimento com fótons isolados em termos de pequenos pacotes de ondas clássicas que passariam simultaneamente pelas duas fendas, mas que experimentos recentes revelaram que o fenômeno da interferência não pode ser explicado dessa forma.

---

<sup>60</sup> No texto a palavra que aparece aqui é “elétrons”. No entanto percebe-se que há um erro na versão brasileira do livro, uma vez que essa palavra não faria sentido nessa frase e, além disso, na versão em inglês o termo que aparece é fótons.

Praticamente finalizando a discussão sobre a ontologia da luz, o texto apresenta outro experimento com fótons isolados. Nesse experimento, existe uma molécula que pode emitir fótons em intervalos bem espaçados e duas possíveis direções de emissão desses fótons foram escolhidas para a análise feita, direções essas espaçadas quase 180° uma da outra. Isso impediria que uma eventual interferência se desse devido à proximidade das duas possíveis trajetórias (diferente do experimento de Young em que o ângulo entre as duas possíveis trajetórias dos fótons que chegam às duas fendas era pequeno). Dois espelhos foram posicionados nas duas possíveis trajetórias, refletindo os fótons que as percorreriam para um terceiro espelho, semitransparente, que pode combinar a luz que se propaga pelas duas trajetórias. Assim, pode haver interferência da luz que percorre uma trajetória com a luz que percorre a outra, e depois disso o feixe é direcionado para um detector. Esse espelho semitransparente poderia, no experimento, ser deslocado de modo a modificar as distâncias percorridas pelos fótons das duas trajetórias, mudando dessa forma a diferença de fase da luz que chega ao detector, fazendo com que máximos e mínimos de interferência apareçam no sinal de saída do detector.

No entanto, considerando que no experimento em questão as duas possíveis trajetórias são percorridas por um único fóton de cada vez, o livro faz o seguinte questionamento: “Como pode um fóton se propagar ao longo de dois percursos quase diametralmente opostos, de modo a interferir com ele mesmo?” (HALLIDAY, RESNICK, WALKER, 2009d, p.196). Essa pergunta levanta a questão de que a consideração da luz como formada somente por pequenos corpúsculos não consegue explicar o resultado do experimento. Assim, o livro continua apontando que

A explicação está no fato de que quando uma molécula emite um fóton uma onda de probabilidade se propaga em todas as direções; o que o experimento faz é simplesmente colher amostras dessa onda em duas dessas direções e combiná-las na posição do detector. (HALLIDAY, RESNICK, WALKER, 2009d, p.196).

E continua:

Os resultados das três versões do experimento de dupla fenda podem ser explicados se supusermos (1) que a luz é gerada na forma de fótons, (2) que a luz é detectada na forma de fótons, (3) que a luz se propaga na forma de uma onda de probabilidade. (HALLIDAY, RESNICK, WALKER, 2009d, p.196).

Dessa forma, o texto encerra sua caracterização sobre a ontologia da luz de modo a poder explicar os fenômenos relacionados a ela. Percorreu-se uma trajetória com a luz sendo tratada, inicialmente, como ondas eletromagnéticas, passando, ao final, a ser considerada

como um ente com comportamento corpuscular, mas que se propaga na forma de ondas de probabilidades.

A partir desse momento do livro, com a nova ontologia estabelecida, os fótons são tratados como um elemento conhecido e passam a ser utilizados na explicação de outros fenômenos, bem como em diversos problemas numéricos.

### 7.3.2 – O caso do quark: o aparecimento de uma nova entidade para uma nova explicação

Enquanto o conceito de fóton aparece no livro somente no capítulo que tratou dele especificamente, o quark é mencionado algumas vezes antes do capítulo específico que o aborda. Talvez isso se dê porque o fóton corresponde a uma ontologia concorrente à ontologia ondulatória, com a qual a luz estava sendo apresentada até então. Já no caso do quark, não há no livro nada que concorra com ele.

A primeira vez que o quark é mencionado é no capítulo 21 (seção 21.5), primeiro capítulo do terceiro volume, que trata de cargas elétricas. Ao apontar que a carga é quantizada, o livro coloca que

A carga elementar  $e$  é uma das constantes mais importantes da natureza. Tanto o elétron quanto o próton possuem uma carga cujo valor absoluto é  $e$  [...]. (Os quarks, partículas elementares dos quais são feitos os prótons e nêutrons, têm cargas de  $\pm e/3$  ou  $\pm 2e/3$ , mas existem fortes indícios de que não podem ser observados isoladamente. Por esse motivo e por razões históricas, a carga elementar não é tomada como sendo  $e/3$ ). (HALLIDAY, RESNICK, WALKER, 2009c, p.12).

O quark é apresentado aqui como componente de prótons e nêutrons, além de ser feita menção sobre sua carga e ao fato de que quarks não podem ser observados de forma isolada. Após esse trecho, o quark aparece novamente em alguns exercícios, mas sua presença não seria uma questão relevante, mas sim a carga elétrica. Além disso, são feitas menções a quarks no capítulo 28 (subseção 28.7.0) e no capítulo 42 (subseção 42.3.8)<sup>61</sup>, usando o que já havia sido abordado sobre os quarks no trecho citado acima.

Em todos esses casos mencionados, o quark é sempre citado como um elemento que faz parte da natureza, como um constituinte da matéria, deixando claro seu caráter real como uma partícula que compõe os prótons e nêutrons.

Apesar de essas menções a respeito do quark terem aparecido no livro, o capítulo que trata especificamente dele é o capítulo 44, o último da coleção. Nesse capítulo, cujo título é “Quarks, Léptons e Big Bang”, inicialmente é feita uma abordagem sobre algumas

---

<sup>61</sup> Esses trechos não foram classificados na Categoria 1.

partículas, fazendo menção ao modelo padrão, e apresentando algumas propriedades dessas partículas. Para a análise das interações entre elas são levadas em conta leis de conservação, como as leis de conservação da energia, do momento linear, do momento angular e da carga elétrica, e é dito que também são consideradas outras leis de conservação que ainda não haviam sido discutidas. As menções sobre as partículas, no texto, são feitas afirmando que elas foram descobertas<sup>62</sup>. Também se descreve um evento experimental (uma aniquilação próton-antipróton em uma câmara de bolhas) para indicar a forma pela qual é feita a análise experimental de partículas, utilizando leis de conservação.

Mais à frente, nas seções em que são tratados especificamente os léptons e hádrons<sup>63</sup> (seções 44.4 e 44.5), apesar dos quarks não serem citados, aparecem elementos importantes para a discussão posterior sobre o quark. Nessas seções são introduzidas novas leis de conservação: a lei de conservação dos números leptônicos, no caso de interações envolvendo léptons, e a lei de conservação dos números bariônicos, no caso das interações envolvendo hádrons. No caso dos números leptônicos, é dito que, de acordo com experimentos, eles seriam conservados em todas as interações (HALLIDAY, RESNICK, WALKER, 2009d, p.368); para os números bariônicos é dito que as únicas reações possíveis são aquelas em que o número bariônico permanece constante. (HALLIDAY, RESNICK, WALKER, 2009d, p.369)

Apesar de não dito explicitamente, esses novos números e a conservação deles foram surgindo justamente na tentativa de explicar a razão de certas reações entre partículas ocorrerem e outras não. Isso fica claro quando na página 371 (HALLIDAY, RESNICK, WALKER, 2009d, p.371, seção 44.6) são apresentadas duas reações e afirmado que uma delas nunca era observada, mesmo não violando nenhuma das leis de conservação discutidas até então. Com isso, para explicar esse comportamento inesperado, Murray Gell-Mann, nos Estados Unidos, e K. Nishijima, no Japão, propuseram, de forma independente, que certas partículas possuem ainda outra propriedade, que foi chamada de *estranheza*<sup>64</sup>, a qual está

---

<sup>62</sup> Há uma exceção para uma menção ao neutrino. Na página 360 (HALLIDAY, RESNICK, WALKER, 2009d) ao invés de ser dito que ele foi descoberto, é dito que foi postulado por Enrico Fermi para explicar o decaimento beta.

<sup>63</sup> Classificação das partículas de acordo com o efeito da interação forte sobre elas. Partículas sujeitas à interação forte são chamadas hádrons e as que não estão sujeitas são os leptões. Os hádrons são classificados ainda em bárions e mésons.

<sup>64</sup> “O nome *estranheza* se deve ao fato de que as partículas com essa propriedade, que não está presente nas partículas comuns, eram chamadas de ‘partículas estranhas’, e o nome pegou.” (HALLIDAY, RESNICK, WALKER, 2009d, p.371).

associado um número quântico e uma lei de conservação, a lei da conservação da estranheza. O livro afirma que, com passar do tempo, a estranheza passou a ser aceita como um atributo tão fundamental quanto a carga e o spin.

Vemos que vai sendo construída a ideia de que certas propriedades das partículas, até então desconhecidas, precisavam ser levadas em consideração para se explicar aquilo que era observado. E daí surgiram novas leis de conservação. A existência dessas propriedades seria a melhor forma de explicar certos comportamentos, o que é, novamente, uma inferência abdutiva. No entanto, o livro coloca que essas propriedades foram descobertas, enfatizando o caráter real delas. Vemos que a ontologia das partículas vai se alterando conforme novas propriedades são apresentadas.

Cabe mencionar que o quark quase não é citado até o capítulo 44. Muitas das descrições que fizemos acima são de trechos que não entraram na classificação do quark na Categoria 1, justamente pelo quark não ser citado. No entanto, são importantes para o entendimento das partes seguintes que tratam dele.

O texto passa, na sequência (seção 44.7), a discorrer sobre o que foi chamado de Caminho Óctuplo, que é um padrão que surge quando a estranheza dos oito bárions de spin  $1/2$  é plotada em função da carga, usando, para essa última, um eixo inclinado. Seis dos oito bárions formam um hexágono com os dois bárions restantes no centro (o nome caminho óctuplo está relacionado com o número de bárions). Algo semelhante acontece com os mésons quando a estranheza dos nove mésons de spin zero é plotada em função da carga (usando aqui também um eixo inclinado), com seis deles formando um hexágono e, os três restantes, no centro. O livro coloca que esses gráficos e outros semelhantes foram propostos independentemente em 1961 por Murray Gell-Mann e Yuval Ne'eman, e “são representativos de um número maior de padrões simétricos nos quais os bárions e mésons podem ser agrupados” (HALLIDAY, RESNICK, WALKER, 2009d, p.372).

Já para os bárions de spin  $3/2$  é formado um padrão como os pinos de um jogo de boliche. Quando ele foi proposto, somente nove desses bárions eram conhecidos, faltando o “pino da frente”, e o livro coloca que, em 1962, Gell-Mann, guiado pela teoria e pela simetria do padrão, previu a possibilidade de ser encontrada mais uma partícula com determinadas características para completar o padrão, o que se deu posteriormente.

Temos aqui apresentada a ideia de que, por meio da estranheza, que é uma propriedade que surgiu para explicar ocorrências de certas reações e de outras não, foi possível verificar um padrão nos bárions e mésons. Com isso, teria sido possível antever a descoberta de uma nova partícula. Em certo sentido, a questão de a construção teórica

antecipar a descoberta de uma partícula é um fator usado pelo livro para expressar uma concepção realista, quando é dito que “nada como uma comprovação experimental para aumentar a credibilidade de uma teoria!” (HALLIDAY, RESNICK, WALKER, 2009d, p.373).

Na sequência o livro coloca que

O caminho óctuplo fez pela física de partículas o que a tabela periódica fez pela química. Nos dois casos existe um padrão bem definido no qual certas lacunas (partículas ou elementos faltantes) se destacam claramente, guiando os experimentadores em suas buscas. A própria existência da tabela periódica sugere que os átomos dos elementos não são partículas fundamentais, mas possuem uma estrutura interna. Da mesma forma, os padrões do caminho óctuplo podem ser considerados uma indicação de que os bárions e mésons possuem uma estrutura interna que é responsável pela regularidade de suas propriedades. Essa estrutura pode ser descrita pelo *modelo dos quarks*, que será discutido a seguir. (HALLIDAY, RESNICK, WALKER, 2009d, p.373, grifo dos autores)

O trecho indica como a ideia da existência de partículas que compõem os bárions e mésons se mostrou plausível por meio de indicações indiretas, numa analogia com a tabela periódica. Ou seja, aparece a indicação de que considerar uma nova ontologia para bárions e mésons, considerando serem formados por outras partículas até então desconhecidas, é uma necessidade para a explicação daquilo que é observado. E assim teria surgido o modelo dos quarks.

O livro, na sequência, justamente para explicar os padrões do caminho óctuplo, apresenta uma seção com o título “Modelo dos Quarks” (seção 44.8). Em seu início, na subseção 44.8.0, é dito que

Em 1964, Murray Gell-Mann e George Zweig observaram<sup>65</sup> independentemente que os padrões do caminho óctuplo podiam ser explicados se os bárions e mésons fossem feitos de partículas menores que Gell-Mann chamou de *quarks* (HALLIDAY, RESNICK, WALKER, 2009d, p.373, grifo dos autores).

Ou seja, o livro mostrou, até este ponto, porque foi necessário considerar a existência dessas novas partículas, até então desconhecidas, como componentes da matéria.

---

<sup>65</sup> A palavra utilizada aqui para dizer que o modelo explica o padrão foi “observaram”, um termo que pode levar ao entendimento de que o padrão está na natureza, passível de observação, e não foi uma construção elaborada para a explicação. No entanto, esse termo se encontra somente na tradução para o português do livro, na versão em inglês a expressão que aparece é *pointed out* (HALLIDAY, RESNICK, WALKER, 2008, p.1231). O termo “observaram”, da versão brasileira do livro, pode ter sido usado como o sentido de “apontaram”, mas deixa a ideia meio ambígua, uma vez que também pode trazer o sentido literal de observação, como “algo visto”. E isso é um fator que pode contribuir para reforçar uma concepção realista ingênua a respeito do modelo dos quarks.

Assim como no caso dos fótons, os quarks aparecem como necessários para que sejam possíveis certas explicações, ou seja, a entidade é assumida como real pois assim é possível explicar certos fenômenos. Feito isso, a partir desse ponto, o livro passa a caracterizar melhor essas partículas e usá-las em outras explicações, como na caracterização de bárions e mésons e em uma nova visão do decaimento beta. É feita também uma breve abordagem sobre a interação forte, que mantém os quarks unidos, bem como os prótons e nêutrons, para formar os núcleos dos átomos.

Vemos aqui que, como não havia uma ontologia concorrente, como no caso da luz, parece que a apresentação dos quarks pôde ser mais direta que a dos fótons. Apesar de ser apresentado como uma construção teórica que permitiu a explicação de certos fenômenos, o caráter real dos quarks é sempre enfatizado.

Em seguida é dito que, inicialmente, haverá uma concentração nos três quarks mais leves (*up*, *down* e *estranho*) e que seus nomes, como os dos demais, são totalmente arbitrários, sendo chamados de sabores.

Mais à frente no texto é dito que o fato do número de carga dos quarks ser fracionário explica muito bem as cargas inteiras dos mésons e dos bárions e que os quarks estão sempre combinados em pares ou trios, por razões ainda não totalmente compreendidas, para formar partículas cujo número quântico de carga é nulo ou inteiro. No entanto, é citado que uma notável exceção foi observada em experimentos realizados no Brookhaven National Laboratory<sup>66</sup>, onde foi formado, por alguns instantes, um gás de quarks isolados, e afirma-se que nesse experimento os quarks podem ter existido isoladamente pela primeira vez desde que o universo começou.

Cabe aqui um comentário sobre a menção a esse experimento. Ela nos causa estranheza, uma vez que não há nem citação de quando ele se deu. Além disso, esse resultado não parece ter se mostrado verdadeiro, pois até hoje os quarks não foram observados isoladamente (BASSALO e CATTAN, 2011; HANDS, 2001; WITTEN, 2001). Talvez citar o experimento ganhe sentido com uma eventual intenção do livro de dar realismo ao quark, mas isso é uma suposição nossa.

Na sequência (subseções 44.8.1, 44.8.2, 44.8.3), os quarks são utilizados para outras explicações no livro (esses trechos não foram colocados na Categoria 1). Na página 374 são mostradas combinações de quarks, para formar algumas bárions, e de quarks e antiquarks,

---

66 Brookhaven National Laboratory é um laboratório localizado em Upton, Nova Iorque, Estados Unidos.

para formar mésons. Na página 375 é usado o modelo dos quarks para uma nova interpretação do decaimento beta.

Em seguida é iniciada uma subseção chamada “Outros Quarks” (44.8.4), que trata dos quarks *charme*, *top* e *bottom* (essa subseção sim foi classificada na Categoria 1). O livro coloca que é preciso postular a existência de outros três quarks (*charme*, *top*, *bottom*) para explicar outras partículas e outros padrões no caminho óctuplo que não foram discutidas. Esse é um padrão que veio se repetindo até aqui, uma entidade é tomada como real pois, por meio de sua existência, se torna possível a explicação de algo. É dito também que, devido às massas desses quarks serem muito elevadas, as partículas que contêm esses quarks são geradas apenas em colisões de alta energia e, por isso, só foram observadas a partir da década de 1970.

Na seção seguinte do livro, 44.9, são tratadas as interações fundamentais. No caso da interação entre quarks (subseção 44.9.4), é dito que a força que os une é a interação forte e que, de acordo com a teoria que trata dessa interação, cada sabor de quark pode ser encontrado em três tipos, que foram chamados de cores (vermelho, verde e azul). O mesmo para antiquarks (ciano, magenta e amarelo). Apesar do fato de os tipos serem chamados de cores não ter relação com cores reais, é dito que isso possui lógica, pois os experimentos mostrariam que os quarks somente se unem em combinações que sejam “neutras” em relação à cor, em uma analogia com as cores reais. Ou seja, é necessária a união das três cores primárias (três quarks com essas cores) para formar um bárion, ou de uma cor primária e a cor complementar (quark e antiquark com cores complementares) para formam um méson. Por fim, afirma-se que a força da cor não mantém unidos somente os quarks, mas também prótons e nêutrons para formar os núcleos. Nesse caso, isso é chamado de interação nuclear.

Vamos aqui, novamente, uma característica ser postulada (no caso as cores) para se explicar o porquê dos quarks somente se unirem em certas combinações e não em outras. Ou seja, essa nova característica surge, mais uma vez, por meio de uma inferência abdutiva.

### 7.3.3 – O caso do elétron: uma entidade já conhecida

O elétron é uma partícula mais conhecida que o fóton ou o quark. No livro, ele também aparece mais que as outras duas partículas. Já no primeiro volume (HALLIDAY, RESNICK e WALKER, 2009a) ele é mencionado em diversas ocasiões. Na subseção 1.7.1, encontramos referência ao elétron em uma tabela que apresenta sua massa junto com a massa de vários corpos, ocasião em que é feita uma discussão sobre massa (menção que entrou na

Categoria 1). Aparece como exemplo de um “objeto” pontual no capítulo sobre movimento (seção 2.2), em diversos problemas que tratam de movimento, posição e deslocamento (2.16, 2.23, 2.27, 4.3, 4.6, 4.93, 4.113, 4.124). É utilizado como um exemplo de um corpo cujas dimensões são tão pequenas que a mecânica newtoniana deve ser substituída pela mecânica quântica (seção 5.2), mesmo com uma afirmação dessas merecendo um pouco mais de cuidado, já que mais à frente no livro o elétron aparece em exercícios em que deve ser utilizada a mecânica newtoniana (5.29, 5.104, 9.100, 9.111, 9.127).

Já no segundo volume da coleção de livros, o elétron aparece em uma discussão sobre tipos de ondas, onde são citadas as ondas de matéria, associadas a elétrons e outras partículas (seção 16.2), mas sem nenhuma explicação adicional. Adiante, ao se tratar do princípio da superposição de ondas, é dito que “Os elétrons presentes nas antenas dos receptores de rádio e televisão são colocados em movimento pelo efeito combinado das ondas eletromagnéticas de muitas estações” (HALLIDAY, RESNICK e WALKER, 2009b, p.129, seção 16.9). Ao ser tratado o tema da condução térmica, afirma-se que em uma panela no fogo os átomos e elétrons que a compõem passam a vibrar intensamente devido à temperatura a que são expostos (e a vibração dos átomos gera a condução térmica) (subseção 18.12.1). Existe também um problema em que é pedido para ser calculada a velocidade quadrática média dos elétrons livres na superfície do sol (19.22). Nenhuma dessas menções entrou na Categoria 1.

É no terceiro volume da coleção, dedicado ao estudo do eletromagnetismo, que o elétron começa a aparecer com mais frequência. Esse volume começa tratando de cargas elétricas, onde afirma-se que esse tipo de carga “é uma propriedade intrínseca das partículas fundamentais de que é feita a matéria; em outras palavras, é uma propriedade associada à própria existência dessas partículas” (HALLIDAY, RESNICK e WALKER, 2009c, p.2). Nesse trecho, a existência das cargas elétricas, uma grandeza mensurável, está sendo usada para afirmar a existência de partículas que compõem a matéria. Ou seja, seria a existência dessas partículas que explicaria a carga.

O texto continua apresentando cargas elétricas, características de materiais condutores e isolantes etc. Na subseção 213.0, o elétron é apresentado da seguinte forma:

As propriedades dos condutores e não-condutores se devem à estrutura e à natureza elétrica dos átomos. Os átomos são formados por três tipos de partícula: os *prótons*, que possuem carga elétrica positiva, os *elétrons*, que possuem carga elétrica negativa, e os *nêutrons*, que não possuem carga elétrica. Os prótons e nêutrons ocupam a região central do átomo conhecida como *núcleo*. (HALLIDAY, RESNICK, WALKER, 2009c, p.4, grifo dos autores).

Apresenta-se, após esse trecho, mais um pouco sobre as características do elétron, mas, da mesma forma que no fragmento citado, simplesmente citando suas características. Por esse trecho, e pelas demais vezes que o elétron apareceu na coleção de livros anteriormente, vemos que sua apresentação não ocorre da mesma maneira que a do fóton ou do quark. Enquanto esses últimos apareceram como necessários para que fossem possíveis certas explicações, mesmo enfatizando seu caráter real, o elétron é simplesmente tratado, todo o tempo, como componente do átomo, sem esclarecimentos adicionais. Ou seja, para o fóton e o quark os autores criam um contexto de necessidade, legitimando a introdução de ambas as entidades. No caso do elétron, sua existência é tomada como um *a priori*. Seu caráter real é considerado auto evidente. Tanto que, antes mesmo de ser caracterizado, ele já fora usado em diversas situações no livro.

A partir do trecho do livro acima apresentado, as cargas dos materiais passam a ser tratadas em termos de prótons e elétrons, que possuem o mesmo valor absoluto e sinais opostos. Por meio dos elétrons são explicados os materiais condutores e não-condutores, cargas induzidas, força eletrostática e assim por diante. E todo o eletromagnetismo é apresentado considerando que o elétron é uma partícula que compõe a matéria.

Ainda sobre a carga elétrica, ela é apresentada como quantizada, na seção 21.5, por meio do seguinte trecho:

Na época de Benjamin Franklin, a carga era considerada um fluido contínuo, uma ideia que foi útil para muitos propósitos. Hoje, porém, sabemos que mesmo os fluidos “clássicos”, como a água e o ar, não são contínuos e sim compostos de átomos e moléculas; a matéria é quantizada. Os experimentos revelam que o “fluido elétrico” também não é contínuo, e sim composto de unidades elementares de carga. (HALLIDAY, RESNICK, WALKER, 2009c, p.12)

Aqui se diz que experimentos revelam que a carga é quantizada (mais à frente no livro é descrito de forma sucinta o experimento de Millikan para medição da carga elementar  $e$ ). Na sequência é apresentado o valor da carga do elétron (esse trecho foi apresentado na página 161 desta tese, no início da seção que tratamos do quark). Ou seja, as propriedades do elétron são apresentadas da mesma forma que ele mesmo o foi, sem esclarecimentos adicionais. São consideradas como reais, assim como o elétron é real.

Na seção “O que Produz um Campo Magnético?” (seção 28.2), mais uma propriedade do elétron é apresentada. Após apontar que um campo magnético pode ser produzido por meio do movimento de partículas eletricamente carregadas, é dito que

A outra forma de produzir campos magnéticos é usar partículas elementares como os elétrons, que possuem um campo magnético

intrínseco. O campo magnético é uma propriedade básica de muitas partículas elementares, do mesmo modo como a massa e a carga elétrica (quando existem) são propriedades básicas. (HALLIDAY, RESNICK, WALKER, 2009c, p.202).

Novamente, temos aqui outro exemplo de como as propriedades do elétron são apresentadas.

De um modo geral, o elétron aparece no livro como um elemento que dá sustentação a muitas explicações. Mas ele não surge de nenhuma inconsistência nas formas tratar o mundo físico, ou como algo necessário para permitir certas explicações que de outra forma não poderiam ser feitas, mas sim como um componente da matéria que já é conhecido. Ou seja, ele foi considerado, desde o início, como parte da natureza, sem ter havido uma apresentação mais cuidadosa, talvez por ser supostamente uma partícula estudada com mais frequência nos anos anteriores de escolarização. As suas características são descritas diretamente, em termos de massa, carga ou campo magnético intrínseco, sem justificativa ou menção ao surgimento/descoberta dessas propriedades. Todas aparecem como propriedades intrínsecas de uma partícula que existe na natureza. Além disso, o elétron faz parte de uma rede de conceitos, muitos dos quais foram apresentados no livro, o que faz com que ele se mostre indispensável para a física. O elétron aparece nas explicações de uma imensa variedade de fenômenos.

Mas mesmo após algumas das propriedades do elétron terem sido tratadas e ele ter sido utilizado em uma série explicações, o livro apresenta uma seção com o título “Campos cruzados: a Descoberta do Elétron” (seção 28.4). Os autores definem campos cruzados como campos elétricos e magnéticos perpendiculares entre si e passam a discutir o que ocorre quando uma partícula com carga elétrica se move em uma região na qual existem campos cruzados. Para tanto, o livro se baseia no experimento de J.J. Thomson, considerado como a descoberta do elétron, em 1897. O texto apresenta um tubo de raios catódicos e explica brevemente seu funcionamento (uma versão moderna e simplificada do equipamento experimental utilizado por Thomson) e mostra como Thomson chegou na razão  $m / |q|$  das partículas investigadas, ou seja, os elétrons. É dito, em seguida, que

Thomson afirmou que essas partículas estavam presentes em todas as formas de matéria e eram mais de 1000 vezes mais leves que o átomo mais leve conhecido (o átomo de Hidrogênio). [...] A medição de  $m/|q|$ , combinada com as duas afirmações de Thomson, é considerada como “a descoberta do elétron”. (HALLIDAY, RESNICK, WALKER, 2009c, p.208).

No entanto, o que vemos é que a menção sobre a descoberta do elétron parece ter sido usada não como uma discussão a respeito de sua existência, mas como meio para a tratar do comportamento do elétron sob a ação dos campos cruzados. Isso porque conhecer esse comportamento é importante para a explicação do Efeito Hall, tratado na sequência do livro. Ou seja, a descoberta do elétron não parece ser o ponto central da discussão.

Outras propriedades do elétron (como momento de dipolo magnético, spin etc.), bem como explicações que fazem uso dessas propriedades, seguem o mesmo padrão no livro, apresentadas sem muita problematização e sendo aplicadas de forma instrumental (como nas seções 28.10 e 32.7)<sup>67</sup>. O elétron é considerado como uma partícula conhecida, com algumas propriedades e explicações derivadas. No entanto, há uma mudança no quarto volume do livro, na seção 38.6, “Elétrons e Ondas de Matérias”. Nessa seção, a apresentação do elétron passa por uma mudança profunda, com uma alteração em sua ontologia. Essa seção sucede aquela que tratou da luz como uma onda de probabilidade, que explicava a natureza dual do fóton. Em seu início, encontramos:

Em 1924 o físico francês Louis de Broglie propôs a seguinte linha de raciocínio: um feixe luminoso é uma onda, mas transfere energia e momento à matéria através de “pacotes” chamados fótons. Por que um feixe de partículas não pode ter as mesmas propriedades? Em outras palavras, porque não podemos pensar um elétron, ou qualquer outra partícula, como uma *onda de matéria*? (HALLIDAY, RESNICK, WALKER, 2009d, p.196, grifo dos autores).

A ideia aqui apresentada é uma analogia entre o comportamento da luz e da matéria, ou seja, se a luz, que era tomada como uma onda eletromagnética, tem características corpusculares, pode-se pensar também na possibilidade de que partículas materiais também apresentem comportamento ondulatório. De Broglie sugeriu que o comprimento de onda de uma partícula com momento  $p$  seria dado por  $\lambda = h/p$ , aplicando a elétrons a equação utilizada até então para atribuir momento a um fóton. Na sequência, o livro cita experimentos em que essa previsão teria sido confirmada, inclusive um em que uma figura de interferência é formada por um feixe de elétrons em um experimento de dupla fenda. As ondas de matéria, como as ondas luminosas, seriam ondas de probabilidade.

Assim como aconteceu no caso de tratar a luz como formada por fótons, surge um problema aqui ao tratar a matéria como possuindo comportamento ondulatório já que, até

---

<sup>67</sup> O spin é tratado em mais de um momento no livro. Na última vez em que é apresentado, isso é feito de forma diferente. Ao invés de simplesmente aparecer como uma propriedade do elétron (e de outras partículas), é dito que ele inicialmente foi postulado de maneira empírica para explicar alguns espectros atômicos (HALLIDAY, RESNICK, WALKER, 2009d, p.248, seção 40-3).

então no livro, ela não foi considerada dessa forma. Como aconteceu com a luz, o livro busca harmonizar a consideração da matéria como tendo comportamento ondulatório com a noção, até então usada, dela ser composta por partículas. Descreveremos, a seguir, elementos dessa tentativa de harmonização, mesmo considerando que essa parte não trata de justificativas de existência e nem a caracterizações do elétron, mas ao uso dele em uma explicação.

O texto do livro coloca, na subseção 38.6.1, que, mesmo que os experimentos citados acima (obtenção de figura de interferência por um feixe de elétrons) mostrem que a matéria se comporta como uma onda, existem outros que mostram que ela é composta por partículas, como por exemplo os rastros observados em um experimento utilizando uma câmara de bolhas. Mas o texto levanta a questão se é possível interpretar esses rastros em termos de ondas. Para tanto, considera cada bolha como um ponto de detecção do elétron e que as ondas de matéria, que se propagam entre dois pontos de detecção, cobririam todas as trajetórias possíveis entre esses dois pontos.

Para cada trajetória ligando [dois pontos de detecção], exceto a trajetória em linha reta, existe uma trajetória vizinha em uma posição tal que as ondas de matéria que se propagam ao longo das duas trajetórias se cancelam por interferência. O mesmo não acontece, porém, com a trajetória em linha reta que liga [os dois pontos]; nesse caso as ondas de matéria que se propagam ao longo de todas as trajetórias vizinhas reforçam a onda que se propaga em linha reta. Podemos pensar nas bolhas que formam o rastro como uma série de pontos de detecção nos quais a onda de matéria sofre interferência construtiva. (HALLIDAY, RESNICK, WALKER, 2009d, p.199).

Vemos aqui uma preocupação em criar explicações que permitam certa coerência entre as duas ontologias para o elétron, assim como foi feito com o fóton. Na sequência, o livro apresenta as ondas de matéria, que seriam ondas de probabilidade (assim como a luz), e trata do conceito de função de onda. Com isso, uma série de outros fenômenos são tratados e explicados no livro, utilizando-se agora uma nova ontologia para o elétron.

O livro apresenta, ainda, mais características do elétron em diversas seções e subseções, entre os capítulos 38 e 44, mas todas também apresentadas da mesma forma que as características que já citamos, ou seja, de forma direta, algumas como derivações do comportamento ondulatório do elétron.

De modo geral, o elétron, diferentemente do fóton e do quark, não é apresentado como uma necessidade para se explicar algo. Suas propriedades são apontadas diretamente, sem muitas justificativas. Isso talvez se dê pelo fato de o elétron ser uma partícula mais conhecida que as demais, o que faz com que possa ser tratado mais facilmente como algo real, como um componente do mundo. E mesmo quando uma nova ontologia é apresentada,

com o elétron sendo tratado como uma onda, o padrão permanece o mesmo, com a apresentação das suas (novas) propriedades sendo feitas do mesmo modo.

## **7.4 – Discussões e interpretações dos resultados**

### *7.4.1 – As entidades tratadas como componentes do mundo – critério apresentado para considerá-las reais*

Os casos aqui relatados mostram que o livro considera as três entidades analisadas como sendo componentes do mundo. Como já citamos anteriormente, no prefácio do livro já é assumida uma posição realista.

O caso do fóton demonstra uma situação em que já havia uma ontologia conhecida para determinado campo conceitual (a luz), mas uma nova ontologia era necessária para explicar outros elementos que não podiam ser explicados com base na anterior. Dessa forma, foram mostradas situações em que a consideração da luz como formada por ondas eletromagnéticas não permitia a explicação dos resultados experimentais, sendo necessário considerar que ela era constituída por corpúsculos, os fótons. Ou seja, inferir a existência do fóton aparece como a melhor forma de explicar certos resultados obtidos. No entanto, há sempre uma espécie de relação conflituosa entre as duas ontologias, já que elas são incompatíveis, levando à afirmação de que o comportamento da luz como onda, em certos casos, e como partícula, em outros, seria um dos grandes mistérios da física. Sobretudo porque no livro, até então, a luz foi sempre tratada como uma onda, com uma série de desenvolvimentos teóricos implicados.

Nas explicações do capítulo 38 (HALLIDAY, RESNICK, WALKER, 2009d), existem tentativas de justificar o caráter ondulatório da luz apresentado anteriormente, procurando mostrar que, assim como a caracterização corpuscular, ele também era uma forma verdadeira de caracterizá-la. Com isso, busca-se fazer uma espécie de compatibilização entre as duas ontologias, uma vez que a utilização da ontologia corpuscular também não era suficiente para explicar todos os resultados experimentais. A compatibilização se deu por meio da afirmação de que a luz é gerada e detectada na forma de fótons, mas se propaga na forma de uma onda de probabilidade.

Mesmo com a realidade da nova ontologia da luz, e do fóton em particular, sendo justificada por meio de inferências abduativas, nem por isso o fóton deixou de ser tratado como parte integrante da natureza, uma vez que o caráter real dele é enfatizado ao longo do texto. E, como já foi dito, mesmo com essa mudança na ontologia da luz, tentou-se não

descaracterizar o que foi dito anteriormente, a respeito de sua natureza ondulatória, o que é coerente com a posição realista tomada pelo texto, que considera que a ontologia científica surge como caracterização de aspectos da natureza, que estão no mundo.

A segunda entidade analisada foi o quark. Nesse caso, não havia, até então, uma explicação para certos fenômenos e uma nova entidade conceitual se mostrou necessária para essa explicação. Diferentemente do caso do fóton, não havia nenhuma outra caracterização que concorresse com o quark, o que talvez tenha sido a causa de ele aparecer inicialmente no livro de forma um pouco mais direta.

O quark foi definido como uma partícula postulada (ou inferida) para explicar um padrão de agrupamentos de bárions e mésons, quando plotada a estranheza dessas partículas em função da carga. Uma analogia com a tabela periódica é feita para indicar que esses padrões são indicativos de que bárions e mésons possuem uma estrutura interna, assim como o padrão da tabela periódica vem do fato dos átomos também serem compostos por partículas menores. Como no caso do fóton, os quarks aparecem como uma construção teórica que permitiu a explicação de certos fenômenos, por meio de uma inferência abdutiva, e seu caráter real, como constituintes da matéria, também foi sempre destacado.

A terceira entidade tratada foi o elétron. Sua apresentação, no livro, não se deu como algo necessário em função da possibilidade de certas explicações, mas diretamente como um componente da natureza, como se ele tivesse um caráter real evidente. É tratado como algo já conhecido e, no decorrer do livro, ele é melhor caracterizado visando sua utilização em outras explicações. Até mesmo suas propriedades aparecem muitas vezes sem maiores justificativas ou problematizações, como se fossem simples descrições de partes da natureza. No quarto volume da coleção, o elétron também passa por uma mudança ontológica e, utilizando uma analogia com os fótons, são apresentadas propriedades ondulatórias do elétron, válidas para certas circunstâncias. Do mesmo modo que aconteceu com o fóton, também aparece aqui certa preocupação em mostrar explicações que permitam uma forma de concordância entre as duas ontologias para o elétron, já que, por ser tratado sempre como um aspecto do mundo, não seria possível haver mais de uma caracterização ontológica.

Mesmo quando o elétron de partícula “tornou-se” onda, o padrão de apresentação de suas propriedades permaneceu o mesmo. O fato de ser conhecido talvez permitisse que ele pudesse ser considerado mais facilmente como algo real, basicamente como parte do mundo físico.

O que encontramos na análise das entidades no Halliday nos remete às ideias apresentadas nos trabalhos de Ogborn *et al.* (1996) e de Martins, Ogborn e Kress (1999). Nesses trabalhos, encontramos a noção de que nas explicações científicas há a necessidade da caracterização de certas entidades como recursos necessários para as próprias explicações. Os fenômenos físicos explicados adviriam das propriedades dessas entidades. No entanto, nos casos analisados, apesar de ter sido atribuída existência às entidades como uma necessidade para explicações de fenômenos, em nenhum momento o caráter real delas é colocado em discussão, são sempre tratadas como verdadeiros componentes da natureza. A noção realista é marcante no livro e os caminhos que levaram à atribuição de realidade às entidades, quando apareceram, foram considerados como seu processo de descoberta.

Vimos que a justificativa de existência das entidades, quando presente, deu-se sempre por meio de uma inferência abdutiva, ou seja, o poder explicativo que se obtém ao tomar determinada entidade como real parece fornecer bases para crermos em sua realidade. No entanto, é importante destacar que isso não foi mencionado explicitamente no livro, ou seja, em nenhum momento existiu uma discussão própria a respeito dessa forma de caracterização de realidade. Aliás, no caso do fóton, existiu inclusive uma menção a uma explicação alternativa para o efeito fotoelétrico, que não utilizava fótons, menção essa que enfraquecia a inferência usada para atribuir realidade a ele e, ainda assim, afirmava-se que essa partícula “realmente” existia. Ou seja, não era problema para o livro enfraquecer o argumento que justificava a existência da entidade, o que mostra que essa justificativa não era uma preocupação.

Podemos dizer, então, que não há uma busca por explicitar os critérios utilizados para atribuição de realidade às entidades no livro. O caso do elétron reforça essa conclusão, já que a justificativa sequer aparece. No geral, podemos considerar que o foco do livro não está na realização de discussões a respeito da justificativa de existência das entidades e, mais ainda, parece não haver preocupação com a ausência desse tipo de discussão.

#### *7.4.2 – O caráter rotineiro do tratamento das entidades no livro*

Na seção 7.2 apresentamos a descrição dos resultados da categorização realizada. Nos Quadros 10 a 12 aparecem as quantidades de trechos que mencionam as entidades, classificados em cada uma das duas categorias utilizadas nesse estudo. Vemos que os trechos classificados na Categoria 2 ocorrem em número muito maior que os classificados na Categoria 1.

Como dissemos anteriormente, esse maior número de trechos classificados na Categoria 2 mostra que o livro valoriza mais as aplicações e usos das entidades e teorias que lhes dão suporte do que as caracterizações e justificativas para atribuição de realidade. Além disso, essas justificativas não são feitas de forma explícita, como vimos na seção anterior. São utilizadas inferências abduativas ou simples afirmações de existência, sem preocupação em explicitar os critérios para que as entidades sejam tomadas como reais.

No livro, o contato do leitor com as entidades se dá pouco nas discussões sobre sua realidade e muito nas aplicações relacionadas a essas entidades, inclusive em inúmeros exercícios numéricos. Aliás, podemos inclusive dizer que as discussões sobre realidade, quando existem, acabam suplantadas, pelo pouco destaque, frente ao número muito maior de vezes em que as entidades são tratadas como já existentes e são utilizadas em outras explicações e em problemas.

O tratamento das entidades no Halliday nos remete ao conceito de *rotinização* proposto por Giddens (2009), que se refere ao caráter habitual das atividades da vida social, colocando que as formas usuais de conduta geram uma confiança de que as coisas realmente são como aparentam ser. Consideramos, pelo que vimos até aqui, que existe um caráter habitual nas atividades do livro ao tratar as entidades analisadas. Esse caráter está nas suas aplicações e das teorias relacionadas nas inúmeras situações propostas.

Giddens aponta, ainda, que o caráter habitual e rotineiro de atividades limita os modos de pensar à *consciência prática*, que está associada a formas de atuação que não são expressas discursivamente. Essa atuação, pensando no livro, muitas vezes diz respeito a aplicações e exercícios numéricos, onde não se propõe reflexões sobre a realidade das entidades, mas uma reflexividade relacionada ao como fazer, ao como usar certos conteúdos nas aplicações. O que se tem preponderantemente é um tipo de contato com as entidades que não demanda reflexões sobre sua existência e, dessa forma, as noções sobre realidade dos estudantes que aprendem física da forma proposta pelo livro poderia ficar em um nível tácito e utilitário. As entidades simplesmente são tomadas como reais, existe uma confiança que elas são aquilo que o livro mostra que são.

Ainda segundo Giddens, uma forma de trazer uma questão para uma reflexão que vai além da consciência prática seria por meio de uma quebra na previsibilidade da rotina, como uma situação incomum, já que isso demandaria uma reflexão no nível da *consciência discursiva*. No entanto, consideramos que o livro não oferece essa oportunidade de quebra. Primeiro porque, ao observar o livro como um todo, vemos que há um mesmo padrão de abordagem para as entidades; segundo porque falta uma explicitação clara, e uma proposta

de reflexão, a respeito dos critérios utilizados para definir existência das entidades. O foco do livro está em ensinar os estudantes a resolver problemas, o que, como já dissemos, foi explicitado já em seu prefácio (HALLIDAY, RESNICK e WALKER, 2009a).

A ausência de reflexão sobre a existência das entidades também é algo que pode ser aproximado das formas pelas quais a realidade cotidiana geralmente é tomada, de uma maneira pragmática, utilitária e sem reflexões sobre os seus fundamentos (SCHUTZ, 1974). Ou seja, em ambos os casos, no livro e no cotidiano, a reflexividade relacionada à consciência discursiva parece não estar presente quando se trata da existência dos componentes do mundo.

## 8 – TERCEIRO ESTUDO: REFLEXÃO BASEADA EM UM HEURÍSTICO

Vamos agora tratar do terceiro estudo que compõe esta tese. Baseando-nos nos resultados obtidos nos dois estudos anteriores, elaboramos um instrumento cujo objetivo é proporcionar ou mediar reflexões acerca de aspectos da ciência e da caracterização científica do mundo em relação a outras caracterizações, sobretudo a respeito da realidade de entidades científicas e de entes de outros contextos. Esse instrumento é chamado de heurístico, seguindo as definições utilizadas por Tobin (2014) e Powietrzynska (2014a)<sup>68</sup>. Ele foi aplicado em um grupo de estudantes de licenciatura em física que, assim como os alunos que responderam ao questionário do primeiro estudo, estavam no final da graduação. As descrições do instrumento, dos elementos que lhe dão base, da sua aplicação e da análise dos resultados do estudo que o utilizou serão feitas a seguir.

Uma primeira ideia que queremos retomar é que o conhecimento sobre o mundo manifestado por estudantes não é formado somente por elementos vindos de uma visão científica, mas também por elementos oriundos de outras estruturas culturais, que também estabelecem certos “esquemas” de entendimento do mundo. Na caracterização de realidade de elementos que são próprios da ciência, como aqueles que se encontravam no questionário do nosso primeiro estudo, pode haver influência de elementos vindos “de fora”, de outros contextos culturais, ideia essa baseada nos apontamentos de Sewell (2005). No nosso primeiro estudo, propusemos uma interpretação de que nos critérios usados pelos licenciandos para justificar a realidade das entidades da ciência havia influência de elementos vindos de formas de entendimento de mundo oriundas do dia a dia. A superposição das estruturas culturais (SEWELL, 2005) pode levar também a uma superposição de critérios de caracterização de realidade.

Com isso, julgamos desejável que em atividades de ensino sejam fornecidas para os licenciandos, assim como para estudantes de ciências no geral, oportunidades de reflexão sobre as formas pelas quais a ciência caracteriza a realidade, especialmente das entidades que aparecem em suas teorias. Esse tipo de reflexão ganha ainda mais relevância em um contexto de formação docente, considerando que ela deve fornecer subsídios para um entendimento abrangente sobre a ciência e seus conhecimentos. Dessa forma, dotar os licenciandos de pontos de vista mais amplos sobre os conteúdos científicos e sobre elementos da natureza da ciência pode favorecer uma futura atuação docente que seja condizente com

---

<sup>68</sup> Apesar de o termo ser um adjetivo, foi utilizado pelos autores para nomear o instrumento.

uma proposta educativa que também contemple reflexões mais amplas sobre o conhecimento científico.

No segundo estudo da presente tese vimos que reflexões acerca de critérios científicos de caracterização de realidade não aparecem de forma explícita no livro didático analisado e, muito possivelmente, nem em outros livros e nem nas aulas que os utilizam. Mesmo sendo por meio dos livros que os licenciandos têm a maior parte do contato com a física, não há neles um tratamento específico para discutir razões para as entidades inobserváveis serem consideradas reais. Vimos que essas entidades foram tratadas como componentes do mundo no livro analisado, sem muitas reflexões ou preocupações com a ausência de discussões sobre a justificativa de existência dessas entidades.

Por tudo isso, achamos pertinente a elaboração de um instrumento – o heurístico – cuja proposta é propiciar reflexões sobre certos aspectos do conhecimento científico, bem como de outros contextos culturais que consideramos relevantes. Esse instrumento, ao mesmo tempo, visa trazer à tona as formas pelas quais os licenciandos pensam as entidades científicas e entes desses outros contextos, colocando determinadas características que julgamos pertinentes para mediar certas reflexões.

Tobin (2014) chama de heurístico uma lista de características importantes sobre um dado conceito ou situação cuja função seria permitir que pessoas se tornem mais conscientes a respeito dele. Para o autor, um heurístico pode ser entendido como

[...] um modelo utilizado para detalhar uma construção social e revelar algumas de suas características e, dessa forma, proporcionar um processo válido de se conhecer essa construção, de forma que facilite a reflexão e as mudanças que se relacionam com aspectos relevantes da vida social. (Tobin, comunicação pessoal feita em 4 de maio 2012, apud POWIETRZYNSKA 2014a, p.31, tradução nossa).

Um trabalho que utiliza esse tipo de instrumento é a tese de doutorado de Powietrzynska (2014a), onde é reunida uma série de elementos sobre a construção de um heurístico relacionado ao conceito de *mindfulness*<sup>69</sup>. Para a autora, uma das principais características de seu heurístico seria a possibilidade de proporcionar ou mediar uma maior reflexividade, o que promoveria consciência em relação a algo que era inconsciente (POWIETRZYNSKA, 2014b). Ela afirma, ainda, que uma vez que os participantes de sua pesquisa se tornavam conscientes dos diferentes aspectos que apareciam no heurístico, era

---

<sup>69</sup> A expressão comumente usada em português é “atenção plena” ou “consciência plena” e está associada a certas formas de meditação. Para mais informações ver Bishop *et al.* (2004).

possível testemunhar evidências disso tanto em sua linguagem quanto em suas práticas. Sobre esse processo, Tobin (2014) aponta que sua importância está em proporcionar elementos sobre os quais podem ser realizadas reflexões e, com isso, possibilitar mudanças naquilo que for considerado necessário.

A ideia do uso de heurísticos surgiu inicialmente de atividades desenvolvidas por Wolff-Michael Roth e Kenneth Tobin, que utilizaram esse tipo de instrumento como ferramenta pedagógica em um programa de formação de professores na Universidade da Pensilvânia e com alunos de escolas da Filadélfia, nos Estados Unidos. Como exemplos de heurísticos que eles desenvolveram naquele momento podemos citar um para “codocência produtiva” e outro para um “diálogo cogenerativo produtivo” (ROTH e TOBIN, 2002). Os heurísticos foram gerados examinando gravações em vídeo e levantando aspectos que foram considerados práticas eficazes para as finalidades de seus trabalhos, que poderiam ser usados em outros momentos para planejar e incentivar tais práticas. Foram elencados conjuntos de características que os autores entendiam que poderiam ser melhoradas caso os participantes se tornassem mais conscientes delas, o que permitiria que fossem realizadas mudanças se e quando fossem consideradas necessárias ou mesmo desejáveis.

No trabalho de Roth e Tobin, as características dos conceitos a serem trabalhados eram explicitadas por meio de declarações curtas, cuja função era a de trazer essas características para a consciência daqueles que iriam usar o heurístico e estimular a reflexividade. Além disso, junto das declarações, havia uma escala Likert que oferecia aos participantes a possibilidade de conectar cada característica com suas próprias percepções a respeito dela, fazendo com que a característica fosse analisada pelo participante em conexão com suas ações e pensamentos.

No trabalho de Powietrzynska (2014b) o heurístico foi concebido da mesma forma que no trabalho de Roth e Tobin (2002), como um elemento gerador que continha declarações curtas e uma escala Likert, com o propósito de trazer características particulares para a consciência de quem as lia. Ao assinalar um nível na escala, as características tornaram-se objetos de reflexão. Além disso, o instrumento foi pensado para atuar como uma intervenção em si mesma, buscando possibilitar, a quem o respondesse, uma apreensão reflexiva das suas características.

Cabe mencionar que a noção de consciência expressa por esses autores se aproxima do conceito de consciência discursiva de Giddens (2009), já que está relacionada ao que os participantes trazem ao nível discursivo, ao refletirem sobre as declarações existentes nos heurísticos. Além disso, essas reflexões se configurariam como uma “quebra” em uma

provável rotina onde não existia o hábito de se pensar sobre as características elencadas nas declarações.

Ainda sobre o trabalho de Powietrzynska, ele não visava usar o heurístico para estabelecer alguma diferença relacionada ao antes e depois de seu uso. Para essa autora, o estabelecimento de uma causalidade (o efeito direto da intervenção) não foi fundamental para o seu trabalho, já que ele não se concentrava em medir os níveis de *mindfulness* (conceito que era trabalhado), nem o desenvolvimento de uma concepção abrangente desse conceito.

Como os heurísticos citados possuem escalas que podem torná-los parecidos com *surveys*, cabe aqui colocar os esclarecimentos feitos por Powietrzynska (2014b) a respeito das diferenças entre esses dois instrumentos. Diferentemente de um *survey*, no heurístico as características são selecionadas para cobrir o campo relacionado ao conceito trabalhado, certificando-se de que as características posicionadas em torno dos limites, bem como os do centro, estejam incluídas. Ou seja, um heurístico presta atenção à diferença, bem como à tendência central. Certificar-se de que as características são coerentes, da mesma forma que os itens que definem um *survey* devem ser coerentes, não é um objetivo. Em vez disso, toma-se cuidado para garantir que as características que são “a essência” de uma construção estejam representadas no heurístico. Outra questão que pode diferenciar um heurístico de um *survey* é que esse último pretende sempre medir algo, enquanto um heurístico não é usado necessariamente para medições. Mais do que isso, esse último é utilizado procurando levar as pessoas a pensar sobre um determinado conceito, mais do que tentar medir qualquer coisa relacionada a ele (POWIETRZYNSKA, 2014a).

No entanto, uma medição utilizando um heurístico não está descartada. Na verdade, esse instrumento pode ter diferentes propósitos e Powietrzynska (2014b) esclarece quatro possíveis usos para ele. O primeiro uso é a intervenção onde os participantes completam o heurístico se tornando, com isso, conscientes de certas características. Um segundo uso pode ser para fins de planejamento, utilizando características que nele se encontram para planejar atividades onde essas características sejam trabalhadas. O terceiro é o uso do heurístico como um quadro para a investigação interpretativa sobre o que acontece em um determinado campo. Um quarto seria semelhante ao anterior, mas utilizando o instrumento na realização de estudos de mais amplos, com grandes quantidades de participantes; a presença da escala Likert de classificação permite que um heurístico possa ser usado para estudos desse tipo.

Outra característica importante a ser destacada é a possibilidade de que diferentes campos ou assuntos sejam trabalhados por meio de um heurístico. Sobre esse ponto, Powietrzynska (2014b) coloca que é esperado que suas características sejam flexíveis, que possam mudar para atender as circunstâncias de pesquisa, incluindo a possibilidade de se introduzir certas características que são próprias de determinado grupo de participantes. Tobin (2014) inclusive o chama metaforicamente de “metamorfo”<sup>70</sup>, transmitindo a ideia de que um heurístico pode mudar sua forma de acordo com os contextos de interesse. Além disso, pode-se esperar que em um mesmo contexto um heurístico possa evoluir e mudar, uma vez que ele é entendido como uma maneira de pensar sobre algo, mas não a única maneira. Os heurísticos utilizados nas pesquisas de Tobin, Powietrzynska e outros que participam do mesmo grupo de pesquisa, possuem uma raiz em comum, mas tiveram alguns dos seus aspectos alterados de acordo com as circunstâncias em que foram utilizados e com os diferentes conceitos que estavam sendo trabalhados.

No caso do presente trabalho, focamo-nos em formas de entendimento da realidade dos conhecimentos da ciência e de outros contextos culturais. Assim, devido à nossa pesquisa se fundamentar em uma base diferente daquelas usadas nos trabalhos que citamos, não os utilizamos diretamente na elaboração do nosso heurístico, que foi desenvolvido a partir de outros referenciais.

Estamos considerando que certos aspectos ontológicos da ciência parecem ser aprendidos pelos alunos de forma passiva, ficando no nível da consciência prática (GIDDENS, 2009). Considerando um curso de física que segue um livro como o analisado no segundo estudo, os processos de ensino e aprendizagem estariam centrados principalmente em aspectos operacionais da física, em detrimento de outras dimensões do conhecimento científico. Haveria a utilização de uma série de entidades – consideradas como componentes do mundo – sem uma explicitação dos critérios usados para serem entendidas como reais. Dessa forma, o contato dos alunos com essas entidades se daria sem um processo de reflexão sobre a sua realidade, o que reforça a pertinência da utilização de um instrumento que permita reflexões a esse respeito.

Em relação às respostas que obtivemos com o nosso questionário do primeiro estudo, pensamos ser razoável supor que as justificativas dadas pelos estudantes para a realidade das entidades científicas não vieram, necessariamente, de um processo de reflexão aprofundado, tendo em vista o que foi dito sobre os processos de ensino e aprendizagem se

---

<sup>70</sup> O termo usado por Tobin, em inglês, é *shape shifter*.

focarem mais em aspectos operacionais. Assim, a reflexão que houve pode ter se dado no momento em que o questionário era respondido. E na ausência de critérios advindos de um processo de reflexão mais cuidadoso, é razoável considerar que pode haver o uso dos critérios já conhecidos, como aqueles utilizados para os objetos do dia a dia, com os quais todos nós possuímos mais familiaridade.

No entanto, conforme apontamos na Introdução desta tese, entendemos que é importante para um professor de física (os sujeitos de nossa pesquisa estão em um curso de formação de professores) ter uma compreensão mais ampla sobre as formas de caracterização do mundo feitas por essa ciência, já que é parte do trabalho do professor lidar com esse tipo de caracterização, que envolve, entre outras coisas, entidades inobserváveis que fazem parte das teorias científicas. Além disso, existem outras concepções de mundo em jogo quando se aprende ciência, e compreender essas diferentes concepções, que vêm dos contextos culturais em que tanto o professor quanto seus alunos estão inseridos, contribui para que haja certa distância intelectual e seja possível comparar e até criticar essas diferentes concepções, bem como elaborar formas de eventualmente harmonizar ou ordenar as exigências contraditórias (ou aparentemente contraditórias) de diferentes estruturas.

### **8.1 – A construção do heurístico**

Para a elaboração do nosso heurístico tomamos como base as justificativas dadas pelos estudantes que responderam ao questionário do primeiro estudo (que indicam formas pelas quais eles caracterizam a realidade de entes e entidades), bem como fontes teóricas a respeito do conhecimento científico e de outros contextos culturais que consideramos pertinentes. Cruzando essas informações, elaboramos as declarações utilizadas em nosso heurístico. Nesse processo de elaboração, nossa preocupação era a de trazer elementos que dialogassem com as justificativas dadas no primeiro estudo e, dessa forma, pudessem mediar uma reflexão, considerando aquelas formas de pensar. Em relação às fontes teóricas utilizadas, elas foram alguns elementos da filosofia da ciência e algumas ideias expressas por Schutz (1974), formulações essas já apresentados nesse trabalho. Outras fontes que forneceram ideias para a elaboração das afirmações do instrumento foram o questionário sobre realismo apresentado no trabalho de Pessoa Jr. (2003) e algumas discussões sobre mitos e conceitos religiosos que se encontram no trabalho de Silva (2000).

Junto das declarações, nosso heurístico também utiliza uma escala Likert, tal como se dava nos heurísticos de Roth e Tobin (2002) e de Powietrzynska (2014b), para favorecer

a conexão de suas características com as percepções e entendimentos dos licenciandos sobre o assunto. A escala utilizada foi definida da seguinte forma:

**Quadro 13 – Escala de concordâncias utilizada no heurístico**

1	Discordo totalmente
2	Discordo
3	Nem discordo nem concordo
4	Concordo
5	Concordo totalmente

Apresentaremos a seguir as declarações que compõem nosso heurístico. Para tanto, indicaremos as categorias levantadas no primeiro estudo e as afirmações que elaboramos relacionadas a elas, que visavam proporcionar uma reflexão sobre as ideias expressas na categoria. Como única exceção, não elaboramos afirmações relacionadas à primeira categoria do primeiro estudo, devido ao teor das justificativas lá classificadas. E mesmo nas demais categorias, que consideramos ser pertinente apresentar questões relacionadas às ideias dos estudantes que ali foram classificadas, isso não ocorre em todos os casos, mas sim com aqueles que consideramos mais apropriados para os fins do nosso trabalho. Escolher alguns elementos e deixar outros de fora não é um problema à medida que as características de um heurístico podem ser flexíveis e estão relacionadas ao seu objetivo. Nesse sentido, nosso instrumento é uma proposta de trabalho, não a única e nem necessariamente a melhor, mas que consideramos ser pertinente para o caso em que estamos trabalhando.

#### Afirmções relacionadas à Categoria A – Conhecimento pessoal

As justificativas aqui categorizadas estavam relacionadas majoritariamente ao desconhecimento do ente ou entidade ou a não saber se esse ente ou entidade era real. Devido a isso, como já dissemos, não utilizaremos essa categoria para a elaboração das afirmações do heurístico, já que, nesses casos, os estudantes pareciam já ter consciência de que não sabiam algo, acreditavam faltar-lhes conhecimento.

#### Afirmções relacionadas à Categoria B – Conhecimento geral

Nesse caso, foram consideradas significativas as respostas que indicavam que a realidade dos entes ou entidades estava referendada por algum tipo de entendimento coletivo a seu respeito, vindo de algum dos contextos culturais. Mas existe também um elemento que diz respeito à possibilidade de algum conhecimento sobre o mundo ser verdadeiro com

certeza, levando em consideração que é um conhecimento referendado. As afirmações elaboradas foram:

- 1) *Entendo que uma afirmação da ciência sobre a existência ou inexistência de algo deve ser tomada como verdade.*
- 2) *Entendo que uma afirmação da religião (considere a sua, se você tiver) sobre a existência ou inexistência de algo deve ser tomada como verdade.*
- 3) *Penso que é possível ter certeza sobre a realidade ou não realidade de algo.*

#### Afirmações relacionadas à Categoria C – Realidade definida por meio de crença ou existência

Os fatores predominantes aqui foram dois: o primeiro foi a utilização da crença como justificativa para a atribuição de realidade a algo; o segundo a simples afirmação de existência ou não existência.

No caso das justificativas que simplesmente afirmavam a existência ou não existência, consideramos que seria uma espécie de recusa dos estudantes em apresentar uma razão para alguma atribuição de realidade. Já no caso da utilização da crença como justificativa, entendemos que, por ela não ter um caráter objetivo, entes cuja justificativa sobre sua realidade se enquadravam nesse caso foram, muitas vezes, considerados não reais pelos estudantes (indicado na escala Likert). Apesar de existirem algumas respostas utilizando crença para justificar a atribuição de realidade a entidades científicas, ela foi usada predominantemente nas respostas para os entes religiosos. Explorando isso, as afirmações a seguir focam-se nesses entes, levantando pontos a seu respeito. As afirmações de número 5 e 6 foram baseadas em colocações encontradas em Silva (2000).

- 4) *Considero que a crença pode ser considerada um elemento válido para definir a realidade do que não pode ser percebido pelos sentidos.*
- 5) *Entendo como reais certos entes religiosos (como Deus, por exemplo) e considero isso uma necessidade para se poder explicar o mundo.*
- 6) *Entendo como reais certos entes religiosos (como Deus, por exemplo) e isso se relaciona com as formas que percebo o mundo e ajo nele.*

#### Afirmações relacionadas à Categoria D – Realidade definida por meio de uma relação direta entre pessoas e o ente/entidade

Nessa categoria estavam, predominantemente, as justificativas relacionadas aos entes do contexto cotidiano. Para esclarecer fatores relacionados a esse contexto, utilizamos aqui algumas das características apresentadas por Schutz (1974). São elas: há uma atitude

específica de suspensão da dúvida em relação aos objetos à volta; há uma forma específica de experimentar o próprio “si mesmo”, como um si mesmo “executante”, que age no mundo (ambas características aparecem na afirmação 7). Além disso, consideramos que esse contexto influencia os demais e, por isso, algumas afirmações tratam de sobreposições ou transposição das ideias do cotidiano para outros contextos (afirmações 8 e 9), inclusive lhes fazendo um contraponto (afirmações 10 e 11). As afirmações 8 e 9 ainda possuem relação com as ideias de Arthur Fine (1986a) a respeito da Atitude Ontológica Natural.

Outra característica do cotidiano, de acordo com Schutz, que também explorada, é que as pessoas se mantêm nele com uma atitude alerta, que se origina de uma plena atenção à vida. Isso diz respeito a uma atitude pragmática relacionada ao dia a dia, que pode ser extrapolada para uma atitude pragmática a respeito da ciência. Essa reflexão é posta na afirmação 12.

*7) Considero real aquilo que está em relação comigo, que posso perceber ou interagir de alguma forma.*

*8) Considero entidades da ciência, como elétrons, reais da mesma forma que cadeiras e objetos do dia a dia.*

*9) Entendo que os resultados de investigações científicas são verdadeiros da mesma forma que são verdadeiras as evidências dos sentidos em relação à existência e característica dos objetos do dia a dia.*

*10) Em alguns contextos posso considerar real algo que não posso ver ou perceber.*

*11) Considero que os sentidos podem ser uma fonte duvidosa de conhecimentos sobre entidades da ciência.*

*12) Penso que é insuficiente que teorias científicas simplesmente funcionem sem que saibamos porquê.*

#### Afirmações relacionadas à Categoria E – Realidade definida por meio de uma relação entre um aparelho e o ente

Não estava claro, nas justificativas do primeiro estudo aqui categorizadas, a forma pela qual os estudantes entendiam a observação de algo por meio de aparelhos ou equipamentos: se consideravam os equipamentos uma extensão dos sentidos – sem intermediários, somente uma observação aumentada – ou se as observações e experimentações científicas eram entendidas como possuindo elementos teóricos nelas contidos. Dessa forma, consideramos importante tocar nesses pontos. A afirmação 13 é uma adaptação de uma questão que aparece no questionário de Pessoa Jr. (2003). As demais vêm de discussões da filosofia da ciência.

- 13) *Entendo que uma observação neutra nunca é possível.*
- 14) *Considero que as entidades científicas e os objetos presentes no mundo da experiência ordinária são acessados de maneiras diferentes.*
- 15) *Entendo que experimentação e detecção científicas estão carregadas de teorias.*
- 16) *Entendo que os resultados de experimentos dizem respeito a entidades que ocorrem em seus próprios arranjos experimentais.*

Afirmações relacionadas à Categoria F – Realidade definida por meio da detecção ou percepção de efeitos

Caracterizar um ente ou entidade inobservável como real por meio de um efeito perceptível que lhe é atribuído possui um componente teórico envolvido. Aqui são exploradas questões relacionadas a esse tipo de caracterização de realidade utilizada na ciência. Em parte, as discussões sobre o realismo serviram de base para a elaboração das afirmações.

- 17) *Considero possível inferir a existência de uma entidade por meio de efeitos que são associados a ela.*
- 18) *Penso que uma entidade pode ser inventada para poder explicar certos fenômenos, assim como o fóton para explicar os resultados experimentais relacionados ao efeito fotoelétrico.*

Afirmações relacionadas à Categoria G – Realidade definida por alguma caracterização que envolve teoria

As justificativas nessa categoria fizeram menções mais diretas a processos de teorização ou modelização. Mas esses processos, que são fundamentais na construção do conhecimento científico, muitas vezes foram usados pelos estudantes para justificar a atribuição de baixa intensidade de realidade para entidades. As questões aqui exploram essa dimensão teórica da ciência e vêm de discussões da filosofia. A afirmação 12 (apresentada anteriormente) também poderia ser relevante nessa categoria.

- 19) *Penso ser razoável considerar reais as entidades postuladas pelas teorias científicas aceitas.*
- 20) *Considero que postular entidades inobserváveis é uma necessidade para se poder construir explicações científicas sobre o mundo.*
- 21) *Penso ser verdade que os gases são realmente constituídos de moléculas em movimento aleatório, de acordo com a teoria cinética dos gases.*

Afirmação relacionada à Categoria H – Realidade definida por outro ente considerado real

As justificativas na Categoria H relacionavam um ente ou entidade com outro ente ou entidade, e a realidade do primeiro era justificada por meio dessa relação. Para isso, é necessário a utilização de uma dimensão teórica que associa uma coisa com a outra.

Em alguns casos, essa associação envolvia entidades inobserváveis, mas parecia que essas entidades eram somente uma forma de explicar algum fenômeno, sem serem consideradas reais. Em outros casos, que faziam referência a uma relação entre dois elementos, entes ou entidades apareciam como nomes dados para alguma outra coisa, como algodão ser um termo que identifica a matéria do dia a dia ou, ainda, cor ser o nome dado para a luz que vemos. Nesse segundo caso é como se o ente ou entidade percebido fosse uma forma de nomear algo real que o forma, mas não é aparente.

Desses dois casos aqui apresentados, temos que as afirmações 19 e 20 acima exploram o primeiro. Já para o segundo caso, temos a afirmação a seguir:

*22) Considero que uma percepção sensível do mundo pode ser a manifestação de uma realidade não aparente.*

A seguir apresentamos todas as afirmações, na sequência:

- 1) Entendo que uma afirmação da ciência sobre a existência ou inexistência de algo deve ser tomada como verdade.*
- 2) Entendo que uma afirmação da religião (considere a sua, se você tiver) sobre a existência ou inexistência de algo deve ser tomada como verdade.*
- 3) Penso que é possível ter certeza sobre a realidade ou não realidade de algo.*
- 4) Considero que a crença pode ser considerada um elemento válido para definir a realidade do que não pode ser percebido pelos sentidos.*
- 5) Entendo como reais certos entes religiosos (como Deus, por exemplo) e considero isso uma necessidade para se poder explicar o mundo.*
- 6) Entendo como reais certos entes religiosos (como Deus, por exemplo) e isso se relaciona com as formas que percebo o mundo e ajo nele.*
- 7) Considero real aquilo que está em relação comigo, que posso perceber ou interagir de alguma forma.*
- 8) Considero entidades da ciência, como elétrons, reais da mesma forma que cadeiras e objetos do dia a dia.*
- 9) Entendo que os resultados de investigações científicas são verdadeiros da mesma forma que são verdadeiras as evidências dos sentidos em relação à existência e característica dos objetos do dia a dia.*
- 10) Em alguns contextos posso considerar real algo que não posso ver ou perceber.*

- 11) *Considero que os sentidos podem ser uma fonte duvidosa de conhecimentos sobre entidades da ciência.*
- 12) *Penso que é insuficiente que teorias científicas simplesmente funcionem sem que saibamos porquê.*
- 13) *Entendo que uma observação neutra nunca é possível.*
- 14) *Considero que as entidades científicas e os objetos presentes no mundo da experiência ordinária são acessados de maneiras diferentes.*
- 15) *Entendo que experimentação e detecção científicas estão carregadas de teorias.*
- 16) *Entendo que os resultados de experimentos dizem respeito a entidades que ocorrem em seus próprios arranjos experimentais.*
- 17) *Considero possível inferir a existência de uma entidade por meio de efeitos que são associados a ela.*
- 18) *Penso que uma entidade pode ser inventada para poder explicar certos fenômenos, assim como o fóton para explicar os resultados experimentais relacionados ao efeito fotoelétrico.*
- 19) *Penso ser razoável considerar reais as entidades postuladas pelas teorias científicas aceitas.*
- 20) *Considero que postular entidades inobserváveis é uma necessidade para se poder construir explicações científicas sobre o mundo.*
- 21) *Penso ser verdade que os gases são realmente constituídos de moléculas em movimento aleatório, de acordo com a teoria cinética dos gases.*
- 22) *Considero que uma percepção sensível do mundo pode ser a manifestação de uma realidade não aparente.*

Por fim, cabe dizer que temos clareza que um heurístico não permite, por si só, que todas as características de algo sejam trabalhadas, uma vez que ele é sempre incompleto. Apesar disso, a pertinência do instrumento é entendida por meio da consideração de Tobin (apud POWIETRZYNSKA, 2014b), apontando que uma vez que uma pessoa começa a construir um repertório que diz respeito a um determinado conceito, há um processo crescente de conscientização sobre esse conceito, levando a uma melhor caracterização e a um melhor entendimento sobre ele.

## **8.2 – Descrição do estudo**

Conforme já apontamos, nosso heurístico foi elaborado com objetivo de propiciar ou mediar reflexões sobre certos aspectos do conhecimento da ciência, bem como de outros contextos culturais, sobretudo a respeito da realidade de entidades científicas e de entes desses outros contextos. Dessa forma, esse terceiro estudo da tese visou utilizar o heurístico que foi elaborado, propondo que fosse respondido por estudantes de licenciatura em física

no final da graduação. Com isso, gostaríamos que os estudantes refletissem sobre como eles entendem a realidade das entidades da ciência e de entes de outras estruturas culturais e que essa reflexão fosse mediada pelas questões apresentadas no heurístico. Dessa forma, esse terceiro estudo tem por objetivo entender como foi o processo de responder ao heurístico, os efeitos dele sobre os licenciandos, e se houve algum tipo de reflexão no processo de respondê-lo.

No Apêndice 6 encontra-se o modelo do heurístico, na forma pela qual foi utilizado com os estudantes. Também se encontram modelos dos termos de consentimento livre e esclarecido utilizados. A aplicação do instrumento foi feita no segundo semestre de 2014, em uma turma da disciplina Metodologia do Ensino de Física II, ministrada na Faculdade de Educação da USP (FEUSP), que tinha como professor o orientador da presente tese. Essa é uma disciplina do último semestre do curso de licenciatura em física. Como dissemos na seção 5.2, o curso de licenciatura em física da Universidade de São Paulo, apesar de sediado no IFUSP, possui disciplinas ofertadas por outras unidades.

Os estudantes dessa turma não eram os mesmos que responderam nosso questionário do primeiro estudo (que foi aplicado no segundo semestre de 2013). Não foi possível trabalharmos com os mesmos estudantes nos dois estudos por dois motivos: o primeiro deles é que alguns estudantes que responderam o primeiro questionário, por estarem no final do curso, já haviam se formado; o segundo é que, no curso de licenciatura em física da USP, principalmente em seus semestres finais, os alunos têm liberdade para escolher quais disciplinas cursar, o que faz com que os estudantes que compõe as turmas não sejam sempre os mesmos. Mesmo assim, havia na turma que respondeu ao heurístico dois estudantes que haviam respondido ao questionário anterior.

O heurístico foi aplicado três vezes e em cada uma delas foi utilizada uma abordagem diferente. Antes disso, no nosso primeiro contato com os alunos, cada um se apresentou e falou um pouco de si.

Na primeira aplicação, 14 licenciandos responderam ao instrumento, tendo sido conduzida uma discussão sobre as respostas na sequência da aplicação. Na segunda, somente algumas afirmações foram respondidas, dessa vez em grupo e, ao final, novamente foi feita uma discussão sobre consensos e dissensos que apareceram durante a atividade. Nessa segunda aplicação participaram 16 estudantes, divididos em quatro grupos, incluindo alguns que não haviam participado da primeira aplicação. Todas as discussões, nas duas aplicações, foram filmadas.

Houve, ainda, uma terceira aplicação do heurístico, respondido individualmente e de forma integral, mas somente por seis estudantes que foram entrevistados após a aplicação. O critério que utilizamos para a seleção dos estudantes foi a participação nas duas fases anteriores, ou seja, terem tido o máximo de contato possível com o instrumento. Dez estudantes se encaixavam nesse critério e, desses, seis participaram da etapa final.

Dos seis alunos que participaram, desenhou-se dois perfis: o primeiro com duas licenciandas que estavam na USP no tempo do curso de licenciatura; o segundo com quatro estudantes que estavam na USP havia mais tempo, todos tendo cursado anteriormente bacharelado em física ou outra graduação, no todo ou em parte. Além disso, ainda nesse segundo perfil, dois estudantes tinham cursado mestrado e doutorado em física.

Optamos por utilizar somente quatro das seis entrevistas para a realização do estudo, em parte devido ao tamanho da análise de cada entrevista. Utilizando todas, a tese ficaria muito extensa. Assim, selecionamos somente duas entrevistas dos estudantes com o segundo perfil havendo um equilíbrio do número de estudantes nos dois perfis. Para a escolha das duas entrevistas que foram excluídas, optamos por tirar aquelas que transcorreram de maneira não satisfatória. Uma porque a entrevista não foi bem conduzida e a conversa se perdeu em outros assuntos, e a outra porque talvez tenhamos direcionado demais as respostas do aluno.

As entrevistas realizadas foram semiestruturadas (MINAYO, 2014). Foi elaborado um roteiro geral, que possuía alguns temas para guiar as conversas com os estudantes. Além disso, cada entrevista também possuía questões específicas, tiradas das respostas dadas pelos estudantes no heurístico ou de suas falas nas discussões que existiram após as duas primeiras aplicações. Apesar de existirem indagações que guiaram a conversa, o entrevistado pôde discorrer sobre suas ideias sem se prender totalmente às questões formuladas.

Para a elaboração do roteiro das entrevistas, consideramos quatro aspectos que gostaríamos de conhecer, classificados também como quatro blocos de análise. Os dois primeiros tratavam mais especificamente do heurístico, de elementos do processo de respondê-lo e das reflexões que surgiram; os demais buscavam outras informações sobre o respondente, considerando que isso permitiria caracterizar o contexto envolvido nos seus entendimentos sobre o instrumento.

Sobre os quatros blocos citados,

- (i) O primeiro tratava do *processo de responder ao heurístico*, buscando saber, principalmente, se isso permitiu algum tipo de reflexão. Aqui estavam

envolvidas questão relacionadas ao processo de responder propriamente dito, bem como aos debates que ocorreram posteriormente.

- (ii) O segundo era sobre o heurístico ter sido ou não um *incentivador de novas reflexões ou estudos*, ou seja, se os estudantes se sentiram impelidos a saber mais sobre as questões apresentadas.
- (iii) Já o terceiro bloco dizia respeito a *reflexões no passado*, ou seja, se o estudante já havia pensado sobre aqueles elementos presentes no heurístico. Com isso se buscava entender se as questões eram novidade para os respondentes ou se eles já haviam lidado com reflexões do gênero.
- (iv) Finalmente, o quarto bloco dizia respeito a *ideias e concepções apresentadas pelo estudante*, o que estava relacionado também às suas respostas no heurístico.

O roteiro geral utilizado para a entrevista era composto pelos seguintes questionamentos:

- *Se já havia refletido sobre questões como as do heurístico.*
- *Como foi respondê-lo na primeira vez. Se houve diferença ao respondê-lo novamente. Como foi respondê-lo em grupo.*
- *Se responder ao heurístico contribuiu para algum tipo de reflexão. Ou se as discussões sobre ele contribuíram para isso.*
- *Se responder ao heurístico ajudou a mostrar como ele, o estudante, pensava sobre as afirmações postas. Se houve algo de desconhecido que emergiu.*
- *Em relação à física, se o heurístico trouxe elementos para uma reflexão das diferenças entre as formas pelas quais ela caracteriza o mundo e as formas pelas quais outros campos o caracterizam.*
- *Se após responder ao heurístico o estudante passou a pensar mais sobre o tipo de questão apresentada ou mesmo se se sentiu impelido a saber mais sobre.*

As entrevistas se deram todas em dezembro de 2014, na sala do Laboratório de Pesquisas e Ensino de Física (LaPEF) na FEUSP, e foram transcritas para a realização das análises. Os estudantes deram o consentimento por escrito a respeito da utilização dos dados das entrevistas para fins de pesquisa e lhes foi garantido o anonimato. O modelo do termo de consentimento livre e esclarecido que foi utilizado se encontra no Apêndice 6.

### 8.3 – Forma de análise

Nesse estudo, a Hermenêutica de Profundidade foi utilizada como referencial. Considerando suas dimensões, na análise interna das entrevistas foi realizada uma análise de conteúdo, tendo o intuito de entender como foi para os licenciandos responder ao heurístico e se houve algum tipo de reflexão nesse processo. Já para a análise externa, trouxemos elementos das entrevistas e das falas dos estudantes oriundas de momentos distintos: da ocasião em se apresentaram e falaram de si e também das falas que ocorreram nas discussões após terem respondido o heurístico nas duas primeiras ocasiões. Com isso foi composta uma breve “descrição” dos alunos, apresentada antes dos dados da entrevista. Todo esse conjunto de informações, utilizado para compor o que corresponde à análise externa, tinha por objetivo caracterizar melhor os estudantes, considerando que isso diz respeito ao contexto que envolve as respostas dadas no heurístico, bem como aos entendimentos sobre o instrumento e sobre as afirmações que continha. Apesar de terem sido utilizadas aqui algumas informações que vieram da mesma fonte da análise interna (as entrevistas), consideramos que, por serem informações que descrevem aspectos do estudante, ou seja, trazem elementos contextuais, elas fazem parte da análise externa. Propositamente, utilizamos a entrevista também com essa finalidade e todas informações obtidas receberam o mesmo tratamento analítico.

Assim como ocorreu nos dois estudos anteriores, na análise de conteúdo seguimos as seguintes etapas: 1) Preparação das informações; 2) Unitarização ou transformação do conteúdo em unidades; 3) Categorização ou classificação das unidades em categorias; 4) Descrição; 5) Interpretação. A interpretação contém elementos que consideramos fazer parte do contexto, o que faz com que ela também seja a etapa de interpretação da HP.

Na etapa 1, *preparação das informações*, selecionamos as transcrições das quatro entrevistas utilizadas. Para a etapa 2, *unitarização*, definimos como *unidade de análise* os trechos da entrevista que continham uma ideia completa a respeito de alguma das informações consideradas relevantes, considerando os quatro blocos de análise já definidos. Os trechos foram mantidos em separado por estudante, ou seja, consideramos como *unidade de contexto* a entrevista específica de onde vieram os trechos analisados.

Para a etapa 3, *categorização*, utilizamos como critério os temas que apareceram nos trechos e, a partir deles, foram elaboradas as categorias. Para isso, assim como se deu no primeiro estudo, foram feitas diversas leituras do material para a definição dos temas e categorias. O processo envolveu, ainda, diversas reelaborações, buscando contemplar os

critérios de *validade* (adequação de uma categoria aos objetivos da análise), *exaustividade* (conjunto de categorias poder categorizar todo o conteúdo significativo) e *homogeneidade* (as categorias serem estabelecidas por meio dos mesmos critérios). A classificação de cada trecho se deu somente em uma categoria.

As etapas 4 e 5 da análise de conteúdo, *descrição* e *interpretação*, serão apresentadas nas próximas seções. Algumas das respostas dadas pelos estudantes no heurístico também foram utilizadas como informação nessas etapas.

#### **8.4 – Descrição e análise dos resultados**

A seguir serão apresentados os dados das análises relacionadas ao heurístico, separados por estudante. Os nomes dos estudantes são fictícios, foram trocados com o objetivo de preservar suas identidades.

A sequência de apresentação das informações é a mesma para cada estudante entrevistado. Realizamos inicialmente uma breve caracterização deles, utilizando as informações fornecidas durante a apresentação pessoal, bem como elementos das suas falas durante as discussões que ocorreram depois das duas primeiras aplicações do heurístico. Após essa caracterização, apresentamos um quadro com as respostas dadas nas ocasiões em que responderam individualmente ao instrumento e, na sequência, quadros com os dados das suas entrevistas, já separados em trechos, categorizados e divididos nos quatro blocos de análise descritos na seção 8.2. Apresentamos, também, uma descrição e uma análise geral das informações de cada estudante.

A título de exemplo, no Apêndice 7 apresentamos uma das entrevistas em sua integralidade.

Os quadros apresentados mais adiante, em que aparecem os trechos das entrevistas, são divididos em quatro colunas. Na primeira aparece um número atribuído ao trecho para ser possível referenciá-lo. Na segunda coluna estão os trechos das entrevistas propriamente ditos. Na terceira há uma descrição feita por nós sobre o que está sendo dito no trecho, ou seja, nosso entendimento a respeito do trecho em questão. Finalmente, na quarta coluna está assinalado o tema tratado, o que também está sendo considerado como categoria. Diferentemente dos outros dois estudos desta tese, não apresentamos aqui uma quantificação dos trechos em cada categoria, trabalhamos apenas com descrições qualitativas.

Ainda sobre os trechos das entrevistas, na segunda coluna dos quadros não aparecem somente as falas dos estudantes, algumas vezes foi necessário apresentar também a fala do entrevistador. Em algumas ocasiões ela era necessária para o entendimento da fala

do estudante. Quando apareceram, as falas do entrevistador estão em itálico e possuem a letra “F” no início. As falas dos entrevistados estão em estilo normal e possuem em seu início a primeira letra dos nomes que lhes foram atribuídos.

Durante as atividades com o heurístico, ele foi apresentado para os estudantes como sendo um questionário. Assim, nos trechos a seguir, a expressão questionário, quando aparece, se refere ao heurístico. Além disso, os nomes de professores das disciplinas que os licenciandos cursaram, quando apareceram, foram omitidos e trocados por uma letra para preservar a identidade desses professores. A única exceção foi nome do professor Maurício Pietrocola, que conduziu a atividade.

#### *8.4.1 – Estudante 1*

Iremos nos referir ao estudante 1 como Ricardo. Ele mora em São Paulo, na Zona Norte da cidade. Trabalha com desenvolvimento de software via web, mas também dá aulas de física, que, segundo ele, ocupam cerca de 10% de seu tempo. Cursou eletrotécnica no Ensino Médio e disse que sempre gostou de “ciência de base” e queria estudar algo nessa área, o que o levou ao curso de bacharelado em física. Durante o curso, começou a trabalhar com “plantão de dúvidas” em um cursinho pré-vestibular e, posteriormente, como professor em uma escola, além de ter ainda outro trabalho, como programador. Sem conseguir se dedicar adequadamente ao curso de bacharelado, migrou para a licenciatura, considerando que estava dando aulas e que, segundo ele, na licenciatura o estudo é mais distribuído por conta das leituras – não se estuda somente para as provas –, o que ajudou a disciplinar seus estudos. Quando se deu a entrevista, ele estava cursando Metodologia do Ensino de Física II como última disciplina que faltava para completar o curso de licenciatura. Era o sétimo ano que estava cursando graduação, contando o tempo que esteve no bacharelado e na licenciatura. Declarou-se ateu.

Após a primeira aplicação do heurístico, entre as falas iniciais dos estudantes, ele disse que o instrumento “coloca em xeque” aquilo em que realmente se acredita, suas bases, e como isso se desdobra na física. Afirmou que não se sentiu confortável respondendo. Na segunda aplicação, ele fez uma fala sobre as entidades religiosas, tratando a religião como se ela construísse modelos, como a ciência, e essas entidades só poderiam ser tomadas como reais ao se considerar como válido o modelo religioso correspondente. Colocou, ainda, que as entidades da ciência dependem dos modelos, inclusive as propriedades que se atribui a

elas. Declarou que considera a existência de um mundo que é real e que os modelos da ciência vão chegando mais perto desse real, sem nunca o atingir.

A seguir se encontra o quadro com as respostas dadas por ele nas ocasiões em que respondeu ao heurístico e os quadros com os trechos da sua entrevista.

**Quadro 14 – Respostas ao heurístico dadas pelo estudante 1**

<b>Afirmção do heurístico</b>	<b>Resposta dada 1ª vez</b>	<b>Resposta dada 3ª vez</b>
<b>1</b>	2	1
<b>2</b>	2	1
<b>3</b>	2	2
<b>4</b>	4	4
<b>5</b>	1	1
<b>6</b>	2	1
<b>7</b>	3	2
<b>8</b>	3	1
<b>9</b>	2	1
<b>10</b>	4	5
<b>11</b>	5	5
<b>12</b>	4	2
<b>13</b>	5	5
<b>14</b>	5	4
<b>15</b>	5	5
<b>16</b>	4	5
<b>17</b>	4	4
<b>18</b>	4	5
<b>19</b>	2	1
<b>20</b>	4	4
<b>21</b>	4	3
<b>22</b>	4	4

**Quadro 15 – Trechos da entrevista do estudante 1, relacionados ao bloco “processo de responder ao heurístico”**

Número atribuído	Unidades de análise	Sentido	Tema/categoria
1	<p>R: Aí algumas coisas... Aqui eu nunca tinha parado pra pensar [<i>sobre alguns elementos do heurístico</i>]. Então essa foi a primeira vez que você fala... Seu ímpeto é de responder uma coisa, aí você começa a caçar as palavras e vê qual o real significado que elas têm. E aí é o momento em que você começa a ter um desconforto, porque você quer responder uma coisa, mas se você começa a pensar no assunto, você começa a desviar sua ideia. Então foi exatamente esse o desconforto.</p>	Desconforto ao responder ao heurístico.	Sensação/emoção/estado
2	<p>R: Eu tinha uma ideia inicial, mas aí depois quando você para pra analisar a frase como um todo, ou palavra por palavra e qual o seu significado, você começa a mudar aquela ideia que você tinha.</p> <p>F: <i>Isso significa o que? Que houve algum tipo de reflexão no processo de responder?</i></p> <p>R: Sim, com certeza houve. Até na hora que você estava saindo eu falei “isso vai demorar um pouquinho”...</p> <p>F: <i>Você ia pensar um pouco...</i></p> <p>R: Pensar um pouquinho.</p> <p>F: <i>Então você acha que mudou alguma ideia que você tinha antes? Ou é alguma coisa que você pensava já e não estava muito...</i></p> <p>R: Então, eu... eu acho que eu nunca fui... As que deu pau mental, assim, foi as que nunca tinha sido questionado de nenhuma forma, então eu não sei o que eu pensaria antes.</p>	Houve reflexão ao responder ao heurístico.	Reflexão ao responder
3	<p>F: <i>E responder de novo, agora, teve alguma diferença da primeira vez?</i></p> <p>R: É... acho que da primeira vez não lembrava de quase nada, eu nem sei qual a coerência quanto ao que eu tinha respondido. Mas acho que pelo menos o lado esquerdo e o lado direito eu devo ter mantido [<i>risos</i>]. Agora, afirmação, certeza, não sei.</p> <p>[...]</p>	Responder mais vezes não fez refletir mais.	Reflexão ao responder mais vezes

	<p><i>F: Mas assim... Você disse que houve um processo de reflexão. Essa reflexão foi maior, foi menor agora do que da primeira vez?</i></p> <p>R: Sim, sim, foi menor. Acho que o caminho já foi traçado, agora foi mais um exercício, assim.</p>		
4	<p><i>F: E essas discussões sobre o questionário, tanto em sala, em grupo, como no pequeno grupo... É que teu pequeno grupo, como você falou [suas colegas foram] “muito incisivas”, né. Eu não sei se houve muito diálogo ou se cada um se entrincheirou numa posição e...</i></p> <p>R: Então, eu achei bem interessante no sentido que cada um coloca sua posição e a pessoa para pra escutar. [...] Mas você escuta outra posição e a gente fez meio um acordo silencioso que a pessoa apresentava, se você tinha que defender, se você tinha que rebater aquilo, até que chega num ponto que acho que esbarra em alguma coisa de ontologia – mas aí é uma área que eu não sei – que é no que a pessoa acredita como base mesmo, pra depois a visão de mundo estar montada em cima disso. Então, por exemplo, eu vi que a Taís [nome fictício de colega que também participou da atividade] não abriu mão do elétron ser real. E a minha concepção de real é diferente da dela, então a gente nunca vai poder conversar por essas concepções, que são diferentes.</p>	Debates fazem escutar posições diferentes, mas não necessariamente mudam concepções, que parecem estar ligadas a crenças mais fundamentais.	Reflexão devido aos debates
5	<p><i>F: E o questionário toca em pontos, em questões do dia a dia, em questões da ciência, em questões de âmbito religioso também...</i></p> <p>R: Eu percebi isso, porque tem horas que você precisa fazer escolhas sobre qual visão de mundo pra você responder essa questão. Então, eu acho que isso aqui, o que mais eu poderia... Acho que talvez da forma que eu mais poderia explicar, é usando Vigotsky com o perfil conceitual, e qual parte você está usando pra falar agora. Tipo, no dia a dia, eu vou falar que uma blusa de lã é quentinha, eu não vou evocar as teorias da física...</p> <p><i>F: Não precisa falar que ela é um isolante térmico melhor.</i></p> <p>R: É, então. E aqui você pega... Você tem a palavra “verdade”, por exemplo. No dia a dia te evoca um significado e cientificamente ou filosoficamente te evoca outro significado. Todos os significados que eu escolhi foi o filosófico, e o do dia a dia eu deixei pra lá.</p> <p><i>F: Você passou a usar o critério que veio da filosofia ou da ciência, e a partir desse critério você respondeu o questionário.</i></p>	Percebeu que haviam diferentes caracterizações de mundo em jogo nas afirmações e escolheu responder utilizando um critério único, vindo de uma única caracterização.	Busca por coerência ao responder

	R: Isso, porque a mesma palavra tem significados diferentes.		
6	R: Por exemplo, eu poderia te dizer que se minha mãe viesse me aplicar esse questionário eu, talvez, responderia diferente. F: <i>Ah, entendi. O contexto da academia talvez tenha...</i> R: Sim, sim. Com certeza.	Contexto influenciou nas respostas, tentou ser coerente com o contexto acadêmico onde ele estava respondendo ao heurístico.	Busca por coerência ao responder

**Quadro 16 – Trecho da entrevista do estudante 1, relacionado ao bloco “incentivador de novas reflexões e estudos”**

<b>Número atribuído</b>	<b>Unidades de análise</b>	<b>Sentido</b>	<b>Tema/categoria</b>
7	F: <i>E, além disso, você se sentiu impelido a saber alguma coisa a mais que não... Por ter lidado com isso no questionário ou não? Sentiu...</i> R: Então, eu... Não sei se foi exatamente essa a sua pergunta, mas eu senti vontade de ir um pouco mais atrás de filosofia da ciência. De pesquisar sobre... F: <i>Não, foi isso, foi isso que eu perguntei.</i> R: Foi uma coisa que eu sempre gostei com esses professores que me deram base, que eu já citei, e com esse questionário me fez pensar, assim, em ir um pouco mais atrás disso, em pesquisar um pouco mais. O problema é que nunca entrei em contato com esse tipo de coisa, não tenho referência nenhuma, não sei nem por onde começar e internet acho que não seria um bom lugar. F: <i>Se você tiver interesse, até indico alguma coisa.</i> R: É. Até nas considerações finais aqui da conversa eu ia te pedir algumas indicações. Vou correr atrás dessas coisas que acho muito interessantes.	Responder ao heurístico incentivou-o a novos estudos. Os professores que ele menciona são citados no trecho 8, a seguir.	Heurístico como incentivador

Quadro 17 – Trechos da entrevista do estudante 1, relacionados ao bloco “reflexões no passado”

Número atribuído	Trecho / unidade de análise	Sentido	Tema/categoria
8	<p>R: Nunca tinha parado pra pensar, até ter alguns professores-chave, né, na formação. Um deles foi o Prof. M.</p> <p><i>F: Fez disciplina com ele?</i></p> <p>R: Fiz, fiz no bacharelado, é, Física III e Física IV. Ele falava muito sobre modelos e como que isso é um óculos que você vê o mundo e tal... Esse foi o primeiro momento em que eu comecei a pensar no assunto. Aí depois eu fiz uma disciplina que vem antes de “Propostas e Projetos”... “Elementos e Estratégias”, com o Prof. C, e ele começou a colocar essas discussões como introdução. Então na primeira aula ele pediu pra montar o que a gente achava do currículo e depois, no final do curso, ele ia retomar isso como forma de avaliar se você mudou alguma coisa na forma de pensar e tudo. Na segunda aula ele perguntou assim: “discuta entre vocês o que é verdade”. E eu tava no grupo da Cibele [nome fictício de colega que também participou da atividade com o heurístico], até. Bom, deu um pau sem limites, eu nunca tinha parado pra pensar nisso, achava algumas coisas, aí... A Cibele sempre foi muito incisiva na hora que falava, ela falava um negócio e eu falava “não, peraí”. Aí eu precisei de um bom tempo pra digerir um pouco essas informações e descobrir o que eu achava de verdade, né, porque tem coisas que você fala “ah, vamos na inércia do pessoal... Todo mundo acha que é isso, então acho que é isso mesmo, a ciência está certa e tal”. Aí na hora que você começa a voltar e questionar aquelas coisas começa a dar um pau na cabeça. Bom, esse foi outro momento que eu parei pra pensar nisso. O terceiro professor que me fez parar um pouco foi o Prof. L, que eu fiz uma disciplina lá de “Tópicos de História em Física Moderna”. Ele também mostrava as coisas de um jeito um pouco diferente. Esses três caras foram os que me fizeram pensar.</p>	Reflexões se deram por incentivo de professores em disciplinas cursadas na graduação.	Incentivo de professores/ disciplinas
9	<p>R: Talvez antes de todos esses caras aí [dos professores], eu daria uma resposta “senso comum”. Mas hoje eu já teria esse pensamento diferente.</p>	Reflexões se deram por incentivo de professores em disciplinas cursadas na graduação.	Incentivo de professores/ disciplinas

10	R: É que eu já entrei em conflito com isso, né, então eu vejo que nesse ponto aí, esse argumento ele não veio de graça. Já parei pra pensar nisso e já conversei, por exemplo... Quando o Prof. C começou a apresentar essas coisas, ele tocou nesse ponto, e isso pra mim foi, assim, eu cresci o olho na hora em que ele começou a falar sobre isso e comecei a pensar no assunto. Então não tirei da minha cabeça isso aí. Eu fui vendo o discurso dos professores e isso depois eu parei pra pensar e sedimentar um pouco mais esse.	Argumento apresentado em uma disciplina cursada na graduação (se encontra no trecho 11 à frente).	Incentivo de professores/ disciplinas
----	--	---	---------------------------------------

**Quadro 18 – Trechos da entrevista do estudante 1, relacionados ao bloco “ideias e concepções apresentadas pelo estudante”**

Número atribuído	Unidades de análise	Sentido	Tema/categoria
11	<p><i>F: Para você o elétron não é real?</i></p> <p>R: Então, ele é real dentro de um modelo. Eu acredito numa verdade que a gente não consiga atingir, e que a gente consiga explicar essas coisas por um modelo. E eu acredito que é possível você ter dois modelos equivalentes, em que um fale de elétron e outro invente outra coisa que consiga ter as mesmas medições de efeitos. Só que a física já está toda montada aqui em cima, acho pouco provável que alguém vá procurar...</p>	Realidade de entidade científica circunscrita a um modelo.	Realidade/verdade de entidades ou teorias científicas
12	<p><i>F: Quer dizer, essa será que [uma] teoria não tem uma realidade, não tem uma verdade, não está relacionado com o mundo, de alguma forma?</i></p> <p>R: Eu acho que ele se aproxima bem. Então essas teorias elas são... Eu acredito que você consegue ter aproximações sucessivas. Mas, na minha cabeça, nada garante que aquilo é posto como verdade. Tanto é que, vamos pegar o seu exemplo, a teoria de Newton valia muito bem, mas precisaria de outro planeta para explicar o Mercúrio, né, e aí veio a Relatividade e falou “não, não é bem assim”. Então aquilo que explicava muito bem acabou deixando um pouquinho a...</p> <p><i>F: Então você tem uma noção de que as teorias se aproximam de uma realidade que está lá, mas nunca 100%? Seria isso, né?</i></p>	Teorias se aproximam do mundo, mas nunca são verdadeiras por não corresponderem perfeitamente a ele.	Realidade/verdade de entidades ou teorias científicas

	<p>R: Nunca 100%.</p> <p><i>F: A ideia do real, para você, seria algo 100%?</i></p> <p>R: Na verdade os 100% é um pouco complicado, assim, eu imagino que nunca tem como a gente saber exatamente se aquilo é 100%. Às vezes pode ser, mas não tem como a gente verificar isso.</p>		
13	<p>R: “Penso ser razoável considerar reais as entidades postuladas pelas teorias científicas aceitas”. Então, o problema é a noção de realidade. Então se eu adotasse como “ah, uma teoria ela consegue... Ela é reflexo da realidade, então o que ela fala é real”. Então isso aqui eu acho que afetou mais o meu conceito de “o que é real” do que a palavra “razoável”. Se eu considerar que a teoria é reflexo da realidade, eu acho que essa aí estaria cinco. Então é...</p> <p><i>F: Entendi. Você foi no um ou cinco, aí?</i></p> <p>R: Isso.</p> <p><i>F: Não tinha meio termo, no caso.</i></p> <p>R: Não tem.</p>	Reforço da posição antirrealista. O aluno colocou “1” na resposta do heurístico.	Realidade/verdade de entidades ou teorias científicas
14	<p><i>F: Essa ideia do modelo, tal, isso aí calha também à noção de religião? Porque eu lembro que você comentou alguma coisa, se partindo do pressuposto de um modelo de mundo da religião, a gente deriva as coisas.</i></p> <p>R: Sim.</p> <p><i>F: Mas você acha que isso é válido também? Tão válido quanto? Como você entende?</i></p> <p>R: Particularmente, eu acredito mais na ciência. Mas aí é por eu ser ateu. Acredito que se houvesse religião, se eu tivesse uma religião, eu acho que, para não entrar em contradição, teriam que ser equivalentes.</p> <p><i>F: O que teriam que ser equivalentes? A noção científica...</i></p> <p>R: Isso. O que a ciência diz e o que a religião diz. É claro que tem incongruências, tem o ponto que as duas vão ser contraditórias. E aí, qual escolher? Não sei, porque eu não sou religioso, então...</p>	Para eventualmente aceitar os esquemas da religião, ele, ateu, considera que ela deveria ser como a ciência, para ele ser coerente.	Busca por coerência na visão de mundo

15	<p><i>F: Sabe por que eu pergunto? Porque tem a noção de crença aqui, né. A noção de crença como elemento válido de caracterização de mundo, foi isso?</i></p> <p>R: Sim, exatamente.</p> <p><i>F: E de onde veio isso?</i></p> <p>R: É porque eu acho que tem, da mesma forma, voltando aos postulados da ciência, são coisas que você não consegue provar. Então, da mesma forma que Deus que você não consegue provar, postulados da ciência você...</p>	<p>Explicou porque colocou que concorda com a afirmação 4 do heurístico. Para ele, existem certos postulados da ciência que não são possíveis de serem provados e, portanto, são considerados por meio de crença.</p>	<p>Noções sobre a ciência</p>
16	<p><i>F: E o nove? Por que o “um” também no nove, só de curiosidade? O que você colocou na noção de verdade?</i></p> <p>R: “Entendo que os resultados das investigações científicas são verdadeiros, da mesma forma que as evidências dos sentidos em relação...”. Ah, esse do sentido. Acho que a palavra que mais me incomodou aí foi “sentido”. Que aí me lembra a experiência do balde de água fria e o balde de água quente, assim. Os seus sentidos podem te dar uma noção, ou mesmo a mesa...</p> <p><i>F: O que é? Você enfia a mão no gelo e depois na água menos fria e você acha que ela está quente?</i></p> <p>R: É, exatamente. Ou a noção lá de você põe a mão na madeira e está mais quentinho que o metal, mas é por uma... Pelo modelo da condução térmica, o metal é mais condutivo termicamente do que a madeira. Então acho que os sentidos são o problema. Você pode enganar os sentidos. Tanto é que tem ilusão de ótica, ilusão sonora e um monte de ilusão, que é você enganar os sentidos. Então o que puder não confiar nos sentidos, eu acho mais confiável. É por isso que eu coloquei essa...</p> <p><i>F: A noção de verdade científica não seria o problema. No caso o que te pegou aí foi o sentido.</i></p> <p>R: Sim.</p>	<p>Não considera os sentidos como fonte segura de conhecimento. Conhecimentos científicos estariam mais próximos da realidade do que conhecimentos que se amparam nos sentidos.</p>	<p>Relação entre elementos/aspectos de diferentes contextos culturais</p>

	<p><i>F: É, porque o normal das pessoas é confiar nos sentidos, né. E, sei lá, o sentido é muito forte pra gente... Na verdade a gente lida com eles confiando neles no dia a dia. O que você está fazendo é um passo atrás, refletindo sobre o resultando daquilo que você acessa, né...</i></p> <p>R: Mas aí é... Talvez isso seja meu, porque é das coisas que eu gosto. Eu gosto das coisas que dá pau. Então, por exemplo, ilusão de ótica é onde o olho dá pau. Adoro ilusão de ótica. Aqueles programas que passam no “National Geographic”, “History”, “Discovery”, que são os truques que você dá “bug” na mente. Você faz o cara fazer alguma coisa e tal. Onde dá problema eu acho que é legal, porque você sai fora do senso comum, então... Eu não confio nos meus sentidos, assim. Se você tiver alguma outra forma de explicar aquilo eu acho que é mais válido, mas porque eu sei que dá muito... Claro que no dia a dia a gente tem que confiar.</p> <p><i>F: Sim. Estou falando assim, outra forma mais válida mesmo não considerando como real também.</i></p> <p>R: Então, eu acho que seria um modelo mais próximo do que os sentidos.</p> <p><i>F: Mais que os sentidos. Entendi.</i></p> <p>R: Então você pode sentir as coisas e falar “ah, isso aqui é um nível de realidade”. O modelo científico acho que está muito mais próximo à realidade.</p>		
17	<p><i>F: Que a teoria científica funcione. Qual você respondeu? O que você colocou agora é que é insuficiente, que você discorda. Você acha que tudo bem ela funcionar sem saber...</i></p> <p>R: É. Que aí eu me lembrei, por exemplo, da Quântica, que você consegue explicar um monte de coisa pela Equação de Schroedinger, mas ninguém sabe o que está operando lá na Matemática. Você tem uma entrada e uma saída e lá no meio você não tem acesso ainda àquelas coisas. Então foi esse o argumento que eu coloquei o dois aqui. Eu não lembro o que eu pensei na hora.</p>	<p>Por considerar que um elemento da física quântica funciona sem que saibamos “o que está operando”, concordou ser suficiente que uma teoria funcione sem que saibamos a razão.</p>	<p>Noções sobre a ciência</p>

Em primeiro lugar, em relação ao **processo de responder ao heurístico**, Ricardo apontou que isso gerou um desconforto. Em uma fala após a primeira aplicação, ele já havia dito que não se sentiu confortável respondendo. Na entrevista, no trecho 1, categorizado em “*Sensação/emoção/estado*”, ele volta a citar que houve um desconforto e explica:

*Seu ímpeto é de responder uma coisa, aí você começa a caçar as palavras e vê qual o real significado que elas têm. E aí é o momento em que você começa a ter um desconforto, porque você quer responder uma coisa, mas se você começa a pensar no assunto, você começa a desviar sua ideia. Então foi exatamente esse o desconforto. (trecho 1)*

Esse trecho aponta que o desconforto se deu conforme ele pensava sobre as questões postas no heurístico. Isso indica que houve um esforço reflexivo dele para dar suas respostas. No trecho 2, categorizado em “*Reflexão ao responder*”, entre as coisas ditas, Ricardo coloca:

*Eu tinha uma ideia inicial, mas aí depois quando você para pra analisar a frase como um todo, ou palavra por palavra e qual o seu significado, você começa a mudar aquela ideia que você tinha.*

[...]

*As que deu pau mental, assim, foi as que nunca tinha sido questionado de nenhuma forma, então eu não sei o que eu pensaria antes. (trecho 2)*

Estamos entendendo que isso indica que houve sim reflexão ao responder ao heurístico. Ou seja, o processo de pensar sobre o que foi posto no instrumento foi mudando as ideias iniciais do estudante. Além disso, considerando o que se encontra do trecho 2, existiam questões no heurístico sobre as quais o aluno afirmou que não sabia o que pensava a respeito, já que, até então, nunca lhe haviam sido colocadas. Nessas, a expressão que ele usou foi “pau mental”, uma metáfora que entendemos dizer que ele ficou “travado”, sem saber o que fazer.

Responder mais vezes e os debates que ocorreram parecem não ter trazido mais reflexões. Os trechos 3 e 4, classificados, respectivamente, nas categorias “*Reflexão ao responder mais vezes*” e “*Reflexão devido aos debates*” indicam isso. No primeiro caso, o aluno disse que o “caminho já [havia sido] traçado” na primeira vez que respondeu. Isso mostra que, para ele, a questão da novidade, do contato pela primeira vez, parece importante. No segundo caso é visto que os debates que ocorreram em aula não parecem ter levado a

mudar suas ideias, ligadas a crenças mais fundamentais, apesar de o terem feito escutar posições diferentes da dele.

Um último ponto a ser tratado a respeito do processo de responder é que o aluno buscou ser coerente nas respostas dadas. Existiram dois trechos da entrevista, o 5 e o 6, que foram categorizados em “*Busca por coerência ao responder*”. No caso do trecho 5, o aluno aponta que, em algumas afirmações, era necessário fazer uma escolha acerca de qual visão de mundo seria utilizada para dar a resposta sobre o grau concordância com ela. Ele coloca que

*[...] tem horas que você precisa fazer escolhas sobre qual visão de mundo pra você responder essa questão. (trecho 5)*

Essa fala veio após ser apontado para ele que o heurístico tocava em questões do dia a dia, do âmbito científico e do âmbito religioso. Nesse mesmo trecho, ele colocou que apesar de existirem diferentes significados para certas palavras que estavam no instrumento ao responder ele optou por usar sempre o critério que ele chamou de filosófico.

*Todos os significados que eu escolhi foi o filosófico, e o do dia a dia eu deixei pra lá. (trecho 5)*

Ou seja, apesar de perceber que existiam diferentes caracterizações de mundo em jogo nas afirmações, ele escolheu responder utilizando um critério único, vindo de uma única caracterização. No trecho 6, ele aponta que o contexto acadêmico influenciou a escolha do critério de respostas, o que também é uma busca por coerência, dessa vez com o contexto em que estava se dando a resposta ao heurístico.

Sobre o heurístico ser um **incentivador de novas reflexões e estudos**, para o estudante, o processo de responder despertou nele o interesse de estudar filosofia da ciência. Ele fez até um pedido de referências para esse estudo.

*Foi uma coisa que eu sempre gostei com esses professores que me deram base, que eu já citei, e com esse questionário me fez pensar, assim, em ir um pouco mais atrás disso, em pesquisar um pouco mais. (trecho 7)*

No trecho acima, além de dizer que o instrumento o incentivou a ir atrás de algumas coisas, também menciona professores que deram base para alguns reflexões e entendimentos dele. Isso apareceu em um trecho anterior da entrevista, mas que na nossa organização será apresentado a seguir. Isso diz respeito às **reflexões no passado**.

Sobre esse ponto, o estudante afirmou, em três ocasiões distintas durante a entrevista, que as reflexões que ele já fez sobre questões como as que estavam no heurístico se deram por incentivo de professores, chamando-os inclusive de “professores-chave” em sua formação. Os trechos 8, 9 e 10 das falas do estudante trataram disso e todos foram classificados na categoria “*Incentivo de professores/disciplinas*”. Os docentes citados, segundo o estudante, trouxeram questões que o fizeram refletir sobre o conhecimento científico e, com isso, sair de um pensamento sobre a ciência que ele chamou de “senso comum”. Essa mudança teria vindo tanto por certos assuntos colocados, como de discussões sobre questões filosóficas propostas por esses professores. No trecho 8, o mais completo, é dito:

*Nunca tinha parado pra pensar, até ter alguns professores-chave, né, na formação. Um deles foi o Prof. M. [...] Ele falava muito sobre modelos e como que isso é um óculos que você vê o mundo e tal... Esse foi o primeiro momento em que eu comecei a pensar no assunto. Aí depois eu fiz uma disciplina que vem antes de “Propostas e Projetos”... “Elementos e Estratégias”, com o Prof. C, e ele começou a colocar essas discussões como introdução. Então na primeira aula ele pediu pra montar o que a gente achava do currículo e depois, no final do curso, ele ia retomar isso como forma de avaliar se você mudou alguma coisa na forma de pensar e tudo. Na segunda aula ele perguntou assim: “discuta entre vocês o que é verdade”. E eu tava no grupo da Cibele [nome fictício da colega que também participou da atividade com o heurístico], até. Bom, deu um pau sem limites, eu nunca tinha parado pra pensar nisso, achava algumas coisas, aí... A Cibele sempre foi muito incisiva na hora que falava, ela falava um negócio e eu falava “não, peraí”. Aí eu precisei de um bom tempo pra digerir um pouco essas informações e descobrir o que eu achava de verdade, né, porque tem coisas que você fala “ah, vamos na inércia do pessoal... Todo mundo acha que é isso, então acho que é isso mesmo, a ciência está certa e tal”. Aí na hora que você começa a voltar e questionar aquelas coisas começa a dar um pau na cabeça. Bom, esse foi outro momento que eu parei pra pensar nisso. O terceiro professor que me fez parar um pouco foi o Prof. L, que eu fiz uma disciplina lá de “Tópicos de História em Física Moderna”. Ele também mostrava as coisas de um jeito um pouco diferente. Esses três caras foram os que me fizeram pensar. (trecho 8)*

Algo que merece ser mencionado é que o estudante diz que realmente pensou sobre o assunto (trechos 8 e 10), ou seja, tratou a questão da realidade na ciência como algo que realmente mereceu sua atenção. Falou, inclusive, sobre “dar um pau na cabeça” (trecho 8), em uma referência metafórica que entendemos ser sobre uma mudança ou quebra em certas formas de pensar.

Essa é parte da bagagem que o estudante trouxe consigo ao responder o heurístico, com um processo reflexivo que começou quando ainda cursava o bacharelado em física e continuou durante a licenciatura.

A respeito das **ideias e concepções apresentadas pelo estudante**, os trechos 11, 12 e 13 foram classificados na categoria “*Realidade/verdade de entidades ou teorias científicas*”. Pelo que foi dito por Ricardo nesses trechos, é possível perceber que ele apresenta uma noção antirrealista sobre o conhecimento científico. No trecho 11 aparece uma fala após ser perguntado sobre a realidade do elétron. Ele diz:

*Então, ele é real dentro de um modelo. Eu acredito numa verdade que a gente não consiga atingir, e que a gente consiga explicar essas coisas por um modelo. E eu acredito que é possível você ter dois modelos equivalentes, em que um fale de elétron e outro invente outra coisa que consiga ter as mesmas medições de efeitos. Só que a física já está toda montada aqui em cima, acho pouco provável que alguém vá procurar... (trecho 11)*

Ou seja, pelo trecho vemos que ele entende que a realidade de entidades científicas está relacionada a um modelo e que um modelo alternativo poderia postular a existência de outras entidades. E ambos serem empiricamente adequados. Esse é basicamente um argumento utilizado na defesa de uma posição antirrealista (argumento da subdeterminação da teoria pelos dados), que, como dissemos, parece ser a que o estudante se alinha. Ele inclusive coloca que entende que as teorias se aproximam do mundo, mas não são verdadeiras por não corresponderem perfeitamente a ele (trecho 12). A noção de verdade como correspondência é utilizada nessa ideia do estudante. Dessa forma, como uma teoria não é um reflexo da realidade, as entidades científicas postuladas por elas também não seriam reais, conforme vemos no trecho 13 abaixo. Esse trecho tratava da questão 19 do heurístico (“Penso ser razoável considerar reais as entidades postuladas pelas teorias científicas aceitas”), que ele respondeu assinalando 2 na primeira vez que respondeu e 1 na segunda (considerando as duas vezes que respondeu sozinho).

O trecho da fala dele é o seguinte:

*“Penso ser razoável considerar reais as entidades postuladas pelas teorias científicas aceitas”. Então, o problema é a noção de realidade. Então se eu adotasse como “ah, uma teoria ela consegue... Ela é reflexo da realidade, então o que ela fala é real”. Então isso aqui eu acho que afetou mais o meu conceito de “o que é real” do que a palavra “razoável”. Se eu considerar que a teoria é reflexo da realidade, eu acho que essa aí estaria cinco. (trecho 13)*

Essa mesma ideia também pode se aplicar à afirmação 1 do heurístico (“Entendo que uma afirmação da ciência sobre a existência ou inexistência de algo deve ser tomada como verdade”), que ele também respondeu 2 inicialmente e 1 na outra vez que respondeu. Ou seja, ele não considera que uma afirmação científica seja suficiente para considerar algo real, o que é coerente com sua posição antirrealista.

Outra ideia apresentada pelo estudante, indicada no trecho 14, diz respeito a uma busca por coerência não somente nas respostas do heurístico, mas em sua visão de mundo. O trecho em questão foi classificado na categoria “*busca por coerência na visão de mundo*”. Aqui, ele apresenta as condições que deveriam ser respeitadas para ele, ateu, eventualmente aceitar uma religião:

*Particularmente, eu acredito mais na ciência. Mas aí é por eu ser ateu. Acredito que se houvesse religião, se eu tivesse uma religião, eu acho que, para não entrar em contradição, teriam que ser equivalentes. (trecho 14)*

Ou seja, a religião deveria dizer a mesma coisa que a ciência, ser coerente com ela. E já que elas não dizem a mesma coisa, ele considera necessário escolher entre uma delas. No caso, a escolha recaiu sobre a ciência. Essa ideia do estudante é coerente com algumas respostas dadas no heurístico, nas afirmações 2 (ele respondeu 2 e 1 nas vezes que respondeu), 5 (respondeu 1 e 1) e 6 (respondeu 2 e 1).

Apesar dessa consideração a respeito dos conhecimentos do contexto religioso, basicamente discordando de sua realidade, Ricardo manifestou concordância com a afirmação 4 do heurístico (respondeu 4 e 4), que trata da noção de crença como elemento válido de definição de realidade. Perguntado sobre essa aparente incoerência, a resposta dada aparece no trecho 15, categorizado em “*Noções sobre a ciência*” onde ele coloca:

*É porque eu acho que tem, da mesma forma, voltando aos postulados da ciência, são coisas que você não consegue provar. Então, da mesma forma que Deus que você não consegue provar, postulados da ciência você... (trecho 15)*

Ou seja, existem certos postulados da ciência que não são passíveis de serem provados e, portanto, segundo o aluno, são considerados por meio de crença.

Classificado na categoria “*Relação entre elementos/aspectos de diferentes contextos culturais*”, o trecho 16 trata das ideias de Ricardo sobre os conhecimentos que são originados diretamente dos sentidos e sobre os conhecimentos científicos, considerando que devido aos sentidos poderem ser enganados, não seriam confiáveis. Isso veio de um questionamento sobre a afirmação 9 do heurístico (respondeu 2 e 1), que colocava que os resultados de investigações científicas são verdadeiros da mesma forma que são verdadeiras as evidências dos sentidos em relação aos objetos do dia a dia. Ricardo disse, ainda, considerar que os conhecimentos científicos estão em um nível mais próximo da realidade, mesmo considerando que eles também não chegam nela.

*[...] a noção lá de você põe a mão na madeira e está mais quentinho que o metal, mas é por uma... Pelo modelo da condução térmica, o metal é mais condutivo termicamente do que a madeira. Então acho que os sentidos são o problema. Você pode enganar os sentidos.*

*[...]*

*Eu não confio nos meus sentidos, assim. Se você tiver alguma outra forma de explicar aquilo eu acho que é mais válido [...].*

*[...]*

*Então você pode sentir as coisas e falar “ah, isso aqui é um nível de realidade”. O modelo científico acho que está muito mais próximo à realidade. (trecho 16)*

Precisamos considerar que a ponderação feita aqui pelo estudante também parte do ponto de vista da ciência, já que na avaliação de que os sentidos não são precisos, Ricardo utiliza elementos que surgem de alegações científicas sobre o mundo. No caso citado, da sensação de frio ou calor ao tocar uma superfície não corresponder à real temperatura de um objeto, há claramente um viés científico. Essa ideia tem coerência com, e ajuda a entender, as respostas dadas à afirmação 10 (respondeu 4 e 5) e à afirmação 11 (respondeu 5 e 5), que não consideram que os sentidos sejam arbítrio sobre tudo.

A ideia sobre os sentidos não serem totalmente confiáveis, somada a uma fala de que os modelos científicos não chegam a caracterizar verdadeiramente o mundo (indicado no texto inicial sobre o aluno), pode explicar as respostas dadas à afirmação 3 (2 e 2), considerando que ele discorda de que é possível ter certeza sobre a realidade ou não realidade de algo. Para o aluno, não existem certezas sobre nenhum tipo de conhecimento.

A noção manifestada de que o acesso ao mundo é construído e que não é possível a observação pura e simples sobre uma realidade, mas existe um componente teórico envolvido na caracterização das coisas, é coerente com suas respostas nas afirmações 7 (3 e 2), 13 (5 e 5), 15 (5 e 5), 16 (4 e 5), 17 (4 e 4), 18 (4 e 5), 20 (4 e 4), 22 (4 e 4).

As afirmações 8 e 12 do heurístico tiveram as maiores mudanças entre as duas ocasiões em que o aluno respondeu, indo a afirmação 8 de “3 para 1” e a afirmação 12 de “4 para 2”. A afirmação 8 indica que ele aparentemente não tinha uma opinião formada no princípio, mas depois concordou que a caracterização sobre o mundo da ciência e do cotidiano são diferentes. Podemos considerar que isso aparece também na resposta dada à afirmação 14 (5 e 4). Já sobre a resposta dada à afirmação 12, foi perguntado a ele na entrevista e a explicação se encontra no trecho 17, categorizado em “*Noção sobre a ciência*”, onde ele diz que o “2” surgiu considerando a equação de Schroedinger, mas ele não explicou a razão do “4” assinalado anteriormente.

Uma resposta do heurístico que não pôde ser explicada, e que aparentemente está em contradição com o que Ricardo acredita sobre o mundo, é a que foi dada à afirmação 21. Ele assinalou “4 e 4” a essa questão, considerando que ele concorda que os gases são realmente constituídos por moléculas. Isso parece indicar que para ele uma noção que possui certo caráter teórico realmente pode descrever o mundo, mas isso não está de acordo com as outras respostas e afirmações do estudante.

#### 8.4.2 – Estudante 2

A estudante 2 será chamada nesse trabalho de Cibele. Ela mora em São Paulo, no bairro do Jaguaré. Antes da licenciatura, já havia cursado bacharelado em física, além de mestrado e doutorado também em física. Disse que desde pequena queria ser astrônoma, mas durante o bacharelado foi se interessando por outras áreas. Durante sua trajetória formativa foi se desiludindo com a área de pesquisa, uma vez que sempre achou que sendo cientista ela poderia ajudar o mundo a ser diferente, mas percebeu que não iria poder fazer isso por esse caminho. Assim, decidiu ir para a área de educação que, segundo ela, era sua segunda paixão e começou a licenciatura. Cursava o penúltimo semestre quando se deu a entrevista. Até pouco tempo antes da entrevista, Cibele trabalhava em uma empresa de educação, coordenando a produção de material didático de ciências exatas e da natureza, mas no segundo semestre de 2014 decidiu tirar um “semestre sabático” para “realizar um mapeamento de propostas alternativas de educação”. Devido à formação em física experimental na pós-graduação, considerava de forma muito clara a questão de que o modelo científico utilizado interfere nas medidas e na interpretação dos resultados experimentais.

Na conversa após a primeira aplicação do heurístico, falou que estava se sentindo agoniada, mas depois esclareceu que era devido a não ter sido fornecido, com o instrumento, algum parâmetro para serem dadas as respostas. Colocou também que não considerava elétrons e cadeiras reais da mesma forma porque ela entende que aquilo que se mede é definido pelos modelos que se usa. Acredita na existência do elétron por concordar e compreender os modelos usados pela física hoje, mas que a existência dessa partícula depende de um modelo. E essa dependência também valeria para os experimentos realizados para “comprovar” essa existência. Em relação a objetos macroscópicos, por se ter acesso a eles pelos sentidos, seriam reais “objetivamente”. Disse, ainda, não acreditar em Deus e nem em religião nenhuma.

Na conversa após a segunda aplicação, disse que as entidades da ciência, por serem dependentes de modelos, seriam reais somente enquanto o modelo for considerado válido, inclusive as propriedades dessas entidades. E isso explicaria as mudanças históricas que são observadas na ciência. Além disso, esclareceu que considera que nenhuma observação é neutra, mas também dependente de um modelo.

Quadro 19 – Respostas ao heurístico dadas pela estudante 2

Afirmação do heurístico	Resposta dada 1ª vez	Resposta dada 3ª vez
1	4	3
2	1	3
3	1	2
4	SR <sup>71</sup>	1
5	1	1
6	1	1
7	SR	4
8	1	1
9	2	2
10	4	5
11	5	5
12	SR	4
13	5	5
14	4	5
15	5	5
16	SR	4
17	4	5
18	4	4
19	3	5
20	4	4
21	5	5
22	2	5

---

<sup>71</sup> Sem resposta.

**Quadro 20 – Trechos da entrevista da estudante 2, relacionados ao bloco “processo de responder ao heurístico”**

Número atribuído	Unidades de análise	Sentido	Tema/categoria
18	<p><i>F: E eu lembro da primeira vez em que esse questionário apareceu, de uma frase sua... o Maurício perguntou como é que vocês estavam ao responder ele e você falou que ficou “agoniada”. Você lembra disso?</i></p> <p>C: Lembro porque eu tenho muita, assim, eu tenho muita dificuldade de... Eu preciso, assim... pra eu conseguir... E agora acontece a mesma coisa assim porque... e eu percebo uma evolução, dado que é a terceira vez que eu respondo o questionário, mas, assim, eu tenho uma questão de querer definir algumas coisas antes. Então quando você me pergunta a primeira vez se as coisas existem ou não existem, mas, bom, existe em que sentido? Em que parâmetro você está falando? Porque se você falar de uma coisa muito, muito, sei lá, senso comum, elas existem. Mas, assim, se você... se a gente começar a querer discutir o que é realidade, então eu preciso muito... Eu fico agoniada porque assim, eu não sei o que significa o existir para você, então enquanto eu não sei isso, eu tenho dificuldade em responder.</p>	<p>Se sentiu agoniada por faltar um parâmetro, um “contexto” para as respostas que seriam dadas, e, com isso, ela não poder saber o que se esperava que fosse respondido.</p>	<p>Sensação/emoção/estado</p>
19	<p>C: [...] eu acho que num primeiro momento eu não tinha ideia de... de qual que era a proposta dessas perguntas. Para mim era uma pergunta muito aberta, que eu não sabia quais eram os conceitos que você... como você estava definindo cada coisa, e a partir do momento que eu vou entendendo que as definições são minhas, eu passo... eu tenho a sensação de que num primeiro momento eu respondo as coisas tentando definir os meus conceitos, e a partir do momento em que eu defino para mim o que... como que tá cada coisa, as perguntas seguintes elas ficam muito fáceis de serem respondidas, porque elas estão baseadas naquilo que eu respondi anteriormente sobre quais que são os meus... os meus parâmetros.</p>	<p>Ao responder o heurístico, em um primeiro momento ela define para ela mesma seus próprios conceitos e passa a responder a partir disso.</p>	<p>Reflexão ao responder</p>
20	<p>C: Então eu tenho a sensação de que nessa última vez que eu respondi eu tenho uma evolução de... dentro do próprio questionário, assim, do que eu estou fazendo. Eu começo definindo e depois eu... eu respondo em cima dessas definições.</p>	<p>Cita uma evolução ao responder o instrumento mais vezes, no sentido de conseguir definir melhor o que pensa.</p>	<p>Reflexão ao responder mais vezes</p>

21	<p><i>F: Mas você acha que esse questionário ajudou em algum tipo de reflexão?</i></p> <p>C: Então, eu acho que assim... o questionário sozinho... assim, no meu caso, que eu já tinha pensado a respeito disso, eu acho que ele ajuda na medida que ele traz de novo essas reflexões pra... pra... que é legal você de tempos em tempos parar pra pensar sobre elas e, sei lá...</p> <p>[...]</p> <p>C: Mas eu acho que pro cara que... sei lá se eu estivesse no início da graduação, pensando... quando eu entrei na física eu entrei na licenciatura primeiro e naquele momento eu acho que só o questionário ia ser uma coisa que... que não ia adiantar. Que se você não tem uma discussão feita junto com ele, eu acho que ele sozinho num... num resolve.</p> <p><i>F: Eu estou considerando que o questionário deve ser passado para pessoas que passaram por uma formação em física. De uma forma ou de outra passaram por uma formação em física.</i></p> <p>C: Então, mas eu acho que não. Eu acho que o problema não é você ter tido a formação em física ou não, eu acho que o problema é que se você nunca pensou sobre isso, você refletir sozinho sem ter alguém para discutir isso com você, não vai resolver a questão, sabe, porque é muito abstrato. Então eu acho que se você não passa por uma discussão além da reflexão, é muito difícil você conseguir... você conseguir levar isso para frente, sabe, você conseguir evoluir nesse sentido.</p>	Para ela que já pensou a respeito, heurístico contribuiu por trazer, novamente, certas reflexões, mas considera que não serviria para quem não passou por um processo de discussão conduzida por outrem.	Reflexão ao responder
22	<p><i>F: As discussões que ocorreram em sala de aula [após responderem ao heurístico] não serviram nesse sentido? [como um auxílio na reflexão]</i></p> <p>C: Eu acho que as discussões que costumeiramente se tem, não, assim... Eu acho que... Por isso que eu falei assim...</p> <p><i>F: A que teve com o questionário, depois, assim....</i></p> <p>C: Ah... Eu acho elas rasas, mas eu acho que elas podem ser um <i>start</i> disso, mas eu acho elas rasas. Eu acho que para fazer uma discussão de verdade, você tem que gastar, sei lá, uma aula discutindo o que é realidade, realidade para quem, discutir, sei lá... no meu caso que tenho uma questão com Kuhn muito grande, discutir essas ideias de... de... das... das verdades da ciência, sabe. Então eu acho que tem que ser um processo mais longo.</p>	Debate após responderem ao heurístico considerado um início, mas para uma discussão de verdade seria necessário alguém trazer elementos para ela.	Reflexão devido aos debates

23	<p>C: Eu tendo a achar que esse questionário ele é uma sensibilização para uma discussão e não a reflexão em si, no fundo é isso, assim. Agora, posso estar sendo exagerada, porque eu tô pensando não em mim, eu tô pensando no... na minha sala, por exemplo, né, nos meus colegas de sala. No caso, pra mim, que já fiz essas reflexões... por exemplo [...] como algumas outras pessoas com quem eu convivo mais, aí eu acho que ele sozinho dá conta de você voltar a essas reflexões e talvez avançar nelas. Mas, assim, no caso da maioria dos estudantes da minha sala de Metodologia II, eu acho que ele é uma sensibilização e não mais que isso.</p>	<p>Para quem já pensou a respeito, o heurístico contribui por trazer, novamente, certas reflexões. Para os demais, considera que seria uma sensibilização.</p>	<p>Reflexão ao responder</p>
24	<p><i>F: Você quer olhar o que você fez antes e olhar o que você fez agora?</i></p> <p>C: Ai, eu acho que eu não quero, porque eu acho que vou ficar meio incomodada porque as coisas não vão bater e eu prefiro nem olhar. [risos]</p> <p>[...]</p> <p><i>F: Nesse questionário aqui você não respondeu algumas questões, foi por querer?</i></p> <p>C: Não. Foi porque elas eram muito difíceis e eu acho que a gente não tinha tempo, eu falei “ah, meu, não consigo”.</p> <p><i>F: Tá. Dessa vez você respondeu tudo, né?</i></p> <p>C: Respondi. Mas eu continuo achando difícil. É que eu acho que num primeiro momento essa coisa da... na primeira vez que eu peguei o questionário, essa coisa de... da contradição e tudo mais ela é muito mais difi... ela tava muito mais difícil para mim e aí você vai e fala “não, pô, faz parte, vamos lá”. Mas eu continuo achando ele difícil, assim.</p>	<p>Busca por coerência. Inicialmente, inclusive, deixou de responder algumas questões por achar difíceis, não queria ser incoerente.</p>	<p>Busca por coerência ao responder</p>

**Quadro 21 – Trecho da entrevista da estudante 2, relacionado ao bloco “incentivador de novas reflexões e estudos”**

<b>Número atribuído</b>	<b>Unidades de análise</b>	<b>Sentido</b>	<b>Tema/categoria</b>
25	C: [...] meu marido é físico também, então a gente... depois que eu fiz a primeira vez o questionário eu fiquei discutindo com ele em casa sobre a... principalmente aquela questão do elétron e da cadeira que a Taís [nome fictício de colega que também participou da atividade] tem uma visão que é muito diferente da minha, então eu fui discutir com ele o que ele achava ou não achava, qual era a visão dele da coisa, então foi legal nesse sentido.	Responder ao heurístico incentivou-a a procurar outra pessoa para conversar sobre elementos dele.	Heurístico como incentivador

**Quadro 22 – Trechos da entrevista da estudante 2, relacionados ao bloco “reflexões no passado”**

<b>Número atribuído</b>	<b>Unidades de análise</b>	<b>Sentido</b>	<b>Tema/categoria</b>
26	C: Então, eu tive algumas disciplinas que falaram um pouco sobre isso. De forma geral, eu lembro muito do Prof. M, né, que é professor lá da física que tem um viés mais de discutir um pouco sobre isso. Eu não tive aula com ele, mas eu cheguei a assistir algumas aulas dele de cursos que eu não estava matriculada, e eu lembro de fazer um pouco dessa discussão sobre o real em algum momento. Eu não sei se foi ele ou se foi alguma coisa que eu assisti dele, ou se foi a Profa. J, que é alguém com quem eu tive aula, ou porque exatamente teve, mas eu lembro de ter alguma coisa nesse sentido. E aí quando eu fui fazer a licenciatura, que eu fiz o curso do Prof. C de “Elementos e Estratégias”, a gente leu... eu entrei em contato com o trabalho do Thomas Kuhn e aí naquele momento para mim esse tipo de questionamento fez muito sentido. Mas é que eu tava num momento muito peculiar também da minha formação, foi o momento em que eu estava muito na crise com a carreira acadêmica e com a forma como as coisas são feitas na carreira acadêmica. E daí discutir a ciência e as verdades da ciência foi uma coisa que pra mim foi muito importante.	Reflexões se deram por incentivo de professores em disciplinas cursadas na graduação ou em disciplina que ela não estava matriculada, mas assistiu algumas aulas.	Incentivo de professores/ disciplinas

27	C: [...] eu acho que uma das primeiras vezes que eu comecei a questionar os resultados da física, foi... eu não sei se eu estava fazendo Quântica I ou Quântica II, que eu comecei a pensar na coisa de todos os modelos da Física Moderna e as formas como a Física Moderna explica as coisas, eu falei assim “eu entendo o que isso explica o resultado, mas não faz sentido o mundo ser desse jeito”.	Questionamentos próprios, durante a graduação em bacharelado em física, sobre a caracterização que a física fazia do mundo.	Questionamentos próprios
28	C: E no meu trabalho de doutorado isso era muito crítico, porque eu trabalhava com... com ótica aplicada a coisas biológicas. Então a quantidade de pressupostos da questão biológica, da minha amostra biológica, que eu tinha que levar em conta, que eu falava que eu sabia que... que não era aquilo e que dependendo de como essa coisa avançasse, tipo os meus resultados na verdade não faziam sentido, assim, era uma coisa muito tênue que eu tive que aprender a lidar com ela, sabe, porque, enfim, a gente não consegue dar conta de uma amostra tão... tão complexa e a gente faz simplificação e é o que a gente consegue fazer. Mas a gente até certo... sei lá... até certo tanto a gente consegue explicar as coisas com essas simplificações. E.. e então... enquanto... enquanto elas dão conta elas são válidas.	Formação na pós-graduação permitiu entender que a ciência trabalha com simplificações.	Trajetória formativa

**Quadro 23 – Trechos da entrevista da estudante 2, relacionados ao bloco “ideias e concepções apresentadas pelo estudante”**

<b>Número atribuído</b>	<b>Unidades de análise</b>	<b>Sentido</b>	<b>Tema/categoria</b>
29	C: E aí foi uma época que eu comecei a falar assim “tá bom, antes eu falava que gostava de fazer física por que eu gostava de entender como as coisas são”. E daí eu comecei a falar assim, “bom, a física não explica exatamente como elas são, ela explica certos fenômenos”, mas num... nem acho... não sei se isso é exatamente como a natureza é, né.	Entende que a física tem limites explicativos.	Noções sobre a ciência

30	<p>C: Então eu acho que essa coisa de... de... e acho que por eu ter seguido uma carreira no mestrado e no doutorado de ir para a área de física experimental, essa coisa do modelo e de como o modelo interfere nas suas medidas e na sua interpretação dos resultados, para mim é realmente uma coisa muito clara.</p> <p><i>F: Mas não te sensibiliza nem um pouco de achar que mesmo sendo um modelo, de haver uma dependência teórica nos resultados experimentais, que existe alguma coisa lá que o modelo apreenda?</i></p> <p>C: Não, não, eu acho que, assim, que... que... é que eu acho que junta coisa de... de... tipo eu sei que isso é um modelo e eu sei que a minha interpretação ela tá ligada ao modelo. Então... pode ser que eu tenha um modelo que, por acaso, explique isso aqui e depois a gente vai ver que ele não explica um monte de outras coisas e ele vai... essas coisas que eu tô... tô interpretando agora elas na verdade estão erradas. E aí eu acho que tem um pouco da coisa do Kuhn também nisso, né, de começar a questionar mais as coisas que estão muito firmes. Mas eu acho que, ao mesmo tempo, eu acho que, também por causa da minha formação, e talvez um pouco dessa coisa da verdade científica, enquanto o modelo ele explica, ele é uma verdade válida. Eu sei que é assim... é muito engraçado porque é uma coisa do tipo “ah... ele é válido até que se prove que ele não é válido”, mas nesse meio tempo eu entendo ele como uma coisa válida, apesar de eu saber que tem um monte de pressupostos relacionados.</p>	Entende que o tipo de modelo utilizado influencia os resultados obtidos. E que o modelo, enquanto mantém seu poder explicativo, caracteriza uma verdade válida.	Realidade/verdade de entidades ou teorias científicas
31	<p>C: [...] eu tenho um pé atrás, mas é um pé atrás no sentido assim: enquanto aquilo está funcionando, aquilo de fato é verdade. E, assim, e o fóton existe, e o elétron está lá e a relatividade também. Então todas essas coisas elas de fato existem, até a hora que a gente vê que ela não explica alguma coisa e fala “putz tem alguma coisa errada”, e aí você começa a cavar e talvez aquela teoria não funcione mais. Então tá bom, a gente estava errado nisso e talvez essas coisas não existem, mas eu acho que enquanto as teorias estão funcionando, elas de fato são reais, assim. Mas, ao mesmo tempo, é um real que... tipo.. que não é um real que é eterno, eu acho que é mais ou menos isso, assim. Que é o que eu acho que o que Kuhn trouxe para mim, né, ele é real mas... pode ser que não.</p>	Na ciência o real é provisório, algo é considerado real enquanto a teoria ou o modelo “funcionam”.	Realidade/verdade de entidades ou teorias científicas

Sobre o **processo de responder ao heurístico**, enquanto o estudante 1 manifestou a existência de uma sensação de desconforto quando respondeu, a estudante 2, Cibele, disse ter ficado “agoniada”. Isso se deu na conversa que houve após a primeira aplicação do instrumento. Na entrevista, ao ser perguntada sobre isso, ela disse:

*[...] eu tenho uma questão de querer definir algumas coisas antes. Então quando você me pergunta a primeira vez se as coisas existem ou não existem, mas, bom, existe em que sentido? Em que parâmetro você está falando? Porque se você falar de uma coisa muito, muito, sei lá, senso comum, elas existem. Mas, assim, se você... se a gente começar a querer discutir o que é realidade, então eu preciso muito... Eu fico agoniada porque assim, eu não sei o que significa o existir para você, então enquanto eu não sei isso, eu tenho dificuldade em responder. (trecho 18)*

Ou seja, se sentiu agoniada por faltar um parâmetro, um “contexto” para as respostas que seriam dadas e, com essa falta, ela não saber o que se esperava dela nas respostas. Esse trecho, foi classificado na categoria “*Sensação/emoção/estado*” e também sugere que ela não “aceitou” imediatamente expor o que ela pensava sobre as questões do heurístico, já que ficou em uma posição de querer encontrar uma resposta que estaria sendo esperada. No entanto, no trecho 19, que se encontra abaixo, ela aponta que entendeu que o parâmetro para as respostas teria de vir dela mesma. Com essa percepção, em um primeiro momento ela define para ela mesma seus próprios conceitos e passa a responder a partir disso. Ela disse que

*[...] a partir do momento que eu vou entendendo que as definições são minhas, eu passo... eu tenho a sensação de que num primeiro momento eu respondo as coisas tentando definir os meus conceitos, e a partir do momento em que eu defino para mim o que... como que tá cada coisa, as perguntas seguintes elas ficam muito fáceis de serem respondidas, porque elas estão baseadas naquilo que eu respondi anteriormente sobre quais que são os meus... os meus parâmetros. (trecho 19)*

Esse trecho, categorizado em “*Reflexão ao responder*”, indica justamente que houve um processo reflexão ao responder ao heurístico, levando-a a esclarecer para ela mesma o que ela pensava sobre aquilo que estava sendo posto. Cibele disse que responder mais vezes permitiu uma “evolução”. No trecho 20, classificado em “*Reflexão ao responder mais vezes*”, aparece a seguinte fala dela:

*Então eu tenho a sensação de que nessa última vez que eu respondi eu tenho uma evolução de... de... dentro do próprio questionário, assim, do que eu estou fazendo.*

*Eu começo definindo e depois eu... eu respondo em cima dessas definições. (trecho 20)*

A fala que aparece nesse trecho 20 veio logo após aquela do trecho 19, ou seja, uma é sequência da outra. Assim, quando no trecho 20 ela se refere a uma “evolução” no que ela “está fazendo”, entendemos que é o que está citado no trecho anterior, ou seja, o processo de definir seus próprios conceitos e, a partir deles, responder ao heurístico. Dessa forma, essa evolução se refere ou a ela conseguir definir melhor o que pensava ou ao próprio processo de responder, que também dependia de suas definições. De todo modo, isso indica uma evolução no próprio esclarecimento da aluna.

Ainda sobre o processo reflexivo proporcionado pelo instrumento, no trecho 21, também categorizado em “*Reflexão ao responder*”, a aluna fala diretamente que o heurístico, para alguém que já pensou a respeito das questões dele, contribui por trazer novamente certas reflexões. Ou seja, ela confirma que o instrumento proporciona essas reflexões. No entanto, ainda nesse trecho 21, ela faz uma avaliação do que seria, na opinião dela, o heurístico sendo respondido pelos seus colegas do curso de licenciatura. Ela inicialmente diz que acha que ele não seria válido para alguém no início da graduação e quando é dito a ela que o instrumento foi pensado para quem havia passado por uma formação em física, ela diz:

*Eu acho que o problema não é você ter tido a formação em física ou não, eu acho que o problema é que se você nunca pensou sobre isso, você refletir sozinho sem ter alguém para discutir isso com você, não vai resolver a questão, sabe, porque é muito abstrato. Então eu acho que se você não passa por uma discussão além da reflexão, é muito difícil você conseguir... você conseguir levar isso para frente, sabe, você conseguir evoluir nesse sentido. (trecho 21)*

Essas ideias expressas por ela são postas novamente na fala que aparece no trecho 23, também classificado na categoria “*Reflexão ao responder*”:

*Eu tendo a achar que esse questionário ele é uma sensibilização para uma discussão e não a reflexão em si, no fundo é isso, assim. Agora, posso estar sendo exagerada, porque eu tô pensando não em mim, eu tô pensando no... na minha sala, por exemplo, né, nos meus colegas de sala. No caso, pra mim, que já fiz essas reflexões... por exemplo [...] como algumas outras pessoas com quem eu convivo mais, aí eu acho que ele sozinho dá conta de você voltar a essas reflexões e talvez avançar nelas. Mas, assim, no caso da maioria dos estudantes da minha sala de*

*Metodologia II, eu acho que ele é uma sensibilização e não mais que isso. (trecho 23)*

Como dissemos, aqui ela reafirma o que já havia falado, que o heurístico pode servir para trazer reflexões somente para quem já pensou a respeito das ideias colocadas nele. E que, para a maioria dos colegas (considerando que não haviam refletido sobre isso ainda) funcionaria como uma sensibilização.

Nesses dois últimos trechos apresentados, Cibele avalia não só o que foi para ela responder ao instrumento, mas também qual seria função dele para seus colegas, colocando-se aqui em uma posição diferente da deles. Isso possivelmente veio do fato de ela já possuir uma trajetória formativa mais longa que a dos demais.

No trecho 21, na parte final, ela diz que considera necessário passar por uma discussão conduzida por alguém para ser possível se inteirar de questões como as que aparecem no heurístico. Ou seja, ela entende que uma eventual reflexão solitária não seria suficiente e, por isso, que o instrumento serviria somente como uma sensibilização para os que ainda não tiveram contato com esse tipo de discussão. Perguntada sobre as discussões que ocorreram após eles terem respondido o heurístico, quando o professor da disciplina pediu para que falassem sobre o que responderam, ela disse:

*Eu acho elas rasas, mas eu acho que elas podem ser um start disso, mas eu acho elas rasas. Eu acho que para fazer uma discussão de verdade, você tem que gastar, sei lá, uma aula discutindo o que é realidade, realidade para quem, discutir, sei lá... no meu caso que tenho uma questão com Kuhn muito grande, discutir essas ideias de... de... das... das verdades da ciência, sabe. Então eu acho que tem que ser um processo mais longo. (trecho 22)*

O trecho acima, categorizado em “*reflexão devido aos debates*”, a aluna aponta que os debates em sala foram insuficientes, que seria necessário um processo mais longo, havendo uma discussão mais direcionada sobre certos conceitos, o que não foi feito com o heurístico.

Finalmente, assim como aconteceu com Ricardo, Cibele também buscou coerência ao responder ao instrumento. No trecho 24, categorizado em “*Busca por coerência ao responder*”, ela diz que ficaria incomodada se olhasse o que respondeu na primeira aplicação (considerando que não seria a mesma coisa que colocou na terceira). Mas, perguntada sobre o porquê de ela ter deixado algumas questões sem responder na primeira vez, ela diz que não

conseguiu porque eram muito difíceis. Na terceira ocasião em que respondeu ao instrumento, ela deu respostas para todas as questões, mas disse:

*Mas eu continuo achando difícil. É que eu acho que num primeiro momento essa coisa da... na primeira vez que eu peguei o questionário, essa coisa de... da contradição e tudo mais ela é muito mais difi... ela tava muito mais difícil para mim e aí você vai e fala “não, pô, faz parte, vamos lá”. Mas eu continuo achando ele difícil, assim. (trecho 24)*

Talvez o que a tenha deixado “agoniada” inicialmente, querendo um parâmetro para responder o heurístico, tenha sido a busca por não entrar em contradição. Na fala que aparece no trecho 24, a dificuldade que ela cita se refere a responder ao instrumento, mas também à busca por não entrar em contradição.

Ainda sobre terem ficado questões sem resposta na primeira vez e tudo ter sido respondido depois, como para ela o processo de responder envolveu uma definição para si mesma do que ela pensava (trecho 19), podemos considerar que ter respondido tudo no final seja mais um indicativo de que realmente existiu um processo reflexivo, pelo menos quanto ao esclarecimento das próprias ideias.

Em relação ao heurístico servir como **incentivador de novas reflexões e estudos**, respondê-lo incentivou-a a procurar outra pessoa para conversar sobre os assuntos abordados. Ela coloca:

*[...] meu marido é físico também, então a gente... depois que eu fiz a primeira vez o questionário eu fiquei discutindo com ele em casa sobre a... principalmente aquela questão do elétron e da cadeira que a Taís [nome fictício de colega que também participou da atividade] tem uma visão que é muito diferente da minha, então eu fui discutir com ele o que ele achava ou não achava, qual era a visão dele da coisa, então foi legal nesse sentido. (trecho 25)*

Esse trecho mostra que ela buscou um interlocutor, considerado qualificado, para continuar a conversar sobre certas afirmações do heurístico, o que indica que, de certa forma, ela continuou pensando sobre as afirmações.

Sobre as **reflexões no passado**, a estudante tratou disso em três ocasiões distintas da entrevista. Na primeira vez, ela apontou que reflexões se deram por incentivo de professores em algumas aulas. Ela disse:

*Então, eu tive algumas disciplinas que falaram um pouco sobre isso. De forma geral, eu lembro muito do Prof. M, né, que é professor lá da física que tem um viés mais de discutir um pouco sobre isso. Eu não tive aula com ele, mas eu cheguei a assistir algumas aulas dele de cursos que eu não estava matriculada, e eu lembro de fazer um pouco dessa discussão sobre o real em algum momento. Eu não sei se foi ele ou se foi alguma coisa que eu assisti dele, ou se foi a Profa. J, que é alguém com quem eu tive aula, ou porque exatamente teve, mas eu lembro de ter alguma coisa nesse sentido. E aí quando eu fui fazer a licenciatura, que eu fiz o curso do Prof. C de “Elementos e Estratégias”, a gente leu... eu entrei em contato com o trabalho do Thomas Kuhn e aí naquele momento para mim esse tipo de questionamento fez muito sentido. Mas é que eu tava num momento muito peculiar também da minha formação, foi o momento em que eu estava muito na crise com a carreira acadêmica e com a forma como as coisas são feitas na carreira acadêmica. E daí discutir a ciência e as verdades da ciência foi uma coisa que pra mim foi muito importante. (trecho 26)*

Esse trecho lança luz sobre a questão de ela considerar que, além de simplesmente responder ao heurístico, para haver um entendimento sobre aquilo que é abordado nele, é necessário que haja uma discussão mais aprofundada sobre suas questões, como uma discussão sobre o que é realidade, por exemplo. Isso porque parece que esse tipo de debate foi um aspecto importante da sua trajetória. E foi por intermédio dessas discussões, trazidas por professores, que ela tomou contato com a obra de Thomas Kuhn, que parece ser considerada importante por ela.

Na segunda vez em que ela tratou de reflexões no passado, ela falou de questionamentos que fez durante o bacharelado, sobre a caracterização que a física fazia do mundo. Isso aparece no trecho 27, classificado na categoria “*Questionamentos próprios*”. Nesse trecho ela afirma que apesar de a Física Moderna e seus modelos conseguirem explicar certas coisas, para ela não fazia sentido o mundo ser daquele jeito. Ou seja, esse parece ter sido um momento em que ela passou a pensar que a física não necessariamente explica como as coisas são, conforme aparece no trecho 29, que será tratado adiante.

Finalmente, na terceira vez que ela falou de reflexões no passado, categorizamos a fala dela em “*Trajetória formativa*”, já que ela colocou que sua formação na pós-graduação permitiu entender que a ciência trabalha com simplificações. Ela disse:

*E no meu trabalho de doutorado isso era muito crítico, porque eu trabalhava com... com ótica aplicada a coisas biológicas. Então a quantidade de pressupostos da questão biológica, da minha amostra biológica, que eu tinha que levar em conta, que eu falava que eu sabia que... que não era aquilo e que dependendo de como essa coisa avançasse, tipo os meus resultados na verdade não faziam sentido, assim, era uma coisa muito tênue que eu tive que aprender a lidar com ela, sabe, porque, enfim, a gente não consegue dar conta de uma amostra tão... tão complexa e a gente faz simplificação e é o que a gente consegue fazer. Mas a gente até certo... sei lá... certo tanto a gente consegue explicar as coisas com essas simplificações. E.. e então... enquanto... enquanto elas dão conta elas são válidas. (trecho 28)*

Em relação às **ideias e concepções apresentadas pela estudante**, três trechos de alguma forma trataram desse ponto: trechos 29, 30 e 31. O 29 foi classificado na categoria “Noções sobre a ciência” e os demais em “Realidade/verdade de entidades ou teorias científicas”. Esses trechos tratam de como Cibele entende a relação da física com o mundo. O trecho 29 aponta a ideia dela de que a física possui limites explicativos, ou seja, ela não trata exatamente de “como as coisas são”, mas explica certos fenômenos. Ela disse:

*E aí foi uma época que eu comecei a falar assim “tá bom, antes eu falava que gostava de fazer física por que eu gostava de entender como as coisas são”. E daí eu comecei a falar assim, “bom, a física não explica exatamente como elas são, ela explica certos fenômenos”, mas num... nem acho... não sei se isso é exatamente como a natureza é, né. (trecho 29)*

Esse trecho indica, ainda, que antes desse momento relatado ela possuía uma noção ingênua sobre a física, considerando-a como um reflexo do mundo.

No trecho 30, a seguir, ela mostra possuir clareza em relação à questão de as investigações científicas serem orientadas pelas teorias ou modelos utilizados. A aluna disse:

*[...] acho que por eu ter seguido uma carreira no mestrado e no doutorado de ir para a área de física experimental, essa coisa do modelo e de como o modelo interfere nas suas medidas e na sua interpretação dos resultados, para mim é realmente uma coisa muito clara.*

*[...] eu sei que isso é um modelo e eu sei que a minha interpretação ela tá ligada ao modelo. Então... pode ser que eu tenha um modelo que, por acaso, explique isso aqui e depois a gente vai ver que ele não explica um monte de outras coisas e ele*

*vai... essas coisas que eu tô... tô interpretando agora elas na verdade estão erradas. E aí eu acho que tem um pouco da coisa do Kuhn também nisso, né, de começar a questionar mais as coisas que estão muito firmes. Mas eu acho que, ao mesmo tempo, eu acho que, também por causa da minha formação, e talvez um pouco dessa coisa da verdade científica, enquanto o modelo ele explica, ele é uma verdade válida. Eu sei que é assim... é muito engraçado porque é uma coisa do tipo “ah... ele é válido até que se prove que ele não é válido”, mas nesse meio tempo eu entendo ele como uma coisa válida, apesar de eu saber que tem um monte de pressupostos relacionados. (trecho 30)*

Vemos que, para Cibele, o tipo de modelo utilizado influencia os resultados obtidos – ela atribui esse seu entendimento à sua trajetória formativa em física experimental – e que os modelos utilizados possuem validade histórica. Além disso, vemos que para ela enquanto um modelo mantém seu poder explicativo, ele caracterizaria uma verdade válida. E a noção de que na ciência o real é provisório, ou seja, algo somente é considerado real enquanto a teoria ou o modelo “funcionam”, é expressa por ela no trecho 31, quando diz:

*[...] eu tenho um pé atrás, mas é um pé atrás no sentido assim: enquanto aquilo está funcionando, aquilo de fato é verdade. E, assim, e o fóton existe, e o elétron está lá e a relatividade também. Então todas essas coisas elas de fato existem, até a hora que a gente vê que ela não explica alguma coisa e fala “putz tem alguma coisa errada”, e aí você começa a cavar e talvez aquela teoria não funcione mais. Então tá bom, a gente estava errado nisso e talvez essas coisas não existem, mas eu acho que enquanto as teorias estão funcionando, elas de fato são reais, assim. Mas, ao mesmo tempo, é um real que... tipo.. que não é um real que é eterno, eu acho que é mais ou menos isso, assim. Que é o que eu acho que o que Kuhn trouxe para mim, né, ele é real mas... pode ser que não. (trecho 31)*

Aqui aparece uma espécie de “realismo crítico”, que considera reais as entidades aceitas pela ciência, mas deixando aberta a possibilidade de estamos errados quanto a elas.

No geral, ela parece tratar as entidades como reais, mas sabendo que é um real que não é um “reflexo” do mundo, mas uma caracterização de certos aspectos dele, que possui certas limitações. Essa noção sobre o conhecimento científico ser real também foi manifestada em certas respostas dadas por ela no heurístico, como nas afirmações 19 (que inicialmente foi 3, mas depois foi 5) e 21 (5 e 5).

A noção da existência de certa dependência teórica dos resultados científicos, que foi manifestada pela estudante, tendo em vista que a caracterização da realidade científica é feita por meio da utilização de teorias e modelos, também pode ser relacionada a algumas das respostas dadas por ela no heurístico. Em certo sentido, podemos apontar nesse caso as repostas às afirmações 10 (4 e 5), 11 (5 e 5), 13 (5 e 5), 15 (5 e 5), 16 (SR e 4), 17 (4 e 5), 18 (4 e 4) e 20 (4 e 4).

A diferença entre a realidade da ciência, que possui uma dependência teórica, e aquilo que é percebido diretamente pelos sentidos, que seria um real “objetivo” – ideia essa que foi expressa em uma fala após a primeira aplicação do heurístico –, pode se relacionar com as respostas dadas às afirmações 8 (1 e 1), 14 (4 e 5). Mas, como já apontamos, para a estudante isso não significa que os resultados da ciência não sejam reais.

Nas afirmações 5 e 6 do heurístico a aluna colocou como respostas “1 e 1”. Isso, conforme ela disse em uma discussão na sala de aula, foi por ser ateia. A afirmação 4, apesar de não ter sido respondida na primeira vez, também pode entrar aqui (SR e 1)

A questão da verdade científica, tratada pela aluna no trecho 31, ajuda a entender a razão de ela ter respondido “4” à afirmação 1 do heurístico na primeira vez em que ela respondeu. No entanto, ela mudou para “3” na outra ocasião, sem que saibamos o porquê. A mesma coisa acontece para a afirmação 2, que inicialmente foi assinalada “1”, coerente com seu ateísmo, mas depois também foi para “3”. Talvez esse “3” nas duas afirmações tenham tido uma origem comum, que não identificamos.

Ainda em relação à verdade de alguma afirmação da ciência, Cibele disse que considera essa verdade somente enquanto os modelos ou teorias “funcionam”, como aparece no trecho 31. No entanto, na afirmação 9 do heurístico (afirmações científicas serem verdadeiras da mesma forma que são verdadeiras as evidências dos sentidos em relação aos objetos do dia a dia) ela respondeu “2 e 2”. Se considerarmos a noção de verdade científica manifestada por ela, bem como sua noção do real “objetivo” que é percebido pelos sentidos, a resposta dada para a afirmação 9 não está coerente. No entanto, se considerarmos que ela tenha entendido que a afirmação 9 esteja tratando a verdade científica e a verdade “cotidiana” como se fossem a mesma coisa, responder “2 e 2” faria sentido em relação às ideias já apresentadas por ela.

#### 8.4.3 – Estudante 3

A estudante 3, chamada de Silvia neste trabalho, mora na cidade de São Paulo e, segundo ela, estava “dando algumas aulas”. No entanto, sua situação parecia ser provisória, já que disse que pretendia mudar de cidade logo. Não afirmou ser professora, mas que estava dando aulas, o que talvez tenha sido uma forma de indicar o caráter transitório da sua situação. Quando ocorreu a entrevista, ela estava no último semestre do curso de licenciatura em física, faltando apenas saber a nota da disciplina Metodologia do Ensino de Física II para confirmar que havia terminado o curso. Essa era sua primeira graduação. Disse ter escolhido cursar física porque queria ser professora, mas parece que nunca gostou muito da física em si. Mesmo depois de ter feito o curso todo, não parecia empolgada com a área, dizia apenas que era algo interessante, mas demonstrando pouca atração pelo conteúdo. Afirmou que se sentia mais empolgada por fotografia, mas também não demonstrou querer trabalhar com isso. É uma pessoa religiosa, com suas crenças sendo fortes o suficiente para serem colocadas em primeiro plano, até quando pensa sobre questões científicas.

Na primeira aplicação do heurístico houve uma fala da estudante dizendo entender que cadeiras e elétrons eram diferentes devido às diferentes formas de acesso que se tem a eles e, ainda, que isso seria suficiente para compreender a questão. Essa fala veio após ela ter dito que sentiu falta de uma definição de “real” para responder ao heurístico e ter obtido como resposta que não se buscava dar definições de antemão, mas sim que os estudantes usassem suas próprias.

**Quadro 24 – Respostas ao heurístico dadas pela estudante 3**

<b>Afirmção do heurístico</b>	<b>Resposta dada 1ª vez</b>	<b>Resposta dada 3ª vez</b>
1	4	2
2	5	4
3	2	4
4	2	4
5	4	4
6	4	5
7	2	2
8	2	2
9	3	2
10	4	2
11	4	4
12	3	2
13	5	4
14	3	2
15	4	4
16	2	2
17	4	4
18	3	4
19	2	2
20	4	4
21	4	4
22	4	2

Quadro 25 – Trechos da entrevista da estudante 3, relacionados ao bloco “processo de responder ao heurístico”

Número atribuído	Unidades de análise	Sentido	Tema/categoria
32	<p>S: Ah, então... Sei lá. O questionário em si... Realmente não dá para responder “sim” ou “não” muito rápido, ou “um” ou “três”... Ainda mais porque tem umas palavras chave dentro das perguntas que você fica assim “tá, calma”. Da mesma maneira o... Ah, elas meio que vão te direcionando, aí você para pra pensar, ainda mais quando essas palavras chave, se realmente o que está sendo dito é o que você pensa, o que você acredita, tá? Porque fica meio... É meio chato responder.</p> <p><i>F: Sei, imagino.</i></p> <p>S: Mas é porque eu não gosto muito assim. Ainda mais quando...</p> <p><i>F: Desculpa, eu não entendi.</i></p> <p>S: É porque eu não gosto muito de ficar lendo e relendo.</p> <p><i>F: Ah, tá.</i></p> <p>S: Mas só por isso. Mas ainda mais quando você está respondendo e respondendo, e aí tem uma das perguntas que fala “ah, alguma coisa se tem posição neutra”. Dai depois você olha isso e aí você pensa “hum, será que eu coloquei algum três”? Porque o três seria supostamente uma posição neutra, porque não discorda e nem concorda, mas...</p>	<p>Para responder o heurístico foi necessário refletir sobre as afirmações e sobre seu entendimento das questões postas.</p>	<p>Reflexão ao responder</p>
33	<p><i>F: Bom, como foi responder esse questionário, para você? A primeira vez e depois a segunda? Veja, colocar ele de novo é como tentar colocar de novo para pensar. Mas diga como foi a primeira vez e depois também.</i></p> <p>S: Teve três vezes, só que a segunda a gente respondeu em grupo e poucas questões.</p> <p><i>F: Foi.</i></p> <p>S: Eu acho que essa última vez foi... “Tá, tudo bem”. Eu já sei mais ou menos o questionário, eu não lembrava direito das questões, mas eu sabia qual era a ideia, então, tudo bem, eu respondo.</p>	<p>Responder mais vezes tornou mais fácil.</p>	<p>Reflexão ao responder mais vezes</p>

34	<p>[sobre a primeira vez que teve contato com o heurístico]</p> <p>S: Aí a primeira foi “o que, como assim?”. Tipo... Como assim alguém quer saber alguma coisa relacionada a isso? Foi meio que chocante, só. Porque...</p> <p>[...]</p> <p>S: As questões postas são um pouco complicadas, mas eu acho que o mais surpreendente foi colocar numa aula de metodologia... Por mais que, ah... tudo bem... você foi lá “eu sou aluno do Maurício, respondam para mim, por favor”, tudo bem. Só que foi na física! Assim, na graduação alguém veio fazer um tipo de questionário desse jeito. Eu acho que isso, na verdade, foi o mais surpreendente, por causa das perguntas. E responder em grupo... Eu caí num grupo em que as pessoas tinham opiniões parecidas, então não foi tão difícil, não teve muitos argumentos contra.</p>	Heurístico foi surpreendente, já que ela considerava que esse tipo de discussão não faz de uma aula de metodologia.	Sensação/emoção/estado
35	<p><i>F: Tá. E responder a terceira vez, hoje, foi mais tranquilo?</i></p> <p>S: Foi. Foi até porque eu tinha lembrado de coisas que eu respondi na época, na primeira vez. Então isso ajudou um pouco.</p>	Responder mais vezes tornou mais fácil.	Reflexão ao responder mais vezes
36	<p><i>F: Você acha que esse questionário contribuiu com algum tipo de reflexão para você? Assim... Ajudou você a pensar em alguma coisa que você não havia pensado?</i></p> <p>S: Ah, eu já tinha pensado. Mas sempre tem um pouco de reflexão, mesmo assim. Ainda mais, não sei... Acho que a parte que pega mais é que eu tenho uma crença, e eu estou estudando física, e muitas vezes tem coisas que ficam assim... Até que ponto as duas têm uma separação ou, na verdade, até que ponto eu posso falar assim “calma, a ciência está aqui e o que eu acredito está aqui”. Então acho que isso é uma das coisas que mais vem à cabeça quando se responde esse questionário.</p>	Heurístico contribuiu para reflexão sobre as relações entre ciência e sua religião.	Reflexão ao responder
37	<p><i>F: As conversas sobre ele, de alguma forma mudaram alguma coisa pra você? Ajudaram? A discussão... Não sei se no grupo ou a discussão geral... Não sei se aquilo foi bom, até que ponto você achou que aquilo esclareceu alguma coisa?</i></p> <p>S: Ah, eu acho que mais na questão de “ah, refletir um pouco”, não na questão de “ah, me ajudou em alguma coisa assim”. As discussões lá na sala foram interessantes porque tem muita gente com</p>	Debates contribuíram para ver o ponto de vista dos outros, mas não a ajudaram.	Reflexão devido aos debates

	opinião bem contrária à minha, mas é legal ver o ponto de vista deles, o porquê eles pensam daquele jeito.		
--	--	--	--

**Quadro 26 – Trecho da entrevista da estudante 3, relacionado ao bloco “incentivador de novas reflexões e estudos”**

<b>Número atribuído</b>	<b>Unidades de análise</b>	<b>Sentido</b>	<b>Tema/categoria</b>
38	<p>S: Ah, na verdade... Isso aqui, em si, não deu, assim, mais desejo de tentar descobrir mais alguma outra coisa, mas é mais que... Quando tem alguma coisa de ciência com filosofia, a ideia que está por trás, isso sim me interessa.</p> <p>[E se referindo sobre “aspectos pessoais” ou históricos do conhecimento científico, ela diz].</p> <p>S: E isso eu acho que é uma das partes mais interessantes.</p>	Heurístico, em si, não a impeliu a querer saber mais, mas disse se interessar por questões históricas e filosóficas da ciência.	Heurístico como incentivador

**Quadro 27 – Trecho da entrevista da estudante 3, relacionado ao bloco “reflexões no passado”**

<b>Número atribuído</b>	<b>Unidades de análise</b>	<b>Sentido</b>	<b>Tema/categoria</b>
39	<p><i>F: A questão era assim “será que colocar essas coisas é importante?”. Minha preocupação era mais essa porque esse tipo de questão, muitas vezes, não é posta pra gente.</i></p> <p>S: Acho que nunca é posta. É bem difícil, na verdade.</p> <p><i>F: Esse tipo de reflexão, então, é uma coisa que você nunca tinha tido, então, pelo que você está falando?</i></p>	Considera que as questões como as do heurístico não são colocadas aos estudantes. Mas certas reflexões se deram devido a	Incentivo de professores/ disciplinas

<p>S: Ah, devo ter tido... Acho que mais, porque eu fiz uma matéria, acho que era História... Não. Evolução dos Conceitos da Física. Então por mais que não tenha sido trabalhado desse jeito, de alguma maneira ou outra você acaba pensando um pouquinho mais.</p> <p><i>F: Foi uma disciplina só, na graduação, que lidou com isso de alguma forma?</i></p> <p>S: Acho que foi. Com mais... Com, meio assim... Eu poderia falar até que eu fiz psicanálise aqui, e também acaba fritando a sua cabeça, porque vai muito de encontro com muitas coisas que você vê durante a graduação.</p> <p><i>F: De encontro que você diz é o contrário?</i></p> <p>S: É.</p> <p><i>F: Como assim?</i></p> <p>S: Ah, porque assim... A disciplina que eu fiz foi Psicanálise na Educação e Cultura. Daí, basicamente, todas as coisas que você vê nas disciplinas de Educação, durante a graduação de física, eles falam de todas as teorias e de como deve ser... E talvez tenha sido esse professor específico... Ele pega e fala “isso tudo é, tipo, baboseira, basicamente”. Aí você pensa “calma, eu vi durante quatro anos isso, e ele está falando durante um mês que isso não é bem assim... Mas como assim?”.</p> <p><i>F: Inclusive a física?</i></p> <p>S: Então, é que ele não usou muito a física.</p> <p><i>F: Ele usou outras teorias educacionais, assim?</i></p> <p>S: É, bem abrangente, não muito especificado...</p> <p><i>F: E tinha uma justificativa para ele falar isso, ou por que a dele funcionava e as outras não?</i></p> <p>S: Ele dava... A justificativa principal era que o jeito que as pessoas tratam das teorias metodológicas e tudo o mais... É como se fosse “ah, isso aqui é meio que melhor, é uma melhor teoria para tal caso, e você deveria usar isso”. E o jeito que ele fala é que assim, não é bem isso. Tem o indivíduo ali na sua frente. Você não pode simplesmente pegar uma teoria e usar, por mais que tenham algumas teorias que falem “ah não, o indivíduo tem toda uma bagagem histórica e tudo o mais”, o caso dele contra isso foi mais que, como era Psicanálise, ele usava mais a</p>	<p>disciplinas cursadas na graduação.</p>	
---	---	--

	justificativa do subconsciente, e que os professores... Ele não dava muito foco para as teorias, mas como o dentro do aluno estava envolvido ou como a imagem do professor e como eles se relacionavam.		
--	---	--	--

**Quadro 28 – Trechos da entrevista da estudante 3, relacionados ao bloco “ideias e concepções apresentadas pelo estudante”**

<b>Número atribuído</b>	<b>Unidades de análise</b>	<b>Sentido</b>	<b>Tema/categoria</b>
40	S: É, porque muitas vezes as pessoas falam assim “não dá para juntar as duas coisas”... “Não dá para você, sei lá, ser um cientista e ter uma religião ou acreditar em alguma coisa”. Só que é possível. Mas até que ponto? Porque eu acho que em algum momento você terá que preferir uma delas, você vai ter que...	Aparece aqui uma espécie de impasse sobre uma possível necessidade de escolha entre uma das duas visões de mundo.	Busca por coerência na visão de mundo
41	S: Tem alguma no final, eu acho... Eu acho que quando é... trazia mais a questão, sei lá, “a ciência e alguma coisa que você vê no dia a dia”, no dia a dia não. Não, é do jeito que você está falando aqui... Ou “é verdade”, daí é mais um jeito de você... de parar e pensar “tá, calma, a ciência como trabalho no dia a dia”. Porque, supostamente... eu acho mais fácil ver coisas, não... É que realmente não dá pra eu tratar tudo, eu tenho que diferenciar. Tratar isso desse jeito, pela ciência, e tratar isso de uma forma mais... sei lá, com alguma outra crença minha. Mas é bem mais fácil ter o negócio da crença vindo primeiro do que a ciência, pra mim. Mas daí é como eu olhar e “tá, você tá falando isso da ciência”, daí vem o que eu tenho na minha cabeça de alguma crença...	Diz que precisa diferenciar o tratamento das coisas, algumas usando a ciência, outras usando sua crença. Mas parece haver um esforço para não colocar as noções religiosas sempre em primeiro plano.	Relação entre elementos/aspectos de diferentes contextos culturais
42	[o trecho inicia com uma referência a uma fala da primeira vez em que ela respondeu ao heurístico.] <i>F: Você falou que a cadeira e o elétron... Teve uma fala sua sobre... Que eles eram acessados de forma diferente, e por isso você colocou que eles não eram reais da mesma forma.</i>	Afirma que entidades da ciência e entes macroscópicos são diferentes por serem acessados de maneiras	Relação entre elementos/aspectos de diferentes contextos culturais

<p>S: É. Eu tinha falado que só pelo jeito de... É, na verdade eu falei que são diferentes levando em consideração os sentidos. Que cadeira, assim, eu vejo, e o elétron, não. É mais isso.</p> <p><i>F: Tá. E a quatorze? O que você colocou agora? [essa questão coloca que objetos do dia a dia e entidades científicas são acessados de maneiras diferentes]</i></p> <p>S: Dois.</p> <p><i>F: Eles não são acessados de maneiras diferentes, né?</i></p> <p>S: Hum...</p> <p><i>F: Você discorda que eles são acessados de maneiras diferentes, quer dizer?</i></p> <p>S: É, então, essa eu deixei por último porque... Eu pus que não, que eles não são acessados de maneiras diferentes.</p> <p><i>F: Não são? Então você concorda, é isso? Desculpa...</i></p> <p>S: Eu discordo.</p> <p><i>F: Então, a questão está falando que os dois são acessados de maneiras diferentes.</i></p> <p>S: Eu falei que discordava, que eles não são acessados de maneiras diferentes. Eles são acessados da mesma maneira. Eu posso acessar entidades físicas e os objetos do dia a dia do mesmo modo.</p> <p><i>F: É isso o que você pensa?</i></p> <p>S: Aham.</p> <p><i>F: Você acabou de falar o contrário pra mim, da cadeira e do elétron.</i></p> <p>S: Então, mas é que, para mim, a diferença é que no oito “considero entidades da ciência como elétrons reais da mesma forma que cadeiras e objetos”... Tá. Isso aqui é mais na percepção de ter que falar. Eu acho que a diferença aqui é por causa do acesso. A da quatorze, para eu falar que eu discordava.</p> <p><i>F: Ah, tá. A questão é o acesso.</i></p> <p>S: É o acesso, simplesmente. Porque eu posso acessar coisas da ciência como o que eu estou vendo aqui da mesma maneira, só por isso.</p>	<p>diferentes. Isso entrou em contradição com outra resposta dada por ela e ao ser questionada, mudou a versão e disse que podem ser acessados da mesma forma.</p>	
---	--	--

43	<p>S: Tá, eu lembro porque eu coloquei dois na dezenove. Ele fala que “penso ser razoável considerar reais as entidades postuladas pelas teorias científicas aceitas”. Eu tinha posto que eu discordava disso, só pela questão de que tem certas coisas que a ciência diz que eu não concordo. Mas daí isso tem a ver com ele não ser a mesma coisa que eu penso da minha, tipo, crença e religião. Por isso.</p> <p><i>F: Ah, tá. Na Física, por exemplo, tem isso?</i></p> <p>S: Na física em si acho que não.</p> <p><i>F: Você pode me dar um exemplo?</i></p> <p>S: Um exemplo? Então... O mais comum de todos os exemplos, sei lá, é a Teoria do Big Bang. Mas isso é uma coisa que eu não concordo e daí é por isso que eu colocaria dois.</p>	Discordou de uma colocação sobre ser razoável considerar reais entidades científicas porque não concorda com certas afirmações da ciência já que elas entram em contradição com suas crenças religiosas.	Relação entre elementos/aspectos de diferentes contextos culturais
44	<p>S: Porque do jeito que eles colocam parece “ah, beleza, eles criaram as teorias e descobriram o porquê acontecem as coisas... Assim, tá, fizeram algum experimento e pronto”. Só que não, tem toda uma parte pessoal ou histórica e tudo que está envolvido e isso eles não colocam.</p>	Indica a existência de aspectos do conhecimento científico que vão além da simples descoberta.	Noções sobre a ciência

Como no caso dos outros dois estudantes, vamos começar tratando do **processo de responder ao heurístico** para Silvia. Sobre esse ponto, o primeiro estudante, Ricardo, falou em desconforto; a segunda, Cibele, disse que ficou agoniada. Já Silvia, disse que o heurístico foi surpreendente. Isso porque ela considerava que esse tipo de discussão não faz parte de uma aula de metodologia.

*Aí a primeira foi “o que, como assim?”. Tipo... Como assim alguém quer saber alguma coisa relacionada a isso? Foi meio que chocante, só. Porque...*

[...]

*As questões postas são um pouco complicadas, mas eu acho que o mais surpreendente foi colocar numa aula de metodologia... Por mais que, ah... tudo bem... você foi lá “eu sou aluno do Maurício, respondam para mim, por favor”, tudo bem. Só que foi na física! Assim, na graduação alguém veio fazer um tipo de questionário desse jeito. Eu acho que isso, na verdade, foi o mais surpreendente, por causa das perguntas. E responder em grupo... Eu cáí num grupo em que as pessoas tinham opiniões parecidas, então não foi tão difícil, não teve muitos argumentos contra. (trecho 34)*

O trecho acima, categorizado em “*Sensação/emoção/estado*”, trata da reação inicial da estudante ao ver o heurístico. E as afirmações que ela mais se fixou, e que parecem ter causado essa surpresa, são as que traziam para a discussão elementos do contexto religioso, o que será tratado adiante.

Na categoria “*Reflexão ao responder*”, dois trechos foram classificados, o 32 e o 36. No primeiro, em parte dele é dito que

*Ah, então... Sei lá. O questionário em si... Realmente não dá para responder “sim” ou “não” muito rápido, ou “um” ou “três”... Ainda mais porque tem umas palavras chave dentro das perguntas que você fica assim “tá, calma”. Da mesma maneira o... Ah, elas meio que vão te direcionando, aí você para pra pensar, ainda mais quando essas palavras chave, se realmente o que está sendo dito é o que você pensa, o que você acredita, tá? (trecho 32)*

Nesse trecho ela coloca que, para responder ao heurístico, foi necessário parar para pensar sobre as afirmações e sobre o entendimento dela a respeito do que estava sendo posto. Ou seja, para responder ao instrumento foi necessário relacionar aquilo que ele continha com suas próprias concepções.

No trecho 36, ela fala que já havia pensado sobre as questões postas no heurístico, mas aparentemente ela se referia à relação entre religião e ciência. Ela diz:

*Ah, eu já tinha pensado. Mas sempre tem um pouco de reflexão, mesmo assim. Ainda mais, não sei... Acho que a parte que pega mais é que eu tenho uma crença, e eu estou estudando física, e muitas vezes tem coisas que ficam assim... Até que ponto as duas têm uma separação ou, na verdade, até que ponto eu posso falar assim “calma, a ciência está aqui e o que eu acredito está aqui”. Então acho que isso é uma das coisas que mais vem à cabeça quando se responde esse questionário.*  
(trecho 36)

Aqui, o heurístico aparece como um elemento que contribuiu para reflexão. Parece ter trazido à tona questionamentos que ela já fazia, sobretudo sobre as relações entre ciência e sua religião. Essa questão foi a que ficou mais proeminente no conjunto das falas da estudante, ou seja, parece ter sido esse o ponto que mais a tocou no instrumento.

Os trechos 33 e 35 foram categorizados em “*Reflexão ao responder mais vezes*”. Neles, vemos que responder mais vezes tornou o processo mais fácil. Talvez por ter passado a surpresa inicial. No trecho 33 há uma fala em que ela diz:

*Eu acho que essa última vez foi... “Tá, tudo bem”. Eu já sei mais ou menos o questionário, eu não lembrava direito das questões, mas eu sabia qual era a ideia, então, tudo bem, eu respondo.* (trecho 33)

No trecho 35, que veio de uma parte da entrevista em que foi perguntada sobre ter sido mais tranquilo a terceira vez em que ela respondeu, foi dito:

*Foi. Foi até porque eu tinha lembrado de coisas que eu respondi na época, na primeira vez. Então isso ajudou um pouco.* (trecho 35)

Já sobre os debates que ocorreram em sala, vemos no trecho 37, categorizado em “*Reflexão devido aos debates*”, uma fala sobre isso. Silvia disse:

*Ah, eu acho que mais na questão de “ah, refletir um pouco”, não na questão de “ah, me ajudou em alguma coisa assim”. As discussões lá na sala foram interessantes porque tem muita gente com opinião bem contrária à minha, mas é legal ver o ponto de vista deles, o porquê eles pensam daquele jeito.* (trecho 37)

Nesse trecho vemos que, para a aluna, nas discussões em sala foi possível ver o ponto de vista dos outros, tomar contato com posições diferentes, mas que isso não ajudou muito em seus esclarecimentos.

A respeito do heurístico como **incentivador de novas reflexões e estudos**, Silvia disse:

*Ah, na verdade... Isso aqui, em si, não deu, assim, mais desejo de tentar descobrir mais alguma outra coisa, mas é mais que... Quando tem alguma coisa de ciência com filosofia, a ideia que está por trás, isso sim me interessa.*

[E se referindo sobre “aspectos pessoais” ou históricos do conhecimento científico, ela diz].

*E isso eu acho que é uma das partes mais interessantes.* (trecho 38)

O trecho indica que o heurístico não a impeliu a tentar conhecer mais, mas mostra que ela possui interesse em discussões de natureza histórica e filosófica sobre a ciência, talvez indicando que já possuía interesse em certas questões colocadas pelo instrumento.

Sobre as **reflexões no passado**, Silvia mencionou que as questões como as do heurístico não são colocadas aos estudantes, pelo menos não da mesma forma que estavam no instrumento. Mas apontou, no trecho 39, que ela já havia tido certas reflexões devido a algumas disciplinas cursadas na graduação. O referido trecho foi categorizado em “*Incentivo de professores/disciplinas*”.

Finalmente, em relação às **ideias e concepções apresentadas pela estudante**, a primeira questão a ser apontada é que a aluna manifesta uma “*Busca por coerência na visão de mundo*”. O trecho 40 foi justamente classificado na categoria com esse nome. Ela disse:

*É, porque muitas vezes as pessoas falam assim “não dá para juntar as duas coisas”... “Não dá para você, sei lá, ser um cientista e ter uma religião ou acreditar em alguma coisa”. Só que é possível. Mas até que ponto? Porque eu acho que em algum momento você terá que preferir uma delas, você vai ter que...* (trecho 40)

A relação entre ciência e religião surgiu em diversas falas da estudante e, no trecho, aparece uma espécie de impasse sobre uma possível necessidade de escolha entre uma das duas visões de mundo.

No trecho 41 a seguir, categorizado em “*Relação entre elementos/aspectos de diferentes contextos culturais*”, aparece a ideia de que a estudante faz o tratamento das coisas

de acordo com uma das duas visões, em algumas situações utilizando a ciência e, em outras, sua crença religiosa. Ela disse:

*É que realmente não dá pra eu tratar tudo, eu tenho que diferenciar. Tratar isso desse jeito, pela ciência, e tratar isso de uma forma mais... sei lá, com alguma outra crença minha. Mas é bem mais fácil ter o negócio da crença vindo primeiro do que a ciência, pra mim. Mas daí é como eu olhar e “tá, você tá falando isso da ciência”, daí vem o que eu tenho na minha cabeça de alguma crença... (trecho 41)*

Além de dizer que precisa diferenciar o tratamento das coisas, algumas usando a ciência, outras usando sua crença religiosa, na fala de Silvia surge a ideia de que há um esforço para não colocar as noções religiosas sempre em primeiro plano, já que existem situações em que está sendo falado sobre ciência.

Há um complemento dessa ideia no trecho 43, também classificado na categoria “*Relação entre elementos/aspectos de diferentes contextos culturais*”. No trecho, a fala de Silvia traz mais diretamente a ideia de que suas noções religiosas interferem no que ela entende da ciência. Ela diz que

*Tá, eu lembro porque eu coloquei dois na dezenove. Ele fala que “penso ser razoável considerar reais as entidades postuladas pelas teorias científicas aceitas”. Eu tinha posto que eu discordava disso, só pela questão de que tem certas coisas que a ciência diz que eu não concordo. Mas daí isso tem a ver com ele não ser a mesma coisa que eu penso da minha, tipo, crença e religião. Por isso.*

[...]

*Um exemplo? Então... O mais comum de todos os exemplos, sei lá, é a Teoria do Big Bang. Mas isso é uma coisa que eu não concordo e daí é por isso que eu colocaria dois. (trecho 43)*

Vemos aqui que a aluna discordou da afirmação 19 do heurístico (assinou 2 e 2), sobre ser razoável considerar reais entidades científicas, porque não concorda com certas afirmações da ciência, uma vez que essas afirmações entram em contradição com suas crenças religiosas. Vemos que, para Silvia, os elementos do contexto cultural da sua religião têm sua preferência quando existe discordância com alguma caracterização científica.

Essa relativização do conhecimento científico em favor de conceitos religiosos é coerente com as respostas dadas à afirmação 1 (inicialmente foi posto 4, mas que depois foi para 2) e à afirmação 9 (3 e 2). No entanto, parece que, nos casos em que uma entidade

científica específica não contradiz suas crenças, ela é tomada como real, como no caso das moléculas de um gás conforme aparece nas respostas da afirmação 21 do heurístico (4 e 4).

Sobre a relação entre entidades da ciência e entes macroscópicos, no trecho 42 existe um diálogo sobre essa questão. Ele também foi classificado na categoria “*Relação entre elementos/aspectos de diferentes contextos culturais*”. Após uma pergunta a respeito de uma fala na primeira aplicação do heurístico, quando ela disse que um elétron e uma cadeira eram acessados de formas diferentes (se referindo à afirmação 8 do heurístico, que ela respondeu 2 e 2), ela afirmou:

*É. Eu tinha falado que só pelo jeito de... É, na verdade eu falei que são diferentes levando em consideração os sentidos. Que cadeira, assim, eu vejo, e o elétron, não. É mais isso. (trecho 42)*

No entanto, na afirmação 14 do heurístico (que coloca que objetos do dia a dia e entidades científicas são acessados de maneiras diferentes), ela respondeu que discordava (colocou 3 na primeira vez que respondeu e depois 2), ou seja, ela colocava que entendia que eram acessados da mesma forma. Perguntada sobre isso, ela respondeu:

*Eu pus que não, que eles não são acessados de maneiras diferentes.*

[...]

*Eu falei que discordava, que eles não são acessados de maneiras diferentes. Eles são acessados da mesma maneira. Eu posso acessar entidades físicas e os objetos do dia a dia do mesmo modo. (trecho 42)*

Apontada a contradição, que na fala do trecho 42 ela disse o contrário do que havia dito antes, ela diz:

*Então, mas é que, para mim, a diferença é que no oito “considero entidades da ciência como elétrons reais da mesma forma que cadeiras e objetos”... Tá. Isso aqui é mais na percepção de ter que falar. Eu acho que a diferença aqui é por causa do acesso. A da quatorze, para eu falar que eu discordava.*

[...]

*É o acesso, simplesmente. Porque eu posso acessar coisas da ciência como o que eu estou vendo aqui da mesma maneira, só por isso. (trecho 42)*

Nesse trecho, a aluna simplesmente assumiu uma posição que era oposta à que havia sido tomada pouco antes. Inicialmente há uma fala apontando que entidades da ciência e entes macroscópicos são diferentes por serem acessados de maneiras diferentes. No entanto,

como isso entrou em contradição com uma resposta dada por ela no heurístico, onde ela apontou o contrário, ela foi questionada e simplesmente mudou sua versão, dizendo que podem ser acessados da mesma forma.

Esse episódio parece mostrar que a questão tratada não estava clara para a estudante, que ela não sabe bem o que pensa a respeito do acesso às entidades científicas. É dessa forma que estamos interpretando a mudança de posição, como causada por uma falta de entendimento claro sobre a questão. Ainda sobre uma possível confusão da estudante, há a resposta dada à afirmação 11 (4 e 4), onde ela concorda que os sentidos podem ser uma fonte duvidosa de conhecimentos sobre entidades da ciência. Isso também é incoerente com a resposta dada na afirmação 14.

Por fim, no trecho 44, categorizado em “*Noções sobre a ciência*”, ela diz:

*Porque do jeito que eles colocam parece “ah, beleza, eles criaram as teorias e descobriram o porquê acontecem as coisas... Assim, tá, fizeram algum experimento e pronto”. Só que não, tem toda uma parte pessoal ou histórica e tudo que está envolvido e isso eles não colocam.* (trecho 44)

Vemos aqui a concepção de que existem mais elementos sobre o conhecimento científico do que a simples consideração deste como uma descoberta. Ou seja, é um conhecimento que tem um processo de construção. Essa ideia apresentada pode ter relação com algumas respostas dadas no heurístico, como nas afirmações 15 (4 e 4), 17 (4 e 4), 20 (4 e 4). A afirmação 18 (3 e 4), apesar do “3” inicial, pode também se enquadrar aqui.

A resposta à afirmação 13 do heurístico (5 e 4) pode estar relacionada à noção de que existem diferentes visões de mundo em jogo quando se observa algo, como a religiosa e a científica, e, dessa forma, uma observação não seria neutra, mas estaria relacionada a uma determinada visão sobre a realidade.

Consideramos, ainda, que a noção religiosa da estudante apareceu também no que foi respondido nas afirmações 2 (5 e 4), 5 (4 e 4) e 6 (4 e 5). Na afirmação 4, da crença como elemento definidor de realidade, inicialmente ela colocou “2”, mas depois “4”, o que também a enquadraria nesse caso.

Já a resposta à afirmação 10 (considerar real algo que não se pode ver ou perceber) foi de “4” para “2”. Esse “2” não nos parece coerente com as noções religiosas que a estudante manifestou, já que esse tipo de noção não se apoia em percepção.

#### 8.4.4 – Estudante 4

Iremos nos referir à estudante 4 como Adriana. Ela morava em São Paulo, no bairro do Jaguaré, que é bem próximo ao campus da USP, e que trabalhava em uma consultoria de marketing digital. Apesar de estar em um curso de licenciatura, disse não saber se queria ser professora. Isso fazia parte de seus planos iniciais, e inclusive já havia tentado, mas não encontrou um emprego na área. Como precisava trabalhar, acabou indo trabalhar com marketing, de que também gostava.

No segundo semestre de 2014, ela estava no penúltimo semestre do curso de licenciatura em física, ou seja, precisava de somente mais um semestre para integralizar todos os créditos necessários à finalização do curso. Entrou na USP no curso de bacharelado, mas logo migrou para a licenciatura. A escolha da física se deu porque gostava de exatas, disse que tinha facilidade com elas, e que também gostava da astronomia. Foram esses os motivos que a fizeram decidir pelo curso de física. É uma pessoa religiosa e, por conta disso, disse que já teve que pensar sobre as relações entre conhecimento científico e religioso. A religião é presente em sua vida e tem um peso maior que a ciência.

Na discussão, após a segunda aplicação do heurístico, houve uma fala da aluna, quando era discutida a afirmação 8 pelo seu grupo, em que apontava sua concepção de que a realidade de algo depende de como se interage com esse algo. Disse, ainda, que não concorda com nada que seja generalizado; que não pôde, por exemplo, concordar com a afirmação que colocava que uma observação neutra nunca era possível porque é uma frase que generaliza.

**Quadro 29 – Respostas ao heurístico dadas pela estudante 4**

<b>Afirmação do heurístico</b>	<b>Resposta dada 1ª vez</b>	<b>Resposta dada 3ª vez</b>
1	3	2
2	3	2
3	3	3
4	4	4
5	4	4
6	4	4
7	4	4
8	3	2
9	3	2
10	4	4
11	3	4
12	2	3
13	3	3
14	3	4
15	4	4
16	4	4
17	3	4
18	4	4
19	2	4
20	4	4
21	4	4
22	3	4

**Quadro 30 – Trechos da entrevista da estudante 4, relacionados ao bloco “processo de responder ao heurístico”**

Número atribuído	Unidades de análise	Sentido	Tema/categoria
45	<p><i>F: E como foi responder ele, pra você? Foi...</i></p> <p>A: Achei um pouco confuso, assim, mas eu fico confusa com questionários, assim, que são muito grandes e que você tem que caracterizar, porque às vezes você coloca, assim, e depois tem que falar “acho que não pensei muito bem nisso”, e daí discorda daquilo que já falei anteriormente, ou “qual dos dois está errado”, sabe? Coisas nesse sentido, assim, que eu acho um pouco confuso.</p>	Ficou confusa porque para responder foi necessário refletir sobre o que ela pensava, mas havia muitas questões.	Sensação/emoção/estado
46	<p><i>F: Bom, da primeira vez que você respondeu para agora [...] teve alguma diferença? Você acha que responder agora...</i></p> <p>A: Sim, porque ficaram mais claras as questões. Também porque a gente discutiu em grupo e acho que ficou um pouco mais claro. Algumas coisas que você não tinha pensado muito profundamente antes você acabou pensando um pouco melhor porque você discutiu em grupo, sabe?</p>	Debate em grupo ajudou a deixar as questões mais claras e aprofundou a reflexão.	Reflexão devido aos debates
47	<p><i>F: [...] o fato de respondê-lo favoreceu algum tipo de reflexão da sua parte, ajudou a pensar em algum desses elementos ou coisas que você não tinha pensado antes?</i></p> <p>A: É, talvez. Ele não me fez mudar de opinião, mas deixar mais claro algumas coisas pra mim, sabe? Por exemplo, se eu visse, assim, de repente, alguma questão sobre essa, talvez eu já tivesse a resposta, mas eu não... eu não conseguisse entender o porquê, sabe? Não sei se consegui explicar.</p> <p><i>F: Sim. Era algo que você pensava, mas nunca precisou verbalizar, nunca precisou colocá-la de um jeito, né? Você tinha pra você.</i></p> <p>A: É, mais ou menos isso. Eu não tinha tanta clareza, mas sabia mais ou menos a direção, assim.</p>	Heurístico contribui para esclarecer para ela mesma o que ela pensava.	Reflexão ao responder
48	<p><i>F: Tem uma questão do elétron e da cadeira, por exemplo. Que eu lembro até que você falou que fez uma distinção entre elas. Eu não lembro exatamente da tua fala...</i></p> <p>A: Ah, sim. Acho que essa seria um exemplo, talvez.</p>	A consciência dos diferentes tipos de interação entre entes macroscópicos e	Reflexão ao responder

	<p><i>F: Que a gente interage de forma diferente, talvez, você falou.</i></p> <p>A: Isso. Isso é uma coisa meio que... que também que... tipo, surgiu do questionário.</p> <p><i>F: Essa distinção?</i></p> <p>A: A distinção.</p> <p><i>F: Tá. Não era clara pra você a distinção?</i></p> <p>A: Não, é.</p>	entidades inobserváveis surgiu ao responder ao heurístico.	
49	<p><i>F: Eu vi que no questionário você colocou um monte de três. O três significava que você não tinha opinião formada ou que...</i></p> <p>A: Que eu estava confusa.</p> <p><i>F: Você acha que nesse segundo aí você não tem tanto três?</i></p> <p>A: Não.</p> <p><i>F: Ele teve diferença do primeiro, você acha?</i></p> <p>A: Eu acho que só teve um três nesse.</p> <p><i>F: Você quer olhar o seu outro ou não?</i></p> <p>A: Não, eu imagino já o que eu tinha colocado três, nesse... É que acho que a discussão ajudou bem, assim...</p>	Estava menos confusa quando respondeu a terceira vez, em relação à primeira, devido aos debates.	Reflexão devido aos debates
50	<p>[na primeira vez que respondeu ao heurístico]</p> <p><i>F: Perguntava se você achava razoável que as entidades científicas... Considerar como verdadeiras as entidades científicas, e você pôs que não [...].</i></p> <p>A: Não, é que na verdade eu acho que me apeguei um pouco na questão das palavras, né.</p> <p><i>F: Ah é?.</i></p> <p>A: Por isso que eu falei assim que eu mudei muito depois da discussão, porque a gente também discuti muito essa questão de como estava escrita a frase, sabe?</p>	Na afirmação 19, a estudante mudou de “2” para “4” nas duas vezes que respondeu. Disse que as discussões que ocorreram na ocasião em que o heurístico foi respondido em grupo, que versaram sobre a	Reflexão devido aos debates

	<i>F: Tá, então muitas vezes a tua resposta... É, aqui você já colocou quatro também.</i> <i>A: É, então. Acho que foi mais nesse sentido que mudou também o meu questionário, assim.</i>	escrita das afirmações, a fizeram mudar.	
--	--	--	--

**Quadro 31 – Trecho da entrevista da estudante 4, relacionado ao bloco “incentivador de novas reflexões e estudos”**

<b>Número atribuído</b>	<b>Unidades de análise</b>	<b>Sentido</b>	<b>Tema/categoria</b>
51	<i>F: [...] essas questões postas no questionário, depois de fazer ele você passou a pensar mais nessas coisas ou não? Sei lá, se você se sentiu impelida a saber mais alguma coisa?</i> <i>A: Um pouco. Tipo mais uma questão de organizar assim as minhas ideias, sabe?</i>	Responder ao heurístico a incentivou a buscar organizar mais suas próprias ideias.	Heurístico como incentivador

**Quadro 32 – Trechos da entrevista da estudante 4, relacionado ao bloco “reflexões no passado”**

<b>Número atribuído</b>	<b>Unidades de análise</b>	<b>Sentido</b>	<b>Tema/categoria</b>
52	<i>F: Você já havia tido algum tipo de reflexão com relação a esse tipo de questão do questionário ou não?</i> <i>A: Não, muito superficialmente, assim.</i>	Só havia refletido sobre as questões do heurístico de forma superficial.	Reflexão superficial
53	<i>F: [...] Você acha que responder ao questionário te ajudou a pensar essas distinções entre as caracterizações da física e outras?</i>	Afirma que reflexões se deram durante o curso de graduação.	Incentivo de professores/ disciplinas

	<p>A: Eu acho que não muito, porque eu já tive, não especificamente esse tipo de questão, mas algo próximo, entende? No curso, assim.</p> <p>F: <i>Durante a graduação?</i></p> <p>A: É. Durante a graduação.</p>		
54	<p>A: E eu não sei se tem a ver também, por eu ser... eu tenho minha religião, e aí assim sempre me questionaram sobre algumas coisas desse tipo, assim, então...</p> <p>F: <i>Ah, normalmente você já tinha esse tipo de questionamento? Mas assim...</i></p> <p>A: Não tão segmentado assim.</p>	Questionamentos próprios, envolvendo sua religião.	Questionamentos próprios

**Quadro 33 – Trechos da entrevista da estudante 4, relacionados ao bloco “ideias e concepções apresentadas pelo estudante”**

<b>Número atribuído</b>	<b>Unidades de análise</b>	<b>Sentido</b>	<b>Tema/categoria</b>
55	<p>F: [...] eu lembro que você tinha colocado que essa distinção do elétron e da cadeira... É que você falou que a realidade depende da forma que a gente interage com as coisas. E, por outro lado, você tinha colocado que... Eu lembro da discussão em grupo, da questão da observação neutra.</p> <p>A: É, sim.</p> <p>F: <i>Que você se incomodou com uma palavra...</i></p> <p>A: “Nunca”, é.</p> <p>F: <i>E não tem uma contradição aí? Em considerar que... [...] em não considerar que toda a observação tem uma dependência teórica. Mas, por outro lado, considerar que as formas que eu interajo definem diferentemente a realidade. [...] E aí tem sempre a dependência de alguma coisa, além do objeto em si.</i></p>	A estudante assinalou “3” na afirmação 13 do heurístico, que coloca que uma observação nunca é neutra. Ao mesmo tempo, ela fez uma fala sobre a realidade depender da forma que interagimos, indicando que ela entende que não há neutralidade nessa interação. Apontada a	Conhecimento pessoal

	<p>A: Sim. É que a questão, mas tipo... O “nunca” me incomoda porque... Como eu posso ter certeza assim de... Eu só tenho certeza do meu universo, entendeu? Eu não sei fora. Eu não posso afirmar com certeza fora dele. Então eu não posso dizer que nunca.</p> <p><i>F: Tá.</i></p> <p>A: Noventa e nove por cento de chance “sim”, sabe? Eu não sei, não posso garantir.</p>	<p>aparente contradição, ela disse que a questão que a levou a assinalar “3” foi a palavra “nunca” que estava na afirmação. Ela não tratou da contradição que foi apontada, mas disse apenas que a palavra “nunca” a incomoda porque ela não pode saber sobre aquilo que está fora de “seu universo”.</p>	
56	<p>[sobre ciência e religião]</p> <p><i>F: Tá... São duas dimensões da vida que você considera reais.</i></p> <p>A: É, e como eu interajo, tipo, de forma diferente com elas, vai ser diferente assim, pra mim. Pra mim, tipo, tem um peso um pouco maior a religião, assim. Mas porque eu interajo de uma forma diferente também com ela. Eu acho que ela, de certa forma, foi mais presente na minha vida do que...</p> <p><i>F: Do que essa formação científica?</i></p> <p>A: É. São interpretações diferentes. Em alguns casos elas podem coincidir, mas não necessariamente precisam.</p>	<p>Religião tem peso maior em sua vida que a ciência. Considera como interpretações diferentes, que em alguns casos coincidem, mas não precisam.</p>	<p>Relação entre elementos/aspectos de diferentes contextos culturais</p>
57	<p>A: Até porque eu acho assim, conhecimento de certa forma a gente já tem, né. Eu acho que a questão aqui eu acho que é engavetar nos lugares certos, talvez.</p>	<p>Considera que já possui o conhecimento necessário para entender aquilo que é posto no heurístico, faltando colocar cada um em seu devido âmbito.</p>	<p>Conhecimento pessoal</p>

Antes de tratarmos dos pontos da entrevista da estudante 4, há um comentário geral a ser feito. Nos quadros referentes a essa entrevista, foi necessário mostrar as falas do entrevistador mais vezes do que nos quadros das entrevistas dos outros estudantes. Isso porque a entrevista da estudante 4 não fluiu como as outras, ela foi bastante entrecortada, com a estudante dando respostas curtas, sem muitos desenvolvimentos, mesmo quando estimulada.

Sobre o **processo de responder ao heurístico**, a estudante 4, Adriana, inicialmente diz que ficou confusa. No trecho 45, categorizado em “*Sensação/emoção/estado*”, ela diz:

*Achei um pouco confuso, assim, mas eu fico confusa com questionários, assim, que são muito grandes e que você tem que caracterizar, porque às vezes você coloca, assim, e depois tem que falar “acho que não pensei muito bem nisso”, e daí discorda daquilo que já falei anteriormente, ou “qual dos dois está errado”, sabe? Coisas nesse sentido, assim, que eu acho um pouco confuso. (trecho 45)*

Nesse trecho é colocado que a confusão veio do tamanho do heurístico, que ela achou muito grande. Para responder era necessário refletir sobre o que ela pensava a respeito das questões postas, mas como havia muitas questões, algumas respostas dadas no decorrer da aplicação não estavam de acordo com o que havia sido respondido antes e, nesse processo, ela disse ter ficado confusa. Algo que não fica claro é se ela estava buscando coerência ao responder ou se a confusão vinha de um processo reflexivo, de uma busca por esclarecer o que ela mesma pensava. Devido ao que aparece em outras falas, que trataremos mais adiante, nos inclinamos a considerar que se trata do segundo caso.

Os trechos 46, 49 e 50 entraram na categoria “*Reflexão devido aos debates*”. Os debates e discussões que ocorreram pareceram ser bastante importantes para Adriana. Até quando perguntada sobre uma eventual diferença nas diversas vezes em que respondeu ao heurístico, ela disse que a diferença foi devido às discussões.

*Sim, porque ficaram mais claras as questões. Também porque a gente discutiu em grupo e acho que ficou um pouco mais claro. Algumas coisas que você não tinha pensado muito profundamente antes você acabou pensando um pouco melhor porque você discutiu em grupo, sabe? (trecho 46)*

Nesse trecho, ela aponta que as discussões em grupo ajudaram a deixar as questões mais claras e a aprofundar a reflexão. Também nos trechos 49 e 50 aparece ideia semelhante. Em todos, a ideia surgiu em meio a uma conversa sobre diferenças nas respostas dadas entre as vezes que ela respondeu ao heurístico e ela sempre atribuiu essas diferenças à discussão

em grupo que ocorreu na segunda vez que o heurístico foi respondido. No trecho 49, encontramos uma passagem em que é dito “acho que a discussão ajudou bem”, referindo-se a ela estar menos confusa. Nesse trecho 49 é esclarecido, ainda, que ela assinalou “3” nas respostas do heurístico quando estava confusa. No trecho 50 aparece: “por isso que eu falei assim que eu mudei muito depois da discussão”. Como foi dito, o debate em grupo pareceu ter sido importante para a estudante.

Os trechos 47 e 48 foram categorizados em “*Reflexão ao responder*”. Perguntada sobre o heurístico ter favorecido algum tipo de reflexão, Adriana disse:

*Ele não me fez mudar de opinião, mas deixar mais claro algumas coisas pra mim, sabe? Por exemplo, se eu visse, assim, de repente, alguma questão sobre essa, talvez eu já tivesse a resposta, mas eu não... eu não conseguisse entender o porquê, sabe? (trecho 47)*

Na fala acima, aparece a ideia de que o heurístico contribui para esclarecer, para ela mesma, o que pensava, ou seja, foi esse o tipo de reflexão que ocorreu.

Já o trecho 48 surgiu em resposta a uma pergunta sobre uma fala sua, a respeito da distinção entre um elétron e uma cadeira, fala essa que ocorreu em uma discussão em sala sobre a afirmação 8 do heurístico. Ela havia dito, naquela ocasião, que a forma de interação com cada um deles é diferente. Na entrevista, ela disse:

*Isso. Isso é uma coisa meio que... que também que... tipo, surgiu do questionário.*

[Essa distinção?]

*A distinção.*

[Tá. Não era clara pra você a distinção?]

*Não, é. (trecho 48)*

O trecho indica que a consciência dos diferentes tipos de interação entre entes macroscópicos e entidades inobserváveis surgiu ao responder ao heurístico. Isso não era claro anteriormente para a aluna, talvez por ela não ter refletido muito sobre esse tipo de questão anteriormente (como veremos mais à frente quando tratarmos do bloco “reflexões no passado”).

A respeito do instrumento ter servido como um **incentivador de novas reflexões e estudos**, a estudante aponta que ele incentivou-a a buscar organizar mais suas próprias ideias. O trecho 51, classificado na categoria “*Heurístico como incentivador*”, responde a

uma pergunta sobre se ela se sentiu impelida a saber algo mais depois de responder o heurístico:

*Um pouco. Tipo mais uma questão de organizar assim as minhas ideias, sabe?*  
(trecho 51)

Não se sentir impelida a saber mais talvez tenha relação com uma fala dela que será tratada mais à frente, sobre ela considerar que já possui o conhecimento necessário para entender aquilo que está no heurístico, faltando apenas “engavetar nos lugares certos”. Entendemos que essa expressão foi uma forma de ela tratar a questão da organização das próprias ideias, que também se encontra no trecho 51 acima. Referências a essa organização foi algo recorrente nas respostas da estudante, o que também é um indício da existência de certa confusão, como ela disse ter havido no trecho 45. Parece que esse foi um ponto que a marcou durante todo o processo de aplicação.

Sobre as **reflexões no passado**, a estudante fez apontamentos em três ocasiões distintas, que aparecem nos trechos 52, 53, e 54. No primeiro deles, ela diz que as reflexões que teve no passado foram superficiais. Já no trecho 53, classificado em “*Incentivo de professores/disciplinas*”, ela coloca que o heurístico não ajudou a pensar sobre as distinções entre as caracterizações da física e caracterizações de outros campos, considerando que ela já havia visto algo próximo a isso durante o curso de graduação. No trecho 54, categorizado em “*Questionamentos próprios*”, ela coloca que já teve questionamentos próprios, envolvendo sua religião, só que “não tão segmentado” como no heurístico. Disso podemos considerar que ela já pensou sobre algumas das questões postas no instrumento durante a graduação, mas foram reflexões superficiais. E também pensou por iniciativa própria, por ter sido questionada sobre sua religião. E como aparece em um trecho citado à frente, a religião parece ter um peso grande em sua vida.

A respeito do bloco **ideias e concepções apresentadas pelo estudante**, os trechos 55 e 57 foram categorizados em “*Conhecimento pessoal*”. Adriana foi a única a tratar mais diretamente de questões desse tipo, seja dizendo que ela não pode saber sobre aquilo que está fora de “seu universo”, como no trecho 55, seja considerando que já possui o conhecimento necessário para entender o que é posto no heurístico, faltando somente colocar cada coisa em seu devido lugar. No trecho 55, encontramos:

*É que a questão, mas tipo... O “nunca” me incomoda porque... Como eu posso ter certeza assim de... Eu só tenho certeza do meu universo, entendeu? Eu não sei fora.*

*Eu não posso afirmar com certeza fora dele. Então eu não posso dizer que nunca.*  
(trecho 55)

A fala acima veio depois de ser apontada uma aparente contradição entre ela não concordar com a afirmação 13 do heurístico – que diz “entendo que uma observação neutra nunca é possível” (ela assinalou 3 e 3 nas vezes que respondeu) – e falar que a realidade depende da forma pela qual se interage com ela, indicando um entendimento de que não há neutralidade nessa interação. No entanto, ela não tocou na questão da contradição e respondeu o que está no trecho acima, defendendo que ela não pode afirmar com certeza sobre algo que está fora de seu universo. Assim, por considerar que é seu universo – ou aquilo que ela está em contato mais direto – que caracteriza o âmbito do que ela pode falar sobre, faz sentido ela considerar que a realidade depende de como se interage com ela, já que a aluna parece tomar a si própria, e as diferentes formas pelas quais ela se relaciona com o mundo (ver trecho 56 abaixo), como referência para caracterização do que é real. Ela ser essa referência, e considerar isso suficiente, inclusive aparece no trecho 57, onde é dito:

*Até porque eu acho assim, conhecimento de certa forma a gente já tem, né. Eu acho que a questão aqui eu acho que é engavetar nos lugares certos, talvez.* (trecho 57)

Como já dissemos, nesse trecho ela parece considerar que o conhecimento que possui seria suficiente para entender aquilo que está no heurístico, faltando somente colocar cada um em seu devido âmbito. De certa forma, aparece novamente aqui a questão da organização das próprias ideias, que também surgiu em outros trechos da entrevista.

Por fim, no trecho 56, classificado na categoria “*Relação entre elementos/aspectos de diferentes contextos culturais*”, aparece uma fala a respeito da interação com a ciência e com a religião. A estudante coloca:

*É, e como eu interajo, tipo, de forma diferente com elas, vai ser diferente assim, pra mim. Pra mim, tipo, tem um peso um pouco maior a religião, assim. Mas porque eu interajo de uma forma diferente também com ela. Eu acho que ela, de certa forma, foi mais presente na minha vida do que...*

[Do que essa formação científica?]

*É. São interpretações diferentes. Em alguns casos elas podem coincidir, mas não necessariamente precisam.* (trecho 56)

Não fica claro a que interação ela se refere, se a formas de acesso ou a formas de se relacionar. Anteriormente, ao tratar de cadeiras e elétrons, interação parecia se referir a

formas de acesso. No entanto, aqui a palavra parece estar sendo usada para se referir a formas de se relacionar com a ciência e com a religião, inclusive colocando essa última como mais presente. Em todo caso, seja qual for a forma, permanece a noção de que diferentes tipos de interação levam a diferentes caracterizações da realidade. De certa maneira, a ideia aqui apresentada se refere à realidade de algo ser dependente do indivíduo que interage com ele.

Essa ideia explica, ainda, as respostas dadas pela estudante às afirmações 1 e 2 do heurístico. Ela respondeu “3” depois “2” nas duas, com o “2” representando que ela não considera como verdade as afirmações nem da ciência, nem da religião. Ou seja, um critério abstrato e externo a ela mesma não parece ser considerado válido. O “3” inicial, conforme aparece no trecho 49, significa que ela estava confusa quanto à questão. Já o “2” foi assinalado em todas as afirmações que ela discordava, não usando o “1” nenhuma vez. Da mesma forma, as concordâncias foram assinaladas somente com o “4”, nunca com “5”.

A ideia de ela mesma, e sua crença pessoal, ser seu critério de caracterização de realidade, parece ter relação com as respostas dadas nas afirmações 4 (4 e 4), 5 (4 e 4), 6 (4 e 4), 7 (4 e 4) e 10 (4 e 4). Em todas essas respostas foi assinalado somente “4”, ou seja, não se mostrou confusa em nenhuma delas.

Na discussão em sala, quando era tratada a questão 8, ela colocou que o elétron e a cadeira tinham realidades diferentes pois interagíamos com eles de maneiras diferentes. Nessa questão, ela assinalou “3” inicialmente e depois “2”, o que é coerente com o que foi dito no trecho 48, que inicialmente não estava claro para ela as diferentes formas de interação e depois ela passou a considerar a existência dessas diferenças. Isso também parece ter relação com as respostas dadas às afirmações 11 (3 e 4) e 14 (3 e 4). Essa distinção também parece explicar a resposta à afirmação 9 (3 e 2), que aponta que ela não considera que os resultados das investigações científicas são verdadeiros da mesma forma que as evidências dos sentidos em relação aos objetos macroscópicos. Aqui, ainda, pode ter entrado o fato de ela não considerar a autoridade científica, como apontamos na resposta à afirmação 1.

Considerar que diferentes tipos de interação definem diferentes tipos de realidade significa que a estudante pode considerar reais os elementos científicos, mas talvez dentro de um âmbito limitado. E no heurístico ela assinala como reais elementos do contexto científico, como aparece nas respostas às afirmações 19 (que de “2” foi para “4”) e 21 (4 e 4). Nesses casos, de certa forma, a autoridade científica precisou ser levada em conta. Essa consideração sobre os diferentes tipos de interação definem diferentes realidades significa, também, que uma “detecção” científica está carregada de teoria (respondeu “4” e “4” na afirmação 15), por ser uma das possíveis interações com o mundo, não a única.

### 8.5 – Discussão e interpretação dos resultados: o heurístico como mediador de reflexões

Com o heurístico buscávamos uma maneira de proporcionar elementos para a reflexão dos licenciandos a respeito de certas questões relacionadas ao conhecimento científico e a outros contextos culturais, como as referentes à realidade de entidades científicas e de entes desses outros contextos. O presente estudo teve por objetivo entender como foi, para os licenciandos, o uso do heurístico e se isso propiciou ou mediou alguma reflexão.

Em relação ao **processo de responder ao heurístico**, vimos nos quatro casos analisados que os alunos manifestaram que houve sim algum tipo de reflexão. Os trechos relacionados a isso entraram na categoria “*reflexão ao responder*”. Neles, vemos as diferentes razões indicadas pelos estudantes para a reflexão: ou porque tiveram de pensar sobre algo que não haviam pensado anteriormente, como apontou o estudante 1 e a estudante 4; ou porque o heurístico trouxe novamente certas reflexões que já haviam sido feitas, como disse a estudante 2; ou, ainda, porque para responder houve a necessidade de definir os próprios conceitos, ou seja, esclarecer para si mesmos como entendiam as questões que foram colocadas, como apontaram as estudantes 2, 3 e 4. Sobre esse último ponto, os trabalhos de Roth e Tobin (2002) e de Powietrzynska (2014b) já colocavam que era função de um heurístico trazer algo à consciência (que consideramos ser a consciência discursiva) e possibilitar a conexão das características elencadas no instrumento com as percepções e pensamentos de quem o responde.

Responder ao heurístico envolveu também reações que foram elencadas na categoria “*Sensação/emoção/estado*”. Todos disseram algo nesse sentido, ou relacionado ao instrumento em si, por ele ter sido aplicado sem muitas explicações adicionais, como no caso das estudantes 2 e 3, ou relacionado ao processo de refletir sobre o que estava sendo colocado, como foi dito pelos estudantes 1 e 4. Mas consideramos que, em todos os casos, essas reações sugerem que o contato com o tipo de questão apresentada, ou mesmo as reflexões necessárias para responder o que estava sendo pedido, não era algo comum para os estudantes, indicando a ideia de uma “quebra de rotina”. Nesse ponto, lembramos da caracterização feita por Giddens (2009) a respeito desse tipo de quebra, que levaria à necessidade de se sair do nível tácito e trazer determinada questão à consciência discursiva. Assim, consideramos que o heurístico levou os estudantes a sair do nível tácito em relação ao entendimento das suas afirmações e à utilização de um pensamento discursivo para poder respondê-lo.

Na aplicação do heurístico, foram utilizadas duas estratégias, considerando que talvez pudessem ser favoráveis às reflexões. Uma delas foi a aplicação do instrumento mais de uma vez, em dias diferentes; a outra foram os debates que ocorreram entre os estudantes após terem respondido. Duas categorias dizem respeito a esses pontos e serão tratadas a seguir.

Sobre a questão de ter havido alguma diferença nas reflexões devido ao heurístico ter sido respondido mais de uma vez, isso pareceu mais importante para uns do que para outros. Na categoria “*Reflexão ao responder mais vezes*” foram reunidas as manifestações a respeito dos resultados do contato com o instrumento ter se dado mais de uma vez. Para o estudante 1, isso acabou sendo mais “um exercício”, já que a reflexão já havia se dado na primeira vez que respondeu; algo semelhante se deu para a estudante 3, que considerou que responder mais vezes tornou o processo mais fácil; a estudante 2, por outro lado, apontou uma evolução no processo de responder ao heurístico, parecendo que houve um refinamento em suas próprias definições a respeito do que entendia das afirmações; já para a estudante 4, responder mais vezes a fez perceber que as questões ficaram mais claras. No entanto, essa última não atribui isso somente a responder mais vezes, mas às discussões que teve com os colegas na ocasião em que o instrumento foi respondido em grupo.

Sobre essas discussões em grupo, na categoria “*Reflexão devido aos debates*” foram classificados os trechos das entrevistas em que os estudantes falavam sobre essas discussões e também sobre as outras que ocorreram com a sala toda. A questão aqui é se essas discussões ou debates contribuíram de alguma forma para novas reflexões. O estudante 1 considerou que os debates fizeram escutar posições diferentes, mas não mudaram as concepções fundamentais de cada um; a estudante 2 atribui, de um modo geral, grande importância aos debates, mas considerou que aqueles que ocorreram com o heurístico não foram suficientes, já que não foram trazidos elementos para uma discussão mais direcionada; a estudante 3 manifestou um entendimento próximo ao do estudante 1, de que os debates contribuíram para ver o ponto de vista dos outros, mas não a ajudaram com suas próprias indagações; já a estudante 4, diferentemente dos demais, considerou que os debates foram fundamentais, já que, como já dissemos, ela atribuiu seus esclarecimentos, ou boa parte deles, às discussões com os colegas, que a teriam ajudado a pensar melhor.

A última categoria que se refere ao processo de responder é a “*Busca por coerência ao responder*”. Ela surgiu porque alguns estudantes afirmaram buscar algum tipo de coerência nas respostas dadas. O estudante 1 escolheu responder todo o heurístico utilizando um mesmo critério, que ele chamou de filosófico, deixando de lado os significados do dia a

dia; segundo ele, isso veio em parte do ambiente acadêmico onde o instrumento estava sendo respondido. Já a estudante 2 respondeu buscando não entrar em contradição.

No geral, a respeito desse primeiro bloco, podemos dizer que o heurístico trouxe reflexões para todos os que responderam, seja devido ao processo em si de responder (na primeira vez que responderam ou respondendo mais vezes), seja devido ao auxílio dos debates. Isso por dois motivos: o primeiro foi por ele ter feito com que os estudantes esclarecessem para si mesmos como entendiam certas questões colocadas; o segundo porque o instrumento serviu como um indicador de aspectos sobre os quais os estudantes não haviam pensado antes, já que não haviam tomado contato com eles anteriormente. Nos dois casos, isso pode representar o início de um processo de conscientização acerca dos conceitos trabalhados (TOBIN apud POWIETRZYNSKA, 2014b).

Em relação ao segundo bloco de análise, do heurístico como **incentivador de novas reflexões ou estudos**, as frases dos estudantes que trataram dessa questão foram todas classificadas na categoria “*Heurístico como incentivador*”. Acerca desse ponto, temos também diferentes posições dos estudantes. Para o estudante 1, o heurístico incentivou-o a buscar novos estudos sobre temas abordados; para a estudante 2, certas questões colocadas a fizeram buscar um interlocutor para continuar a conversar sobre elas; para a estudante 3 o heurístico não trouxe nenhum incentivo a mais; para a estudante 4, incentivou pouco, mais para uma eventual busca de organização das próprias ideias.

Em relação às **reflexões no passado**, terceiro bloco de análise, vemos que os estudantes apresentam diferentes trajetórias. Isso não só pelo que foi dito na entrevista, mas também pelo que disseram sobre eles mesmos nas atividades com o instrumento em sala de aula.

O aspecto desse bloco que apareceu nas entrevistas de todos os estudantes foi o “*Incentivo de professores/disciplinas*”. Todos apontaram que certas questões que do heurístico foram abordadas anteriormente em disciplinas, com alguns alunos atribuindo mais importância a esse fato do que outros. Aqui, os estudantes 1 e 2 foram os que apontaram com mais ênfase a relevância de algumas discussões trazidas por professores. Ao mesmo tempo, eles foram os que apresentaram visões mais refinadas sobre o conhecimento científico e apontaram que certas reflexões vêm sendo feitas por eles há certo tempo. Além disso, ambos também são os que tiveram uma convivência mais longa no ambiente universitário e que descreveram com mais detalhes os questionamentos e reflexões que tiveram no período. O estudante 1 permaneceu sete anos na graduação, o que lhe permitiu contato com vários

professores que trouxeram discussões relevantes a respeito da ciência e do conhecimento científico; a estudante 2, além de apontar professores importantes em sua formação, já possuía outra graduação, mestrado e doutorado. A estudante 2 indicou, ainda, “*questionamentos próprios*” sobre a física, que teve durante sua primeira graduação, e que sua “*trajetória formativa*” na pós-graduação também permitiu entender melhor certos aspectos da ciência.

As estudantes 3 e 4 foram mais comedidas ao falarem sobre reflexões que ocorreram por incentivo de professores/disciplinas. A estudante 3 chegou a dizer que as questões como as do heurístico não são postas para os estudantes; já a estudante 4 disse que sua reflexão prévia havia sido uma “*reflexão superficial*”. Além disso, essa última afirmou que também teve “*questionamentos próprios*”, mas esses estavam relacionados à sua religião.

No geral, vemos que, apesar de já terem havido reflexões, devido principalmente a elementos vistos em disciplinas, também aparece nas falas dos estudantes que aquilo que foi visto no passado não foi exatamente a mesma coisa que estava no heurístico. Além disso, outro ponto que aparece, e que fica mais claro no próximo bloco, é que suas diferentes trajetórias, tanto acadêmica quanto pessoal e profissional, proporcionaram acesso a diferentes aspectos do conhecimento científico e dos universos culturais que estiveram em contato. Ou seja, os estudantes trazem distintos conjuntos de conhecimentos ao responderem ao heurístico.

No quarto bloco de análise, **ideias e concepções apresentadas pelo estudante**, apareceu mais claramente onde estava o foco de cada um, ou seja, quais aspectos do heurístico chamaram a atenção de cada estudante. Enquanto as ideias dos estudantes 1 e 2 giraram mais em torno de elementos do contexto científico, nas estudantes 3 e 4 o contexto religioso apareceu com maior destaque. A estudante 3 chegou inclusive a dizer que questões religiosas foram as que mais vieram à sua cabeça ao responder ao instrumento.

Os estudantes 1 e 2 apresentaram noções razoavelmente claras sobre como entendem o conhecimento científico e a realidade daquilo que a ciência aponta que existe no mundo. Somente os dois tiveram trechos das falas categorizados em “*Realidade/verdade de entidades ou teorias científicas*”. Enquanto o estudante 1 apresentou uma visão mais próxima a um antirrealismo, a estudante 2 tinha ideias realistas, mas um realismo que compreende a existência de certa influência das teorias e modelos nos resultados científicos, que seriam sempre provisórios. No entanto, podemos entender que ambos são realistas

ontológicos, já que apesar de considerarem algum tipo de dependência teórica nas representações sobre o mundo, entendiam a existência de uma realidade independente.

Ambos se disseram ateus. A questão da religião não teve importância significativa nas falas do estudante 1 e foi inexistente nas falas da estudante 2. O estudante 1 disse que, para eventualmente aceitar algo da religião, esse algo deveria concordar com a ciência. Isso considerando sua busca por ter uma visão de mundo que não fosse contraditória. A “*Busca por coerência na visão de mundo*” pareceu ser algo importante para ele. O estudante 1 disse, ainda, não entender os sentidos como fonte segura de conhecimentos e que os conhecimentos científicos estariam mais próximos da realidade. Essa ideia, categorizada em “*Relação entre elementos/aspectos de diferentes contextos culturais*”, mostra como ele relaciona esses dois contextos, o cotidiano e o científico, e que a perspectiva científica foi mais proeminente ao responder ao heurístico. Como foi dito anteriormente, ele escolheu a perspectiva da ciência ou “filosófica” para dar as respostas ao instrumento e suas falas e explicações indicam a capacidade de utilizá-la de forma razoavelmente clara para pensar o mundo.

No caso das estudantes 3 e 4, na categoria “*Relação entre elementos/aspectos de diferentes contextos culturais*”, o que mais apareceu foram relações entre a perspectiva científica e a religiosa. Para a estudante 3, parece existir um conflito nessa relação, uma espécie de impasse sobre até que ponto as duas visões de mundo podem ser separadas e sobre uma possível necessidade de escolha entre uma delas. Sua fala relativa a esse ponto foi classificada em “*Busca por coerência na visão de mundo*”. No entanto, como a estudante apontou, a perspectiva religiosa é mais forte para ela e mesmo no tratamento da ciência precisa se esforçar para não colocar suas noções religiosas em primeiro plano. Podemos tomar isso como um exemplo mais proeminente de sobreposição de estruturas, tal como apontado por Sewell (2005), com elementos da estrutura religiosa antepondo ideias científicas. A aluna inclusive discordou de uma afirmação sobre ser razoável considerar reais entidades científicas porque certas afirmações da ciência não concordam com suas crenças religiosas. Ou seja, para essa estudante, elementos da sua religião têm preferência mesmo no âmbito dos conhecimentos científicos quando existe discordância entre sua visão religiosa e alguma caracterização da ciência.

Para a estudante 4, a religião também tem maior peso em sua vida do que a ciência. No entanto, ela não apresenta o conflito da estudante 3, apenas considera que são duas visões de mundo distintas, que não necessariamente precisam coincidir. Essa estudante pareceu ter uma visão relativista sobre o mundo, com a realidade sendo dependente das nossas formas

de interação com ela. Talvez por isso, o tipo de conflito da estudante 3 não faria sentido para ela.

Ainda sobre a “*Relação entre elementos/aspectos de diferentes contextos culturais*”, a estudante 3 manifestou certa confusão em relação às formas de acesso a entidades científicas e objetos macroscópicos. Consideramos que não havia clareza da estudante quanto a esse ponto, ou seja, a questão das formas de acesso ou caracterização das entidades científicas foi algo que ela não conseguiu tratar. Ainda sobre essa relação, a estudante 4 apontou que as diferentes formas pelas quais se dá a interação com entidades inobserváveis e com objetos macroscópicos foi algo que ela percebeu com o heurístico, ou seja, era um ponto que anteriormente não estava claro para ela. Nos dois casos, entendemos que não havia para as estudantes um critério claro de caracterização da realidade das entidades científicas, ou seja, nem todos os recursos para o entendimento das formas pelas quais a ciência caracteriza o mundo estavam disponíveis para essas estudantes. Isso pode ser relacionado com aquilo que foi visto no primeiro estudo desta tese, sobre uma mistura de critérios de caracterização da realidade da ciência.

No entanto, podemos dizer que, para a estudante 4, houve com o heurístico algum ganho de consciência, mesmo que incipiente, a respeito da existência de certos limites de validade relacionados aos esquemas de caracterização de mundo da ciência e do cotidiano.

A existência de diferentes focos dos estudantes ao responder ao heurístico indicou, ainda, que esse instrumento suscitou reflexões sobre diferentes aspectos para cada estudante. No geral, ele não foi entendido da mesma forma por todos, já que recursos que os estudantes estão aptos a empregar no processo de interpretá-lo têm influência no entendimento do instrumento e no tipo de reflexão suscitada. Podemos dizer que há uma contextualização cultural, em termos de entendimento de esquemas e emprego de recursos, nas respostas dos estudantes. Suas trajetórias oportunizaram acesso a diferentes esquemas e recursos, bem como ao estudo de diferentes facetas e aspectos do conhecimento científico, o que apareceu nas ideias por eles apresentadas.

Para os estudantes 1 e 2, o período na academia parece ter trazido mais reflexões sobre a física e sobre a relação dela com outros aspectos do mundo. Esses estudantes apresentam visões mais claras sobre como entendem a realidade do conhecimento científico, bem como da relação dele com os outros contextos culturais, cujos elementos entraram no heurístico. Pelo menos dentro daquilo que fazia sentido a eles desses outros contextos. Os elementos da religião, por exemplo, não pareciam ser aspectos muito importantes das suas

reflexões. Para esses estudantes, as reflexões suscitadas pelo heurístico eram predominantemente a respeito de aspectos epistemológicos e ontológicos do conhecimento científico. Transpareceu, também, em suas falas uma busca por coerência nas respostas, além de aparentemente terem sido mais incentivados com o heurístico.

Já as estudantes 3 e 4 apresentaram outros focos de reflexão e uma visão menos clara sobre como consideram a realidade do conhecimento da física e sobre como ela se relaciona com outros contextos. Além disso, os aspectos da religião tiveram certo destaque em suas elaborações. A estrutura cultural da religião possui formas próprias de atribuir significado ao mundo e as estudantes apresentaram diferentes formas de lidar com os conflitos entre as visões religiosa e científica: enquanto a estudante 3 indicava que seria necessário escolher uma delas, a estudante 4 parecia considerá-las simplesmente como diferentes formas de se relacionar com o mundo. Além disso, o heurístico não parece tê-las incentivado a buscar saber mais a respeito do assunto: a estudante 3 disse que o heurístico não a impeliu a querer saber mais e a estudante 4 falou que a impeliu “um pouco”, considerando “mais uma questão de organizar [as] ideias”. Novamente, os estudantes, no geral, empregam diferentes recursos na interpretação do heurístico.

Por fim, cabe apontar duas questões mais gerais. A primeira é que a valorização pelos estudantes de diferentes aspectos do heurístico indica que se a intenção ao usar o instrumento for trabalhar com alguma questão específica, dentre aqueles que estão nele, talvez seja necessário algum direcionamento por parte de quem o aplica ou, então, a utilização de somente algumas das suas afirmações. Isso porque os alunos fixaram-se mais em algumas partes do que em outras, conseqüentemente pensando mais naquilo em que se fixaram.

A segunda questão é que, apesar de considerarmos que o heurístico trouxe à tona as formas pelas quais os estudantes pensam o mundo e também apontou elementos que possivelmente não haviam sido pensados até então, vimos que seus conteúdos não foram necessariamente entendidos como algo que necessitava de maiores reflexões ou talvez mais estudos, principalmente pelas estudantes 3 e 4, que também apresentaram entendimentos não tão definidos a respeito da caracterização da realidade da ciência. Isso indica que, para um trabalho mais reflexivo sobre a questão da realidade, além do heurístico em si, talvez seja necessária alguma atividade a mais, como discussões mais específicas e direcionadas pelo professor. Vale dizer que essa é uma ideia que havia sido indicada pela estudante 2 em suas

falas, considerando que o heurístico, para seus colegas, serviria mais como uma “sensibilização”.



## 9 – OS TRÊS ESTUDOS

Na presente tese desenvolvemos três estudos abordando questões relacionadas aos modos pelos quais entidades científicas são tratadas e compreendidas como reais. Retomaremos aqui aspectos gerais daquilo que foi desenvolvido e buscaremos tecer algumas relações entre seus resultados.

O primeiro estudo foi uma investigação sobre os critérios usados por licenciandos em física para definir a realidade de entidades científicas e de entes de outros contextos culturais. Nele, olhando de modo geral, vimos que as justificativas dos licenciandos para considerarem algo real variaram de acordo com o contexto cultural “original” do ente ou entidade. Para os entes cujo contato se dá no âmbito do cotidiano, as justificativas apresentadas se basearam predominantemente na existência de uma relação direta com eles, por meio de percepção ou interação, e lhes foram atribuídos altos graus de realidade pela expressiva maioria dos estudantes. Para os entes cuja origem está em um contexto religioso, houve uma predominância de justificativas ligadas à crença ou afirmação de existência/não existência, tanto nas respostas que consideraram os entes reais, quanto nas que não consideraram. Já para as entidades científicas, houve maior variedade nas justificativas para a realidade, com a maioria considerando alguma caracterização que envolvia teoria.

Ainda sobre as entidades científicas, quando separadas as justificativas das respostas que indicaram baixa intensidade de realidade daquelas que assinalaram alta intensidade, vimos que, no primeiro caso, a grande maioria das justificativas fez menção a teorizações, como se elas estivessem sendo utilizadas para negar a realidade das entidades. Por outro lado, nas respostas que assinalaram intensidade de realidade alta, justificativas relacionadas à percepção e detecção ganharam mais destaque, inclusive para entidades inobserváveis.

Como interpretação para os resultados obtidos, propusemos que estaria ocorrendo uma extrapolação da epistemologia do contexto cotidiano para o contexto da ciência. Conforme apontamos, o mundo científico e o cotidiano podem ser concebidos como diferentes estruturas culturais, existindo de forma sobreposta e influenciando os indivíduos que se relacionam com elas (SEWELL, 2005). Nessa caracterização, cultura é um sistema formado por estruturas, compostas por esquemas e recursos, que se sobrepõem e que mantêm uma coerência fina, lógica aberta e bordas não totalmente delimitadas. Dessa forma, ainda que cada estrutura possua suas formas próprias de atribuir significados, o que inclui critérios epistemológicos, sempre há o risco de haver interferências quando os esquemas

interpretativos são postos em ação, já que não existem fronteiras completamente delimitadas entre os diferentes sistemas culturais de que participamos, disso decorrendo possíveis instabilidades, contradições e lacunas. Assim, esquemas de outros sistemas culturais podem se fazer presentes no tratamento de elementos da cultura científica

Na interpretação dos resultados do primeiro estudo, podemos levar em consideração, ainda, que os critérios de atribuição de realidade vindos do mundo cotidiano são proeminentes na vida das pessoas (SCHUTZ, 1974; BERGER e LUCKMANN, 2005), o que poderia representar uma tendência para a utilização desses critérios de maneira generalizada, inclusive para o conhecimento científico.

Como dissemos anteriormente, apesar de na vida estarmos imersos em várias estruturas culturais, recebendo influências diversas de cada uma delas, consideramos que aprender ciências envolveria também aprender suas formas específicas de atribuir significados ao mundo, bem como seus critérios de atribuição de realidade, com caracterizações ontológicas e epistemológicas próprias, em contraposição às formas de outras estruturas. Isso incluiria o estabelecimento de limites de validade para os esquemas das diferentes estruturas culturais, bem como a elucidação de eventuais conexões e incompatibilidades, o que contribuiria, inclusive, para um melhor entendimento da caracterização do mundo feita pela ciência.

Sobre essa questão do entendimento das formas de caracterização da realidade feitas pela ciência, no segundo estudo procuramos compreender como uma importante coleção de livros didáticos de física atribui realidade a algumas entidades científicas, o que julgamos ser um indicativo de como está se dando o contato dos estudantes com essa questão. Assim, investigamos como o fóton, o quark e o elétron são abordados pelo Halliday (HALLIDAY, RESNICK e WALKER, 2009a; 2009b; 2009c; 2009d), no que diz respeito aos critérios utilizados pelo livro para considerá-los reais. Além disso, ainda nesse estudo, analisamos se as discussões a respeito da realidade das entidades, bem como suas caracterizações, são significativas frente às demais vezes em que conteúdos referentes a essas entidades são abordados, quando elas já são tomadas como definidas e reais.

Vimos que o livro assume uma posição realista, ou seja, considera as entidades científicas como componentes reais do mundo, apesar de ter usado diferentes formas de apresentar a realidade dessas entidades. Enquanto a existência do fóton e do quark aparece como inferência necessária para a explicação de certos resultados experimentais, ou seja, como construções teóricas que permitem a explicação de certos fenômenos, a realidade do

elétron foi tratada como algo evidente, como se não fosse necessário explicar a realidade de um componente da natureza já conhecido.

As justificativas para a existência das entidades, quando apareceram, foram por meio de inferências abduativas, mas sem que isso fosse abordado explicitamente. Dessa forma, a ausência de discussão explícita a respeito da realidade das partículas, seja nos casos do fóton e do quark, seja no caso do elétron, em que simplesmente não é apresentada nenhuma justificativa de existência, indica que a discussão de critérios para atribuição de realidade não era uma preocupação do livro. As justificativas de realidade não apareceram de forma clara e, mais ainda, eram pouco frequentes. A imensa maioria das menções às entidades as tratava como já existentes e bem definidas, utilizando-as em outras explicações e em problemas, principalmente exercícios numéricos.

Consideramos que o Halliday não foge do que foi dito por McComas, Clough e Almazroa (1998) a respeito dos livros didáticos de ciências de um modo geral, que possuem como característica não apresentar, no rol dos seus assuntos, elementos do processo de construção do conhecimento científico e da natureza desses conhecimentos. A abordagem da questão da realidade das entidades no Halliday, com a ausência de explicitação de critérios de atribuição de realidade, parece ser um exemplo dessa característica dos livros didáticos.

Conforme apontamos na discussão do segundo estudo, o tratamento das entidades no Halliday tem um caráter habitual, que está nas aplicações dessas entidades, e das teorias relacionadas, nas inúmeras circunstâncias propostas, sobretudo em problemas numéricos. Esse caráter habitual ou rotineiro das atividades, conforme apontado por Giddens (2009), limita as formas de pensar à *consciência prática*, relacionada a uma reflexividade que se refere a certos modos de agir e que permite o desenvolvimento das rotinas. Esse nível da consciência se vincula a uma série de conhecimentos que não são expressos discursivamente, mantendo um caráter tácito. No livro há grande destaque para os exercícios numéricos, ou seja, um tipo de atividade em que as reflexões estão basicamente restritas ao fazer, a como usar os conteúdos para resolver o que está sendo proposto.

Desse modo, temos que as reflexões sobre a realidade das entidades não são necessárias, uma vez que elas já são tomadas como reais de antemão. Essa forma de aprendizagem da física proposta pelo livro, na qual critérios para a atribuição da realidade não são trazidos à discussão ou reflexão, pode não contribuir para haja alterações nos conhecimentos que os estudantes já trazem de outras vivências a respeito da realidade, que funcionam como “esquemas de referência” para atribuir sentido ao mundo (SCHUTZ, 1974).

Considerando as caracterizações de cultura feitas por Sewell (2005), as três entidades que foram analisadas no livro são recursos da ciência. Todas elas permitem que os cientistas solucionem problemas, elucidem o significado de determinados resultados experimentais e, mais que isso, possibilitam que sejam elaboradas certas explicações sobre o mundo, cuja busca faz parte dos esquemas da estrutura cultural da ciência. Outro esquema da ciência que aparece no livro é a construção teórica de explicações para certos resultados experimentais observados, inclusive postulando entidades inobserváveis, considerando-as como componentes da natureza.

As explicações científicas apresentadas pelo livro, que utilizam as entidades analisadas, sem dúvida permitem uma leitura do mundo que é diferenciada em comparação a considerações cotidianas, o que é um aspecto importante da aprendizagem científica (MARTINS, OGBORN e KRESS, 1999). No entanto, essas entidades, como recursos da estrutura cultural da ciência, podem também fazer parte de outras dinâmicas além daquelas que recebem da estrutura de origem. Sewell (2005) utiliza o conceito de *transponibilidade de esquemas* para tratar da possibilidade da transposição dos esquemas de um contexto cultural a outro. Além disso, usa o conceito de *polissemia dos recursos* para indicar que recursos, apesar de corporificarem esquemas, podem ser interpretados de formas variadas, já que o significado deles nunca é totalmente exato, sem ambiguidade. Essa interpretação pode se dar, inclusive, por meio de esquemas diferentes daqueles da estrutura com a qual se relacionavam originalmente.

Assim, mesmo com o livro trazendo uma caracterização ontológica diferente daquela que os estudantes têm contato no dia a dia – conceituando como reais entidades inobserváveis –, tratar as entidades como se elas tivessem uma existência auto evidente, sem uma justificção explícita dos critérios utilizados para lhes atribuir realidade, não colabora para o devido esclarecimento de como a ciência caracteriza a realidade do mundo, deixando espaço para outros *esquemas* interpretativos. Esses esquemas abarcam critérios de existência, bem como formas mais gerais de entendimento, mas não são necessariamente conscientes – discursivamente falando –, pois são fruto da naturalização de modos de entender o mundo e das formas de agir nele (SCHUTZ, 1974), que se reproduzem a partir das estruturas culturais.

Com isso, pensamos que a forma de abordagem do livro pode não ser suficiente para superar os *obstáculos epistemológicos* (BACHELARD, 1996) relacionados às formas de pensar vindas do cotidiano. A utilização das formas de entendimento do dia a dia, já

conhecidas, podem representar um obstáculo ao desenvolvimento das formas científicas de pensar, como no caso de se interpretar o conhecimento e a atuação da ciência com os pressupostos da vida cotidiana. Ainda mais que a realidade cotidiana é tomada como uma *realidade suprema* (SCHUTZ, 1974).

Buscando estabelecer formas de reflexão a respeito de critérios usados para algo ser tomado como real, bem como de outras questões relacionadas ao conhecimento científico e a outros contextos culturais, o terceiro estudo desta tese tratou da construção e utilização de um heurístico. Esse instrumento é composto por algumas afirmações e uma escala Likert, que permite aos alunos assinalar o grau de concordância com as afirmações, presumindo-se que, para isso, deva haver algum tipo de reflexão sobre os assuntos tratados. A utilização desse instrumento teve o objetivo de trazer à tona as formas pelas quais licenciandos pensavam as entidades científicas e entes de outros contextos e também apresentar determinados elementos que julgamos pertinentes para mediar certas reflexões.

Nesse terceiro estudo, apresentamos entrevistas de quatro estudantes, que foram realizadas com o propósito de entender como foi o processo de responder ao heurístico e se isso levou a algum tipo de reflexão. Vimos que houve sim reflexões a partir do instrumento, ou porque ele serviu como indicador de aspectos sobre os quais não haviam pensado antes, ou porque os fez esclarecer para si mesmos como pensavam a respeito das questões colocadas, o que era uma das intenções ao utilizarmos o heurístico. Como já dissemos, uma das suas funções seria a de trazer certas características à consciência de quem o responde (ROTH e TOBIN, 2002; POWIETRZYNSKA, 2014b).

Os estudantes também manifestaram algumas “reações” ao heurístico, como surpresa, desconforto, agonia ou confusão, que consideramos estarem relacionadas ao fato de lhes ser incomum lidar com certas questões colocadas no instrumento. Interpretamos essas reações como um indicativo de uma “quebra de rotina”, que os teria levado a sair do nível tácito em relação ao entendimento das questões – relacionado à *consciência prática* – e à conseqüente necessidade de utilização de um *pensamento discursivo* para formularem suas respostas (GIDDENS, 2009).

Os tipos de reflexão dos estudantes não foram os mesmos, assim como não foram exatamente as mesmas as questões que chamaram a atenção de todos. A bagagem trazida acabou influenciando os tipos de reflexão surgidas, o que consideramos ter relação com os campos culturais com os quais estiveram em contato.

Tanto o conhecimento científico quanto outras caracterizações acerca da realidade são constituídos dentro de campos socialmente estruturados, formados por esquemas e

recursos. Esses campos, além de representarem possíveis caracterizações sobre o mundo, representam também formas de olhá-lo, lentes por meio das quais são evidenciados seus diferentes aspectos. Assim, podemos considerar que a forma pela qual uma pessoa entende o mundo é marcada pelos campos culturais em que está ou esteve em contato, o que lhe permite utilizar os sistemas interpretativos vindos desses campos para compreender a realidade.

Com os estudantes que responderam ao heurístico ocorre a mesma coisa, eles apresentaram distintos conjuntos de conhecimentos, que entram em jogo no entendimento do instrumento, nas respostas dadas e nas reflexões suscitadas. Nesse sentido, podemos interpretar o que foi dito anteriormente – acerca do heurístico ter permitido que os estudantes esclarecessem para si mesmos como pensavam a respeito das questões colocadas –, como um processo de conscientização dos esquemas e recursos empregados por eles próprios ao interpretar aspectos do conhecimento científico e de outras áreas.

Considerando que entre as finalidades de um curso de física está o esclarecimento de como a ciência caracteriza o mundo – objetivando a construção de uma visão científica sobre a realidade –, julgamos que um aspecto importante que foi mencionado pelos estudantes nas entrevistas diz respeito àquilo com que tomaram contato em disciplinas que foram frequentadas na universidade. Quando perguntados se refletiram no passado sobre o que se encontrava no heurístico, todos disseram que já haviam tomado contato com alguns de seus elementos em disciplinas cursadas. No entanto, o que foi visto e pensado nessas disciplinas, a respeito de questões específicas sobre como a ciência caracteriza o mundo, não pareceu ser a mesma coisa para todos e, além disso, nem todos os estudantes atribuíram a mesma importância àquilo que foi visto. Enquanto duas alunas disseram que as reflexões propostas na graduação foram superficiais ou que questões como as do heurístico não são levadas aos estudantes, outros dois atribuíram bastante importância ao que foi tratado. Esses últimos chegaram ainda a apontar que o importante foi o tipo de abordagem feita por alguns professores, indicando que o fato de determinados temas terem sido discutidos nas disciplinas deveu-se à iniciativa desses docentes. Os alunos que deram mais ênfase ao que foi visto em disciplinas também foram os que apresentaram visões mais refinadas sobre o conhecimento científico.

Existem dois pontos que queremos destacar a respeito do que os alunos disseram terem visto ou não na universidade. O primeiro é que não foi comum a realização de discussões com os licenciandos sobre a realidade dos conhecimentos científicos e a forma

de relação deles com o mundo e, quando elas existiram, foi por iniciativa de professores. Isso reforça a ideia, já expressa por nós, de que as aulas de física, que seguem livros como o analisado no segundo estudo, comumente não trazem à discussão ou à reflexão dos estudantes certos critérios para atribuição de realidade do conhecimento científico. O segundo ponto é que, apesar de não podermos atribuir uma relação direta e geral de causalidade, para os poucos alunos que entrevistamos parece haver relação entre o que foi visto em disciplinas e o fato das visões deles sobre o conhecimento científico serem melhor delineadas.

Ainda sobre as duas estudantes que apontaram não ter havido nas disciplinas cursadas um tratamento mais direto de questões como as trazidas pelo heurístico, uma delas apresentou certa confusão em relação à compreensão das formas de acesso a entidades científicas e objetos macroscópicos, inclusive entrando em contradição sobre esse ponto na entrevista; a outra aluna apontou que foi com o heurístico que tomou consciência das diferentes maneiras pelas quais se dá a interação com entidades inobserváveis e objetos comuns. Entendemos que nos dois casos não havia clareza dos critérios de caracterização de realidade de entidades científicas, ou seja, nem todos os recursos para o entendimento de como a ciência caracteriza o mundo estavam disponíveis para essas estudantes.

As noções apresentadas por elas também podem ser relacionadas com aquilo que foi visto no primeiro estudo, onde consideramos a existência de uma possível extrapolação da epistemologia do dia a dia para o contexto da ciência, como uma espécie de superposição de critérios para a caracterização da realidade das entidades. Essa mistura de critérios, mesmo podendo ser explicada pelas conceituações apresentadas por Sewell (2005), pode também ter origem em uma falta de clareza a respeito dos modos pelos quais a ciência caracteriza a realidade das entidades, o que provavelmente vem de uma abordagem sobre a física que não discute essa questão.

Para cada estudante o heurístico gerou reflexões sobre aspectos diferentes e, nas entrevistas, eles destacaram diferentes pontos do que estava no instrumento, o que consideramos estar relacionado aos esquemas e recursos que utilizaram no processo de interpretá-lo. Os dois licenciandos que possuíam noções mais claras sobre a relação da ciência com outras áreas se focaram mais em aspectos epistemológicos e ontológicos do conhecimento científico. As duas alunas que apresentarem noções menos claras a respeito dessa relação deram mais ênfase a questões relacionadas ao contexto religioso.

O caso de uma dessas estudantes nos chamou a atenção, pelo fato de ela ter dito que a perspectiva de sua religião vinha primeiro quando ela respondia ao heurístico, mesmo

quando estavam sendo tratados aspectos da ciência. Conforme foi apontado no terceiro estudo, essa estudante chegou a afirmar que discordava de certos elementos da ciência porque contrariavam o que era dito por sua religião, o que também tomamos como um caso mais óbvio de sobreposição de estruturas (SEWELL, 2005), com elementos do contexto religioso tendo mais destaque que aqueles da ciência.

Uma interpretação possível para esse caso é que as vivências dessa estudante estão fortemente marcadas pela religião e, dessa forma, é esse o aspecto predominante que influencia suas visões de mundo e que prevalece mesmo ao lidar com o contexto da ciência. No entanto, é importante destacar que, em certo sentido, isso também pode ser entendido como um caso de relação entre considerações vindas do mundo cotidiano e da concepção científica. Apesar de no presente trabalho estarmos considerando o mundo cotidiano como representando um contexto cultural, com determinadas características que lhe são próprias (SCHUTZ, 1974), ele é um campo mais aberto a influências de outras estruturas, ou seja, a vida do dia a dia é um campo de intersecção de vários contextos, onde acontecem de forma mais intensa as sobreposições das estruturas. Assim, no caso da aluna em questão, o campo religioso pode ser forte por estar presente nas vivências diárias dela, ou seja, é um aspecto importante do seu particular cotidiano, permeado por aquilo que vem da religião.

Por fim, como aspecto geral, talvez possamos dizer que a falta de uma noção clara a respeito das formas pelas quais a ciência caracteriza a realidade do mundo, sobretudo seus aspectos inobserváveis, pode levar a uma maior abertura para influências de critérios de realidade diversos, que não surgem do próprio campo científico.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Na apresentação dessa tese, deixamos claro que nossa motivação partia de um questionamento pessoal sobre a realidade dos conhecimentos científicos, principalmente das entidades que fazem parte da caracterização da ciência sobre o mundo. No entanto, no decorrer do trabalho apresentamos outros elementos que ampliaram a relevância dessa questão, retratando-a como uma problemática que perpassa o trabalho de todo professor de física.

Como ponto de partida, caracterizamos aspectos relacionados à formação docente em ciências, pontuando elementos importantes que lhe foram sendo incorporados ao longo do tempo. Dentre eles, a literatura destaca a existência de certo consenso a respeito da necessidade de um entendimento de aspectos da natureza da ciência por professores, sobretudo para uma atuação na perspectiva de uma alfabetização ou letramento científico. Assumimos a importância de uma abordagem sobre a ciência que vá além da operacionalização matemática de conceitos, que proporcione subsídios para uma reflexão crítica a respeito da própria ciência, suas formas de atuar e construir conhecimentos sobre o mundo, bem como o estabelecimento de comparações com outras áreas. O ensino, nessa perspectiva, permitiria um entendimento mais amplo de como a ciência caracteriza o mundo. A temática da realidade das entidades científicas está incluída nessa abordagem, como parte das dimensões ontológica e epistemológica do conhecimento produzido pela ciência.

Ao tratarmos essa temática no contexto de um curso de licenciatura, consideramos que um professor de ciências provavelmente terá de lidar, no seu trabalho, com a caracterização de entidades que não são acessíveis aos sentidos, abordando as razões para a proposição de existência desse tipo de entidade. Levamos em conta que o trabalho dos professores contribui para a imagem sobre a ciência a ser construída pelos alunos e que a compreensão de aspectos da natureza da ciência pode influenciar aquilo que os docentes fazem em sala de aula, mesmo quando eles não pensam explicitamente sobre isso.

Entre as questões relacionadas à temática da realidade das entidades da ciência abordadas na presente tese estão discussões acerca do realismo científico, vindas da filosofia da ciência, que, entre outras coisas, tratam da problemática dessas entidades terem ou não existência independente das teorias e instrumentos que as identificam e descrevem. Esse é um debate em andamento no campo filosófico. No campo educacional, não existe uma forma consensual de tratar a questão. No entanto, consideramos que certos tipos de abordagem não seriam apropriados em um curso de ciências, como, por exemplo, tomar as entidades

científicas da mesma maneira que os objetos ordinários ou, em outro extremo, tomá-las como meras ficções que podem ser trocadas ou descartadas sem complicações.

Apesar da importância das discussões que se dão no campo filosófico, entendemos que a abordagem acerca da realidade das entidades não poderia ficar restrita a essa dimensão no presente trabalho. Como tratamos de concepções de licenciandos sobre esse tema, foi necessário abordar ainda outras formulações teóricas, já que a descrição da ciência sobre o mundo não é única e as pessoas, de modo geral, concebem a realidade de outros modos. Dessa forma, é razoável pensar que as noções dos estudantes sobre a realidade não se resumem àquilo que vem da ciência ou da filosofia.

Nesse sentido, além de elementos gerais de uma discussão acerca do realismo científico, buscamos tratar de formulações teóricas que abordavam a questão da realidade em perspectivas que se referem ao campo cotidiano e ao senso comum, considerando que nossas formas de compreensão do mundo estão relacionadas também àquilo que é aprendido nas relações e interações do dia a dia. Assim, os modos de pensar do cotidiano foram trazidos à discussão, principalmente por meio de ideias provindas de análises fenomenológicas acerca da realidade do dia a dia e de considerações a respeito do caráter rotineiro das atividades da vida cotidiana, que limitaria as formas de reflexão à consciência prática. Essas noções teóricas se mostraram bastante importantes nas interpretações elaboradas para os resultados que obtivemos nos nossos estudos.

Como referencial mais geral sobre as formas de compreender a realidade, adotamos as formulações de Sewell sobre cultura, que apontam a influência de campos culturais nos modos de entender o mundo. Nessa perspectiva, existe um conjunto de sistemas culturais que estão parcialmente sobrepostos, exercendo certo grau de influência sobre os indivíduos que se relacionam com eles. Por meio desse referencial, também concebemos a ciência como um campo cultural, com suas formas próprias de dar sentido ao mundo. A aprendizagem da ciência envolveria a incorporação de aspectos desse campo, que é onde as entidades científicas ganhariam sentido pleno.

Nosso trabalho caminhou com o desenvolvimento de três estudos, elaborados para responder as questões de pesquisa formuladas. No Capítulo 5, fizemos uma caracterização da nossa pesquisa e levantamos, em forma de perguntas, as questões que gostaríamos de responder com os estudos realizados. Voltaremos agora as essas perguntas e apresentaremos algumas possíveis respostas, utilizando os resultados que obtivemos.

*1) É possível identificar aproximação entre elementos da cultura científica e a forma pela qual os licenciandos caracterizam entidades da ciência? Os estudantes caracterizam de maneira diferente a realidade de entidades da ciência e de entes que compõem outros domínios?*

No primeiro estudo da tese foi possível verificar que a realidade das entidades científicas e de entes de outros contextos eram caracterizadas de maneiras diferentes, de acordo com seu contexto de origem. Para os entes cujo contato se dá no âmbito do cotidiano ou no âmbito religioso, os critérios apresentados para a atribuição de realidade foram mais homogêneos, havendo tipos predominantes de justificativa de realidade. No caso dos entes do cotidiano, uma relação direta com o ente; para os entes da esfera religiosa, justificativas que envolviam crença ou simples afirmações de existência. Para as entidades científicas, houve maior variedade nas justificativas, com destaque para aquelas que recorriam a noções teóricas.

Nesse sentido, em uma primeira leitura pareceu haver uma aproximação entre as formas pelas quais os estudantes caracterizam a realidade das entidades da ciência com elementos da cultura científica. Entre os modos de ação que ocorrem no âmbito científico estão investigações que utilizam noções teóricas para caracterizar a realidade de entidades, por meio de instrumentos que estão impregnados de teorias (conforme apontou Bachelard ao apresentar o conceito de fenomenotécnica).

No entanto, outras considerações acerca das justificativas dos estudantes para a realidade das entidades evidenciaram outros aspectos. A primeira é que a maior variedade nos tipos de justificativas é um indicativo de que não havia tanta clareza acerca dos critérios de caracterização de existência das entidades da ciência. A segunda é que havia indícios da utilização, no contexto científico, de critérios oriundos do contexto cotidiano. Assim, para os resultados obtidos, propusemos uma interpretação de que as justificativas dadas pelos estudantes para a atribuição de realidade a entidades da ciência eram influenciadas pelas formas cotidianas de caracterizar o mundo.

Apesar de ser possível explicar esse tipo de influência por meio de considerações sobre a sobreposição de estruturas culturais, acreditamos que não era do domínio dos estudantes as formas pelas quais a ciência caracteriza o mundo, o que abriu ainda mais espaço para formas cotidianas de caracterizá-lo. Julgamos razoável pensar que, pelo menos em parte, por não haver clareza dos critérios científicos de definição de existência, os alunos

recorreram a critérios já conhecidos, como os utilizados para os objetos tratados no âmbito do cotidiano, com os quais possuímos mais familiaridade.

Em todo caso, consideramos que adoção e utilização de critérios vindos de outros contextos constitui um problema para a compreensão e caracterização da ciência. Parece que a formação em física não está propiciando mudanças nas visões ontológicas e epistemológicas espontâneas dos alunos.

*2) Ao estudar física, há respaldo para uma reflexão a respeito da realidade das entidades? Que tipo de justificativa sobre a realidade de entidades científicas é apresentada aos estudantes?*

Por trás dessa questão está o entendimento de que a formação em física deveria dar subsídios para uma compreensão da realidade das entidades e das formas científicas de caracterização do mundo. Buscando respondê-la, investigamos uma coleção de livros didáticos de física, analisando como a realidade de algumas entidades científicas é nela caracterizada. Levamos em consideração que as aulas de física, ao utilizar livros didáticos como guias de trabalho, também caracterizariam as entidades da mesma forma que o livro.

No livro analisado não aparece uma preocupação em promover uma discussão sobre critérios de caracterização de realidade. As justificativas para as partículas serem tomadas como reais se deu por meio de inferências abduativas, mas de maneira pouco explícita e pouco frequente. A maioria das alusões às entidades já as tratava como reais, aparecendo principalmente em explicações e em problemas numéricos. Assim, as reflexões sobre a realidade das entidades não eram necessárias.

Consideramos que o tipo de abordagem do livro não contribui para o devido esclarecimento sobre como essa realidade é caracterizada pela ciência e nem para a reelaboração dos critérios de existência que os estudantes já trazem de outros campos que não o científico, o que inclusive pode ser usado para explicar os resultados do primeiro estudo.

*3) Considerando a importância de reflexões acerca da realidade do conhecimento científico, é possível estabelecer uma maneira de favorecê-la, fazendo também com que os estudantes se conscientizem das formas pelas as quais eles entendem a realidade da ciência?*

Julgamos importante a oferta de oportunidades aos estudantes para refletirem sobre a atribuição de realidade pela ciência e sobre os critérios utilizados para isso. Acreditamos

que esse é um fator essencial para que a estrutura da ciência seja entendida em seus próprios termos e não sob a ótica de outros campos culturais. Os resultados dos nossos estudos parecem mostrar a existência de certa relação entre noções pouco claras dos estudantes sobre critérios de atribuição de realidade da ciência e a utilização de noções epistemológicas e ontológicas de outros contextos para avaliar o conhecimento científico.

Além disso, consideramos que tomar consciência das diferentes formulações sobre o mundo, aprendendo a caracterizar os contrastes e limites de validade entre diferentes campos culturais, também é um fator importante para o entendimento da ciência.

A necessidade de se estabelecer estratégias para a abordagem dessas questões nos levou a desenvolver um heurístico e a aplicá-lo em um grupo de licenciandos que estavam no final da graduação em física. Com esse instrumento, buscávamos proporcionar reflexões a respeito da realidade do conhecimento científico e de entes de outros contextos, cuja relação com o contexto da ciência se mostrou relevante principalmente no primeiro estudo.

Analizamos as entrevistas de quatro estudantes sobre uso do heurístico. Todos afirmaram que ele proporcionou reflexões sobre aspectos que não haviam sido pensados anteriormente ou permitiu que esclarecessem para si mesmos como pensavam a respeito daquilo o instrumento trazia como questão. No entanto, as questões que chamaram mais a atenção e os tipos de reflexão suscitados pelo instrumento não foram os mesmos para todos alunos. Entre outras coisas, pensamos que essas variações têm origem nas diferentes trajetórias de cada um, relacionadas aos campos culturais que estão ou estiveram em contato, que estabelecem seus sistemas interpretativos sobre o mundo.

Dessa forma, pensamos que a utilização do heurístico para o tratamento de questões específicas talvez necessite de algum direcionamento por parte de quem o aplica, já que os estudantes podem não se fixar nelas naturalmente. Além disso, a intenção do instrumento era trazer certos elementos à consciência dos estudantes, como a necessidade de um maior entendimento a respeito dos critérios de caracterização de realidade da ciência. No entanto, o instrumento, por si só, não necessariamente fez com que os estudantes considerassem a necessidade de realizarem mais reflexões ou talvez mais estudos. Apesar de ele ter cumprido a função de trazer à tona as bases do pensamento dos estudantes e ter indicado certos elementos para reflexão, talvez sejam necessárias ainda outras estratégias. Para uma tomada de consciência mais profunda sobre os critérios científicos de definição de existência, além do heurístico em si, nos parece que outros instrumentos ou estratégias devam ser elaborados/utilizados, como a utilização de episódios históricos envolvendo a proposição/descoberta de entidades e o abandono de algumas delas. A proposição dos quarks

e a proposição e o desaparecimento do calórico poderiam configurar situações adequadas a esse fim.

À guisa de encerramento, gostaríamos de salientar nossa compreensão de que a realidade é multifacetada pela superposição dos campos culturais no qual estamos imersos. Quanto mais a sociedade se diversifica e se complexifica, maior é a chance de vivermos sob a influência de campos culturais diferentes. Um primeiro passo para lidar com isso seria a capacidade de entender essa superposição e a maneira como ela nos submete a diferentes tipos de concepção sobre a realidade. Um segundo, seria entender os diferentes critérios que fazem a gente considerar uma cadeira, um anjo e um elétron reais dentro de seus âmbitos específicos. Um terceiro passo decisivo seria a possibilidade de cotejar os contextos e critérios que fazem cada um deles reais de modos diferentes, entendendo aproximações e distanciamentos entre eles. Esses três níveis de apropriação da realidade, inclusive da realidade das entidades científicas, é o que nos permite viver e atuar neste mundo culturalmente complexo e exercitar uma “tolerância ontológica” sem perder de vista as nossas próprias opções de realidade. Um professor de física é um educador no contexto da ciência, deve tratar da visão científica sobre o mundo, mas não pode se furtar à tarefa de apresentar as entidades científicas em perspectiva. Os estudantes precisam ser capazes de entender a realidade das entidades da ciência, os critérios que as tornam reais, mas também como sua realidade pode se relativizar em funções de outros contextos culturais, onde os critérios são diferentes.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABD-EL-KHALICK, F.; BOUJAOUDE, S. An exploratory study of the knowledge base for science teaching. **Journal of Research in Science Teaching**, 34(7), p.673-699, 1997.

ABEL, S.K.; SMITH, D.C. What is science?: preservice elementary teachers' conceptions of the nature of science. **International Journal of Science Education**, 16(4), p.475-487, 1994.

ABRANTES, A.C.S. **Ciência, Educação e Sociedade: o caso do Instituto Brasileiro de Educação, Ciência e Cultura (IBECC) e da Fundação Brasileira de Ensino de Ciências (FUNBEC)**. Tese (História das Ciências e da Saúde) - Fundação Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, 2008.

ALTERS, B.J. Whose nature of science? **Journal of Research in Science Teaching**, 34(1), p.39-55, 1997.

ARAÚJO, R.S.; VIANNA, D.M. A história da legislação dos cursos de licenciatura em física no Brasil: do colonial presencial ao digital a distância. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, 32(4), 2010.

ASSIS, K.R. História e filosofia da ciência no ensino de ciências e o debate universalismo versus relativismo. **Revista Brasileira de História da Ciência**, 7(2), p.149-166, 2014.

ASTOLFI, J.P.; DEVELAY, M. **A didática das ciências**. Campinas: Papirus, 1990.

BACHELARD, G. **O novo espírito científico**. Tradução de Remberto Francisco Kuhnen. In: Pensadores. São Paulo: Abril Cultural, 1978, p.90-179.

BACHELARD, G. **A formação do espírito científico: contribuição para uma psicanálise do conhecimento**. Tradução de Estela dos Santos Abreu. Rio de Janeiro: Contraponto, 1996.

BARDIN, L. **Análise de Conteúdo**. Tradução de Luís Antero Reto e Augusto Pinheiro. São Paulo: Edições 70, 2011.

BARRA, E.S.O. A realidade do mundo da ciência: um desafio para a história, a filosofia e a educação científica. **Revista Ciência e Educação**, 5(1), p.15-26, 1998.

BASSALO, J.M.F e CATTAN, M.S.D. **Teoria de Grupos para Físicos**. São Paulo: Publicação IF e-book 1661/2011, 2011. Disponível em: <<http://publica-sbi.if.usp.br/PDFs/pd1661.pdf>>. Acesso em: 27 jan. 2014.

BERGER, P.; LUCKMANN, T. **A construção social da realidade: tratado de sociologia do conhecimento**. 25.ed. Tradução de Floriano de Souza Fernandes. Petrópolis: Vozes, 2005.

BISHOP, S.R. *et al.* Mindfulness: A Proposed Operational Definition. **Clinical Psychology: Science and Practice**, 11(3), p.230-241, 2004.

BRASIL. Lei nº 9394, de 20/12/1996. Estabelece as diretrizes e bases da educação nacional. **Diário Oficial da União**, Brasília, ano CXXXIV, n. 248, 23 dez.1996, p.27833-27841, 1996.

BRASIL, Ministério da Educação, Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **Parâmetros Curriculares Nacionais: ensino médio**. Brasília: MEC/SEMTEC, 1999.

BRASIL, Conselho Nacional de Educação, Câmara de Educação. Parecer CNE/CES 1.304, de 06 de Dezembro de 2001 - Diretrizes Nacionais Curriculares para os Cursos de Física. **Diário Oficial da União**, Brasília, 7 de Dez. de 2001, Seção 1, p.25, 2001.

BRASIL, Conselho Nacional de Educação, Conselho Pleno. Resolução CNE/CP 1/2002. Institui Diretrizes Curriculares Nacionais para a Formação de Professores da Educação Básica, em nível superior, curso de licenciatura, de graduação plena. **Diário Oficial da União**, Brasília, 9 de abril de 2002. Seção 1, p. 31. Republicada por ter saído com incorreção do original no D.O.U. de 4 de março de 2002. Seção 1, p.8, 2002a.

BRASIL, Conselho Nacional de Educação, Conselho Pleno. Resolução CNE/CP 2/2002. Institui a duração e a carga horária dos cursos de licenciatura, de graduação plena, de formação de professores da Educação Básica em nível superior. **Diário Oficial da União**, Brasília, 4 de março de 2002. Seção 1, p.9, 2002b.

BRASIL, Conselho Nacional de Educação, Conselho Pleno. Resolução CNE/CP 2/2015. Define as Diretrizes Curriculares Nacionais para a formação inicial em nível superior (cursos de licenciatura, cursos de formação pedagógica para graduados e cursos de segunda licenciatura) e para a formação continuada. **Diário Oficial da União**, Brasília, 2 de julho de 2015, Seção 1, p. 8-12, 2015

BRICKHOUSE, N.W. Teachers' beliefs about the Nature of Science and their relationship to classroom practice. **Journal of Teacher Education**, 41(3), p.53-62, 1990.

CACHAPUZ, A.; GIL-PÉREZ, D.; CARVALHO, A.M.P.; PRAIA, J.; VILCHES, A. Superação das visões deformadas da ciência e da tecnologia: um requisito essencial para a renovação da educação científica. In: \_\_\_\_\_. (Orgs.). **A necessária renovação do ensino das ciências**. São Paulo: Cortez, 2005, p.37-70.

CAMPOS, C.J.G. Método de análise de conteúdo: ferramenta para a análise de dados qualitativos no campo da saúde. **Revista Brasileira de Enfermagem**, 57(5), p.611-614, 2004.

CARDOSO, V.C. **A cigarra e a formiga: a hermenêutica de profundidade como proposta de método de pesquisa em Educação Matemática**. In: XIII Conferência Interamericana de Educação Matemática, 2011, Recife/PE. Atas do XIII CIAEM, 2011.

CARVALHO, A.M.P. Habilidades de professores para promover a enculturação científica. **Contexto & Educação**, 22(77), p.25-49, 2007.

CARVALHO, A.M.P.; GIL-PÉREZ, D. **Formação de professores de Ciências: tendências e inovações**. São Paulo: Cortez, 1993.

CASTELAO-LAWLESS, T. Phenomenotechnique in historical perspective: its origins and implications for philosophy of science. **Philosophy of Science**, 62(1), p.44-59, 1995.

CHALMERS, A.F. **O que é ciência afinal?** 1.ed. São Paulo: Brasiliense, 1993.

CHALMERS, A.F. **A fabricação da ciência**. São Paulo: Fundação Editora da UNESP, 1994.

CHI, M.T.H.; SLOTTA, J.D.; LEEUW, N. From things to processes: A theory of conceptual change for learning science concepts. **Learning and Instruction**, 4(1), p.27-43, 1994.

CHIBENI, S.S. A inferência abdutiva e o realismo científico. **Cadernos de História e Filosofia da Ciência**, série 3, 6(1), p.45-73, 1996.

CLEMINSON, A. Establishing an epistemological base for science teaching in the light of contemporary notions of the nature of science and of how children learn Science. **Journal of Research in Science Teaching**, 27(5), p.429-445, 1990.

COBERN, W.W.; LOVING, C.C. An essay for educators: epistemological realism really is common sense. **Science & Education**, 17(4), p.425-447, 2008.

DIAS-DA-SILVA, M.H.G.F. Política de formação de professores no Brasil: as ciladas da reestruturação das licenciaturas. **Perspectiva**, 23(2), p.381-406, 2005.

DION, S.M.; LOURES, M.V.R. Debate realismo/antirrealismo em situações de ensino de física, à luz da interface entre história e filosofia da ciência. In: SILVA, C.C.; PRESTES, M.E.B. **Aprendendo ciência e sobre sua natureza: abordagens históricas e filosóficas**. São Carlos: Tipografia Editora Expressa, 2013, p.197-209.

DRIVER, R.; ASOKO, H.; LEACH, J.; MORTIMER, E.; SCOTT, P. Construindo conhecimento científico na sala de aula. **Química Nova na Escola**, 9, 1999.

DUSCHL, R.A.; WRIGHT, E. A case study of high school teachers' decision making models for planning and teaching science. **Journal of Research in Science Teaching**, 26(6), p.467-501, 1989.

DUTRA, L.H.A. **Introdução à Teoria da Ciência**. Florianópolis: Editora da UFSC, 1998.

EFLIN, J.T.; GLENNAN, S.; REISCH, G. The nature of science: A perspective from the philosophy of science. **Journal of Research in Science Teaching**, 36(1), p.107-116, 1999.

ERICKSON, F. Qualitative research methods for Science education. In: FRASIER, B.J.; TOBIN, K.G.; McROBBIE, C.J. (Eds.) **Second International Handbook of Science Education**, vol.1. Dordrecht, Heidelberg, London, New York: Springer, 2012, p.1451-1469.

FERNÁNDEZ, I.; GIL, D.; CARRASCOSA, J.; CACHAPUZ, A. e PRAIA, J. Visiones deformadas de la ciencia transmitidas por la enseñanza. **Enseñanza de las Ciencias**, 20(3), p.477-488, 2002.

FINE, A. The Natural Ontological Attitude. In: \_\_\_\_\_. **The Shaky Game: Einstein Realism and the Quantum Theory**. Chicago: The University of Chicago Press, 1986a, p.112-135.

FINE, A. And Not Antirealism Either. In: \_\_\_\_\_. **The Shaky Game: Einstein Realism and the Quantum Theory**. Chicago: The University of Chicago Press, 1986b, p.136-150.

FRACALANZA, H. Livros didáticos × Projetos de ensino. In: FRACALANZA, H. e MEGID NETO, J. (org.). **O Livro Didático de Ciências no Brasil**. Campinas: Komed/Fac. Educação UNICAMP, 2006, p.127-152.

FRANK, P. The Place of the Philosophy of Science in the Curriculum of the Physics Student. **Science & Education**, 13(1), p.99-120, 2004.

GASPAR, A. **Cinquenta anos de Ensino de Física: muitos equívocos, alguns acertos e a necessidade do resgate do papel do professor**. XV Encontro de Físicos do norte e Nordeste, 1997. Disponível em:

<[http://disciplinas.stoa.usp.br/pluginfile.php/206672/mod\\_resource/content/1/texto\\_5.pdf](http://disciplinas.stoa.usp.br/pluginfile.php/206672/mod_resource/content/1/texto_5.pdf)>  
Acesso em: 27 abr. 2015.

GEERTZ, C. **The Interpretation of Cultures: selected essays**. New York: Basic, 1973.

GHEDIN, E.; FRANCO, M.A.S. **Questões de método na construção da pesquisa em educação**. São Paulo: Cortez, 2008.

GIDDENS, A. **A constituição da sociedade**. 3.ed. Tradução de Álvaro Cabral. São Paulo: Editora WMF Martins Fontes, 2009.

GILBERT, J.K.; PIETROCOLA, M.; ZYLBERSZTAJN, A.; FRANCO, C. Science and Education: Notions of Reality, Theory and Model. In: GILBERT, J.K.; BOULTER, C.J. (Eds.) **Developing Models in Science Education**. Amsterdam: Kluwer Academic Publishers, 2000, p.19-40.

GUERRA-RAMOS, M. T. Teachers' ideas about the nature of Science: A critical analysis of research approaches and their contribution. **Science & Education**, 21(5), p.631-655, 2012.

GUISASOLA, J.Y.; MORENTIN, M. Comprenden la naturaleza de la ciencia los futuros maestros y maestras de educación primaria? **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, 6(2), p.246-262, 2007.

GUPTA, A.; HAMMER, D.; REDISH, E.F. The Case for Dynamic Models of Learners' Ontologies in Physics. **Journal of the Learning Sciences**, 19(3), p.285-321, 2010.

HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. **Fundamentals of physics: extended**. 8<sup>th</sup> ed. Hoboken: John Wiley & Sons, 2008.

HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. **Fundamentos de Física, vol. 1: mecânica**. 8<sup>a</sup> ed. Tradução de Ronaldo Sérgio de Biasi. Rio de Janeiro: LTC, 2009a, 4v.

HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. **Fundamentos de Física, vol. 2: gravitação, ondas e termodinâmica**. 8ª ed. Tradução de Ronaldo Sérgio de Biasi. Rio de Janeiro: LTC, 2009b, 4v.

HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. **Fundamentos de Física, vol. 3: eletromagnetismo**. 8ª ed. Tradução de Ronaldo Sérgio de Biasi. Rio de Janeiro: LTC, 2009c, 4v.

HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. **Fundamentos de Física, vol. 4: óptica e física moderna**. 8ª ed. Tradução de Ronaldo Sérgio de Biasi. Rio de Janeiro: LTC, 2009d, 4v.

HANDS, S. The phase diagram of QCD. **Contemporary Physics**, 42(4), p.209-225, 2001.

HARRES, J.B.S. Uma revisão de pesquisas nas concepções de professores sobre a natureza da ciência e suas implicações para o ensino. **Investigações em Ensino de Ciências**, 4(3), p.197-211, 1999.

IBGE. **Censo demográfico 2010: características gerais da população, religião e pessoas com deficiência**. Rio de Janeiro: IBGE, 2012. Disponível em: <[http://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/94/cd\\_2010\\_religiao\\_deficiencia.pdf](http://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/94/cd_2010_religiao_deficiencia.pdf)>. Acesso em: 26 ago. 2013.

IFUSP. **Projeto pedagógico do curso de licenciatura em física**, 2009. Disponível em: <[http://portal.if.usp.br/cocllic/sites/portal.if.usp.br/cocllic/files/ProjPedagogicoLic2009\\_1.pdf](http://portal.if.usp.br/cocllic/sites/portal.if.usp.br/cocllic/files/ProjPedagogicoLic2009_1.pdf)>. Acesso em: 04 nov. 2015.

IRZIK, G.; NOLA, R. A family resemblance approach to the nature of Science for Science education. **Science & Education**, 20(7), p.591-607, 2011.

KRASILCHIK, M. A evolução no ensino das Ciências no período 1950-1985. In: \_\_\_\_\_. **O professor e o Currículo de Ciências**. São Paulo: EDUSP, 1987, p.5-25.

KUHN, T. **A Estrutura das Revoluções Científicas**. 9.ed. São Paulo: Perspectiva, 2005.

LAGE, M.C. Os softwares tipo CAQDAS e a sua contribuição para a pesquisa qualitativa em educação. **ETD: Educação Temática Digital**, 12(2), p.42-58, 2011.

LAMB, W.E.; SCULLY, M.O. The photoelectric effect without photons. In: **Polarization, Matière et Rayonnement**. Presses University de France, Paris, 1969. Disponível em: <<http://users.unimi.it/aqm/wp-content/uploads/Lamb-1968.pdf>>. Acesso em: 8 out. 2013.

LEDERMAN, N.G. Student's and teacher's conceptions of the nature of science: a review of the research. **Journal of Research in Science Teaching**, 29(4), p.331-359, 1992.

LEDERMAN, N.G. Teachers' understanding of the nature of science and classroom practice: factors that facilitate or impede the relationship. **Journal of Research in Science Teaching**, 36(8), p.916-929, 1999.

LEDERMAN, N.G. Nature of science: past, present, and future. In: ABELL, S.K.; LEDERMAN, N.G. (eds.). **Handbook of research on science education**. Mahwah, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates, 2007, p.831-879.

LOPES, A.R.C. **Conhecimento escolar: ciência e cotidiano**. Rio de Janeiro: EdUERJ, 1999.

MACEDO, B.; KATZKOWICZ, R. Educação científica: sim, mas qual e como? In: SASSON, A. *et al.* (Orgs.). **Cultura científica: um direito de todos**. Brasília: UNESCO, 2003, p.67-86.

MARIANI, M.C.; OGBORN, J. Towards an ontology of common-sense reasoning. **International Journal of Science Education**, 13(1), p.69-85, 1991.

MARIANI, M.C. **Some Dimensions of Commonsense Reasoning About the Physical World: an Empirical Study of the Structure of Students' Conceptualisations**. Thesis (PhD in Science Education). University of London, London, 1992.

MARINELI, F.; PIETROCOLA, M. **Um estudo sobre critérios de atribuição de realidade utilizados por estudantes de Física**. In: XVIII Simpósio Nacional de Ensino de Física, 2009, Vitória/ES. Atas do XVIII SNEF, 2009.

MARINELI, F.; PIETROCOLA, M. **Um estudo exploratório sobre critérios de atribuição de realidade utilizados por estudantes de Física: construindo categorias de análise**. In: XII Encontro de Pesquisa em Ensino de Física, 2010, Águas de Lindóia/SP. Atas do XII EPEF, 2010.

MARTINS, I.; OGBORN, J.; KRESS, G. Explicando uma explicação. **Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências**, 1(1), p.29-46, 1999.

MASSONI, N.T. **A epistemologia contemporânea e suas contribuições em diferentes níveis de ensino de física: a questão da mudança epistemológica**. Tese (Doutorado em Ciências) - Instituto de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010.

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 e Educação**, 20(3), p.596-616, 2014.

MATTHEWS, M.R. **Science Teaching: The Role of History and Philosophy of Science**. New York: Routledge, 1994.

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. 3-39.

MINAYO, M.C.S. **O desafio do conhecimento: pesquisa qualitativa em Saúde**. 14.ed. São Paulo: Hucitec, 2014.

MORAES, R. Análise de conteúdo. **Educação**, Porto Alegre, 22(37), p.7-32, 1999. Disponível em: <[http://cliente.argo.com.br/~mgos/analise\\_de\\_conteudo\\_moraes.html](http://cliente.argo.com.br/~mgos/analise_de_conteudo_moraes.html)>. Acesso em: 30 out. 2015.

MOREIRA, M.A. A teoria da aprendizagem significativa de Ausubel. In: \_\_\_\_\_. **Teorias de aprendizagem**. São Paulo: EPU, 1999, p.151-165.

MOURA, B.A. O que é natureza da ciência e qual sua relação com a história e filosofia da ciência? **Revista Brasileira de História da Ciência**, 7(1), p.32-46, 2014.

MUSGRAVE, A. NOA'S Ark – Fine for Realism. **The Philosophical Quarterly**, 39(157), p.383-398, 1989.

NORONHA, A.B. **Interpretando a relatividade especial: discutindo o debate realismo e antirrealismo científicos no ensino de ciências**. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências). Universidade de São Paulo, São Paulo, 2014.

OGBORN, J.; KRESS, G.; MARTINS, L.; MCGILLICUDDY, K. **Explaining Science in the Classroom**. Buckingham: Open University Press, 1996.

OTERO-GARCIA, S.C.; SILVA, T.T.P. Pressupostos da Hermenêutica das Profundidades e suas potencialidades para a pesquisa em Educação Matemática. **Acta Scientiae**, 15(3), p.551-571, 2013.

PAPINEAU, D. (org.). Introduction. In: \_\_\_\_\_. **The Philosophy of Science**. Oxford: Oxford University Press, 1996, p.1-20.

PESSOA JR, O. **Conceitos de Física Quântica**, vol. 1. São Paulo: Ed. Livraria da Física, 2003.

PIETROCOLA, M. Construção e realidade: o realismo científico de Mário Bunge e o ensino de ciências através de modelos. **Investigações em ensino de ciências**, 4(3), p.213-227, 1999.

PIMENTA, S.G. Professor Reflexivo: Construindo uma Crítica. In: PIMENTA S.G.; GHEDIN E. (orgs). **Professor Reflexivo no Brasil: gênese e crítica de um conceito**. São Paulo: Cortez, 2002, p.17-52.

PINHEIRO, T.F. **Sentimento de realidade, afetividade e cognição no ensino de ciências**. Tese (Doutorado em Educação: Ensino de Ciências Naturais). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003.

PLASTINO, C.E. **Realismo e anti-realismo acerca da ciência: considerações filosóficas sobre o valor cognitivo das ciências**. Tese (Doutorado em Filosofia). Universidade de São Paulo, São Paulo, 1995.

POWIETRZYNSKA, M. **Promoting Wellness through Mindfulness-Based Activities**. Doctor dissertation (PhD in Urban Education). The City University of New York, New York, 2014a.

POWIETRZYNSKA, M. Heuristics for Mindfulness in Education and Beyond. In: MILNE, C.; TOBIN, K. and DEGENERO, D. (eds.). **Sociocultural studies and implications for science education: the experiential and the virtual**. Dordrecht: Springer, 2014b.

RHEINBERGER, H. Gaston Bachelard and the Notion of “Phenomenotechnique”. **Perspectives on Science**, 13(3), p.313-328, 2005.

RODRÍGUEZ, R.Y.A.; ADÚRIZ-BRAVO, A. Naturaleza de la ciencia: Acuerdos teóricos en la comunidad iberoamericana de didáctica de las ciencias. In: SILVA, C.C.; PRESTES, M.E.B. **Aprendendo ciência e sobre sua natureza: abordagens históricas e filosóficas**. São Carlos: Tipografia Editora Expressa, 2013, p.309-317.

ROEHRIG, G.H.; LUFT, J.A. Constraints experienced by beginning secondary science teachers in implementing scientific inquiry lessons. **International Journal of Science Education**, 26(1), p.3-24, 2004.

ROTH, W.-M.; TOBIN, K. **At the elbow of another: learning to teach by coteaching**. New York: Peter Lang Publishing, Inc., 2002.

SAHLINS, M. **Historical Metaphors and Mythical Realities: Structure in the Early History of the Sandwich Islands Kingdom**. Michigan: The University of Michigan Press, 1981.

SAHLINS, M. **Islands of history**. Chicago: The University of Chicago Press, 1985.

SANTOS, W.L.P. Educação científica na perspectiva de letramento como prática social: funções, princípios e desafios. **Revista Brasileira de Educação**, 12(36), p.474-550, 2007.

SCHUTZ, A. Sobre las realidades múltiples. In: \_\_\_\_\_. **El Problema de la Realidad Social**. Tradução de Néstor Míguez. Buenos Aires: Amorrortu, 1974, p.197-238.

SEWELL, W.H. Jr. **Logics of history: social theory and social transformation**. Chicago: The University of Chicago Press, 2005.

SILVA, J.I. As Raízes Epistemológicas do Mito. **Educação e Filosofia**, 14(27 e 28), p.145-158, 2000.

SILVA, M.R. Realismo e anti-realismo na ciência: aspectos introdutórios de uma discussão sobre a natureza das teorias. **Ciência & Educação**, 5(1), p.7-13, 1998.

SILVA, M.R. Ensino de ciências: realismo, antirrealismo e a construção do conceito de oxigênio. **História, Ciências, Saúde-Manguinhos**, 20(2), p.481-497, 2013.

SOUZA, C.A.; BASTOS, F.P.; ANGOTTI, J.A.P. Cultura Científico-Tecnológica na Educação Básica. **Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências**, 9(1), 2007.

THOMPSON, J.B. **Ideologia e cultura moderna: teoria social crítica na era dos meios de comunicação de massa**. 5.ed. Petrópolis: Editora Vozes, 2000.

TIERCELIN, C. Verbetes “Realisme”. In: LECOURT, D. (org). **Dictionnaire d’histoire et philosophie des sciences**. Paris: Puf, 1999.

TOBIN, K. Using Collaborative Inquiry to Better Understand Teaching and Learning. In: BENCZE, J.L. and ALSOP, S. (eds.). **Activist Science and Technology Education**. Dordrecht: Springer, 2014.

VALENTE, S.M.P. Competências e habilidades: pilares do paradigma avaliativo emergente. In: \_\_\_\_\_. **Parâmetros Curriculares Nacionais e avaliação nas perspectivas do Estado e da escola**. Tese (Doutorado em Ensino na Educação Brasileira) – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Marília, SP, 2002. Disponível em: <[http://www.dee.ensino.ub.br/novo/wp-content/uploads/downloads/2011/09/COMPETENCIAS\\_E\\_HABILIDADES.pdf](http://www.dee.ensino.ub.br/novo/wp-content/uploads/downloads/2011/09/COMPETENCIAS_E_HABILIDADES.pdf)>. Acesso em: 23 fev. 2015.

VAN FRAASSEN, B. C. **The Scientific Image**. Oxford: Clarendon Press, 1980.

VERONESE, M.V.; GUARESCHI, P.A. Hermenêutica de Profundidade na pesquisa social. **Ciências Sociais Unisinos**, 42(2), p.85-93, 2006.

VIEIRA, J.G.S.; FERNÁNDEZ, R.G. A estrutura das revoluções científicas na economia e a Revolução Keynesiana. **Estudos Econômicos**, São Paulo, 36(2), p.355-381, 2006.

VIENNOT, L. Spontaneous Reasoning in Elementary Dynamics. **European Journal of Science Education**, 1(2), p.205-222, 1979.

VILLANI, A.; PACCA, J.L.A.; FREITAS, D. Science Teacher Education in Brazil: 1950-2000. **Science & Education**, 18(1), p.125-148, 2009.

WITTEN, E. Black holes and quark confinement. **Current Science**, 81(12), p.1576-1581, 2001.

ZANETIC, J. **Física também é Cultura**. Tese (Doutorado em Educação). Universidade de São Paulo, São Paulo, 1989.

ZEIDLER, D.L; LEDERMAN, N.G. Science teachers’ conceptions of the nature of science: Do they really influence teacher behavior? **Science Education**, 71(5), p.721-734, 1987.

ZEIDLER, D.L; LEDERMAN, N.G. The effects of Teachers’ Language on Students’ Conceptions of the Nature of Science. **Journal of Research in Science Teaching**, 26(9), p.771-783, 1989.

ZWIEBEL, C. The Undergraduate introductory physics textbook and the future. **2012 AHS Capstone Projects**. Paper 22, 2012. Disponível em: <[http://digitalcommons.olin.edu/ahs\\_capstone\\_2012/22](http://digitalcommons.olin.edu/ahs_capstone_2012/22)>. Acesso em: 31 dez. 2015.



**APÊNDICE 1 – Modelo do questionário e do termo de consentimento  
utilizado no primeiro estudo**

Prezado aluno,

Solicitamos a sua colaboração, respondendo a presente consulta de forma sincera. Para isso, indique o grau de intensidade de realidade que você considera estar relacionado a cada um dos elementos citados a seguir, assinalando:

- 1 - totalmente não-real      2 – mais não-real do que real      3 - ½ real, ½ não real**  
**4 – mais real do que não-real      5 – totalmente real**

e dando uma justificativa para a sua escolha. Agradecemos sinceramente.

Ano de ingresso no curso de Física: \_\_\_\_\_

	Intensidade de realidade					Justificativa
Algodão	1	2	3	4	5	
Anjo	1	2	3	4	5	
Ar	1	2	3	4	5	
Aroma	1	2	3	4	5	
Átomo	1	2	3	4	5	
Bóson de Higgs	1	2	3	4	5	
Cadeira	1	2	3	4	5	
Calórico	1	2	3	4	5	
Campo elétrico	1	2	3	4	5	
Campo gravitacional	1	2	3	4	5	
Carga	1	2	3	4	5	
Conservação da Energia	1	2	3	4	5	
Cor	1	2	3	4	5	
Corrente elétrica	1	2	3	4	5	
Deus	1	2	3	4	5	
Elétron	1	2	3	4	5	

Intensidade de realidade

Justificativa

Espírito	1	2	3	4	5	
Estrela	1	2	3	4	5	
Éter	1	2	3	4	5	
Força eletromagnética	1	2	3	4	5	
Fóton	1	2	3	4	5	
Gravidade	1	2	3	4	5	
Gráviton	1	2	3	4	5	
Massa	1	2	3	4	5	
Melodia	1	2	3	4	5	
Movimento Retilíneo Uniforme	1	2	3	4	5	
Mundo não físico / não terreno	1	2	3	4	5	
Onda eletromagnética	1	2	3	4	5	
Orixá	1	2	3	4	5	
Quark	1	2	3	4	5	
Relâmpago	1	2	3	4	5	
Relatividade do tempo	1	2	3	4	5	
Salto quântico	1	2	3	4	5	
Seres elementais	1	2	3	4	5	
Spin	1	2	3	4	5	

**TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO  
(DO QUESTIONÁRIO)**

Concordo em participar, como voluntário/a, da pesquisa intitulada “*A dimensão ontológica da Física e sua aprendizagem*”, que tem como pesquisador responsável Fábio Marineli, aluno da Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo, orientado pelo Prof. Dr. Maurício Pietrocola, os quais podem ser contatados pelo e-mail *fabio.marineli@usp.br*. O referido trabalho tem por objetivo estudar aspectos da dimensão ontológica nas formas de entendimento do mundo, principalmente da ontologia relacionada ao conhecimento científico, procurando investigar os critérios usados por estudantes de Física para considerarem como reais elementos presentes em diferentes caracterizações da realidade.

Minha participação consiste em responder o questionário anexo. Compreendo que esse estudo possui finalidade de pesquisa, e que os dados obtidos serão divulgados seguindo as diretrizes éticas da pesquisa, assegurando, assim, minha privacidade. Sei que posso retirar meu consentimento quando eu quiser, e que não receberei nenhum pagamento por essa participação.

Nome e Assinatura

Local e data.

**APÊNDICE 2 – Exemplo de questionário digitado e categorizado  
utilizando o Atlas.ti**

001 **Aluno 19**002 **Ano de ingresso no curso de Física: 2004**

003

004 **Algodão** 5005 **Perceptível através dos sentidos**

006

007 **Anjo** 2008 **Questão de crença.**

009

010 **Ar** 5011 **Perceptível através dos sentidos**

012

013 **Aroma** 5014 **Perceptível através dos sentidos**

015

016 **Átomo** 5017 **Perceptível através de experimentos.**

018

019 **Bóson de Higgs** 2020 **Elemento que faz parte de uma teoria. Uma  
outra teoria pode extinguí-lo.**

021

022 **Cadeira** 5023 **Perceptível através dos sentidos**

024

025 **Calórico** 4026 **Explicação teórica para um fenômeno.**

027

028 **Campo elétrico** 4029 **É uma teoria. O fenômeno pode ser**

 5  Categoria D – Realidade definida por meio de uma relação direta entre pessoas e o ente/entidade~  
 Algodão  COTIDIANO  
 Aluno 19

 2  Categoria C – Realidade definida por meio de crença ou existência  
 Aluno 19  RELIGIÃO  
 Anjo

 5  Categoria D – Realidade definida por meio de uma relação direta entre pessoas e o ente/entidade~  
 Aluno 19  COTIDIANO  
 Ar

 5  Categoria D – Realidade definida por meio de uma relação direta entre pessoas e o ente/entidade~  
 Aluno 19  COTIDIANO  
 Aroma

 5  Categoria E – Realidade definida por meio de uma relação entre um aparelho e o ente/entidade~  
 Aluno 19  CIÊNCIA  
 Átomo

 2  CIÊNCIA  
 Aluno 19  
 Bóson de Higgs  
 Categoria G – Realidade definida por alguma caracterização que envolve teoria~

 5  Categoria D – Realidade definida por meio de uma relação direta entre pessoas e o ente/entidade~  
 Aluno 19  COTIDIANO  
 Cadeira

 4  Categoria G – Realidade definida por alguma caracterização que envolve teoria~  
 Aluno 19  CIÊNCIA  
 Calórico

 4  CIÊNCIA  
 Aluno 19



056	Perceptível através dos sentidos		Aluno 19		Estrela
057			Categoria D – Realidade definida por meio de uma relação direta entre pessoas e o ente/entidade~		
058	<b>Éter</b>	2	2	Éter	
059	Era “real” até ter utilidade. Pode voltar a ser útil.		Aluno 19		
060			Categoria I – Outras		
061	<b>Força eletromagnética</b>	4	4		CIÊNCIA
062	Explicação teórica para um fenômeno.		Aluno 19		Força eletromagnética
063			Categoria G – Realidade definida por alguma caracterização que envolve teoria~		
064	<b>Fóton</b>	4	4		CIÊNCIA
065	Explicação teórica para um fenômeno.		Aluno 19		Fóton
066			Categoria G – Realidade definida por alguma caracterização que envolve teoria~		
067	<b>Gravidade</b>	3	3		Gravidade
068	É uma teoria. O fenômeno pode ser explicado por outras teorias.		Aluno 19		
069			Categoria G – Realidade definida por alguma caracterização que envolve teoria~		
070	<b>Gráviton</b>	2	2		CIÊNCIA
071	Partícula que deveria existir em uma teoria.		Aluno 19		Gráviton
072			Categoria G – Realidade definida por alguma caracterização que envolve teoria~		
073	<b>Massa</b>	3	3	Massa	
074	Conceito não definido diretamente, multifacetado.		Aluno 19		
075			Categoria I – Outras		
076	<b>Melodia</b>	5	5		COTIDIANO
077	Perceptível através dos sentidos.		Aluno 19		Melodia
078			Categoria D – Realidade definida por meio de uma relação direta entre pessoas e o ente/entidade~		
079	<b>Movimento Retilíneo Uniforme</b>	3	3	CIÊNCIA	
080	É apenas uma aproximação.		Aluno 19	MRU	
081			Categoria I – Outras		
082	<b>Mundo não físico / não terreno</b>	1	1		Mundo não físico

083 Questão de crença.

084

085 **Onda eletromagnética** 4

086 Explicação teórica para um fenômeno.

087

088 **Orixá** 1

089 Questão de crença.

090

091 **Quark** 3

092 É uma teoria. O fenômeno pode ser explicado por outras teorias.

093

094 **Relâmpago** 5

095 Perceptível através dos sentidos.

096

097 **Relatividade do tempo** 4

098 Demonstrado experimentalmente. Mas uma outra teoria pode dar outra explicação.

099

100 **Salto quântico** 3

101 Depende da teoria. O real é o que acredito?

102

103 **Seres elementais** 1

104 Questão de crença.

105

106 **Spin** 3

107 É uma teoria. O fenômeno pode ser explicado por outras teorias.

Aluno 19 RELIGIÃO  
Categoria C – Realidade definida por meio de crença ou existência

4 CIÊNCIA  
Aluno 19 Onda eletromagnética  
Categoria G – Realidade definida por alguma caracterização que envolve teoria~

1 Orixá  
Aluno 19 RELIGIÃO  
Categoria C – Realidade definida por meio de crença ou existência

3 Quark  
Aluno 19  
Categoria G – Realidade definida por alguma caracterização que envolve teoria~  
CIÊNCIA

5 COTIDIANO  
Aluno 19 Relâmpago  
Categoria D – Realidade definida por meio de uma relação direta entre pessoas e o ente/entidade~

4 Relatividade do tempo  
Aluno 19  
Categoria B - Conhecimento geral~  
CIÊNCIA

3 CIÊNCIA  
Aluno 19 Salto Quântico  
Categoria G – Realidade definida por alguma caracterização que envolve teoria~

1 RELIGIÃO  
Aluno 19 Seres elementais  
Categoria C – Realidade definida por meio de crença ou existência

3  
Aluno 19  
Categoria G – Realidade definida por alguma caracterização que envolve teoria~  
CIÊNCIA  
Spin



**APÊNDICE 3 – Conjunto de respostas dos estudantes para a intensidade de realidade dos itens do questionário do primeiro estudo**

a) Em valores percentuais

**Quadro 34 – Intensidade de realidade atribuída para os itens do cotidiano, em valores percentuais**

<b>Intensidade</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>SN<sup>72</sup></b>
<b>Algodão</b>	0,0	0,0	0,0	4,3	95,7	0,0
<b>Ar</b>	0,0	0,0	0,0	4,3	95,7	0,0
<b>Aroma</b>	4,3	0,0	13,0	17,4	65,2	0,0
<b>Cadeira</b>	0,0	0,0	0,0	4,3	95,7	0,0
<b>Cor</b>	4,3	4,3	17,4	21,7	47,8	4,3
<b>Estrela</b>	0,0	0,0	4,3	13,0	82,6	0,0
<b>Melodia</b>	4,3	0,0	8,7	21,7	65,2	0,0
<b>Relâmpago</b>	0,0	0,0	4,3	4,3	91,3	0,0
<b>Total</b>	<b>1,6</b>	<b>0,5</b>	<b>6,0</b>	<b>11,4</b>	<b>79,9</b>	<b>0,5</b>

**Quadro 35 – Intensidade de realidade atribuída para os itens do contexto religioso, em valores percentuais**

<b>Intensidade</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>SN</b>
<b>Anjo</b>	47,8	30,4	4,3	8,7	8,7	0,0
<b>Deus</b>	39,1	21,7	13,0	0,0	26,1	0,0
<b>Espírito</b>	43,5	8,7	21,7	8,7	17,4	0,0
<b>Mundo não físico / não terreno</b>	47,8	8,7	21,7	4,3	13,0	4,3
<b>Orixá</b>	60,9	13,0	8,7	4,3	8,7	4,3
<b>Seres elementais</b>	65,2	13,0	13,0	0,0	4,3	4,3
<b>Total</b>	<b>50,7</b>	<b>15,9</b>	<b>13,8</b>	<b>4,3</b>	<b>13,0</b>	<b>2,2</b>

<sup>72</sup> A sigla SN significa “sem número” e indica que para um determinado item do questionário não foi assinalado um número que correspondesse à intensidade de realidade.

**Quadro 36 – Intensidade de realidade atribuída para os itens da ciência, em valores percentuais**

<b>Intensidade</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>SN</b>
Átomo	4,3	4,3	26,1	17,4	47,8	0,0
Bóson de Higgs	8,7	8,7	43,5	13,0	26,1	0,0
Calórico	26,1	26,1	8,7	13,0	21,7	4,3
Campo elétrico	4,3	4,3	21,7	30,4	39,1	0,0
Campo gravitacional	4,3	4,3	26,1	26,1	39,1	0,0
Carga	4,3	8,7	17,4	26,1	43,5	0,0
Conservação da Energia	0,0	4,3	13,0	21,7	56,5	4,3
Corrente elétrica	4,3	8,7	8,7	17,4	60,9	0,0
Elétron	8,7	4,3	17,4	21,7	47,8	0,0
Éter	39,1	34,8	17,4	4,3	4,3	0,0
Força eletromagnética	0,0	8,7	17,4	26,1	47,8	0,0
Fóton	8,7	4,3	21,7	21,7	43,5	0,0
Gravidade	0,0	4,3	17,4	26,1	52,2	0,0
Gráviton	8,7	21,7	43,5	13,0	13,0	0,0
Massa	0,0	0,0	21,7	4,3	73,9	0,0
MRU	0,0	8,7	21,7	17,4	52,2	0,0
Onda eletromagnética	4,3	8,7	8,7	30,4	47,8	0,0
Quark	8,7	8,7	26,1	17,4	39,1	0,0
Relatividade do tempo	8,7	8,7	17,4	21,7	43,5	0,0
Salto quântico	8,7	4,3	34,8	13,0	39,1	0,0
Spin	4,3	4,3	34,8	21,7	34,8	0,0
<b>Total</b>	<b>7,5</b>	<b>9,1</b>	<b>22,2</b>	<b>19,3</b>	<b>41,6</b>	<b>0,4</b>

b) Em valores absolutos, apresentando à direita uma média de atribuição de intensidade de realidade

**Quadro 37 – Intensidade de realidade atribuída para os itens do cotidiano, em valores absolutos**

<b>Intensidade</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>SN</b>	<b>Média<sup>73</sup></b>
<b>Algodão</b>	0	0	0	1	22	0	5,0
<b>Ar</b>	0	0	0	1	22	0	5,0
<b>Aroma</b>	1	0	3	4	15	0	4,4
<b>Cadeira</b>	0	0	0	1	22	0	5,0
<b>Cor</b>	1	1	4	5	11	1	4,1
<b>Estrela</b>	0	0	1	3	19	0	4,8
<b>Melodia</b>	1	0	2	5	15	0	4,4
<b>Relâmpago</b>	0	0	1	1	21	0	4,9
<b>Total</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>11</b>	<b>21</b>	<b>147</b>	<b>1</b>	<b>4,7</b>

**Quadro 38 – Intensidade de realidade atribuída para os itens do contexto religioso, em valores absolutos**

<b>Intensidade</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>SN</b>	<b>Média</b>
<b>Anjo</b>	11	7	1	2	2	0	2,0
<b>Deus</b>	9	5	3	0	6	0	2,5
<b>Espírito</b>	10	2	5	2	4	0	2,5
<b>Mundo não físico / não terreno</b>	11	2	5	1	3	1	2,2
<b>Orixá</b>	14	3	2	1	2	1	1,8
<b>Seres elementais</b>	15	3	3	0	1	1	1,6
<b>Total</b>	<b>70</b>	<b>22</b>	<b>19</b>	<b>6</b>	<b>18</b>	<b>3</b>	<b>2,1</b>

<sup>73</sup> Para o cálculo das médias desconsideramos a coluna SN.

**Quadro 39 – Intensidade de realidade atribuída para os itens da ciência, em valores absolutos**

<b>Intensidade</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>SN</b>	<b>Média</b>
<b>Átomo</b>	1	1	6	4	11	0	4,0
<b>Bóson de Higgs</b>	2	2	10	3	6	0	3,4
<b>Calórico</b>	6	6	2	3	5	1	2,8
<b>Campo elétrico</b>	1	1	5	7	9	0	4,0
<b>Campo gravitacional</b>	1	1	6	6	9	0	3,9
<b>Carga</b>	1	2	4	6	10	0	4,0
<b>Conservação da Energia</b>	0	1	3	5	13	1	4,4
<b>Corrente elétrica</b>	1	2	2	4	14	0	4,2
<b>Elétron</b>	2	1	4	5	11	0	4,0
<b>Éter</b>	9	8	4	1	1	0	2,0
<b>Força eletromagnética</b>	0	2	4	6	11	0	4,1
<b>Fóton</b>	2	1	5	5	10	0	3,9
<b>Gravidade</b>	0	1	4	6	12	0	4,3
<b>Gráviton</b>	2	5	10	3	3	0	3,0
<b>Massa</b>	0	0	5	1	17	0	4,5
<b>MRU</b>	0	2	5	4	12	0	4,1
<b>Onda eletromagnética</b>	1	2	2	7	11	0	4,1
<b>Quark</b>	2	2	6	4	9	0	3,7
<b>Relatividade do tempo</b>	2	2	4	5	10	0	3,8
<b>Salto quântico</b>	2	1	8	3	9	0	3,7
<b>Spin</b>	1	1	8	5	8	0	3,8
<b>Total</b>	<b>36</b>	<b>44</b>	<b>107</b>	<b>93</b>	<b>201</b>	<b>2</b>	<b>3,8</b>



**APÊNDICE 4 – Quantidades de justificativas classificadas em cada categoria, separadas por itens do questionário do primeiro estudo**

**Quadro 40 – Quantidades de justificativas classificadas em cada categoria, separadas por itens do questionário, contexto cotidiano**

	<b>Categoria A - conhecimento pessoal</b>	<b>Categoria B - conhecimento geral</b>	<b>Categoria C - crença ou existência</b>	<b>Categoria D - relação direta pessoa- ente/entidade</b>	<b>Categoria E - relação aparelho- ente/entidade</b>	<b>Categoria F - detecção de efeitos</b>	<b>Categoria G - envolve teoria</b>	<b>Categoria H - definida por meio de outro</b>	<b>Categoria I - outras</b>	<b>Sem justificativa</b>	<b>TOTAL:</b>
<b>Algodão</b>	0	1	1	20	0	0	0	1	0	0	23
<b>Ar</b>	0	1	2	16	0	0	0	3	0	1	23
<b>Aroma</b>	1	0	0	20	0	0	0	2	0	0	23
<b>Cadeira</b>	0	1	2	18	0	0	0	2	0	0	23
<b>Cor</b>	0	1	1	14	0	0	0	3	3	1	23
<b>Estrela</b>	0	1	2	16	2	0	0	1	1	0	23
<b>Melodia</b>	0	1	1	17	0	0	0	4	0	0	23
<b>Relâmpago</b>	0	1	1	18	0	0	1	2	0	0	23
<b>TOTAL</b>	1	7	10	139	2	0	1	18	4	2	184
<b>TOTAL %</b>	<b>0,5</b>	<b>3,8</b>	<b>5,4</b>	<b>75,5</b>	<b>1,1</b>	<b>0,0</b>	<b>0,5</b>	<b>9,8</b>	<b>2,2</b>	<b>1,1</b>	<b>100,0</b>

**Quadro 41 – Quantidades de justificativas classificadas em cada categoria, separadas por itens do questionário, contexto religioso**

	<b>Categoria A - conhecimento pessoal</b>	<b>Categoria B - conhecimento geral</b>	<b>Categoria C - crença ou existência</b>	<b>Categoria D - relação direta pessoa- ente/entidade</b>	<b>Categoria E - relação aparelho- ente/entidade</b>	<b>Categoria F - detecção de efeitos</b>	<b>Categoria G - envolve teoria</b>	<b>Categoria H - definida por meio de outro</b>	<b>Categoria I - outras</b>	<b>Sem justificativa</b>	<b>TOTAL:</b>
<b>Anjo</b>	0	1	15	5	0	0	0	1	0	1	23
<b>Deus</b>	2	2	12	3	0	0	0	3	1	0	23
<b>Espírito</b>	0	2	14	3	0	0	0	2	1	1	23
<b>Mundo não físico</b>	1	1	10	4	0	0	0	1	1	5	23
<b>Orixá</b>	3	2	13	1	0	0	0	1	2	1	23
<b>Seres elementais</b>	2	2	13	1	0	0	0	0	1	4	23
<b>TOTAL</b>	8	10	77	17	0	0	0	8	6	12	138
<b>TOTAL %</b>	<b>5,8</b>	<b>7,2</b>	<b>55,8</b>	<b>12,3</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>5,8</b>	<b>4,3</b>	<b>8,7</b>	<b>100,0</b>

**Quadro 42 – Quantidades de justificativas classificadas em cada categoria, separadas por itens do questionário, contexto científico**

	<b>Categoria A - conhecimento pessoal</b>	<b>Categoria B - conhecimento geral</b>	<b>Categoria C - crença ou existência</b>	<b>Categoria D - relação direta pessoa- ente/entidade</b>	<b>Categoria E - relação aparelho- ente/entidade</b>	<b>Categoria F - detecção de efeitos</b>	<b>Categoria G - envolve teoria</b>	<b>Categoria H - definida por meio de outro</b>	<b>Categoria I - outras</b>	<b>Sem justificativa</b>	<b>TOTAL:</b>
<b>Átomo</b>	0	1	4	0	5	0	10	1	2	0	23
<b>Bóson de Higgs</b>	1	4	0	0	5	0	10	0	2	1	23
<b>Calórico</b>	1	4	3	2	0	0	7	2	2	2	23
<b>Campo elétrico</b>	1	1	0	6	2	3	8	2	0	0	23
<b>Campo gravitacional</b>	1	1	1	3	3	3	9	2	0	0	23
<b>Carga</b>	1	2	1	3	4	3	7	1	1	0	23
<b>Conservação da energia</b>	1	3	1	5	2	2	6	0	1	2	23
<b>Corrente elétrica</b>	0	3	0	2	4	1	6	5	2	0	23
<b>Elétron</b>	0	1	2	2	4	2	8	1	2	1	23
<b>Éter</b>	2	8	1	0	2	0	6	2	2	0	23
<b>Força eletromagnética</b>	1	2	1	3	2	5	6	1	2	0	23
<b>Fóton</b>	0	3	0	4	2	3	8	2	1	0	23
<b>Gravidade</b>	0	1	1	10	1	4	5	1	0	0	23
<b>Gráviton</b>	2	2	2	0	1	0	12	0	2	2	23
<b>Massa</b>	1	0	1	10	2	1	2	4	2	0	23
<b>MRU</b>	0	0	3	6	2	1	6	1	3	1	23
<b>Onda eletromagnética</b>	0	3	1	3	2	4	8	1	1	0	23
<b>Quark</b>	0	2	2	2	3	1	10	1	2	0	23
<b>Relatividade do tempo</b>	1	3	3	4	2	2	7	0	1	0	23
<b>Salto Quântico</b>	4	1	1	0	3	2	7	1	2	2	23
<b>Spin</b>	1	1	1	0	3	3	10	2	1	1	23
<b>TOTAL</b>	18	46	29	65	54	40	158	30	31	12	483
<b>TOTAL %</b>	<b>3,7</b>	<b>9,5</b>	<b>6,0</b>	<b>13,5</b>	<b>11,2</b>	<b>8,3</b>	<b>32,7</b>	<b>6,2</b>	<b>6,4</b>	<b>2,5</b>	<b>100,0</b>

**APÊNDICE 5 – Quantidade de respostas para cada intensidade de realidade dos itens do questionário do primeiro estudo, separadas pela categoria da justificativa correspondente à resposta**

**Quadro 43 – Quantidade de respostas para cada intensidade de realidade separadas pela categoria da justificativa correspondente à resposta, contexto cotidiano, em valores absolutos**

<b>Intensidade itens <u>cotidiano</u></b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>SN</b>
<b>Categoria A – conhecimento pessoal</b>	0	0	0	0	1	0
<b>Categoria B – conhecimento geral</b>	0	0	0	0	7	0
<b>Categoria C – crença ou existência</b>	0	0	0	0	10	0
<b>Categoria D – relação direta pessoa-ente/entidade</b>	3	0	7	13	116	0
<b>Categoria E – relação aparelho-ente/entidade</b>	0	0	0	1	1	0
<b>Categoria F – detecção de efeitos</b>	0	0	0	0	0	0
<b>Categoria G – envolve teoria</b>	0	0	1	0	0	0
<b>Categoria H – definida por meio de outro</b>	0	1	1	6	10	0
<b>Categoria I – outras</b>	0	0	2	1	1	0
<b>Sem justificativa</b>	0	0	0	0	1	1
<b>TOTAL</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>11</b>	<b>21</b>	<b>147</b>	<b>1</b>

**Quadro 44 – Quantidade de respostas para cada intensidade de realidade separadas pela categoria da justificativa correspondente à resposta, contexto religioso, em valores absolutos**

<b>Intensidade itens <u>religião</u></b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>SN</b>
<b>Categoria A – conhecimento pessoal</b>	1	1	4	0	0	2
<b>Categoria B – conhecimento geral</b>	9	0	0	0	1	0
<b>Categoria C – crença ou existência</b>	42	16	7	2	10	0
<b>Categoria D – relação direta pessoa-ente/entidade</b>	13	1	0	3	0	0
<b>Categoria E – relação aparelho-ente/entidade</b>	0	0	0	0	0	0
<b>Categoria F – detecção de efeitos</b>	0	0	0	0	0	0
<b>Categoria G – envolve teoria</b>	0	0	0	0	0	0
<b>Categoria H – definida por meio de outro</b>	0	1	1	0	6	0
<b>Categoria I – outras</b>	1	1	3	1	0	0
<b>Sem justificativa</b>	4	2	4	0	1	1
<b>TOTAL</b>	<b>70</b>	<b>22</b>	<b>19</b>	<b>6</b>	<b>18</b>	<b>3</b>

**Quadro 45 – Quantidade de respostas para cada intensidade de realidade separadas pela categoria da justificativa correspondente à resposta, contexto científico, em valores absolutos**

<b>Intensidade itens <u>ciência</u></b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>SN</b>
<b>Categoria A – conhecimento pessoal</b>	4	2	6	5	1	0
<b>Categoria B – conhecimento geral</b>	8	1	4	6	27	0
<b>Categoria C – crença ou existência</b>	1	4	3	2	19	0
<b>Categoria D – relação direta pessoa-ente/entidade</b>	4	3	6	8	44	0
<b>Categoria E – relação aparelho-ente/entidade</b>	1	2	0	8	43	0
<b>Categoria F – detecção de efeitos</b>	0	0	2	20	18	0
<b>Categoria G – envolve teoria</b>	16	28	69	29	16	0
<b>Categoria H – definida por meio de outro</b>	0	0	3	2	25	0
<b>Categoria I – outras</b>	1	4	12	13	1	0
<b>Sem justificativa</b>	1	0	2	0	7	2
<b>TOTAL</b>	<b>36</b>	<b>44</b>	<b>107</b>	<b>93</b>	<b>201</b>	<b>2</b>

**Quadro 46 – Quantidade de respostas para conjuntos de intensidades de realidade, separadas pela categoria da justificativa correspondente à resposta, para alguns itens da ciência, em valores absolutos e percentuais**

<b>Intensidade de alguns itens da ciência (<u>átomo, campo elétrico, campo gravitacional, elétron, fóton e quark</u>)</b>	<b>1 e 2</b>	<b>3</b>	<b>4 e 5</b>	<b>% 1 e 2</b>	<b>% 3</b>	<b>% 4 e 5</b>
<b>Categoria A – conhecimento pessoal</b>	0	0	2	0,0	0,0	2,2
<b>Categoria B – conhecimento geral</b>	0	1	8	0,0	3,1	8,9
<b>Categoria C – crença ou existência</b>	1	1	7	6,3	3,1	7,8
<b>Categoria D – relação direta pessoa-ente/entidade</b>	3	2	12	18,8	6,3	13,3
<b>Categoria E – relação aparelho-ente/entidade</b>	0	0	19	0,0	0,0	21,1
<b>Categoria F – detecção de efeitos</b>	0	0	12	0,0	0,0	13,3
<b>Categoria G – envolve teoria</b>	10	26	17	62,5	81,3	18,9
<b>Categoria H – definida por meio de outro</b>	0	0	9	0,0	0,0	10,0
<b>Categoria I – outras</b>	2	2	3	12,5	6,3	3,3
<b>Sem justificativa</b>	0	0	1	0,0	0,0	1,1
<b>TOTAL</b>	<b>16</b>	<b>32</b>	<b>90</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>



**APÊNDICE 6 – Modelo do Heurístico e dos termos de consentimento  
utilizados no terceiro estudo**

Prezado/a aluno/a,

Solicitamos a sua colaboração, respondendo a presente consulta de forma sincera. Para tanto, indique seu grau de concordância com cada uma das frases a seguir, assinalando um número na escala de 1 a 5. Os números correspondem a:

**1 – Discordo totalmente                      2 – Discordo                      3 – Nem discordo nem concordo**  
**4 – Concordo                      5 – Concordo totalmente**

1) Entendo que uma afirmação da ciência sobre a existência ou inexistência de algo deve ser tomada como verdade.

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

2) Entendo que uma afirmação da religião (considere a sua, se você tiver) sobre a existência ou inexistência de algo deve ser tomada como verdade.

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

3) Penso que é possível ter certeza sobre a realidade ou não realidade de algo.

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

4) Considero que a crença pode ser considerada um elemento válido para definir a realidade do que não pode ser percebido pelos sentidos.

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

5) Entendo como reais certos entes religiosos (como Deus, por exemplo) e considero isso uma necessidade para se poder explicar o mundo.

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

6) Entendo como reais certos entes religiosos (como Deus, por exemplo) e isso se relaciona com as formas que percebo o mundo e ajo nele.

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

7) Considero real aquilo que está em relação comigo, que posso perceber ou interagir de alguma forma.

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

8) Considero entidades da ciência, como elétrons, reais da mesma forma que cadeiras e objetos do dia a dia.

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

9) Entendo que os resultados de investigações científicas são verdadeiros da mesma forma que são verdadeiras as evidências dos sentidos em relação à existência e característica dos objetos do dia a dia.

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

10) Em alguns contextos posso considerar real algo que não posso ver ou perceber.

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

11) Considero que os sentidos podem ser uma fonte duvidosa de conhecimentos sobre entidades da ciência.

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

12) Penso que é insuficiente que teorias científicas simplesmente funcionem sem que saibamos porquê.

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

13) Entendo que uma observação neutra nunca é possível.

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

14) Considero que as entidades científicas e os objetos presentes no mundo da experiência ordinária são acessados de maneiras diferentes.

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

15) Entendo que experimentação e detecção científicas estão carregadas de teorias.

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

16) Entendo que os resultados de experimentos dizem respeito a entidades que ocorrem em seus próprios arranjos experimentais.

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

17) Considero possível inferir a existência de uma entidade por meio de efeitos que são associados a ela.

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

18) Penso que uma entidade pode ser inventada para poder explicar certos fenômenos, assim como o fóton para explicar os resultados experimentais relacionados ao efeito fotoelétrico.

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

19) Penso ser razoável considerar reais as entidades postuladas pelas teorias científicas aceitas.

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

20) Considero que postular entidades inobserváveis é uma necessidade para se poder construir explicações científicas sobre o mundo.

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

21) Penso ser verdade que os gases são realmente constituídos de moléculas em movimento aleatório, de acordo com a teoria cinética dos gases.

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

22) Considero que uma percepção sensível do mundo pode ser a manifestação de uma realidade não aparente.

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

**TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO  
(DO HEURÍSTICO)**

Concordo em participar, como voluntário/a, da pesquisa intitulada “*A Aprendizagem da Física como Incorporação e Delimitação de Esquemas e Recursos Culturais: o Entendimento de Licenciandos sobre a Realidade de Entidades em Diferentes Contextos*”, que tem como pesquisador responsável Fábio Marineli, aluno da Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo, orientado pelo Prof. Dr. Maurício Pietrocola, os quais podem ser contatados pelos e-mails *fabio.marineli@usp.br* e *mpietro@usp.br*. O referido trabalho tem por objetivo estudar o entendimento de licenciandos relativo a aspectos ontológicos e epistemológicos da ciência, utilizando a dimensão cultural para entender as diferenças e sobreposições entre formas de caracterização de entidades científicas e de outros contextos culturais, sendo as entidades do contexto científico nosso maior foco de interesse. Além disso, o trabalho busca estabelecer um instrumento que permita uma reflexão sobre elementos das dimensões ontológica e epistemológica da estrutura cultural da ciência e de outras estruturas culturais nas quais os licenciandos estão imersos.

Minha participação consiste em responder o questionário anexo e participar de uma discussão a respeito dele, que será registrada em vídeo. Compreendo que esse estudo possui finalidade de pesquisa, e que os dados obtidos serão divulgados seguindo as diretrizes éticas da pesquisa, assegurando, assim, minha privacidade. Sei que posso retirar meu consentimento quando eu quiser, e que não receberei nenhum pagamento por essa participação.

Nome e Assinatura

Local e data.

**TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO  
(DA ENTREVISTA)**

Concordo em participar, como voluntário/a, da pesquisa intitulada “*A Aprendizagem da Física como Incorporação e Delimitação de Esquemas e Recursos Culturais: o Entendimento de Licenciandos sobre a Realidade de Entidades em Diferentes Contextos*”, que tem como pesquisador responsável Fábio Marineli, aluno da Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo, orientado pelo Prof. Dr. Maurício Pietrocola, os quais podem ser contatados pelos e-mails *fabio.marineli@usp.br* e *mpietro@usp.br*. O referido trabalho tem por objetivo estudar o entendimento de licenciandos relativo a aspectos ontológicos e epistemológicos da ciência, utilizando a dimensão cultural para entender as diferenças e sobreposições entre formas de caracterização de entidades científicas e de outros contextos culturais, sendo as entidades do contexto científico nosso maior foco de interesse. Além disso, o trabalho busca estabelecer um instrumento que permita uma reflexão sobre elementos das dimensões ontológica e epistemológica da estrutura cultural da ciência e de outras estruturas culturais nas quais os licenciandos estão imersos.

Minha colaboração à pesquisa consiste em participar de uma entrevista sobre o questionário respondido anteriormente e sobre o processo de respondê-lo. A entrevista será gravada em áudio e transcrita posteriormente. Compreendo que esse estudo possui finalidade de pesquisa, e que os dados obtidos serão divulgados seguindo as diretrizes éticas da pesquisa, assegurando, assim, minha privacidade. Sei que posso retirar meu consentimento quando eu quiser, e que não receberei nenhum pagamento por essa participação.

Nome e Assinatura

Local e data.

**APÊNDICE 7 – Exemplo de entrevista transcrita (com o estudante 1),  
utilizada no terceiro estudo**

### Transcrição da entrevista realizada com Ricardo

*Local: Faculdade de Educação da USP*

*Data: 17 de dezembro de 2014.*

*Horário: 18h30*

*Duração: 43 minutos, aproximadamente.*

*F: Bom, deixa eu esclarecer algumas coisas primeiro, aí a gente conversa. Você estava no dia, né, em que eu me apresentei. Eu sou aluno de doutorado do Maurício e meu trabalho se baseia em uma certa concepção sobre formação docente. Tem um monte de coisa que envolve formar um professor, entre elas conteúdos, que a gente está acostumado com leis, teorias da física, né, a gente matematiza um monte de coisa, operacionaliza modelos matemáticos etc. Mas, além disso, eu acho que existem duas reflexões importantes: uma reflexão interna, do conteúdo da ciência, que é de natureza epistemológica, e tem uma reflexão externa, assim, como que a ciência se relaciona com outras áreas, com outras formas de conhecer etc. Acho que isso tudo acaba sendo necessário de uma forma... em um momento ou outro para um professor. Ele acaba sendo confrontado com outras formas de ver o mundo, de entender o mundo, que vem das ideias dos seus alunos ou das próprias também, isso aí...*

*R: Ah sim. Sempre tem uma pergunta que... Eu quando comecei a parte de dar aula, entrei num cursinho para dar plantão de dúvida. E aí vem exercício, não sei o que... E, às vezes, os caras param pra perguntar teoria. E aí, nesse momento, eu lembro que me marcou, assim, a primeira pergunta que eu engasguei, não sabia de onde sair... Chegou uma menina e perguntou “ah, branco reflete todas as cores, né?”, e eu “é, branco reflete todas as cores”, aí ela continuou “e o infravermelho é do mesmo jeito que todas as cores?”, e eu “é, só tem uma frequência diferente”. E ela “então o branco reflete infravermelho também?”. Aí eu parei e falei “bom, eu não sei”. Aí foi o momento que eu vi que apresentava falha na minha estrutura da teoria de Eletromagnetismo e tudo o mais. Aí eu vi que tem problemas, a gente não conhece... A gente sabe o caminho padrão, mas sair um pouco fora, talvez...*

*F: Sim, sem dúvida. E a pergunta dela é uma pergunta bem pertinente, né? Quando a gente é pego de surpresa é que é o problema, né?*

*R: Sim.*

*F: Depois você foi procurar, né?*

*R: Sim, com certeza.*

*F: Tanto faz, né? [risos]. Alguns podem, alguns não e a gente não vê diferença.*

*R: Precisaria de um sensor pra ver se está refletindo ou não. E como nosso sensor...*

*F: Não pega aquela frequência... E um aspecto do conteúdo da ciência, que apareceu no questionário e que é uma questão importante, são as entidades não observáveis. Como que a gente entende elas como reais, né, essa é uma questão. Então, minha ideia era propor alguma atividade, propor uma forma de reflexão sobre esse ponto e outros, alguns deles não tratados diretamente, eu acho, no curso, talvez de forma acessória. Bom, então é o seguinte: eu queria conversar com você, entender um pouco como foi responder isso. E você está*

*tranquilo para falar, você pode ficar à vontade, falar o que você quiser. É... Você falou que começou bacharelado e depois foi para a licenciatura, né?*

R: Isso.

*F: Você quis ser professor...*

R: É... É, como eu disse, quando eu entrei no bacharelado... Eu fiz cursinho pra entrar na universidade, aí eu passei aqui, depois de seis meses eu fui chamado pra trabalhar no plantão de dúvidas, aí...

*F: No cursinho, né?*

R: No cursinho. Aí eu continuei dando plantão de dúvidas lá por três, quatro anos. E eu continuei fazendo curso de bacharelado, fui trabalhar numa escola, porque tá faltando professor de física e lá é um mar de possibilidades, né, você começa a ganhar um pouco de experiência, começam a te ligar direto te pescando, principalmente que o método de trabalho é Anglo [...], tem um monte de escola associada, então eles vão buscar professores que já estão acostumados com o método. Enfim, começaram a chamar, chamar, acabei indo trabalhar numa escola, ela era particular, pequenininha, lá, tinha média dez, quinze alunos por sala, muito pequena, e lá eu fiquei dois anos, eu tava lá no bacharelado, tava trabalhando com TI fora disso, eu fazia programação, tal, aí não tava dando tempo de estudar e bacharelado não se segue sem estudar. Impossível seguir isso aí, a não ser que o cara tenha uma capacidade muito grande. Ficou difícil, comecei a reprovar, e o curso tava mal, e um monte de gente, dos amigos, que é aquele grupo que te incentiva a correr junto lá, começou a ir um pra um lado, outro pro outro e dispersou não sei o que, fiquei lá sozinho, fiquei sem turma pra estudar, sem incentivo, sem nada, falei “ah... já tô dando aula, qual que é o jeito mais fácil e menos sofrido de sair daqui? Bom, pra eu continuar dando aula, passar pra licenciatura”. Foi nesse momento que eu passei pra licenciatura e... tô acabando o curso agora.

*F: Na licenciatura dá pra passar sem estudar?*

R: Então... hum... não necessariamente. Vamos dizer assim: o bacharelado eu ficava pra estudar duas semanas antes, a licenciatura você estuda todo dia, porque tem textos e tal. Então, como eu não conseguia me disciplinar a... não... a estudar um pouquinho por dia, o curso de licenciatura te força a esse estudo ser mais distribuído. Então, não estudar menos, mas é uma redistribuição da carga, eu diria. Pra provas de matéria de educação eu nunca parei pra estudar antes, porque foi textos foi discussão etc.

*F: Entendi. Bom, eu lembro que, nas primeiras vezes que você respondeu esse questionário, o Maurício... Você falou que... O Maurício perguntou o que vocês estavam sentindo e tal, e você falou de um desconforto em respondê-lo.*

R: Sim.

*F: Você sabe de onde vem esse desconforto? Você já havia pensado nessas questões antes, como foi?*

R: Então, uma ou outra questão já cheguei a pensar... Bom, primeiro deixa eu citar quem são... Nunca tinha parado pra pensar, até ter alguns professores-chave, né, na formação. Um deles foi o Prof. M.

*F: Fez disciplina com ele?*

R: Fiz, fiz no bacharelado, é, Física III e Física IV. Ele falava muito sobre modelos e como que isso é um óculos que você vê o mundo e tal... Esse foi o primeiro momento em que eu comecei a pensar no assunto. Aí depois eu fiz uma disciplina que vem antes de “Propostas e Projetos”... “Elementos e Estratégias”, com o Prof. C, e ele começou a colocar essas discussões como introdução. Então na primeira aula ele pediu pra montar o que a gente achava do currículo e depois, no final do curso, ele ia retomar isso como forma de avaliar se você mudou alguma coisa na forma de pensar e tudo. Na segunda aula ele perguntou assim: “discuta entre vocês o que é verdade”. E eu tava no grupo da Cibele [nome fictício de colega que também participou da atividade com o heurístico], até. Bom, deu um pau sem limites, eu nunca tinha parado pra pensar nisso, achava algumas coisas, aí... A Cibele sempre foi muito incisiva na hora que falava, ela falava um negócio e eu falava “não, peraí”. Aí eu precisei de um bom tempo pra digerir um pouco essas informações e descobrir o que eu achava de verdade, né, porque tem coisas que você fala “ah, vamos na inércia do pessoal... Todo mundo acha que é isso, então acho que é isso mesmo, a ciência está certa e tal”. Aí na hora que você começa a voltar e questionar aquelas coisas começa a dar um pau na cabeça. Bom, esse foi outro momento que eu parei pra pensar nisso. O terceiro professor que me fez parar um pouco foi o Prof. L, que eu fiz uma disciplina lá de “Tópicos de História em Física Moderna”. Ele também mostrava as coisas de um jeito um pouco diferente. Esses três caras foram os que me fizeram pensar.

*F: Faz um tempo que você está na USP, então.*

R: Faz, bastante tempo. Acho que esse é o sétimo ano de graduação.

*F: E aí, o incômodo?*

R: Então, aí pronto. Cheguei, mostrei minhas bases, o que me fez pensar nisso. Aí algumas coisas... Aqui eu nunca tinha parado pra pensar. Então essa foi a primeira vez que você fala... Seu ímpeto é de responder uma coisa, aí você começa a caçar as palavras e vê qual o real significado que elas têm. E aí é o momento em que você começa a ter um desconforto, porque você quer responder uma coisa, mas se você começa a pensar no assunto, você começa a desviar sua ideia. Então foi exatamente esse o desconforto. Eu tinha uma ideia inicial, mas aí depois quando você para pra analisar a frase como um todo, ou palavra por palavra e qual o seu significado, você começa a mudar aquela ideia que você tinha.

*F: Isso significa o que? Que houve algum tipo de reflexão no processo de responder?*

R: Sim, com certeza houve. Até na hora que você estava saindo eu falei “isso vai demorar um pouquinho”...

*F: Você ia pensar um pouco...*

R: Pensar um pouquinho.

*F: Então você acha que mudou alguma ideia que você tinha antes? Ou é alguma coisa que você pensava já e não estava muito...*

R: Então, eu... eu acho que eu nunca fui... As que deu pau mental, assim, foi as que nunca tinha sido questionado de nenhuma forma, então eu não sei o que eu pensaria antes. Talvez antes de todos esses caras aí, eu daria uma resposta “senso comum”. Mas hoje eu já teria esse pensamento diferente.

*F: Entendi. Quer dizer, essas disciplinas, então, que você fez foram essenciais, né, no caso desse teu processo de ter uma noção da ciência, da física, um pouco menos ingênua, talvez?*

R: Sim.

*F: É que a noção que aparece nos livros que a gente aprende é uma noção... Ela não está preocupada com isso, simplesmente isso. Acho que é uma questão que não é posta porque...*

R: É, nunca ninguém parou pra discutir isso. Isso também não é uma discussão que se faz sem orientação, né, porque precisa ser dialógica. Acho que um livro não conseguiria... Talvez conseguiria mostrar ideias, mas não conseguiria acessar o que o cara está pensando ali, isso pode ter múltiplas interpretações.

*F: Sim. Quando você pega um livro... Uma discussão, às vezes... Alguns autores de filosofia, uns defendem uma posição mesmo, e quando o livro tem um caráter mais didático, eles apresentam mais de uma e vão dialogando com elas. Então, assim, você até consegue se colocar, você é convencido pelas duas, às vezes, e é aí que você dança, porque quando todas fazem sentido, é aí que você descobre que o buraco é mais embaixo, e você precisa de muito mais... E responder de novo, agora, teve alguma diferença da primeira vez?*

R: É... acho que da primeira vez não lembrava de quase nada, eu nem sei qual a coerência quanto ao que eu tinha respondido. Mas acho que pelo menos o lado esquerdo e o lado direito eu devo ter mantido [risos]. Agora, afirmação, certeza, não sei. As questões que mais me lembro foram as que deram discussão com a Cibele e com a Taís [nomes fictícios de colegas que participaram da atividade]...

*F: Foi a segunda vez que teve, né?*

R: Foi a segunda vez.

*F: Mas assim... Você disse que houve um processo de reflexão. Essa reflexão foi maior, foi menor agora do que da primeira vez?*

R: Sim, sim, foi menor. Acho que o caminho já foi traçado, agora foi mais um exercício, assim.

*F: Entendi. E essas discussões sobre o questionário, tanto em sala, em grupo, como no pequeno grupo... É que teu pequeno grupo, como você falou, a Cibele ou a Taís - e talvez as duas - são muito incisivas, como você falou. Eu não sei se houve muito diálogo ou se cada um se entrincheirou numa posição e...*

R: Então, eu achei bem interessante no sentido que cada um coloca sua posição e a pessoa para pra escutar. Às vezes a Taís se exalta um pouco e não deixa você terminar de falar. Mas você escuta outra posição e a gente fez meio um acordo silencioso que a pessoa apresentava, se você tinha que defender, se você tinha que rebater aquilo, até que chega num ponto que acho que esbarra em alguma coisa de ontologia - mas aí é uma área que eu não sei - que é no que a pessoa acredita como base mesmo, pra depois a visão de mundo estar montada em cima disso. Então, por exemplo, eu vi que a Taís não abriu mão do elétron ser real. E a minha concepção de real é diferente da dela, então a gente nunca vai poder conversar por essas concepções, que são diferentes.

*F: Para você o elétron não é real?*

R: Então, ele é real dentro de um modelo. Eu acredito numa verdade que a gente não consiga atingir, e que a gente consiga explicar essas coisas por um modelo. E eu acredito que é possível você ter dois modelos equivalentes, em que um fale de elétron e outro invente outra coisa que consiga ter as mesmas medições de efeitos. Só que a física já está toda montada aqui em cima, acho pouco provável que alguém vá procurar...

*F: Tá. A noção de verdade por correspondência com o mundo não te convence muito? Ou você acha... O modelo tem alguma relação com esse real ou nenhuma? Porque quando você fala que tem duas coisas diferentes, e as duas podem explicar um resultado qualquer, elas tocam alguma correspondência no mundo, ou elas não tocam na tua ideia? A noção de verdade como correspondência ao mundo, isso aqui é real porque ele corresponde ao mundo.*

R: Ah, eu acredito que não consegue tocar.

*F: E quando um resultado... Uma teoria, seja qual for, ela antecipa um resultado experimental, isso não te convence que talvez toque? Vou dar um exemplo bem... Nem vou muito longe. Netuno foi descoberto olhando Urano.*

R: Pela variação, né.

*F: É. Eu via a variação de Urano, e considerando que a teoria de Newton é verdadeira, havia uma possível explicação... Então, assim, quando eu vejo que Urano não está na órbita que a lei determinava - calculo as forças e deve ter uma certa trajetória - quando vejo que não está, das duas, uma: ou eu jogo fora a teoria como errada, ou eu falo "não, deve ter outra coisa lá". Eu aponto a luneta lá - e estou fazendo uma caricatura, tá, não é tão simples - e eu acho um planeta. Quer dizer, essa será que essa teoria não tem uma realidade, não tem uma verdade, não está relacionado com o mundo, de alguma forma?*

R: Eu acho que ele se aproxima bem. Então essas teorias elas são... Eu acredito que você consegue ter aproximações sucessivas. Mas, na minha cabeça, nada garante que aquilo é posto como verdade. Tanto é que, vamos pegar o seu exemplo, a teoria de Newton valia muito bem, mas precisaria de outro planeta para explicar o Mercúrio, né, e aí veio a Relatividade e falou "não, não é bem assim". Então aquilo que explicava muito bem acabou deixando um pouquinho a...

*F: Então você tem uma noção de que as teorias se aproximam de uma realidade que está lá, mas nunca 100%? Seria isso, né?*

R: Nunca 100%.

*F: A ideia do real, para você, seria algo 100%?*

R: Na verdade os 100% é um pouco complicado, assim, eu imagino que nunca tem como a gente saber exatamente se aquilo é 100%. Às vezes pode ser, mas não tem como a gente verificar isso.

*F: Esse argumento que você usou das duas teorias, em filosofia é um argumento muito forte. Ele é chamado de “subdeterminação da teoria pelos dados”. Quer dizer que eu não consigo com um conjunto de dados, determinar... Se eu tenho duas teorias, duas equivalências teóricas que explicam o mesmo conjunto de dados, essas teorias determinam, elas dizem que existem no mundo certas coisas que eu não consigo enxergar - talvez elétrons, ou outras coisas - eu não tenho nunca como saber qual dos dois conjuntos é verdadeiro. Porque as duas explicam aquilo que eu consigo observar, e o nosso limite de observação é “x”, e para eu explicar aquelas coisas que eu observo, eu faço um monte de inferências, eu digo “ah, acontece isso porque existem partículas, existem campos...”, e se tem outra teoria que também faz a mesma coisa, explica aquele mesmo conjunto de observações, só que ela postula outras coisas que existem no mundo, então eu não consigo caracterizar qual das duas é verdadeira. Isso é um argumento forte de quem defende que as teorias não são reais mesmo. Interessante você tocar nesse ponto porque esse é um argumento refinado.*

R: É que eu já entrei em conflito com isso, né, então eu vejo que nesse ponto aí, esse argumento ele não veio de graça. Já parei pra pensar nisso e já conversei, por exemplo... Quando o Prof. C começou a apresentar essas coisas, ele tocou nesse ponto, e isso pra mim foi, assim, eu cresci o olho na hora em que ele começou a falar sobre isso e comecei a pensar no assunto. Então não tirei da minha cabeça isso aí. Eu fui vendo o discurso dos professores e isso depois eu parei pra pensar e sedimentar um pouco mais esse.

*F: A dificuldade que a gente tem é determinar uma segunda teoria que explique aquilo, às vezes esse é o problema. Não significa que não seja possível, o argumento filosófico traz a possibilidade. A dificuldade sempre que o cara que acredita que a teoria é verdadeira, ele vai falar “então tá, me dê um conjunto, algo que explique tão bem quanto isso”, né. É difícil, muito difícil. Se você pegar pra trás, até encontra, né, o Heliocentrismo e o Geocentrismo, aquela briga toda da época, os dois explicavam completamente o conjunto de dados. A solução da escolha de uma teoria sobre a outra veio de outra coisa, e não dos dados só.*

R: Ela veio da Navalha de Occam ou não necessariamente?

*F: Pode ser. A simplificação, o mais simples, não sei, não saberia te dizer o que veio. Eu acho que...*

R: É uma curiosidade minha mesmo.

*F: Tá. Eu acho que isso é um exemplo, no caso específico eu não vou saber te explicar, mas acho que isso é um exemplo que mostra que as nossas noções teóricas, elas não vêm 100% dos dados, né. A gente tem outras questões... A simplicidade é uma, uma é mais simples do que a outra, uma faz mais sentido... Em relação aos dados observáveis que eu tinha, eu*

*conseguia explicar pelas duas, né. O problema de uma delas é o epiciclo, tal... Eu acho que elas acabam morrendo porque a Teoria Heliocêntrica, ou pelo menos a teoria de que esses planetas estão girando em torno do Sol, quando chega a mecânica de Newton, ela mostra porque que é isso, né, eu tenho forças envolvidas. E falar que eu tenho um epiciclo... O epiciclo é um negócio... do nada o planeta vai e volta. Eu não consigo explicar o porquê. É uma descrição sem necessariamente uma explicação, e talvez daí venho o “x” da questão, né, essa briga durou muito tempo. Eu fiz umas anotações aqui, acho que você tocou em alguns pontos, já. Essa ideia que eu falei de Urano e Netuno, ela... Se eu pegar a tabela periódica, você consegue organizar os elementos, porque os átomos têm uma estrutura interna. A estrutura interna determina uma certa classificação deles, pelo número de prótons, classifica-se como na tabela e... fizeram algo semelhante para a caracterização dos quarks. Eles pegavam certas partículas e conseguiam organizar de uma forma que, como analogia à tabela periódica, essa organização poderia ser explicada por meio de uma estrutura interna. Então aquelas partículas tinham também uma estrutura interna, e eu acho que era estranheza pela carga, que o pessoal fazia um dos eixos inclinados e quando plotava as partículas, elas formavam um padrão... um octógono. E aí ficou chamando de caminho óctuplo. E teve um padrão de algumas partículas que, se eu não me engano, eram hádrons de spin meio, três meios... E deu a forma de um triângulo assim, como se fossem uns pinos de boliche, só que faltava só o pino da frente. Então era um triângulo perfeito sem o de cima.*

R: Vai falar que tem alguma coisa?

*F: Tem alguma coisa, foi achado. Quer dizer, é mais uma coisa pra embaralhar, né, porque é uma noção teórica tão abstrata, tão longe de dado experimental, lá do componente, do núcleo, componente do próton que está dentro do núcleo, e é uma coisa que a gente nunca tem acesso àquilo, o elétron a gente já não tem acesso direto, o próton a gente já não tem acesso, imagina lá dentro, aquela coisa que praticamente é energia que tem lá dentro, né... A massa do próton, grande quantidade da massa vem da energia, não é da massa do quark. Então, assim, eu estou dando outro exemplo...*

R: É, chega perto do Higgs, né? Que falou “tem que ter esse bóson lá, porque tem que ter, pra validar o modelo. Procura aí”, e acharam.

*F: Essa noção é uma noção que me pega bastante porque, caramba, né, como algo assim, “vá lá, abre aquela gaveta que você vai ter uma bola lá dentro”. E simplesmente sem nunca ter aberto a gaveta. E essa noção é uma noção complicada, ela dá muita força pra ideia de que a teoria é real.*

R: Concorde.

*F: E esse é um dos argumentos que briga contra aquele lá que você me deu dos dois. E essa noção fica sempre, fica sempre em questão, né. Isso me convence muito, apesar do outro também, então, pra mim não é uma coisa...*

R: Então, só abrindo um parêntese, você vai mais para o lado de que isso é real.

*F: Olha, eu tenho minhas fases, sabe? Em um primeiro momento eu considerava somente que as teorias eram reais, e aí quando você tem as primeiras discussões que põem em cheque isso, eu caí no outro extremo, né: “não, não tem nada que é real, são modelos que não sei*

*o que e tal”... E aí chega uma hora que eu acho que equilibrei, assim. Sinceramente eu sou realista, sabe? Eu acho que as teorias sim dizem respeito ao mundo. Às vezes eu consigo encontrar dois conjuntos que respondem, dois modelos que respondem, mas acho que com o tempo um acaba morrendo. Não só por uma questão de paradigma, não é nesse sentido, mas eu acho que um acaba sendo mais frutífero que o outro.*

R: Sim.

*F: E eu acho que o tempo me ajuda como mais um tribunal pra dizer, não o experimento em si, mas o tempo acaba mostrando que um modelo acaba sendo mais... E eu acho que os modelos, sim, tem relação com o mundo, de alguma forma.*

R: Sim.

*F: Que eles tocam, né. Não estou dizendo que eles são reflexos puro e simples, mas eles tocam. Então, pra mim, a ideia de que as entidades são reais, ela é um pouco forte, talvez um pouco mais forte. Eu lembro que você colocou que “razoável” era um problema pra você e aqui está de novo, né. O que é o problema, aí?*

R: O nove. “Entendo que os resultados das investigações científicas”...

*F: Não, desculpe, não é o nove, é o dezenove. Vira de novo.*

R: Tá bom. “Penso ser razoável considerar reais as entidades postuladas pelas teorias científicas aceitas”. Então, o problema é a noção de realidade. Então se eu adotasse como “ah, uma teoria ela consegue... Ela é reflexo da realidade, então o que ela fala é real”. Então isso aqui eu acho que afetou mais o meu conceito de “o que é real” do que a palavra “razoável”. Se eu considerar que a teoria é reflexo da realidade, eu acho que essa aí estaria cinco. Então é...

*F: Entendi. Você foi no um ou cinco, aí?*

R: Isso.

*F: Não tinha meio termo, no caso.*

R: Não tem.

*F: Por isso que foi no um, tá. Da outra vez você pôs dois.*

R: Pus dois?

*F: Foi. Como você falou, o lado não errou, né.*

R: Então, eu vejo que talvez a minha convicção de algumas respostas vá mudando através do tempo, mas o lado não muda.

*F: Ok. Essa ideia do modelo, tal, isso aí calha também à noção de religião? Porque eu lembro que você comentou alguma coisa, se partindo do pressuposto de um modelo de mundo da religião, a gente deriva as coisas.*

R: Sim.

*F: Mas você acha que isso é válido também? Tão válido quanto? Como você entende?*

R: Particularmente, eu acredito mais na ciência. Mas aí é por eu ser ateu. Acredito que se houvesse religião, se eu tivesse uma religião, eu acho que, para não entrar em contradição, teriam que ser equivalentes.

*F: O que teriam que ser equivalentes? A noção científica...*

R: Isso. O que a ciência diz e o que a religião diz. É claro que tem incongruências, tem o ponto que as duas vão ser contraditórias. E aí, qual escolher? Não sei, porque eu não sou religioso, então...

*F: Tudo bem. Sabe por que eu pergunto? Porque tem a noção de crença aqui, né. A noção de crença como elemento válido de caracterização de mundo, foi isso?*

R: Sim, exatamente.

*F: E de onde veio isso?*

R: É porque eu acho que tem, da mesma forma, voltando aos postulados da ciência, são coisas que você não consegue provar. Então, da mesma forma que Deus que você não consegue provar, postulados da ciência você...

*F: Não, ficou claro pra mim. Na verdade, tem uma questão nesse questionário, como falei, ele serve como elemento de reflexão. Então o seu “um” e o seu “cinco”... Pra mim o mais importante não era sua resposta em si, mas o que aquilo te trouxe pra pensar. E eu acho que, às vezes, uma pessoa põe um e outra põe cinco, e na hora de argumentar, de falar o porquê, bate. Sabe, assim, você considerou a ideia de crença como elemento válido pra definir a realidade, né. Tem gente que, por ser ateu, ia jogar no um aqui. E ia dar a mesma resposta que você. E aí se falasse assim “mas e a noção de crença... Uma crença eventual, uma crença teórica e tal”, a pessoa poderia falar “ah, tudo bem, aí eu vou lá e troco”, mas de bate pronto ele colocaria um, com o mesmo argumento que você usou. É por isso que eu faço pergunta aqui, mais pra entender isso.*

R: Estou aqui também pra ver se estou pensando de modo coerente.

*F: Mas não sei se vou... Não sei se eu sirvo muito como alguém que vai te definir coerência aqui, né, mas colocar pra você algumas questões. E o nove? Por que o “um” também no nove, só de curiosidade? O que você colocou na noção de verdade?*

R: “Entendo que os resultados das investigações científicas são verdadeiros, da mesma forma que as evidências dos sentidos em relação...”. Ah, esse do sentido. Acho que a palavra que mais me incomodou aí foi “sentido”. Que aí me lembra a experiência do balde de água fria e o balde de água quente, assim. Os seus sentidos podem te dar uma noção, ou mesmo a mesa...

*F: O que é? Você enfia a mão no gelo e depois na água menos fria e você acha que ela está quente?*

R: É, exatamente. Ou a noção lá de você põe a mão na madeira e está mais quentinho que o metal, mas é por uma... Pelo modelo da condução térmica, o metal é mais condutivo termicamente do que a madeira. Então acho que os sentidos são o problema. Você pode enganar os sentidos. Tanto é que tem ilusão de ótica, ilusão sonora e um monte de ilusão, que é você enganar os sentidos. Então o que puder não confiar nos sentidos, eu acho mais confiável. É por isso que eu coloquei essa...

*F: A noção de verdade científica não seria o problema. No caso o que te pegou aí foi o sentido.*

R: Sim.

*F: É, porque o normal das pessoas é confiar nos sentidos, né. E, sei lá, o sentido é muito forte pra gente... Na verdade a gente lida com eles confiando neles no dia a dia. O que você está fazendo é um passo atrás, refletindo sobre o resultando daquilo que você acessa, né...*

R: Mas aí é... Talvez isso seja meu, porque é das coisas que eu gosto. Eu gosto das coisas que dá pau. Então, por exemplo, ilusão de ótica é onde o olho dá pau. Adoro ilusão de ótica. Aqueles programas que passam no “National Geographic”, “History”, “Discovery”, que são os truques que você dá “bug” na mente. Você faz o cara fazer alguma coisa e tal. Onde dá problema eu acho que é legal, porque você sai fora do senso comum, então... Eu não confio nos meus sentidos, assim. Se você tiver alguma outra forma de explicar aquilo eu acho que é mais válido, mas porque eu sei que dá muito... Claro que no dia a dia a gente tem que confiar.

*F: Sim. Estou falando assim, outra forma mais válida mesmo não considerando como real também.*

R: Então, eu acho que seria um modelo mais próximo do que os sentidos.

*F: Mais que os sentidos. Entendi.*

R: Então você pode sentir as coisas e falar “ah, isso aqui é um nível de realidade”. O modelo científico acho que está muito mais próximo à realidade.

*F: Entendi. Bom, como eu falei, eu queria mais que esse questionário servisse como elemento de reflexão. Eu acho que tem muita coisa a colocar aí. Se fosse uma aula sobre, nossa, isso aí dá pano pra manga por muito tempo. E pelo que você falou pra mim, o questionário ajudou como forma de você pensar nas coisas que não haviam sido pensadas até então.*

R: Sim.

*F: E, além disso, você se sentiu impelido a saber alguma coisa a mais que não... Por ter lido com isso no questionário ou não? Sentiu...*

R: Então, eu... Não sei se foi exatamente essa a sua pergunta, mas eu senti vontade de ir um pouco mais atrás de filosofia da ciência. De pesquisar sobre...

*F: Não, foi isso, foi isso que eu perguntei.*

R: Foi uma coisa que eu sempre gostei com esses professores que me deram base, que eu já citei, e com esse questionário me fez pensar, assim, em ir um pouco mais atrás disso, em pesquisar um pouco mais. O problema é que nunca entrei em contato com esse tipo de coisa, não tenho referência nenhuma, não sei nem por onde começar e internet acho que não seria um bom lugar.

*F: Se você tiver interesse, até indico alguma coisa.*

R: É. Até nas considerações finais aqui da conversa eu ia te pedir algumas indicações. Vou correr atrás dessas coisas que acho muito interessantes.

*F: Só um passinho atrás. Um dos referenciais que eu trabalho com isso aqui, não é filosofia, tá? É um referencial de cultura. A ideia de cultura, não como uma cultura única, é um referencial que trabalha com uma noção da existência de universos culturais distintos, e a gente está imerso nesses universos culturais distintos. E cada um deles tem suas caracterizações do mundo, né. E o questionário toca em pontos, em questões do dia a dia, em questões da ciência, em questões de âmbito religioso também...*

R: Eu percebi isso, porque tem horas que você precisa fazer escolhas sobre qual visão de mundo pra você responder essa questão. Então, eu acho que isso aqui, o que mais eu poderia... Acho que talvez da forma que eu mais poderia explicar, é usando Vigotsky com o perfil conceitual, e qual parte você está usando pra falar agora. Tipo, no dia a dia, eu vou falar que uma blusa de lã é quentinha, eu não vou evocar as teorias da física...

*F: Não precisa falar que ela é um isolante térmico melhor.*

R: É, então. E aqui você pega... Você tem a palavra “verdade”, por exemplo. No dia a dia te evoca um significado e cientificamente ou filosoficamente te evoca outro significado. Todos os significados que eu escolhi foi o filosófico, e o do dia a dia eu deixei pra lá.

*F: Você passou a usar o critério que veio da filosofia ou da ciência, e a partir desse critério você respondeu o questionário.*

R: Isso, porque a mesma palavra tem significados diferentes.

*F: A noção de verdade como correspondência é muito clara no dia a dia, né. Se eu falar pra você “atrás daquela porta tem uma pessoa de blusa azul”, corresponde ou não as coisas. Se não, não é verdade o que estou falando.*

R: Por exemplo, eu poderia te dizer que se minha mãe viesse me aplicar esse questionário eu, talvez, responderia diferente.

*F: Ah, entendi. O contexto da academia talvez tenha...*

R: Sim, sim. Com certeza. É o gabarito, esse aí?

*F: Esse é o seu, né? Mesmo lado, as coisas. Tudo no mesmo lado. Eventualmente ele pula para o adjacente, né. Nenhum pulou dois aqui, né?*

R: Não... Ah, esse aqui pulou dois. Mas mais ou menos...

*F: Do elétron e da cadeira?*

R: Isso. Porque esse aqui foi antes da discussão em grupo, e esse aqui foi depois.

*F: A discussão ajudou a considerar que não, né?*

R: Na verdade, eu me lembro dessa questão, que eu falei “depende”. Depende se eu considerar um jeito... Eu não escolhi nenhum deles.

*F: Entendi. Então você colocou três, né.*

R: Coloquei no meio. Na verdade a maioria mudou de lugar, né.

*F: Pulou um lado só, né.*

R: Ó o doze pulou dois. Insuficiente...

*F: Que a teoria científica funcione. Qual você respondeu? O que você colocou agora é que é insuficiente, que você discorda. Você acha que tudo bem ela funcionar sem saber...*

R: É. Que aí eu me lembrei, por exemplo, da Quântica, que você consegue explicar um monte de coisa pela Equação de Schroedinger, mas ninguém sabe o que está operando lá na Matemática. Você tem uma entrada e uma saída e lá no meio você não tem acesso ainda àquelas coisas. Então foi esse o argumento que eu coloquei o dois aqui. Eu não lembro o que eu pensei na hora.

*F: Não tem problema. Essa aqui é um pouco parecida. É, você não fugiu muito, não. Eu acho que essa aqui está bem parecida, também. Você pulou um para o lado, só. Bom, acho que é isso. O que eu ia conversar com você era isso mesmo. Eu fico feliz que tenha trazido algum tipo de reflexão.*

R: Sim.

[Despedida, conversas finais e agradecimento.]