

**UNIVERSIDADE DE CAXIAS DO SUL  
PRÓ-REITORIA ACADÊMICA CENTRO DE FILOSOFIA E EDUCAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO  
CURSO DE MESTRADO**

**GABRIEL ABREU MUSSATO**

**CONCEPÇÕES EPISTEMOLÓGICAS DE REPORTAGENS SOBRE CIÊNCIA NA  
MÍDIA IMPRESSA BRASILEIRA E SUAS IMPLICAÇÕES NO ÂMBITO  
EDUCACIONAL**

**CAXIAS DO SUL  
2013**

**GABRIEL ABREU MUSSATO**

**CONCEPÇÕES EPISTEMOLÓGICAS DE REPORTAGENS SOBRE CIÊNCIA NA  
MÍDIA IMPRESSA BRASILEIRA E SUAS IMPLICAÇÕES NO ÂMBITO  
EDUCACIONAL**

Dissertação vinculada à linha de pesquisa Educação, Linguagem e Tecnologia apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Educação da Universidade de Caxias do Sul, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Educação.

Orientador: Prof. Dr. Francisco Catelli

**CAXIAS DO SUL  
2013**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
Universidade de Caxias do Sul  
UCS - BICE - Processamento Técnico

M989c Mussato, Gabriel Abreu

Concepções epistemológicas de reportagens sobre ciência na mídia impressa brasileira e suas implicações no âmbito educacional / Gabriel Abreu Mussato. 2013.

175 f. : il. ; 30 cm

Apresenta bibliografia.

Inclui anexo.

Dissertação (Mestrado) – Universidade de Caxias do Sul, Programa de Pós-Graduação em Educação, 2013.

Orientação: Prof. Dr. Francisco Catelli

1. Educação. 2. Epistemologia. 3. Mídia impressa. I. Título.

CDU 2.ed. : 37

Índice para o catálogo sistemático:

|                   |              |
|-------------------|--------------|
| 1. Educação       | 37           |
| 2. Epistemologia  | 165          |
| 3. Mídia impressa | 655.3.066.13 |

Catálogo na fonte elaborada pela bibliotecária  
Carolina Machado Quadros – CRB 10/2236.



UNIVERSIDADE DE CAXIAS DO SUL

*“Concepções epistemológicas de reportagens sobre ciência na mídia impressa brasileira e suas implicações no âmbito educacional”.*

Gabriel Abreu Mussato

Dissertação de Mestrado submetida à Banca Examinadora designada pela Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Educação da Universidade de Caxias do Sul, como parte dos requisitos necessários para a obtenção do título de Mestre em Educação. Linha de Pesquisa: Educação, Linguagem e Tecnologia

Caxias do Sul, 16 de dezembro de 2013.

Banca Examinadora:

Dr. Francisco Catelli  
(presidente – UCS)

Dr. João Batista Harres (PUCRS)

Dra. Tânia Maris de Azevedo (UCS)

**CIDADE UNIVERSITÁRIA**

Rua Francisco Getúlio Vargas, 1130 – B. Petrópolis – CEP 95070-560 – Caxias do Sul – RS – Brasil  
Ou: Caixa Postal 1352 – CEP 95020-972 – Caxias do Sul – RS – Brasil  
Telefone / Telefax (54) 3218 2100 – www.uces.br  
Entidade Mantenedora: Fundação Universidade de Caxias do Sul – CNPJ 88 648 761/0001-03 – CGCTE 029/0089530

## RESUMO

Esta dissertação de Mestrado tem como objetivo central produzir novas compreensões sobre o fenômeno epistemológico do discurso científico veiculado pela mídia impressa nacional e suas implicações na educação. Mais especificamente, consiste em um relatório de pesquisa realizada em duas etapas. Na primeira, faz-se uma análise das concepções epistemológicas subjacentes a reportagens sobre Física de três revistas brasileiras de generalidades: *Época*, *Isto É!* e *Veja*. Na segunda, faz-se uma avaliação de suas implicações no âmbito da educação científica, de modo geral, e no ensino de ciências, em específico. A análise é feita por meio do método de análise textual discursiva, da qual emergiram três domínios de entendimento: *Questões do Método Científico*, *Questões de Representatividade* e *Questões Sociológicas da Ciência*. Em seguida, avaliam-se as implicações desses domínios no âmbito educacional, comparando-os com resultados de pesquisas da mesma área e refletindo sobre suas possíveis consequências na educação científica.

**Palavras-chave:** Popularização da Ciência. Educação científica. Ensino de Ciências. Epistemologia.

## ABSTRACT

This dissertation main to produce new insights of the epistemological phenomenon of the Brazilian printed media scientific discourse and their implications for education. More specifically, it consists in a two steps investigation report. The first step is an epistemological concepts analysis of three Brazilian magazines Physics reports: *Época*, *IstoÉ!* and *Veja*. The second step is an assessment of its implications in the context of science education in general and science education in particular. The analysis is done through the discursive textual analysis method, which emerged three domains of understanding: Issues of Scientific Method, Issues of Representation and Sociological Issues of Science. Then evaluate their implications in the educational domain comparing them with the results of other investigation in the same area and reflecting on its possible consequences in science education.

**Keywords:** Science Popularization. Science Education. Epistemology.

## AGRADECIMENTOS

Descrever minha gratidão às pessoas que colaboraram direta ou indiretamente nesta dissertação é uma tarefa difícil. Não apenas por minhas limitações em lidar com as palavras, mas porque a própria linguagem se dissolve neste lugar em que sou apenas a consciência desse sentimento. Dessa forma, simplesmente, sou grato. Em especial agradeço:

À minha filha Olívia, o impulso da minha vida. Quem me ensina que “os pais são filhos dos filhos e os filhos são pais dos pais”. Te amo Loli!

À minha família, mãe, pai e irmã, com os quais eu sempre conto e sempre contarei, pelo incentivo e paciência. Eles são o que sou. Amo-os muito!

Ao meu orientador, professor Dr. Francisco Catelli, com quem compartilhei experiências especiais de compreensões conceituais, musicais e metafísicas, por conduzir uma orientação que visa à liberdade através da argumentação. Acima de tudo, um grande companheiro nesta caminhada.

À Julia Joner, a pessoa que mais de perto acompanhou as transformações pessoais que este trabalho desencadeou. Talvez ela não saiba o quanto me ajuda a tornar-me uma pessoa melhor.

À Vania Morales Rowell, por me ajudar na revisão e nos detalhes técnicos da finalização do trabalho.

À coordenação, aos professores, e aos colegas do Programa de Pós-Graduação em Educação da UCS.

Aos professores integrantes da banca examinadora, pela disponibilidade e interesse na leitura deste trabalho. À professora Dra. Tânia Maris de Azevedo, que acompanhou meu desenvolvimento ao longo do curso e com quem participei de profundos debates. Ao professor Dr. João Batista Siqueira Harres, cujo trabalho em epistemologia e ensino de ciências me inspira.

Grato!

## **A ciência em si**

*Se toda coincidência  
Tende a que se entenda  
E toda lenda  
Quer chegar aqui*

*A ciência não se aprende  
A ciência apreende  
A ciência em si*

*Se toda estrela cadente  
Cai pra fazer sentido  
E todo mito  
Quer ter carne aqui*

*A ciência não se ensina  
A ciência insemina  
A ciência em si*

*Se o que se pode ver, ouvir, pegar, medir, pesar  
Do avião a jato ao jaboti  
Desperta o que ainda não, não se pôde pensar  
Do sono eterno ao eterno devir  
Como a órbita da terra abraça o vácuo devagar  
Para alcançar o que já estava aqui  
Se a crença quer se materializar  
Tanto quanto a experiência quer se abstrair*

*A ciência não avança  
A ciência alcança  
A ciência em si*

**Arnaldo Antunes / Gilberto Gil**

## LISTA DE QUADROS

|   |     |
|---|-----|
| 1 Quadro de anexos.....   | 52  |
| 2 Quadro comparativo: concepções epistemológicas no ensino de ciências e nas revistas analisadas..... | 101 |

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CAs – Concepções alternativas

CNC – Concepções naturais de ciência

CTS – Ciência, tecnologia e sociedade

ENEM – Exame Nacional do Ensino Médio

NINJA – Narrativas Independentes, Jornalismo e Ação

PCNEM – Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio

RET1 – Revista Época - Texto 1 (A nova era da incerteza)

RET2 – Revista Época - Texto 2 (A fotografia da partícula de Deus)

RET3 – Revista Época - Texto 3 (O que o bóson tem a ver com Deus?)

RET4 – Revista Época - Texto 4 (Como o universo funciona)

RET5 – Revista Época - Texto 5 (Uma breve história da Física)

RIET1 – Revista IstoÉ! - Texto 1 (Mais perto de Deus)

RIET2 – Revista IstoÉ! - Texto 2 (Os gênios também erram)

RVT1 – Revista Veja - Texto 1 (Tem confusão no céu da ciência e da crença)

RVT2 – Revista Veja - Texto 2 (Encaixou-se perfeitamente)

TAZ – Zona Autônoma Temporária

## SUMÁRIO

|  |           |
|--|-----------|
| <b>INTRODUÇÃO</b> .....  | <b>11</b> |
| <b>1 EPISTEMOLOGIA</b> .....   | <b>14</b> |
| 1.1 QUESTÕES DO MÉTODO CIENTÍFICO.....                               | 15        |
| <b>1.1.1 Contexto da descoberta</b> .....                            | <b>15</b> |
| 1.1.1.1 <i>Descoberta indutivista</i> .....                          | 15        |
| 1.1.1.2 <i>Descoberta hipotético-dedutiva</i> .....                  | 19        |
| 1.1.1.3 <i>Descoberta heurística</i> .....                           | 20        |
| <b>1.1.2 Contexto da justificação</b> .....                          | <b>22</b> |
| 1.1.2.1 <i>Justificação por verificação</i> .....                    | 22        |
| 1.1.2.2 <i>Justificação por falseamento</i> .....                    | 25        |
| 1.1.2.3 <i>Justificação pela via da experimentação</i> .....         | 29        |
| 1.1.2.4 <i>Justificação como fenômeno social</i> .....               | 30        |
| <b>1.1.3 Progresso científico</b> .....                              | <b>32</b> |
| 1.1.3.1 <i>Desenvolvimento-acumulação</i> .....                      | 32        |
| 1.1.3.2 <i>Desenvolvimento racional</i> .....                        | 33        |
| 1.1.3.3 <i>Revolução científica</i> .....                            | 36        |
| 1.2 QUESTÃO DE REPRESENTATIVIDADE.....                               | 42        |
| <b>1.2.1 Realismo científico</b> .....                               | <b>42</b> |
| <b>1.2.2 Antirrealismo</b> .....                                     | <b>44</b> |
| <b>2 MÉTODO</b> .....  | <b>46</b> |
| <b>3 O FENÔMENO EPISTEMOLÓGICO</b> .....                             | <b>53</b> |
| 3.1 QUESTÕES DO MÉTODO CIENTÍFICO.....                               | 53        |
| <b>3.1.1 Contexto da descoberta</b> .....                            | <b>53</b> |
| 3.1.1.1 <i>Descoberta hipotético-dedutiva</i> .....                  | 53        |
| 3.1.1.2 <i>Heurística</i> .....                                      | 56        |
| <b>3.1.2 Contexto da justificação</b> .....                          | <b>57</b> |
| 3.1.2.1 <i>Critérios de demarcação</i> .....                         | 57        |
| 3.1.2.2 <i>Modificações ad hoc</i> .....                             | 60        |
| 3.1.2.3 <i>Experimento crucial</i> .....                             | 62        |
| 3.1.2.4 <i>Falibilidade</i> .....                                    | 62        |
| 3.1.2.5 <i>Verificação</i> .....                                     | 64        |
| 3.1.2.6 <i>Objetividade</i> .....                                    | 65        |
| 3.1.2.7 <i>Validação relativista</i> .....                           | 66        |
| <b>3.1.3 Progresso científico</b> .....                              | <b>67</b> |
| 3.1.3.1 <i>Formação de programas de pesquisa ou paradigmas</i> ..... | 67        |
| 3.1.3.2 <i>Crise</i> .....   | 68        |
| 3.1.3.3 <i>Revolução científica</i> .....                            | 69        |

|          |   |     |
|----------|---|-----|
| 3.1.3.4  | <i>Incomensurabilidade.....</i>   | 70  |
| 3.1.3.5  | <i>Coexistência de teorias rivais.....</i>  | 71  |
| 3.1.3.6  | <i>Comparação racional.....</i>   | 72  |
| 3.1.3.7  | <i>Supraempíria.....</i>  | 73  |
| 3.1.3.8  | <i>Progresso teleológico.....</i>   | 74  |
| 3.1.3.9  | <i>Papel do erro.....</i>   | 75  |
| 3.1.3.10 | <i>Acúmulo e autoria.....</i>   | 76  |
| 3.1.3.11 | <i>Papel da tecnologia.....</i>   | 76  |
| 3.1.3.12 | <i>Paradigmas.....</i>  | 77  |
| 3.2      | <b>QUESTÕES DE REPRESENTATIVIDADE: REALISMO CIENTÍFICO...</b>   | 79  |
| 3.2.1    | <b>Aparência e essência.....</b>  | 79  |
| 3.2.2    | <b>Revelação e orientação pitagoreana.....</b>  | 80  |
| 3.2.3    | <b>Existência das entidades teóricas.....</b>   | 81  |
| 3.2.4    | <b>Verdade por correspondência.....</b>   | 82  |
| 3.2.5    | <b>Inferência da melhor explicação.....</b>   | 82  |
| 3.3      | <b>QUESTÕES SOCIOLÓGICAS DA CIÊNCIA.....</b>  | 83  |
| 3.3.1    | <b>Meta da ciência.....</b>   | 83  |
| 3.3.2    | <b>Ciência na mídia.....</b>  | 85  |
| 3.3.3    | <b>Influência social na ciência.....</b>  | 85  |
| 3.3.4    | <b>A imagem do cientista.....</b>   | 86  |
| 3.3.5    | <b>Disputa religião e ciência.....</b>  | 87  |
| 3.3.6    | <b>Superioridade da ciência.....</b>  | 89  |
| 4        | <b>IMPLICACÕES EDUCACIONAIS DAS CONCEPÇÕES EPISTEMOLÓGICAS LEVANTADAS NESTA PESQUISA.....</b>                 | 91  |
| 4.1      | <b>EDUCAÇÃO CIENTÍFICA.....</b>   | 91  |
| 4.2      | <b>CONCEPÇÃO DE CIÊNCIA NO ENSINO.....</b>  | 93  |
| 4.3      | <b>CIÊNCIA NA MÍDIA.....</b>  | 95  |
| 4.4      | <b>AVALIAÇÃO COMPARATIVA: CONCEPÇÕES EPISTEMOLÓGICAS NO ENSINO DE CIÊNCIAS E NAS REVISTAS ANALISADAS.....</b> | 96  |
| 4.4.1    | <b>Concepções epistemológicas do currículo de ciências.....</b>   | 96  |
| 4.4.2    | <b>Concepções epistemológicas de professores de ciência.....</b>  | 97  |
| 4.4.3    | <b>Concepções epistemológicas de livros didáticos de ciência.....</b>   | 98  |
| 4.4.4    | <b>Concepções epistemológicas das revistas analisadas.....</b>  | 99  |
| 4.5      | <b>CONTRASTE ENTRE O DOMÍNIO DAS EXPERIÊNCIAS CURRICULARES E AS IMAGENS PÚBLICAS.....</b>                     | 100 |
| 4.6      | <b>IMPLICAÇÕES NO ÂMBITO EDUCACIONAL.....</b>   | 101 |

|              |  |            |
|--------------|--|------------|
| <b>4.6.1</b> | <b>Implicações no domínio das questões do método científico.....</b>                                 | <b>102</b> |
| 4.6.1.1      | <i>Contexto da descoberta e justificação.....</i>  | 102        |
| 4.6.1.2      | <i>Progresso científico.....</i>   | 103        |
| <b>4.6.2</b> | <b>Implicações do domínio das questões de representatividade: realismo científico no ensino.....</b> | <b>104</b> |
| 4.6.2.1      | <i>Para além do positivismo.....</i>   | 104        |
| 4.6.2.2      | <i>Duas alternativas excludentes.....</i>  | 105        |
| 4.6.2.3      | <i>Construtivismo.....</i>   | 105        |
| 4.6.2.4      | <i>Realismo.....</i>   | 106        |
| <b>4.6.3</b> | <b>Implicações do domínio das questões sociológicas da ciência.....</b>                              | <b>109</b> |
| 4.6.3.1      | <i>Popularização da ciência.....</i>   | 109        |
| 4.6.3.2      | <i>A ciência e religião.....</i>   | 112        |
| 4.6.3.3      | <i>Superioridade da linguagem científica e a imagem do cientista como autoridade.....</i>            | 114        |
|              | <b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>   | <b>115</b> |
|              | <b>REFERÊNCIAS.....</b>  | <b>132</b> |
|              | <b>REFERÊNCIAS DAS REPORTAGENS ANALISADAS.....</b>   | <b>136</b> |
|              | <b>ANEXO A – RET1 – REVISTA ÉPOCA – TEXTO 1 (A NOVA ERA DA INCERTEZA).....</b>                       | <b>138</b> |
|              | <b>ANEXO B - RET 2 – REVISTA ÉPOCA – TEXTO 2 (A FOTOGRAFIA DA PARTÍCULA DE DEUS).....</b>            | <b>140</b> |
|              | <b>ANEXO C – RET3 – REVISTA ÉPOCA – TEXTO 3 (O QUE O BÓSON TEM A VER COM DEUS?).....</b>             | <b>146</b> |
|              | <b>ANEXO D – RET4 – REVISTA ÉPOCA – TEXTO 4 (COMO O UNIVERSO FUNCIONA).....</b>                      | <b>148</b> |
|              | <b>ANEXO E – RET5 – TEXTO 5 (UMA BREVE HISTÓRIA DA FÍSICA).....</b>                                  | <b>155</b> |
|              | <b>ANEXO F – RIET1 – REVISTA ISTOÉ! – TEXTO 1 (MAIS PERTO DE DEUS). 160</b>                          | <b>160</b> |
|              | <b>ANEXO G – RIET2 – TEXTO 2 (OS GÊNIOS TAMBÉM ERRAM).....</b>                                       | <b>163</b> |
|              | <b>ANEXO H – RVT1 – TEXTO 1 (TEM CONFUSÃO NO CÉU DA CIÊNCIA E DA CRENÇA).....</b>                    | <b>165</b> |
|              | <b>ANEXO I – RVT2 – TEXTO 2 (ENCAIXOU-SE PERFEITAMENTE).....</b>                                     | <b>171</b> |

## INTRODUÇÃO

A sociedade contemporânea é uma sociedade técnico-científica. Para um indivíduo nela inserido, articular-se de modo razoável, deve estar familiarizado com alguns conhecimentos científicos básicos de ciência e tecnologia. Em muitas situações da vida moderna, as pessoas depositam grande confiança em narrativas baseadas, de modo mais ou menos direto, em algum conhecimento científico.

Especialmente em relação a questões como saúde, justiça, segurança e alimentação, há uma cultura de referência a especialistas científicos para a legitimação de certos comportamentos. A tecnologia também afeta radicalmente os modos de vida atuais. A linguagem tecnológica constitui-se cada vez mais em uma necessidade básica de sobrevivência, sem a qual a humanidade estaria em perigo. Tal afirmação poderia parecer um tanto exagerada, não fosse considerar a vida moderna sem a medicina, a engenharia de alimentos, os recursos de conversão e de distribuição de energia, os sistemas de comunicação, entre outros.

Embora a ciência esteja imersa na cultura e na vida contemporânea, certa ignorância científica parece se manifestar de modo alarmante nas sociedades, mesmo nas dos países ditos desenvolvidos. Estima-se, por exemplo, “que menos da metade dos americanos adultos compreendem que a terra gira anualmente em torno do sol, que apenas 21% podem definir o DNA e que só 9% sabem o que é uma molécula” (EPSTEIN, 1998, p. 60). No Brasil, a situação não parece ser melhor, já que “50% dos brasileiros não sabem localizar o país no mapa” (FRANÇA, 2007). Nesse sentido, não raramente, escuta-se falar em uma crise da educação científica.

Muito desse quadro é atribuído a deficiências do sistema educacional formal. Fourez (2003), por exemplo, faz uma revisão do que chama *crise do ensino de ciências*. O autor destaca diversos atores dessa crise, entre eles: (i) os jovens, que atualmente não aceitam a imposição do estudo de ciências sem que lhes mostrem sua importância; (ii) os professores de ciências, que, além de experienciar uma crise da própria profissão, tiveram sua formação mais “centrada sobre o projeto de fazer deles técnicos de ciências do que de fazê-los educadores” (FOUREZ, 2003, p.111); e, dentre outros mais, (iii) o mundo industrial, que se preocupa apenas com os fatores econômicos e a falta de demanda de profissionais ligados à ciência.

Diversas propostas pedagógicas vêm sendo assinaladas como soluções dessa crise. No contexto da educação científica, uma tendência bastante recorrente é atribuir à epistemologia

um papel fundamental nas diretrizes de tal reforma. É justamente nesse pano de fundo que se desenvolve esta pesquisa: a reflexão sobre o papel da epistemologia na educação científica.

A relação que cada indivíduo e a sociedade têm com a ciência estabelece-se a partir de complexas imbricações de discursos. O discurso de ciência produzido na escola é certamente um dos fatores relevantes da constituição dessa relação, e, não raramente, o âmbito da educação científica é reduzido ao ensino de ciências. No entanto, a escola não é a única responsável – nem pela crise, nem pelos méritos – dos processos educacionais da ciência.

Em meio a esse emaranhado de discursos científicos, os veiculados por grandes meios de comunicação modulam diversos fenômenos científicos na sociedade. E mais, alguns autores defendem que o conhecimento científico do público em geral é constituído mais pelas imagens veiculadas pela mídia do que pela escola, por exemplo. “O público, em geral, conhece a ciência menos pela experiência direta ou pela educação prévia do que através do filtro da linguagem e das imagens do jornalista” (EPSTEIN, 1998, p. 60).

A seguir, apresenta-se os objetivos desta pesquisa e algumas questões que a permeiam. Esta tem dois objetivos centrais: compreender o fenômeno epistemológico do discurso científico de um fragmento da mídia e avaliar suas implicações no âmbito da educação científica. Mais especificamente, fazer uma análise das concepções epistemológicas de reportagens sobre Física de três revistas de generalidades do país – *Época*, *IstoÉ!* e *Veja* –, para, em seguida, refletir sobre como essas concepções influenciam aspectos educacionais da ciência, especialmente no âmbito do ensino. Esse dois objetivos constituem duas etapas distintas da pesquisa.

A primeira etapa, referente ao objetivo de compreender o fenômeno epistemológico das reportagens, é orientada por questões sobre a natureza do conhecimento científico: *Qual é a natureza da ciência? Como opera? Como é validada? O que caracteriza a ciência como tal e como a distinguir de outros conhecimentos? Como ela progride? O que ela representa? Quais são as causas e consequências sociológicas da ciência?*

Na segunda etapa, referente ao objetivo de avaliar as implicações educacionais, questões como as que seguem norteiam a investigação: *Quais as possíveis implicações de tais concepções na educação científica? E no âmbito do ensino? Há relações significativas com processos de aprendizagem? Há consequências na cultura científica? Há implicações sócio-políticas?*

Após esse preâmbulo sobre o contexto e os objetivos desta pesquisa, apresenta-se a estrutura de sua redação. Constitui-se em cinco capítulos. O primeiro capítulo refere-se ao quadro teórico que orienta a pesquisa. Trata-se de uma revisão de conceitos e posições

epistemológicas oriundas do debate que se estabeleceu, predominantemente, no séc. XX. Como consequência da intenção metodológica de orientar a análise, o capítulo foi dividido em três seções: *Epistemologia*, *Questões do Método Científico* e *Questões de Representatividade*. Cada seção ainda apresenta suas subdivisões. Na primeira, definem-se algumas acepções em que o termo *epistemologia* é utilizado na pesquisa. Na segunda seção, são apresentados alguns conceitos e vertentes epistemológicos sobre a *descoberta*, *justificação* e *progresso da ciência*. E na terceira seção, distinguem-se posições filosóficas referentes à questão de *o que o conhecimento científico representa*.

O segundo capítulo consiste na descrição da pesquisa. É apresentado em seção única – *Método* – em que se detalham os aspectos metodológicos da pesquisa e as etapas efetivamente realizadas.

O terceiro capítulo dedica-se à comunicação dos resultados da análise. Nele, descreve-se a compreensão do fenômeno epistemológico das reportagens selecionadas emergida do procedimento analítico. Foi dividido em três domínios: *Questões do Método Científico*, *Questões de Representatividade* e *Questões Sociológicas da Ciência*. Cada domínio ainda apresenta categorias e subcategorias, dependendo do caso.

No quarto capítulo, faz-se uma avaliação das implicações das concepções epistemológicas emergidas na análise da pesquisa. Esse foi dividido em três seções: *Educação Científica*, em que se contextualizam as concepções de educação a partir das quais são avaliadas as implicações; *Avaliação Comparativa*, em que se faz um contraste das concepções epistemológicas das revistas com as de outros âmbitos educacionais; e *Implicações no âmbito educacional* em que se avaliam as possíveis consequências das concepções na educação científica e no ensino de ciências.

O quinto e último capítulo é composto pelas considerações finais, em que se apresentam propostas pedagógicas relacionadas ao fenômeno epistemológico e sugestões para futuras pesquisas. Tudo o que é proposto tem caráter embrionário, não existindo a pretensão de constituírem-se generalizações. O texto tampouco pretende erigir afirmações definitivas.

## 1 EPISTEMOLOGIA

*Epistemologia* tem diversos significados e é aplicada em contextos bastante distintos. Pode ser considerada como teoria, disciplina, área ou conceito. Este trabalho não tem por objetivo debater os vários modos de empregar o termo, mas apenas destacar as noções que servem de orientação metodológica.

No sentido etimológico, “epistemologia” significa estudo da ciência. É derivada das palavras gregas: *epistème*, que significa ciência ou verdade, e *logos*, que significa estudo ou discurso (RAMOS, 2000). Assim, epistemologia configura-se como um estudo crítico de todos os domínios do conhecimento, desde sua definição até sua origem, validação e constituição.

A epistemologia é aqui distinguida em dois sentidos, um relacionado à *filosofia da ciência* e outro à *teoria do conhecimento*. O primeiro preocupa-se com o conhecimento científico especificamente: O que o caracteriza e o distingue das demais formas de conhecimento? Como ele é produzido e validado? O segundo sentido refere-se à natureza e possibilidade do conhecimento. Sua ênfase está na relação do conhecimento com o sujeito cognoscente.

Primeiramente, faz-se uma revisão teórica da produção epistemológica com ênfase nos autores do século XX, período em que seu desenvolvimento intensificou-se, desencadeado, especialmente, pelas revoluções científicas na área da Física com o advento da Teoria Quântica e da Teoria da Relatividade. Nessa perspectiva, os autores selecionados usam predominantemente a Física como *corpus* de análise.

O quadro teórico seguinte conforma-se em dois grandes domínios: *Questões do Método Científico* e *Questões de Representatividade*. O primeiro domínio refere-se aos procedimentos que levam à produção, validação e evolução do conhecimento científico, e foi dividido em três categorias: *Contexto da Descoberta*, *Contexto da Justificação* e *Progresso Científico*. O segundo domínio, *Questões de Representatividade*, faz referência ao conteúdo semântico do conhecimento científico em relação à realidade, ou seja, ao que a ciência representa, e foi dividido em *Realismo* e *Antirrealismo*.

Vale ressaltar que essas divisões foram arquitetadas com o intuito apenas de orientar a análise; assim, o quadro teórico foi construído com fins metodológicos. Contudo, essas distinções não representam disjunções, isto é, elas não se excluem mutuamente, sendo diferentes manifestações de um todo único, o *conhecimento científico*.

## 1.1 QUESTÕES DO MÉTODO CIENTÍFICO

As questões de método referem-se à reflexão crítica a respeito dos procedimentos que levam ao conhecimento científico. Nesta seção, foram distinguidos três aspectos do empreendimento científico: a *origem*, a *validação* e o *desenvolvimento do conhecimento científico*. Respectivamente, esses enfoques produziram as seguintes categorias de abordagem do tema: *Contexto da Descoberta*, *Contexto da Justificação* e *Progresso Científico*.

### 1.1.1 Contexto da descoberta

O contexto da descoberta refere-se à origem do conhecimento científico. Mais especificamente, enfatiza os procedimentos utilizados pelos cientistas na geração de teorias científicas. Por um período bastante longo da história da ciência, concebeu-se a *descoberta* como uma consequência da aplicação rigorosa de um método de observação. Contudo, diversas ideias científicas importantes não são inferidas dessa maneira, mesmo que alguns cientistas não o admitam<sup>1</sup>. Outra visão associa ao processo de descoberta uma complexidade de fatores, podendo envolver impulsos criativos ou crenças religiosas e metafísicas; sua ocorrência não segue regras específicas. Há ainda posturas que fazem um meio termo entre a mera aplicação de regras e a arbitrariedade total. Nesta seção, apresentam-se três concepções de descoberta: *Descoberta Indutivista*, *Descoberta Hipotético-dedutiva* e *Descoberta Heurística*.

#### 1.1.1.1 Descoberta indutivista

Essa concepção epistemológica defende que a descoberta científica é um processo que começa pela observação. Assim, trata-se de uma postura empirista: a fonte do conhecimento provém de dados percebidos pelos sentidos. A versão aqui exposta contém características do positivismo lógico, projeto filosófico desenvolvido na década de 20 por autores do conhecido Círculo de Viena, posteriormente discutido mais detalhadamente.

Para o positivista, não é qualquer observação que leva à descoberta científica. Algumas exigências são feitas para que a observação possa ser fonte segura de conhecimento. Podem-se destacar três critérios básicos para uma observação segura, segundo essa postura:

---

<sup>1</sup> Isaac Newton é um exemplo.

*lucidez, neutralidade e repetibilidade*. Nesse momento, descreve-se brevemente o sentido atribuído a eles, para em seguida minudenciá-los.

Entende-se uma observação como sendo *lúcida* quando o observador a faz gozando da perfeita saúde de seus sentidos, de modo que o mundo seja percebido tal como é. Sua *neutralidade* refere-se à exigência de que seja independente de qualquer opinião, crença ou conhecimento prévio do observador. E a *repetibilidade* indica que ela deve ser feita em grande número e variedade de condições.

A *descoberta*, segundo os positivistas, começa com uma série de observações lúcidas e neutras. As observações são comunicadas em uma linguagem pública em um conjunto de enunciados, geralmente, denominados de *afirmações singulares*, por referirem-se a ocorrências com lugar e tempo especificados pelo ato da observação (CHALMERS, 1993). Na medida em que essas observações vão sendo repetidas em ampla quantidade e variedade de situações, as afirmações singulares são generalizadas, passando a referir-se não apenas às ocorrências feitas no local e momento da observação, mas a todos os eventos do mesmo tipo. O procedimento que leva do particular ao geral é chamado de *indução* e os enunciados dela obtidos, *afirmações universais*. Se essas não entrarem em conflito com nenhuma outra observação relacionada ao fenômeno, chega-se à descoberta da lei geral desse fenômeno.

Não obstante, essa descrição de *descoberta*, posta de modo bastante geral, enfrenta sérios problemas de sustentação. Primeiramente, há problemas quanto às três exigências da observação tal como descrita pelos indutivistas. E, segundo, não há garantia lógica no processo de generalização das afirmações singulares.

Quanto aos critérios de uma observação segura para a *descoberta indutiva*, caracterizam-se alguns aspectos. A *lucidez na observação*, estado em que os sentidos permitem uma retratação fiel do mundo, ganhou muitos adeptos na história da filosofia a partir de Aristóteles. Sua visão de percepção (*apud* CHALMERS, 1994) admite um pressuposto teleológico em que a função dos sentidos é prover um mecanismo de capturar informações do mundo. No entanto, há condições em que os sentidos enganam o observador, tais como em casos de doença, cansaço e embriaguez. Em condições normais, sua lucidez lhe oferece segurança.

O conceito de lucidez relacionado à observação mostra-se bastante problemático, pois supõe a possibilidade de uma percepção independente do indivíduo que observa. Nisso está implícito o pressuposto de que a percepção funciona como uma captação das informações do mundo externo, seguido de sua representação mental. Em uma observação lúcida, não haveria qualquer distorção dos dados, e a representação seria um reflexo fidedigno da realidade.

Assim, dois observadores atentos, sóbrios e gozando da plenitude de suas faculdades mentais haveriam de ter a mesma sensação perceptiva, desde que estivessem nas mesmas condições físicas de observação. Por exemplo, se houvesse a possibilidade de observarem um objeto na mesma posição e tempo, veriam o objeto da mesma maneira. Não é difícil propor uma situação em que esses critérios sejam *relativamente* cumpridos (*absolutamente* é impossível, pois não há como dois observadores ocuparem exatamente o mesmo ponto de observação no mesmo tempo). O que ocorre é que os dois observadores podem ter experiências perceptivas bem diferentes em circunstâncias de observação bastante parecidas.

Alguns indicam que isso ocorre porque as observações são influenciadas pelas expectativas, crenças, conhecimentos etc. O que significa dizer que ela é bem mais complexa do que uma simples captação, conversão e representação de informações. Há teorias modernas de percepção que indicam que há muito mais influência de aspectos internos na observação do que supõe a visão representacionista. Algumas dessas teorias usam o pressuposto de Heinz Von Foerster, autor ciberneticista, de que nenhuma informação pode ser trocada com o ambiente, apenas pode haver troca de energia (*apud* PELLANDA, 2009).

Uma dessas teorias é a Biologia Cognitiva, de Humberto Maturana e Francisco Varela. Esses autores (2001) afirmam que o sistema nervoso opera somente segundo a determinação de sua própria *estrutura*, e não por instruções externas. Essa *clausura operacional* implica que as características do meio apenas desencadeiam mudanças de estados neuronais que, para o observador, correspondem a uma experiência sensorial. Nessa concepção, a sensação de ver uma cor vermelha, por exemplo, é devida a uma determinada configuração do sistema nervoso, e não à frequência da onda que atinge a retina. Independentemente dessa discussão, ainda em aberto, o propósito aqui é ressaltar a dificuldade de sustentar uma observação livre de aspectos referentes ao próprio indivíduo.

Quanto à exigência da neutralidade das observações, supõe-se que, para cumpri-la, elas devam ser livres de qualquer preconceito ou precedente teórico. Pelo menos dois motivos problematizam esse critério (CHALMERS, 1993): a teoria *precede* e *guia* a observação. Primeiramente, mesmo que se considere a possibilidade de experiências perceptivas idênticas de diferentes indivíduos, ao comunicar essa experiência, o observador deve fazê-lo em uma linguagem pública. Ou seja, qualquer enunciado de observação deve ser expresso em alguma linguagem precedida por alguma teoria, em algum grau. As características desse enunciado – tal como precisão ou vagueza, simplicidade ou complexidade – vão depender da precisão e sofisticação da linguagem da teoria pressuposta pela observação, sendo a segurança da observação indissociável daquela da teoria envolvida.

Além disso, a teoria guia algumas escolhas na observação, pois nem todos os aspectos ou condições em que uma observação é realizada são admitidos como necessários ou relevantes para a formulação de um enunciado. Por exemplo, a cor da camisa de um observador é irrelevante para observação de células no microscópio. Mesmo esse exemplo trivial indica que, para que se possam desprezar algumas variáveis da observação, é necessário admitir pressupostos de alguma teoria de seu contexto, mesmo que essa não seja uma teoria formal ou explicitamente identificada. Até mesmo concepções bastante profundas e ligadas a crenças metafísicas influenciam o modo de ver o objeto.

Os dados dos sentidos, para que possam derivar algum enunciado de observação, devem passar por uma inferência, sempre mediada por algum modelo. Ou seja, nem mesmo o fenômeno ou o fato podem ser identificados independentemente da concepção por trás da observação. A esse respeito Edgar Morin afirma que “o campo do conhecimento não é mais o campo do objeto puro, mas o do objeto visto, percebido, coproduzido por nós, observadores-conceptores. O mundo que conhecemos, sem nós, não é mundo, conosco é mundo.” (MORIN, 2005, p. 223)

Já o critério de repetição, referente ao número e variedade de condições das observações do fenômeno, apresenta sérias dificuldades, primeiro, por não haver uma maneira precisa de dizer quantas delas são suficientes; segundo, por haver infinitos modos possíveis de se observar um mesmo fenômeno. O indutivista defende-se dessa crítica dizendo que um número significativo de observações em condições relevantes são suficientes para serem consideradas seguras. Fica claro que esse rebate contraria o critério anterior de neutralidade, pois, para considerar algo significativo e relevante, deve-se fazê-lo através de opiniões, crenças e conhecimento prévio.

Uma solução para os defensores da descoberta indutivista é admitir que a ciência não necessariamente tenha origem apenas na observação, podendo ser concebida de qualquer outra maneira – por exemplo, através de crenças metafísicas, imaginação, criatividade ou até mesmo por acaso. Desse modo, os critérios da descoberta são suavizados, passando a ser admitida como não analisável pela filosofia, e seus critérios universais são concentrados para a justificação.

### 1.1.1.2 Descoberta hipotético-dedutiva

Outra concepção de descoberta científica<sup>2</sup>, bastante distinta da indutivista, diz que não há um padrão único e específico subjacente a esse processo, o qual pode ser concebido de qualquer maneira, inclusive por modos irracionais. Muitos autores, entre eles Popper (2006), consideram o contexto de produção de uma nova ideia científica como não fazendo parte de análise da filosofia, justamente por haver uma séria dificuldade em reconstruir de modo definido e lógico as regras e a sequência histórica da descoberta, ou por conter elementos psicológicos e sociológicos tão complexos que a filosofia da ciência não teria recursos suficientes para analisá-la (FRENCH, 2009).

Uma visão bastante geral que reconhece o caráter irracional da descoberta científica é o processo *hipotético-dedutivo*, cuja descrição envolve dois estágios distintos. O *hipotético*, referindo-se à formulação de hipóteses, é concebido como irracional por não seguir regras claras e reconstituíveis. E o *dedutivo*, entendido como sendo racional, consiste em, uma vez estabelecidas as premissas hipotéticas, derivar logicamente delas suas consequências (FRENCH, 2009).

Nesse modo de ver a questão, não importa a maneira através da qual o cientista obteve disposição para enunciar uma nova hipótese, mas apenas como esta deve ser confrontada para avaliar sua correspondência com a realidade através da derivação lógica de suas premissas e da submissão a testes experimentais. Mesmo assim, pode-se ressaltar como a descoberta geralmente é caracterizada na perspectiva, destituída de padrões universais. Admite-se que ela pode ser produzida de diversas maneiras, sendo as descrições mais recorrentes as expressas em termos de lampejos de criatividade ou momentos fortuitos de intuição.

A descoberta científica, vista como um processo criativo, que envolve uma nova e repentina percepção da natureza por parte do cientista, vem ganhando bastante espaço no debate sobre a fonte do conhecimento. Popper, segundo William Beveridge (1981), no simpósio sobre *O processo criativo na Ciência e na Medicina*, alertou que o assunto é vasto e rodeado de absurdo.

Em algumas posições mais antigas – e em uma visão bastante presente no imaginário popular –, o surgimento de uma ideia científica é descrito como um *insight* ou lampejo de criatividade súbito, como se cada ideia possuísse seu descobridor. Immanuel Kant<sup>3</sup> (*apud*

<sup>2</sup> O termo “descoberta”, nesta concepção, parece um tanto inadequado, já que a hipótese original não é concebida com uma revelação desencadeada por um procedimento dotado de regras claras e fixas. A descoberta seria mais uma conjectura ou uma tentativa de resolver um problema científico, e poderia ser produzida de múltiplas maneiras.

<sup>3</sup> KANT, I. *The Critique of Judgment*. Basic Books, 1959, p. 31-32.

FRENCH, 2009) descreve esse momento como um ato de originalidade, sem regras definidas, sem possibilidade de reconstrução histórica e sem a possibilidade de comunicar o procedimento de descoberta a outrem. A descoberta é atribuída a um talento especial, característico apenas dos *gênios*. Essa visão produz um estereótipo de cientista bastante controverso. Um crítico dessa visão, Paul Feyerabend, afirma que ela equivale a um dom divino, que dá ao cientista uma aura que não lhe cabe (FEYERABEND, 2011).

Evitando um pouco essa visão um tanto ingênua, alguns aspectos psicológicos da criatividade podem ser caracterizados de modo breve, apenas o suficiente para atender aos propósitos da pesquisa. Edward de Bono (*apud* BEVERIDGE, 1981), conhecido pela teoria do pensamento lateral, vê o ato de criatividade como um processo em que o pensamento deve se desenraizar de padrões fixos de funcionamento. Distingue duas categorias de pensamento: *vertical* e *lateral*. O *pensamento vertical* é a forma mais usada na ciência e na vida cotidiana, pois segue um padrão racional e fixo de encadeamentos de ideias. Seu fluxo tende a uma linha de pensamento bastante provável. Já o *pensamento lateral* envolve uma sequência de ideias pouco provável de estar certa, mas que, se usado sob certas circunstâncias, pode levar a novas e inesperadas compreensões, produzindo uma variedade de alternativas que podem, eventualmente, constituir-se como solução criativa de um problema. As novas ideias na visão de Bono vêm do conflito com os hábitos convencionais de pensar.

### 1.1.1.3 Descoberta heurística

Essa posição faz um meio termo entre as duas anteriores. Não se trata de uma descoberta vinculada à ideia de um pulso arbitrário sem regras definidas, vindo de lampejos criativos; nem de observações numerosas e imparciais que levam à revelação das propriedades universais da realidade. A alternativa, denominada *heurística da descoberta*, não exclui a criatividade e a indução como elementos constituintes de descobertas, mas esses, bem como outros aspectos, estão sempre inseridos em um contexto que envolve uma série de métodos que, mesmo não sendo regras definitivas de solução de problemas, orientam a atividade do cientista. Thomas Kuhn (2003) refere que toda descoberta ocorre no contexto de aplicação de regras aceitas ou no estabelecimento de novas regras. Ele distingue a *descoberta de fenômenos* da *invenção de novas teorias*. A primeira ocorre através do desenvolvimento de uma teoria aceita, enquanto o segundo ocorre quando essa teoria não se mostra satisfatória.

O termo “heurística” vem da expressão grega *heurisko*, que significa “eu descobro”, e atualmente é usado para designar o estudo de métodos utilizados pelos cientistas na solução

de problemas (FRENCH, 2009). A heurística, dessa forma, descreve as abordagens racionais que servem de orientação para descobertas científicas. Entre elas podem se destacar as seguintes, baseadas em Steven French (2009) e aqui denominadas: *similaridade*, *correspondência geral* e *idealização*.

A similaridade pode ser identificada em dois aspectos, o *teórico* e o *experimental*. A *similaridade teórica* envolve o estabelecimento de semelhanças ou simetrias conceituais e matemáticas entre campos teóricos distintos. Um exemplo histórico foi a associação feita das entidades teóricas do magnetismo e da eletricidade. Nos primórdios do século XVII, esses campos eram separados. A partir da identificação de similaridades entre os conceitos de *campo magnético* e *campo elétrico*, iniciou-se uma série de pesquisas orientadas por essa simetria, que levou à unificação desses campos. Além de simetrias conceituais, outra orientação bastante fértil é o reconhecimento de simetrias matemáticas entre teorias distintas.

A análise, geralmente, envolve dificuldades técnicas, mas, uma vez superadas, pode indicar correlações e confluências entre teorias. Eventualmente, possibilitam as condições de elaboração de uma nova compreensão. Um caso de teoria unificada a partir de similaridades das equações culminou no que se conhece como *teoria eletro fraca*, justamente por a *eletrodinâmica quântica* e a teoria da *força nuclear fraca* apresentarem simetrias em suas equações. Outro modo de identificar similaridades é no campo experimental. Nele, associam-se características semelhantes de fenômenos distintos, como foi o caso da descoberta dos relâmpagos como fenômenos elétricos, feita por Benjamin Franklin (FRENCH, 2009).

Outra orientação heurística avalia acertos e erros de ideias antigas. O *Princípio da Correspondência Geral* afirma que sempre que uma teoria é substituída por uma sucessora, alguma estrutura mínima é mantida. Uma discussão mais aprofundada sobre como as teorias são substituídas será feita na seção sobre o progresso científico. Na transição de uma ideia antiga para uma nova, o cientista deve identificar os elementos básicos que podem dar suporte para que essa seja construída. Ou de modo inverso, o cientista pode identificar na ideia antiga quais são suas falhas e, a partir daí, buscar indícios de como a nova ideia pode se estruturar de modo a corrigi-las. Geralmente, essas falhas são inconsistências teóricas ou anomalias experimentais.

A última orientação discutida é a da *idealização*. Esta consiste em construir modelos que representem uma parte do processo analisado. Os processos naturais são muito complexos, e teorias completas apresentam muitas dificuldades de elaboração. Assim, estabelecem-se modelos limitados e aproximados que possam produzir significados relevantes.

Uma maneira de construir modelos é elaborando analogias entre o sistema que se quer descrever e um conjunto de objetos bem conhecidos. Por exemplo, bolas de bilhar podem representar as moléculas de um gás. É possível conjecturar-se propriedades desconhecidas do sistema analisado através de sua correspondência com certas propriedades do objeto que serviu de modelo. Segundo Hesse (*apud* FRENCH, 2009), há três tipos de analogia na constituição de um modelo: *neutra*, *positiva* e *negativa*. A positiva ocorre quando o sistema é adequadamente representado pelas propriedades do objeto. De modo inverso, a negativa ocorre quando as propriedades de ambos não apresentam correspondência. Por fim, a analogia neutra é aquela em que não se sabe se propriedades correspondem-se ou não. Esse tipo de analogia mostra-se bastante eficiente para explorar novas propriedades dos sistemas.

Assim, a heurística elimina o problema da arbitrariedade da descoberta criativa, bem como a problemática da descrição por observações minuciosas e seguras. Mas, de qualquer modo, ela não estabelece critérios fixos a partir dos quais a descrição da descoberta possa ser derivada. Apenas indica que ela acontece em contextos relevantes, sob forte orientação do conhecimento prévio do cientista e do estágio teórico e experimental de sua pesquisa.

Feitas algumas distinções sobre o *Contexto da descoberta*, passa-se agora ao *Contexto da justificação*.

### 1.1.2 Contexto da justificação

O contexto da justificação refere-se ao modo como o conhecimento científico é testado e validado. Independentemente de como, quando e por quem as ideias científicas foram desenvolvidas, a justificação enfatiza o processo de aceitação de hipóteses, conceitos e teorias, e a constituição de seu *status* de conhecimento científico. Nesta seção, apresentam-se quatro concepções de justificação: *Justificação por verificação*, *Justificação por falseamento*, *Justificação pela via da experimentação* e *Justificação como fenômeno social*.

#### 1.1.2.1 Justificação por verificação

A ideia de verificação como critério fundamental de justificação e demarcação científica está associada ao projeto filosófico denominado *positivismo lógico*. O nome é atribuído ao filósofo francês Auguste Conte, e de modo estrito refere-se a ideias do grupo de autores que ficou conhecido como Círculo de Viena (AYER, 1965). Ao longo de seu

desenvolvimento, concepções de autores fora do grupo foram sendo identificados a essa linha por partilharem pontos de vistas semelhantes.

O Círculo de Viena (AYER, 1965) surgiu na década de 20 com iniciativa de Moritz Schlick e, inicialmente, constituía-se em um grupo de filósofos e cientistas com interesse em questões em comum, cujos métodos de análise e solução eram debatidos em reuniões na Universidade de Viena. Entre eles estavam Rudolf Carnap, Otto Neurath, Hebert Feig, Victor Kraft, dentre outros. Progressivamente, os debates foram ganhando forma de movimento. Até que em 1929, publica-se o conhecido manifesto positivista, no mesmo ano em que foi realizado em Praga o primeiro de muitos congressos.

O grupo tinha forte influência das ideias de Ernest Mach e David Hume, assim como Bertrand Russell e Wittgenstein, o qual, apesar de não ter aderido ao grupo, partilhava análises semelhantes e relações pessoais com alguns membros.

Em meados dos anos 30, período em que o movimento ganhou maior força, o grupo começou a dispersar-se, o que se intensificou com o assassinato de Schlick e com o tratamento hostil que recebiam por parte dos governos de direita e por nazistas. Por fim, com o estopim da segunda guerra mundial, o Círculo de Viena perdeu coesão. Sua tradição positivista continuou em alguns países, principalmente Inglaterra, Escandinávia e EUA (AYER, 1965). No entanto, os objetivos originais do grupo, entre eles o de resolver problemas filosóficos de modo semelhante à ciência, não foram logrados.

A verificação, tal como concebida pelos positivistas, está relacionada à demonstração conclusiva da veracidade ou da falsidade de uma afirmação a partir de sua correspondência com acontecimentos observáveis. Em sua fase inicial, esse projeto filosófico adotou o *Princípio da verificação*: um enunciado só tem significado se for verificável. Ou seja, deve haver a possibilidade de ele ser expresso por proposições observáveis (MOSER et. al., 2004). A partir desse princípio, a justificação científica dá-se a partir de sua verificabilidade.

Para os positivistas, as únicas afirmações com significado que não necessitam ser verificáveis são as tautológicas, cuja verdade é concebida como sendo *a priori* e necessária (LADYMAN, 2002). Nessa categoria de enunciados – analíticos, segundo Kant (1984) –, encontram-se proposições formais da lógica e da matemática. Os enunciados factuais – sintéticos, segundo Kant (1984) –, como os usados nas ciências, são contingentes e dependem de prova empírica. Assim, enunciados que não pertencem a nenhuma dessas categorias carecem de sentido para os positivistas. Enunciados metafísicos e teológicos, por exemplo, deixam de ter significado por não serem nem analíticos nem sintéticos e estarem fora do âmbito da ciência, segundo essa visão.

A relação entre *justificação* e *observação* foi, sistematicamente, elaborada por Rudolf Carnap em sua obra “Aufbau”. Seu projeto epistemológico é fundacionista (*apud* DUTRA, 2010), pois exige que o conhecimento deva ter uma fonte segura, por ele denominada *base empírica*, proveniente dos dados dos sentidos, ou seja, de todas as vivências elementares a que o sujeito tem acesso direto e que podem levar à inferência de objetos. Os dados dos sentidos constituem enunciados protocolares, e todos os demais enunciados devem poder ser traduzidos a partir desses. Em outras palavras, para que um enunciado tenha significado ele deve ser redutível a um conjunto de dados dos sentidos.

A partir da base empírica, outros objetos podem ser inferidos mediante uma construção lógica caracterizada em níveis. Para Carnap (*apud* DUTRA, 2010), há quatro níveis de objetos: os dos sentidos, os físicos, os psicológicos, e os das ciências sociais. Vale ressaltar que, para ascender de um nível para outro, critérios lógicos específicos devem ser seguidos. Esses critérios, para Carnap, são os referentes à Teoria de Tipos de Russell (que para este fim não será exposta, mas que é usada na tentativa de tornar qualquer objeto em qualquer nível redutível à base empírica). Assim, Carnap chega a uma definição de verificação: qualquer enunciado envolvendo objetos de qualquer nível deve poder ser traduzido aos dados dos sentidos, ou ao imediatamente dado ao sujeito.

Em obras posteriores, Carnap reformulou a base empírica, atribuindo sua fundação para os objetos físicos e não mais para os dados do sentido, em uma fase que ficou conhecida como *fisicalista*, de acordo com Dutra (2010). No entanto, independentemente da base que se escolha, a possibilidade de tradução de um nível para o outro é o ponto chave de seu construto.

Não obstante, há um problema bastante sério nesse tipo de verificacionismo, no que diz respeito aos enunciados universais. Tais enunciados não podem ser traduzidos em enunciados referentes à base empírica, pois necessitariam de um número infinito deles. Ou, de modo inverso, não há como um enunciado universal ser construído apenas por relações lógicas de enunciados protocolares. Esse problema trata-se de uma reformulação do problema da indução de David Hume. Como as leis científicas são compostas por enunciados universais, a descrição positivista tem como subproduto indesejável a eliminação do significado da ciência. Além disso, o próprio princípio da verificação não é verificável, pois não há como reduzi-lo a dados dos sentidos, sendo ele mesmo sem significado (MOSER et. al., 2004).

Diante desse problema, Carnap propõe a substituição do princípio da verificação pelo da confirmação, no qual, o enunciado passa a ter significado somente quando for confirmável.

Isto é, quando há sentenças de observação que o apoiem ou o neguem. Na medida em que mais sentenças de observações são logicamente compatíveis com o enunciado proposto, maior seu grau de confirmação e maior a probabilidade de sua verdade, mas nunca atinge o estado definitivo. Nas palavras do próprio Carnap, “se por verificação se entende um estabelecimento definitivo e final de verdade, então, como veremos, nenhum enunciado é jamais verificável. Podemos somente confirmar, cada vez mais, uma sentença.”<sup>4</sup> (CARNAP, *apud* FREIRE-MAIA, 1997).

A visão positivista de justificação, caracterizada por modos seguros de estabelecer-se a veracidade das teorias a partir da observação, traz diversas consequências indesejáveis e que levaram ao fracasso do projeto filosófico. Primeiro, como já foi mencionado, a observação que dá suporte à teoria é ela mesma carregada de teoria. Essa teoria, por sua vez, deve ser justificada por outra observação que pressupõe outra teoria, numa regressão infinita (FRENCH, 2009). Assim, há de admitir-se que a observação é tão falível, quanto a teoria pressuposta. Nesse sentido, a verificação é ela mesma falível, havendo a possibilidade de teorias falsas serem verificadas, o que de fato ocorreu em diversas ocasiões na ciência.

A segunda consequência, conhecida como *subdeterminação da teoria pelas evidências*, diz que estas não determinam a teoria, podendo uma mesma evidência apoiar teorias antagônicas (LADYMAN, 2002). Terceiro, que não há razões lógicas que sustentem que mesmo após sucessivas verificações ou confirmações não haverá uma observação contrária à hipótese. O indício de sua falsidade é sempre passível de ocorrer (CHALMERS, 1993).

#### 1.1.2.2 Justificação por falseamento

Essa concepção de justificação surge no ápice do positivismo lógico e vai contra muitos de seus argumentos, especialmente o *princípio de verificação*. Seu primeiro e principal autor, Karl Popper (1982), percebeu que muitos cientistas, no intuito de defender alguma teoria, consideravam qualquer evidência factual como uma confirmação da teoria que seguiam. Dito de outro modo, qualquer fato poderia ser visto como um caso particular de interpretação da teoria em questão, não restando a possibilidade de contrariá-la experimentalmente. Assim, as teorias eram ditas verificadas ou confirmadas a toda e qualquer observação: “o mundo estava repleto de verificações da teoria” (POPPER 1982, p. 64).

---

<sup>4</sup> CARNAP, Rudolf. Textos de Rudolf Carnap. Abril Cult.: São Paulo, 180, p. 171.

O falsificacionismo não sustenta que a ciência deva partir de observações não teóricas e, tampouco, que as leis assim derivadas sejam verdadeiras ou ao menos provavelmente verdadeiras. Parte do princípio de que uma teoria é uma conjectura ou uma tentativa de resposta feita a problemas aos quais as teorias concorrentes ou antecessoras não responderam satisfatoriamente. Conforme Chalmers (1993), a cientificidade de teorias, nessa perspectiva, deve seguir três critérios de justificação: devem ser falseáveis e, de preferência, ter um alto grau de falseabilidade, além de não terem sido falsificadas por testes observacionais. Sua tese central é que as teorias devem, primeiramente, fazer afirmações que possam ser falseadas mediante testes de observação. As teorias com um maior rigor nas afirmações são preferíveis. E uma vez que os testes as falseiem, elas devem ser, inexoravelmente, refutadas e substituídas por outras.

Quanto ao primeiro critério, a *falseabilidade* ou *refutabilidade*, Popper (2006) propõe que, para uma teoria ser científica, deve haver a possibilidade de se observar alguma evidência que a contrarie. As afirmações sobre *como o mundo é* devem ser informativas sobre *como o mundo não pode ser*. Uma boa teoria “proíbe certas coisas de acontecer” (POPPER, 1982 p. 66), de modo a se poderem fazer observações que potencialmente testem as impossibilidades sugeridas pela afirmação. Esse critério resolve o problema da demarcação científica, primordial para Popper em sua formulação inicial.

O exemplo dado por Popper (1982) de *teoria falseável* foi a *teoria da relatividade* de Albert Einstein, pois suas hipóteses levam à predição de que a luz curva-se ao redor de massas. Caso seja observado que a luz propaga-se em linha reta nas proximidades de uma grande massa, sua predição estaria falseada. Já teorias como o *materialismo marxista*, a *psicanálise freudiana* e a *psicologia adleriana*, para usar os exemplos de Popper, não podem ser falseadas, pois qualquer observação será explicada por algum de seus defensores. No caso da primeira teoria citada, sua formulação inicial era testável, porém sua previsão não foi confirmada, de modo que a teoria refutada foi reinterpretada com “um artifício que a tornou de todo irrefutável” (POPPER, 1982, p. 67). As duas teorias psicológicas mencionadas são infalsificáveis, pois qualquer comportamento humano é explicado por elas.

Na sequência, três afirmações do tipo infalseáveis (FRENCH, 2009) são apresentadas: as *tautologias*, as *autoevidentes* e as *vagas e imprecisas*.

As *tautologias* compreendem as sentenças redundantes ou que possuam uma verdade interna que não se pode confrontar com enunciados de observação, por exemplo, “ou vai fazer sol amanhã ou não vai”. Qualquer que seja a condição climática ela estará correta, assim, ela considerada não falseável. O exemplo dado por Popper de teoria científica tautológica é a

Evolução de Darwin, pois a seleção natural é descrita em termos da sobrevivência dos mais adaptados e, de modo circular, os mais adaptados seriam aqueles que sobrevivem (WILKINS, 2006). Posteriormente, Popper retratou-se quanto a essa afirmação.

As afirmações *autoevidentes* são aquelas que utilizam elementos de uma definição como descrição. Por exemplo, o quadrado tem quatro arestas de igual tamanho. Ela não pode ser falseada, pois afirma algo evidente pela própria definição de quadrado.

Por fim, as afirmações *vagas e imprecisas*, que não são falseáveis, porquanto não deixam claro o que pode ser usado para confrontá-las. Popper exemplifica esse tipo de afirmação com as feitas pela astrologia, que fazem “predições tão vagas que dificilmente falham” (POPPER, 1982, p. 67). Por exemplo, “Lua e Marte, em trígono, lhe estimulam a dar vazão a seus instintos e à sua sexualidade, o que pode ser bem proveitoso se você tiver consciência das suas possibilidades e limites”<sup>5</sup>.

Quanto ao grau de falseabilidade, Popper afirma que “quanto mais uma teoria proíbe, melhor ela é” (POPPER, 1982, p. 66). Pode-se ilustrar isso da seguinte maneira: A afirmação “um copo com água quente e um copo com água fria no mesmo ambiente ficarão com a mesma temperatura após um tempo suficiente” é menos proibitiva que a primeira lei da termodinâmica a qual diz “todos os corpos com temperaturas diferentes tendem ao equilíbrio térmico”. Se em uma observação, duas barras de metal em temperaturas distintas não entrarem em equilíbrio térmico, falsifica-se a segunda, mas não a primeira. Contudo, se o mesmo ocorrer com a água, falsificam-se ambas as afirmações. Assim, preferem-se as afirmações gerais, uma vez que possuem maior possibilidade de falsificação.

Quanto ao terceiro critério, ao se defrontar a hipótese com situações observacionais e experimentais, essas devem resistir a todas elas. Uma vez contrariadas, as hipóteses são falsificadas e devem ser, invariavelmente, refutadas. Esse critério é um dos componentes do que ficou conhecido como *falseacionismo ingênuo*. Em uma versão mais sofisticada, uma teoria nunca é avaliada isoladamente, mas em conjunção com teorias concorrentes. Uma teoria é refutada somente quando há uma substituta disponível (LAKATOS, 1982).

Muitas críticas foram feitas ao falseamento como critério de justificação científica. Duas delas são aqui ressaltadas: uma de caráter epistemológico e outra, histórico. A primeira refere-se ao fato de o teste experimental, capaz de refutar a teoria, também ser falível (LADYMAN, 2002). A segunda alude ao fato de a exigência de abandono da teoria refutada não corresponder à prática científica nem à história da ciência (FEYERABEND, 2011). O

---

<sup>5</sup> <http://horoscopo.ego.globo.com/signos/aquario>

cientista, ao deparar-se com uma inconsistência de sua teoria com a observação, não vai abandoná-la imediatamente, mesmo confiando invariavelmente nos resultados da observação, pois, ainda pode-se tentar eliminar essas inconsistências com modificações de alguns aspectos da teoria. Popper estava ciente desses problemas e tentou resolvê-los da seguinte maneira.

O primeiro aspecto do problema foi resolvido por Popper, colocando um aspecto subjetivo na confiabilidade dos testes experimentais (CHALMERS, 1993). Os enunciados de observação, que Popper chama de *afirmações básicas*, são falíveis e, portanto, também podem ser testados. Os que sobrevivem aos testes são mantidos; os que não, são refutados. A decisão referente às afirmações básicas serem ou não confiáveis é tomada através de um acordo da comunidade científica. Desse modo, as bases da cientificidade são elas mesmas falíveis. Popper metaforiza esse aspecto da ciência dizendo que a “estrutura de suas teorias levanta-se, por assim dizer, num pântano”. Os cientistas param de enterrar os pilares quando estão “suficientemente assentados para sustentar a estrutura – pelo menos por algum tempo” (POPPER, 1975, p. 119).

O segundo aspecto diz respeito à refutação: qualquer análise histórica da ciência indica que ela não ocorre da maneira descrita. O cientista, ao ter sua hipótese falseada, não a abandona sem antes fazer algumas modificações que possam eliminar suas inconsistências. Essas mudanças podem acontecer de duas maneiras: uma aceita pelos falsificacionistas, a outra não (CHALMERS, 1993). Quando a modificação possibilita novas previsões e, conseqüentemente, novos testes observacionais, permanece a possibilidade de falsificá-las.

Um exemplo da Física seriam as contradições entre as previsões dadas pela mecânica newtoniana das posições dos planetas e aquelas que foram observadas. Ao invés de abandonar a teoria, postulou-se a existência de um planeta desconhecido. Essa modificação é aceita pelos falsificacionistas, pois se o planeta não for observado ela será falsa. O que ocorreu é que o planeta foi observado e chamou-se *Netuno*, e a modificação levou a uma amplificação do poder de previsão da teoria em questão. Entretanto, se a modificação não permitir novas previsões e não for passível de ser testada, ocorre uma modificação *ad hoc*, rejeitada por essa visão epistemológica, porque uma vez modificada uma teoria de modo que não possa ser testada, essa não poderá ser falsificada; a função *ad hoc* é proteger a teoria de testes que possivelmente a falsifiquem, afastando-a, assim, do âmbito da ciência.

As duas características mencionadas, uma de caráter lógico e a outra de caráter metodológico, a saber, a falsificabilidade e a negação de modificação *ad hoc*, trazem, respectivamente, duas problemáticas: Primeiro, a falsificabilidade como demarcação faz com que sejam admitidas como científicas mais teorias do que se desejaria; e, segundo, algumas

boas teorias resolvem problemas de forma relativamente arbitrária, mas continuam a ser praticadas por seus defensores.

### *1.1.2.3 Justificação pela via da experimentação*

Os aspectos subjetivos da observação, discutidos no contexto da descoberta indutivista, servem de argumento contra a objetividade de métodos empíricos da ciência. O projeto fundacionista, de estabelecer modos seguros e invariáveis para justificar uma teoria, falha não apenas por esse motivo, mas também por não conseguir identificar na história da ciência quais seriam eles. Há quem defenda que essa tentativa é utópica e que os padrões de validação mudam conforme o momento histórico da atividade científica. Uma dessas linhas cai no relativismo, outra em uma espécie de pragmatismo. A primeira posição será discutida na próxima seção. Agora, são expostas as principais ideias da visão pragmática e objetivista de justificação a partir do papel da experimentação, segundo Chalmers (1994).

Essa postura não nega as dificuldades geradas pelos aspectos subjetivos da percepção. No entanto, sua existência não impossibilita uma objetividade prática da observação. A ciência desenvolveu recursos capazes, não de eliminar, mas de minimizar os efeitos subjetivos da observação através de métodos especializados, controlados e variados de realizá-los. Ou seja, na medida em que são realizadas observações com o auxílio de instrumentos adequados, em situações em que se pode otimizar ou minimizar alguns efeitos de modo consciente e manipulável, e, ainda, com a possibilidade de comparar os resultados com a mudança do tipo de instrumento utilizado, permite-se argumentar que as características relativas a cada observador torna-se irrelevante.

Nesse sentido, há como construir uma aceitabilidade das observações, se elas passarem por uma sequência de testes experimentais. Vale ressaltar que esses testes também são falíveis, na medida em que dependem de outras teorias para sua elaboração e suporte. Mas isso não invalida a possibilidade de usá-los como recurso de justificação prática e objetiva na aceitação de enunciados de observação.

O desenvolvimento tecnológico da experimentação comporta que sejam feitas referências aos relatos de observação sem que sejam mencionadas as expectativas e preconceitos do observador. No entanto, para Chalmers (1994), isso está longe de ser um critério universal de estabelecimento de fontes seguras de conhecimento, pois o padrão de aceitabilidade dos enunciados experimentais é histórico e varia com o desenvolvimento teórico-experimental. Geralmente, eles sofrem drásticas reformulações com a inserção de instrumentos novos, como ocorreu na época de Galileu e seu telescópio.

#### 1.1.2.4 Justificação como fenômeno social

Há um debate cada vez mais corrente na filosofia da ciência sobre a influência de contextos sociais na produção de conhecimento científico. Dentre as diversas abordagens possíveis, distinguem-se duas linhas características de tratar a questão. A primeira, *objetivista*, admite que esses fatores sociais modulam muitas propriedades da ciência, mas não afetam a objetividade do conteúdo científico. A segunda, o *construtivismo social*, afirma que não somente aspectos periféricos da atividade científica estão sujeitos a essas interferências, mas também sua objetividade.

A visão objetivista admite diversos modos de influência do contexto social na produção da ciência sem, contudo, afetar padrões objetivos de justificação e racionalidade. Isto é, qualquer que seja a relação com esses fatores, ela mantém intacta sua dimensão cognitiva, mantendo independente o caráter do conhecimento produzido. Essa justificação, independentemente de fatores sociais, é defendida com diferentes argumentos, e, aqui, são mencionados dois. O primeiro, do racionalismo universal de Imre Lakatos (1989), e o segundo, da pragmática histórica de Chalmers (1994). No entanto, antes se vê como algumas características sociais são mais amplamente aceitas como constituintes da ciência, para depois expor a defesa de sua objetividade.

Há diversos aspectos da atividade científica que, correntemente, são atribuídos a questões políticas, econômicas, éticas e sociais. Grupos de pesquisa precisam de recursos financeiros para subsidiar os custos envolvidos na sua atividade. Geralmente, esses vêm de financiamentos públicos e/ou privados e estão condicionados a diversos tipos de questões políticas para consegui-los. Nesse sentido, a efetivação da pesquisa científica é dependente de questões externas a seu conteúdo. Além disso, o próprio objeto de estudo da ciência pode ser determinado por fatores extracientíficos e, principalmente, modulado por questões éticas.

Diversas pesquisas, especialmente as que envolvem animais e humanos, devem passar por comitês de ética para poderem ser desenvolvidas. Em muitos casos, há controvérsias sobre os critérios utilizados para essa seleção. A opinião pública, que carrega em si impressões do senso comum com fortes influências sociais e religiosas, também tem grande relevância no estabelecimento de critérios. Portanto, fatores externos à linguagem da ciência permitem selecionar pesquisas que poderão ser realizadas, afetando em algum grau o conteúdo científico. Entretanto, para um objetivista, isso não implica que, uma vez estabelecidas as condições de desenvolvimento de uma pesquisa por fatores diversos, essas irão se manifestar no conhecimento dela derivado. Independentemente de como a pesquisa foi tornada possível e

do que lhe foi permitido estudar sem violação ética, o que dela resulta só pode ser justificado objetivamente. Assim, os aspectos mencionados são considerados periféricos à análise epistemológica da ciência, pois não comprometem sua parte cognitiva relacionada às características de seu conteúdo.

A concepção objetivista admite que o fator social possa influir de algumas maneiras na constituição da linguagem da ciência. Seguindo a distinção aqui adotada entre contexto da descoberta e contexto da justificação, os fatores sociais – segundo os objetivistas – podem influenciar no primeiro, mas não no segundo. Trata-se de uma restrição da sociologia da ciência às origens do conhecimento e não à sua validação, nesse âmbito entendida como objetiva (DOLBY, 1972). Assim, o modo como uma teoria é proposta pode carregar todo tipo de aspectos sociais relacionados, porém, ao trazê-la a público, ela será testada, e só sobreviverão os aspectos objetivos da proposta teórica. Desse modo, quando se faz uma análise histórica das teorias científicas, pode-se afirmar, segundo essa visão, que apenas as teorias que foram refutadas carregam fatores sociais identificáveis. Para as teorias que passaram por diversos testes e foram bem sucedidas, essa identificação não é válida (CHALMERS, 1994). Nesse grande filtro todo e qualquer aspecto não racional torna-se irrelevante.

Lakatos (1989) defende que as teorias científicas seguem critérios racionais e universais de aceitação. Como será discutido a seguir, há diversos problemas no que diz respeito ao estabelecimento desses critérios. Chalmers (1994) propõe que, mesmo não sendo possível estabelecê-los, a objetividade da justificação científica permanece de modo prático, sempre de acordo com os padrões contingentes no momento histórico em que se encontra.

Já a segunda vertente, o construtivismo social, nega as restrições mencionadas do âmbito da descrição do conhecimento científico pela sociologia. Nega, também, que exista um padrão privilegiado de justificação da ciência (FRENCH, 2009), assim como a pressuposição de que apenas a má ciência é socialmente influenciada. Dentre os autores dessa vertente estão David Bloor e Barry Barnes.

Destacam-se dois aspectos que essa postura traz para o debate sociológico da ciência. Primeiro, ela afirma que todo e qualquer fato científico é socialmente construído. Ou seja, um fato constitui-se como tal na medida em que há um consenso de sua existência. Cada grupo ou cultura atribui características à realidade de acordo com características presentes em seu convívio social. É uma postura antirrealista, pois não admite qualquer correspondência desses fatos com uma realidade além daquela descrita.

Isso acarreta uma segunda consequência importante, a de que a ciência não tem um padrão de justificação universal. A aceitação de uma teoria é atribuída a crenças da comunidade que a aprova (DOLBY, 1972). As crenças, por sua vez, são atribuídas a sistemas de relação social. Dessa maneira, a justificação perde sua objetividade, e a racionalidade estimada pela ciência é descrita de modo relativista.

Um dos argumentos a favor da ênfase da crença na aceitação das teorias é a subdeterminação da teoria pela evidência: uma mesma evidência poderá dar apoio empírico para duas ou mais teorias rivais (MOSER et al., 2004). Para um construtivista social, como Bloor, não há como justificar a predileção a uma dada teoria, sem atribuir essa predileção a aspectos subjetivos de sistemas de crenças.

Uma crítica a essa postura é a de que nenhuma teoria sociológica pode descrever de modo contundente a relação entre crença e ação, ou, no caso específico, de ação com aceitação, como afirma Karin Knorr-Cetina (*apud* CHALMERS, 1994).

### **1.1.3 Progresso científico**

A ideia de que a ciência é um empreendimento humano que progride é bastante consensual na filosofia da ciência. Admite-se que ela se transforma, se complexifica e se sofisticada com o tempo. A reflexão sobre o progresso científico enfatiza o desenvolvimento de teorias individualmente, a metodologia de escolha de teorias concorrentes e os mecanismos de troca de uma teoria por outra. Nesta seção são apresentadas três concepções: *Desenvolvimento-acumulação*, *Desenvolvimento Racional* e *Revoluções Científicas*.

#### *1.1.3.1 Desenvolvimento-acumulação*

Essa concepção de progresso científico subjaz a uma linha da história da ciência que dá bastante ênfase a descobertas individuais e à rejeição do erro. Trata-se de uma descrição em torno de um acúmulo de evidências, fatos científicos, teorias e métodos que vão sendo reunidas através da pesquisa científica. Erros científicos são vistos como obstáculos nesse desenvolvimento linear da ciência e são avaliados retroativamente, de acordo com o estágio último da ciência.

Essa linha deriva de uma posição positivista mais ingênua na qual observações sucessivas produzem descobertas científicas por indução, sendo seu grau de verdade aumentado linearmente a cada verificação.

### 1.1.3.2 *Desenvolvimento racional*

Essa concepção epistemológica de progresso da ciência tenta estabelecer critérios racionais para explicar o desenvolvimento de uma teoria científica, bem como os critérios de escolha e substituição de uma teoria por outra.

Uma visão racional de progresso, cujas características básicas foram discutidas anteriormente, é a falsificacionista. Nessa visão, a ciência começa por um problema que nenhuma teoria anterior resolveu. Então, faz-se uma conjectura ou uma hipótese falseável, como tentativa de solução, e, através de testes experimentais, a hipótese será corroborada ou refutada, dependendo de sua correspondência com a experiência. Se a hipótese e a observação entrarem em conflito a teoria deve ser abandonada imediatamente. Caso a observação corrobore a hipótese, novos testes, cada vez mais rigorosos, devem ser realizados para que, eventualmente, um a falsifique. Nesse caso, um novo problema será proposto a partir das falhas da hipótese em relação à observação. Novas hipóteses serão propostas e testadas, mas nunca a referência a elas poderá ser tomada como verdadeira ou definitiva, pois a possibilidade de falsificação está sempre presente.

O que se pode acrescentar para o contexto em questão é que nem sempre a falsificação de uma teoria é tida como progresso e tampouco a corroboração é sinônima de estagnação. O avanço científico descrito pelo falsificacionismo assume duas formas alternativas (CHALMERS, 1993): a corroboração experimental de conjecturas audaciosas ou a falsificação de hipóteses supostamente evidentes. Tanto o termo *audacioso* como *evidente* estão relacionados com o conhecimento aceito em cada época. Algo audacioso vai contra as ideias aceitas e algo evidente vai ao encontro delas.

Ao levantar-se uma hipótese audaciosa como solução de um caso problemático de outras teorias, previsões que, de alguma maneira, parecem improváveis, possibilitam uma nova gama de testes experimentais. Se esses testes falsificam a hipótese, pouco se avançou, pois essa já era considerada pouco evidente. No entanto, se os testes confirmam as pouco prováveis previsões, muito se conhece sobre o problema.

Popper (1982, p. 245) afirma que, através do “critério da adequação potencial”, “a baixa probabilidade” é um objetivo da ciência. Da mesma maneira, quando uma afirmação banal sobre o mundo é falsificada, nada de informativo é conhecido. Porém, se os testes experimentais falsificam uma afirmação tida como muito provável, sugestões de hipóteses mais pretensiosas sobre o problema passarão a ser consideradas plausíveis na comunidade

científica. Avanços “ocorrem quando algumas de nossas expectativas [...] inesperadamente não se cumprem.” (POPPER, 1982, p. 246).

Não obstante, há características históricas e filosóficas que não estão contempladas na descrição inicial do falsificacionismo, especialmente a de Popper, as quais sugerem que as teorias científicas são estruturas mais complexas do que faz crer a visão fragmentada da sequência *elaboração, teste e refutação de hipóteses*. Primeiro, ao fazer uma avaliação histórica da ciência, percebe-se que o modo como as teorias são concebidas envolve um desenvolvimento sistemático e duradouro que se constitui em um todo estruturado. Para citar um exemplo, a teoria astronômica copernicana foi desenvolvida durante mais de um século. No período de desenvolvimento de uma teoria, tanto os conceitos teóricos quanto os enunciados de observação utilizados vão ganhando precisão e sentido à medida que a linguagem em que ela é formulada também o faz. Imre Lakatos, filósofo da ciência bastante influenciado por Popper, propõe que a estrutura organizada de uma teoria orienta a atividade dos cientistas que nela trabalham, constituindo assim a *metodologia do programa de pesquisa*.

Um programa de pesquisa é constituído por um *núcleo firme*, um *cinturão protetor* e uma *heurística*. O núcleo firme é o conjunto de teorias que, a princípio, são irrefutáveis “por decisão metodológica de seus defensores<sup>6</sup>” (LAKATOS, 1989, p. 67), e formam a base do programa por decisão dos cientistas. Caso haja discordância entre as previsões teóricas e os enunciados de observação, a falseabilidade atinge elementos constituintes do cinturão protetor, como hipóteses auxiliares, condições iniciais da observação ou o próprio enunciado dela derivado, de acordo com Lakatos (1989). Assim, as hipóteses que compõem o núcleo firme não estão sujeitas a testes que por ventura as refutariam. Dentro do programa de pesquisa, elas ficam inalteradas, apesar de aparentes falsificações.

Já as hipóteses auxiliares do cinturão protetor têm sempre a possibilidade de serem refutadas por um teste, também falível, mas aceitável. É importante ressaltar que hipóteses auxiliares e hipóteses *ad hoc* não exercem a mesma função dentro do programa de pesquisa. As hipóteses auxiliares são sempre falseáveis, enquanto as hipóteses *ad hoc* não o são. Lakatos afirma que modificações do cinturão protetor são aconselháveis somente quando elas podem ser testadas independentemente. Artificios *ad hoc* não são desejáveis.

O que caracteriza a proteção do núcleo firme e a sujeição do cinturão protetor é a heurística, conjunto de regras metodológicas que orientam os cientistas no desenvolvimento

---

<sup>6</sup> Tradução nossa. Texto original: “por decisión metodológica de sus defensores”.

do programa científico e na solução de problemas a ele relacionados. Ela é distinguida em dois tipos: heurística negativa – “caminhos da investigação que devem ser evitados”<sup>7</sup> e heurística positiva – “caminhos que devem ser seguidos”<sup>8</sup> (LAKATOS, 1989, p. 65) . A proteção do núcleo contra refutações é característica da heurística negativa. Ela proíbe a declaração de falsidade de um núcleo frente a qualquer anomalia e indica que ela atinja o cinturão protetor. Já a heurística positiva orienta, mediante sugestões parcialmente articuladas, como modificar o cinturão protetor para superar as anomalias.

Lakatos ainda classifica um programa de pesquisa como *progressivo* ou *regressivo*. Diz-se que é “teoricamente progressivo” quando sugere novas predições (fatos inesperados e ainda não observados) em relação aos rivais, ou retrodições (novas interpretações sobre um fato conhecido). Se essas predições forem corroboradas experimentalmente, o programa é “empiricamente progressivo”. Um programa é progressivo quando é teórico e empiricamente progressivo; e é regressivo quando não o for. Por exemplo, quando se ajusta uma teoria com o uso de hipóteses *ad hoc*, explicando apenas os fatos que perturbaram o programa, sem fazer novas previsões, o programa está regredindo.

A metodologia dos programas de pesquisa científica reconhece que uma condição do progresso científico é a coexistência de programas concorrentes, seguidos da escolha racional por parte dos cientistas pelo melhor programa. Uma teoria nunca é refutada por uma evidência experimental, a menos que uma teoria melhor esteja disponível para substituí-la.

Lakatos (1989) comenta que sua metodologia indica aos cientistas quais são os critérios dessa escolha, orientando sempre a preferência pelo programa mais progressivo, ou seja, as teorias que o constituem devem ter maior conteúdo empírico que as predecessoras, ao mesmo tempo em que incluam os êxitos dessas; e que ao menos uma parte das novas predições seja corroborada. No entanto, um programa claramente regressivo pode, eventualmente, passar a ser progressivo a partir de condições teórico-experimentais historicamente desenvolvidas. Assim, a rejeição de um programa regressivo pode ser uma péssima escolha; se os cientistas o fizessem, as principais teorias científicas não teriam sido desenvolvidas.

Desse modo, dois problemas bastante sérios são mencionados em relação ao programa de pesquisa de Lakatos. Primeiro, não há uma maneira definitiva através da qual um cientista pode se certificar de estar fazendo uma escolha racional, optando por um ou outro programa.

---

<sup>7</sup> Tradução nossa. Texto original: “las rutas de investigación que deben ser evitadas”.

<sup>8</sup> Tradução nossa. Texto original: “los caminos que deben seguirse”.

Mesmo que um programa esteja em inegável processo de degenerescência, a possibilidade de seu grande triunfo é sempre iminente. De fato, muitos programas, como, por exemplo, a astronomia copernicana, levaram anos para estabelecerem progressão, no caso específico quase um século.

O segundo problema refere-se à amostra em relação à qual Lakatos (1989) baseia sua metodologia, a saber, um período correspondente a quase dois séculos da Física. Mesmo admitindo que sua teoria descreva muito bem essa especificidade científica, não se pode garantir que o mesmo ocorra para toda a ciência em todas as épocas, como sugerido pelo próprio. Segundo seus críticos, a *metodologia do programa de pesquisa* não define critérios universais e atemporais de caracterização científica.

### 1.1.3.3 Revolução científica

Um relato de progresso científico que teve bastante destaque no debate filosófico da ciência nos últimos anos foi *A estrutura das revoluções científicas* de Tomas Kuhn (2003). Seu modelo diferencia-se do indutivista por não considerar a evolução do conhecimento como um acúmulo linear, mas como uma sequência de rupturas estruturais. Apesar de conter semelhanças em relação ao programa de pesquisa de Lakatos, esta não se propõe a estabelecer critérios universais de escolha entre teorias, mas assinala um caráter sociológico e psicológico de adesão.

O principal conceito introduzido por Kuhn é o de *paradigma*. Desde então, o termo tornou-se lugar comum nas descrições epistemológicas e, não raro, é empregado vaga e desmedidamente. Mesmo na primeira obra de Kuhn, o termo foi empregado em distintos sentidos, o que o levou a retratar-se no posfácio da segunda edição.

Na obra original, Kuhn relata a dificuldade de caracterizar *paradigma*, comparando essa noção à de *jogo* de Wittgenstein (*apud* KUHN, 2003). Sempre que se tenta caracterizá-la, algo indesejado emerge na definição, mas ressalta que isso não impede de usá-lo adequadamente.

*Paradigma* consiste em um conjunto de leis, suposições teóricas, técnicas de aplicação a variadas situações, instrumentação, princípios metafísicos e metodológicos. Esse conjunto de elementos é implícito à história da ciência; um cientista, individualmente, teria sérias dificuldades em caracterizá-lo por ter sido educado cientificamente nessas concepções gerais. O paradigma orienta a atividade de um grupo de cientistas.

Já na versão do posfácio de 1969, quase sete anos após a publicação original, Kuhn distingue dois sentidos de paradigma, *matriz disciplinar* e *exemplar*. O primeiro sentido é empregado da maneira mais global do termo e está relacionado com o conjunto de compromissos partilhados por uma comunidade científica específica, que formam elementos constituintes de uma disciplina científica particular. Esses elementos correspondem a componentes da teoria e das regras partilhadas. Kuhn cita, não de modo exaustivo, três deles: *generalizações simbólicas*, *modelos particulares* e *valores compartilhados*.

*Generalizações simbólicas* é a forma como são representadas as leis e definições de uma determinada teoria. Por exemplo,  $f = ma^9$ . Por *modelos particulares*, entende-se o conjunto de metáforas e analogias que são cabíveis na exposição de uma ideia. Por exemplo, em um sólido cristalino os átomos agrupam-se como se fossem esferas rígidas. *Valores compartilhados* são os critérios aos quais os cientistas aderem para julgar a eficiência de uma teoria; como exemplos tem-se os valores de predição e julgamento de uma teoria, e suas consequências sociais.

Um quarto elemento da matriz disciplinar é considerado por Kuhn o aspecto mais novo e importante de sua contribuição para o debate epistemológico. Tanto é que ele usa esse componente, chamado de *exemplar*, como um sentido diferente para o uso do termo *paradigma*, mais restrito que o usado para designar teorias e regras partilhadas.

Por *exemplar*, o autor entende o conjunto de soluções de diversos problemas resolvidos pelo paradigma. Podem ser soluções de problemas de laboratório, exercícios de manuais científicos ou periódicos científicos. É através desses exemplos de solução que o cientista iniciante atribui valor empírico às teorias aprendidas e é através deles que estabelece relações de similaridade que lhe permitirão conceber habilidades de aplicar as leis para resolver outros problemas. As teorias e regras da matriz disciplinar ganham sentido na mesma medida em que os exemplares lhe dão consciência de como aplicá-las, descrição essa em que Kuhn enfatiza a semelhança com a noção de *conhecimento tácito* de Michael Polanyi: “Conhecimento que se aprende fazendo ciência e não simplesmente adquirindo regras para fazê-la” (KUHN, 2003, p. 239).

Kuhn afirma que uma ciência madura com tradição atende às características de um único paradigma. Um campo de conhecimento que não chegou a um consenso de seus fundamentos é “algo menos que ciência” (2003, p. 33). Esse desacordo de concepções gerais sobre a natureza do mundo constitui-se como um período pré-paradigmático, exemplificado

---

<sup>9</sup> Essa equação é uma das representações mais frequentes da *Segunda Lei de Newton*. Quer dizer que a força aplicada sobre um objeto é igual ao produto de sua massa pela aceleração adquirida.

por ele pela história da óptica e da eletricidade. Esse período é caracterizado pela dificuldade de seleção de fatos relevantes, sendo geralmente aleatória ou focada nos dados disponíveis.

Há uma multiplicidade de escolas pré-paradigmáticas, cada uma com seus fundamentos ainda imprecisos. À medida que uma delas se destaque por enfatizar uma parcela mais específica das informações e por estabilizar os padrões de seleção de problemas e avaliação de soluções, pode, eventualmente, ser adotada por uma comunidade relevante, tornando-se o paradigma vigente.

Uma vez estabelecidas as condições históricas de formação de um paradigma, este passa a orientar a atividade científica da comunidade que aderiu a ele, durante um período chamado por Kuhn de *ciência normal*. Nele, estabelecem-se problemas relevantes, métodos convencionais de solução e um eficaz comprometimento dos cientistas em resolvê-los, formando uma tradição científica que Kuhn compara à montagem de um quebra-cabeça. Essa metáfora tem a intenção de enfatizar que a ciência normal, assim como o jogo de quebra-cabeça, seguem padrões específicos de solução de problemas e que os desafios, apesar de difíceis, são antecipados e os resultados são esperados. Se a solução não for alcançada, a culpa é, irremediavelmente, atribuída ao cientista ou jogador, não às regras de solução.

O comprometimento dos cientistas caracteriza-se por um alto grau de confiança no paradigma, pouco ou nenhum questionamento de seus fundamentos e um esforço sistemático para que as leis gerais e as suposições teóricas acomodem os fenômenos relacionados, o que produz o desenvolvimento de técnicas que aumentam progressiva e cumulativamente a variedade e precisão da aplicabilidade do paradigma. É uma atividade de acabamento, cuja intenção é “forçar a natureza a encaixar-se dentro dos limites preestabelecidos” (KUHN, 2003, p. 44).

Essa postura dos membros da pesquisa normal desencadeia aprimoramentos sem precedentes nos aspectos conceituais, experimentais e matemáticos. A ciência normal caracteriza-se também por eventuais reformulações estéticas, lógicas e semânticas do paradigma, cujos produtos são versões mais coerentes, comunicáveis e aplicáveis desse.

Da tentativa de explorar o máximo da potencialidade de um paradigma, começam a surgir problemas não previstos por ele, principalmente pelo fato de ter sido possível a construção de instrumentos cada vez mais precisos, sem os quais aqueles não seriam percebidos. Geralmente, novidades não são almejadas pela atividade de pesquisa normal. Mas, se surgem e são brevemente explicadas pelas regras correntes, elas são triunfantemente

agregadas aos fenômenos correspondentes ao paradigma<sup>10</sup>. Caso contrário, elas constituem *anomalias* para o paradigma. Esses são problemas surgidos no decorrer da pesquisa normal e que, aparentemente, não possuem uma solução na estrutura do paradigma.

Em um primeiro momento, os cientistas tendem a ignorar suas relevâncias, não lhes atribuindo valor científico. De modo que, as anomalias não constituem necessariamente falsificações para o paradigma. Esse é um ponto de desacordo entre a teoria epistemológica de Popper e Kuhn, pois o último afirma que a rejeição de uma teoria envolve mais fatores do que sua comparação com o mundo.

No entanto, as anomalias podem abalar mais drasticamente a confiança de um paradigma quando conciliadas a um conjunto especial de condições (CHALMERS, 1993). Quando isso ocorre, diz-se que o paradigma entra em crise. As condições principais de uma crise estão relacionadas com a quantidade, duração, natureza e relevância das anomalias. A crise evidencia-se quando há um grande número de anomalias e quando todas as tentativas de solucioná-las fracassam, fazendo com que estas persistam apesar do trabalho específico com a intenção de removê-las. Situação que se agrava quando a natureza da anomalia envolve os fundamentos do paradigma ou tiver caráter prático e socialmente urgente – como foi o caso da elaboração de calendários na astronomia ptolomaica.

Nesse período, a prática científica torna-se confusa e os cientistas passam por sérias inseguras profissionais (KUHN, 2003). Evidencia-se perda de confiança nas regras e um afrouxamento do rigor metodológico. As tentativas de remoção das anomalias produzem correções cada vez mais complicadas<sup>11</sup> de caráter *ad hoc*, e seus argumentos tornam-se vagos e com fortes tendências metafísicas e filosóficas.

Uma vez reconhecidas as anomalias e havendo um aumento da consciência de que as regras do paradigma não dão conta de resolvê-las, novas sugestões teóricas começam a emergir em um período denominado *ciência extraordinária*. Sua característica mais geral é o obscurecimento do paradigma vigente através do relaxamento de suas regras. Os cientistas identificam características mais precisas das anomalias, isolando-as e aplicando-lhes as regras da pesquisa normal. Isso lhes dá uma noção mais clara dos limites das regras, o que acarreta numa profusão de novas teorias parcialmente desprendidas do paradigma em crise. Paralelamente, inicia-se uma reflexão filosófica sobre seus fundamentos, prática de pouco

---

<sup>10</sup> Um famoso caso foi a já mencionada descoberta do planeta Netuno, antes mesmo de sua observação.

<sup>11</sup> Por exemplo, os sistemas de círculos para acurar as medições na astronomia ptolomaica.

interesse na pesquisa normal. Dentre as novas teorias, uma delas pode prefigurar a estrutura de um novo paradigma.

Kuhn (2003) insiste que um paradigma, por maior que seja o grau de dificuldade que ele represente, só será abandonado no momento em que puder ser substituído. O momento de crise pode ser irreversível quando um paradigma rival surge. Se esse paradigma rival mostrar evidências de que as anomalias do paradigma anterior serão resolvidas de forma tautológica em seu interior, provocará uma adesão crescente de indivíduos. Quando esse número torna-se significativo dentro de uma comunidade científica relevante, ocorre uma *revolução científica*. Haverá sempre resistência da parte de uma parcela da comunidade, mas na medida em que um número crescente de indivíduos converte-se ao novo paradigma, restabelece-se um novo período de ciência normal, em que novos problemas e padrões de soluções serão desenvolvidos até que as anomalias persistentes e sérias desencadeiem uma nova crise. Vale ressaltar que a descrição de revolução científica sofreu mudanças em outras obras de Kuhn. Em trabalhos posteriores, ele admite uma frequência muito maior de sua ocorrência através de microrrevoluções (HARRIS, 2000).

Distintos paradigmas terão visões de mundo completamente diferentes, pois suas crenças mais gerais, assim como todo modo de articular a correspondência da linguagem com o mundo, têm fundamentos diferentes. O fato de os padrões de formulação de problemas e de avaliação de suas soluções serem constituídos por premissas diferentes impede o estabelecimento de um critério lógico de sustentação da superioridade de um paradigma em relação a outro. Isso gera problemas sempre que é tentada a comparação direta entre eles, é o que Kuhn (2003) entende por *incomensurabilidade*. O abandono de um paradigma, seguido da crescente adesão a outro, evento característico da revolução científica, é, segundo Kuhn, dependente de aspectos sociológicos da comunidade e aspectos psicológicos de cada cientista individualmente, não sendo analisável pela filosofia da ciência.

Mesmo não admitindo um critério universal de escolha entre paradigmas, Kuhn (2003) ressalta algumas das qualidades que poderiam fazer essa escolha pender para um lado ou para outro. Entre elas estão questões estéticas que envolvem a simplicidade de uma teoria, questões práticas como a quantidade e acuidade de previsões das teorias e questões metodológicas, como a capacidade de resolver problemas no interior dos paradigmas considerados. De qualquer forma, essas propriedades levam tempo para se desenvolverem e só se tornarão argumentos persuasivos de uma comunidade como um todo se antes tiverem sido

desenvolvidas por uma minoria que em última instância apostou na potencialidade do paradigma por ato de fé.

Se não se pode falar da superioridade dos paradigmas sucessivos, o que significa o progresso para Kuhn? Para descrevê-lo, o autor faz uma analogia com a evolução darwinista. No entanto, sua metáfora tem uma diferença crucial em relação à de Popper e de Lakatos, antes mencionada. Enquanto para o último a evolução tem um caráter teleológico, para aquele ela não tem nenhum objetivo final, tal como descrito por Darwin em *A origem das espécies*. Ou seja, o progresso científico não vai em direção a algo, como a verdade ou a correspondência com a natureza. O que ocorre é a sucessão de paradigmas mais sofisticados e detalhados, mas que não necessariamente se movem na direção de níveis de verdade crescentes. O máximo que Kuhn afirma sobre a evolução dos paradigmas após as revoluções é que, de modo geral, os sucessores apontam a solução de um problema extraordinário conjuntamente com a manutenção de uma boa parte dos problemas resolvidos pelo paradigma anterior.

Assim, a ciência normal e a revolução científica desempenham papéis complementares no progresso científico. A ciência normal, por se desenvolver no interior de um período acrítico e de confiança dos cientistas, permite o aprofundamento teórico e experimental e o desenvolvimento de um alto grau de correspondência empírica. Os membros dessa comunidade de cientistas terão resolvido problemas que mal poderiam ter imaginado e cuja solução nunca teriam empreendido sem o comprometimento com o paradigma. Mesmo assim, admite-se que todo paradigma se mostrará inadequado em algum nível de aplicação. Dessa forma, a revolução científica desempenha o papel de articular novos e melhores modos de compreensão.

Grande parte da crítica dirigida à teoria de Kuhn envolve o caráter sociológico e psicológico atribuídos aos critérios de aceitação. Nesse contexto, e mesmo ele não admitindo, sua teoria tem fortes características relativistas, a ponto de Kuhn ser historicamente considerado um grande propulsor desse movimento. Pois, para ele, “um elemento aparentemente arbitrário, composto de acidentes pessoais e históricos, é sempre um integrante formado das crenças esposadas por uma comunidade científica específica numa determinada época” (KUHN, 2003, p. 23).

## 1.2 QUESTÃO DE REPRESENTATIVIDADE

A questão de representatividade constitui-se na reflexão sobre a relação entre o conhecimento científico e a realidade. Ou seja, ao *o quê* a ciência refere-se? Aqui, distinguem-se duas compreensões sobre o que o conhecimento científico representa: a realista e a antirrealista. A posição realista afirma que a ciência alude a uma realidade ontológica, independente do saber humano. Já os antirrealistas relativizam a aceção de que haja uma correspondência direta entre as entidades do conhecimento científico e a realidade.

### 1.2.1 Realismo científico

Segundo James Ladyman (2002), o realismo científico assume três comprometimentos filosóficos em sua constituição: metafísico, semântico e epistêmico. O comprometimento *metafísico* do realismo pressupõe a existência de um mundo externo, independentemente do conhecimento e da mente dos humanos. O comprometimento *semântico* orienta que as teorias científicas devam ser interpretadas literalmente através do conceito de verdade por correspondência. O *epistêmico* assume que as melhores teorias correntes são aproximadamente verdadeiras e faz referência, com sucesso, à existência de entidades teóricas.

Esses pressupostos implicam algumas características do *realismo*. Primeiro, as entidades postuladas pelas teorias científicas, tanto as observáveis quanto as inobserváveis, existem. Por exemplo, elétrons, campos e genes existem independentemente da mente e do conhecimento humano. Segundo, as condições de verdade dos enunciados referentes ao mundo dependem de como ele é de fato. E, terceiro, algumas dessas verdades são conhecidas e atribuídas ao sucesso de suas descrições.

Um dos principais contra-argumentos em relação ao realismo científico é a *subdeterminação da teoria pela evidência*. De modo geral, esse argumento permite afirmar que uma evidência pode dar apoio empírico a mais de uma teoria e que por esse motivo deve-se suspender o juízo na escolha entre elas. Essa versão mais fraca é facilmente resolvida quando, por exemplo, distingue-se partes das teorias cujas consequências lógicas implicam previsões distintas, podendo uma delas ser escolhida a partir de corroborações futuras. No entanto, em um contexto mais forte da subdeterminação, pressupõe-se que há teorias com as mesmas consequências empíricas tanto em relação ao que se observou, quanto ao que diz respeito às suas predições. Nesse caso, as teorias são ditas empiricamente equivalentes.

Argumentos mais radicais afirmam que há sempre infinitas teorias empiricamente equivalentes e incompatíveis entre si, o que implica em dizer que evidência alguma pode dar suporte favorável a uma teoria em detrimento de sua rival equivalente, sendo radicalmente indeterminado o modo de escolha entre elas.

Outra questão bastante recorrente no debate sobre o realismo científico é a inferência da melhor explicação. Quando há mais de uma teoria, e sendo elas empiricamente equivalentes, deve-se inferir a melhor explicação. Para isso, deve-se primeiro explicitar o que se entende por explicação, e depois decidir qual é melhor. Segundo Hempel (LADYMAN, 2002), uma explicação é a dedução lógica de leis gerais mais as condições iniciais de um fato assinalado. Assim concebida, a explicação deve ter as seguintes condições lógicas: (i) as premissas da explicação devem resultar dedutivamente no que se quer explicar, (ii) as premissas devem usar necessariamente leis gerais e (iii) elas devem ser testáveis.

Esse conceito de explicação, contudo, tem sofrido diversas críticas que questionam a suficiência e necessidade das exigências. Por exemplo, há explicações que cumprem essas exigências, mas não são científicas. E de modo inverso, há explicações que são científicas, mas não as cumprem.<sup>12</sup>

Para a inferência da melhor explicação, segundo o realismo, deve-se dar preferência a hipóteses que sejam simples e coerentes com pontos de vistas metafísicos correntes e com teorias científicas aceitas, além de fazerem previsões testáveis e confirmadas.

Um dos argumentos a favor do realismo científico – que usa uma espécie de inferência da melhor explicação – é conhecido como *Argumento do Não-milagre* de Hilary Putman<sup>13</sup> (*apud* FRENCH, 2009), que diz que é a única visão filosófica que não torna o sucesso da ciência um milagre. Por sucesso, entende-se a capacidade de prever fenômenos e desenvolver tecnologia. Assim, os realistas afirmam que o realismo é a única – ou ao menos a melhor – explicação do sucesso da ciência, sendo, assim, verdadeiro. No entanto, esse argumento é questionado de diversas maneiras, entre elas, a constatação de que ele possui uma circularidade inerente, pois usa a inferência da melhor explicação para justificar uma postura que a usa.

---

<sup>12</sup> Há diversas outras concepções de explicação, cujo debate não se faz necessário para esta pesquisa. Mas para citar uma: Van Fraassen (2007) afirma que uma explicação caracteriza-se pragmaticamente, ou seja, depende do contexto de interesse da pessoa que assinala a questão.

<sup>13</sup> *Mathematics, Matter and Method*, Cambridge University Press, 1979.

### 1.2.2 Antirrealismo

O realismo científico, tal como exposto anteriormente, constitui-se de três comprometimentos filosóficos. Segundo Ladyman (2002), para ser um antirrealista, basta negar um – ou mais – desses pressupostos. Há diversas formas de antirrealismo, cada qual podendo ser distinguida por sua relação com cada compromisso. O *construtivismo social*, por exemplo, nega o pressuposto metafísico do realismo, ou seja, admite que a realidade seja socialmente construída e não acessível independentemente do conhecimento humano. Esse tipo de antirrealismo teve bastante influência das ideias de Kuhn, mesmo esse tendo explicitado em seu posfácio (KUHN, 2003) que um entendimento relativista de sua teoria é um equívoco. Também há autores da sociologia da ciência com essa postura.

Outra forma de antirrealismo bastante debatida atualmente é o *empirismo construtivista* de van Fraassen. Este nega apenas o compromisso epistêmico do realismo. Argumenta que a aceitação das melhores teorias não implica na existência das entidades postuladas por elas. De modo bastante resumido, o que o autor afirma é que a aceitação de uma teoria científica é a anuência de que ela é *adequada empiricamente* (FRAASSEN, 2007). A base de sua concepção está na distinção entre *observável* e *inobservável*. Como observável, refere-se a todo fenômeno que pode ser visto sem nenhum auxílio técnico. Por exemplo, as luas de Júpiter não foram observadas a olho nu, mas se alguém chegasse a uma distância relativamente pequena, o poderia fazer. Entretanto, um elétron, por exemplo, jamais poderá ser observado diretamente.

O autor (2007) define ainda dois aspectos distintos da estrutura de uma teoria: *subestruturas* e *aparências*. As *subestruturas* é a parte do modelo de uma teoria que faz referência – ou que acredita referir-se – a fenômenos observáveis. Já as *aparências* é o componente que faz menção às medições. Quando as aparências são isomorfas às subestruturas, diz-se que a teoria é empiricamente adequada, e o que é mensurável tem uma correspondência com o que é observável. Nessa perspectiva, a verdade coincide com a adequação empírica. A teoria diz *como o mundo é* apenas em seus aspectos observáveis e *como o mundo pode ser* em seus aspectos inobserváveis.

Muitos ataques vêm sendo direcionados ao *empirismo construtivista* de Fraassen (LADYMAN, 2002). Entre eles, pode-se destacar a distinção vaga entre *observável* e *inobservável*, e o fato de ele rejeitar a inferência da melhor explicação como recurso para quebrar a subdeterminação da teoria pela evidência, tal como concebida pelos realistas; mas

requer essa inferência para a determinação da teoria empiricamente mais adequada, o que é entendido por alguns como uma espécie de cepticismo seletivo.

## 2 MÉTODO

Esta pesquisa foi realizada em dois estágios distintos. O primeiro deles constitui-se em uma análise de reportagens sobre ciência de três revistas nacionais de generalidades, com o intuito de compreender o fenômeno epistemológico subjacente a esse *gênero de discurso*<sup>14</sup>. E o segundo, compõe-se por uma reflexão das implicações das concepções epistemológicas emergidas na primeira etapa da pesquisa, no âmbito da educação científica. A seguir, descreve-se, mais detalhadamente, o método utilizado em cada um dos estágios.

O primeiro estágio pode ser dividido em pré-análise e análise textual discursiva (MORAES; GALIAZZI, 2011). A pré-análise é a fase de constituição do *corpus* da pesquisa. Nela, foram realizadas a definição, busca e seleção do material de análise. Os critérios de seleção do *corpus* da pesquisa foram o gênero de discurso, a relevância no quadro nacional, o conteúdo editorial, o período de publicação e os aspectos epistemológicos. A seguir, descrevem-se cada um desses critérios.

**Gênero de discurso** - O *corpus* da pesquisa deve pertencer a um gênero de discurso que tenha abrangência e relevância na constituição do fenômeno epistemológico da educação científica ao mesmo tempo em que tenha sido, relativamente, pouco explorado por esse tipo de investigação. Também, com o intuito de viabilizar a pesquisa do ponto de vista metodológico, o *corpus* deve ser constituído por um discurso com as seguintes particularidades. O material de análise deve abordar temas específicos da ciência na forma textual, de modo estruturado e direcionado.

---

<sup>14</sup> Para Bakhtin a linguagem ocorre em um contexto de interação social com a finalidade da comunicação. Sua concepção de *discurso* está intimamente relacionada com a de *enunciado*, entendida como unidade de significação da comunicação verbal. No entanto, a significação do enunciado não é constituída pela organização sintática das palavras na oração. Ela depende do contexto comunicativo em que ocorre. Assim, o enunciado constitui-se no ato de *enunciação* - acontecimento espaço-temporal em que é produzido o enunciado. A necessária contextualização histórica do enunciado o torna concreto, único e sempre situado em uma cadeia de outros enunciados – anteriores e posteriores. Bakhtin também ressalta a função dialógica do enunciado, rompendo com a concepção de locutor ativo e receptor passivo. O sentido de um enunciado pressupõe a existência de ouvintes ativos e reponsivos.

Quando os tipos de enunciados ganham relativa estabilidade na interação social, produz-se um todo discursivo chamado de *gênero de discurso*. A natureza dos enunciados nas diversas atividades humanas é o que assinala o gênero de discurso. Embora cada gênero – marcado pela estabilidade temática, composicional e estilística dos enunciados – contenha características específicas, isso não implica uma limitação expressiva, pois há sempre uma tensão na linguagem que tende a ameaçar a estabilidade dos gêneros.

Bakhtin ainda distingue dois tipos de gêneros de discurso, o primário e o secundário. Os *gêneros de discurso primários* (simples) constituem-se em “circunstâncias de uma comunicação verbal espontânea” (BAKHTIN, 2000, p. 281). Referenciam situações comunicativas imediatas, cotidianas e informais. São exemplos de gêneros primários a *carta*, o *bilhete*, o *diálogo cotidiano*. Os *gêneros de discurso secundários* (complexos) são produzidos em contextos comunicativos culturais, mais complexos e evoluídos. Tais gêneros formam-se, por exemplo, em atividades artísticas, científicas e sociopolíticas e apresentam-se principalmente na forma escrita. Alguns deles são o *romance*, o *teatro* e os discursos científico e ideológico. Nesta pesquisa, analisam-se gêneros de discurso secundários.

A *abrangência* orientou a ênfase em fenômenos de comunicação de massa, nesse caso especificamente, a mídia impressa. Segundo o relatório de pesquisa quantitativa “Hábitos de Informação e Formação de Opinião da População Brasileira II” (META PESQUISAS DE OPINIÃO, 2010), 42,7% dos brasileiros costumam ler jornais impressos e 33,8% revistas. A *relevância* indicou a escolha de um produto cultural significativo na formação de ideias, opiniões, saberes e do imaginário popular. Em meio aos suportes da mídia impressa (jornais, revistas, tablóides, folhetos, panfletos, folders etc.) optou-se, então, por revistas<sup>15</sup>.

Apesar de jornais terem um número maior de leitores, as revistas (de generalidades, no caso) foram escolhidas por satisfazerem melhor os demais critérios. Especialmente, por apresentarem, de modo geral (e essa é uma afirmação altamente especulativa), reportagens com certa especialização em ciência mais frequentemente do que os jornais o fazem.

Segundo a mesma pesquisa, os 33,8% de leitores de revista são brasileiros acima dos 16 anos que fazem leituras desse suporte com uma assiduidade mínima de uma vez por semana. As particularidades mencionadas foram supridas pelo gênero *reportagem*<sup>16</sup>, por apresentar-se na forma de um discurso estruturado e comprometido com a difusão de um determinado tema.

**Relevância no quadro nacional** - O critério de relevância foi definido apenas em função do número de leitores. Segundo a pesquisa já citada, dentre o percentual de leitores de revistas, 53,5% leem *Veja*; 17,6% leem *Caras*; 17,5% leem *IstoÉ!*; 16,3% leem *Época* e 14,1% leem *Contigo*. As demais revistas apresentaram percentuais de leitores menores que 5% e foram desconsideradas por não satisfazerem o critério de relevância.

**Conteúdo editorial** - Quanto à seleção das revistas, usou-se como critério a presença em seus conteúdos editoriais de assuntos referentes à ciência, sem, contudo, discorrerem exclusivamente sobre ela. Ou seja, o conteúdo editorial deve ser composto por temas variados e não especializado em ciência. Esse critério justifica-se pela intenção metodológica de pesquisar as concepções de *ciência* em veículos com leitores de diferentes perfis e que não fossem exclusivamente interessados em ciência ao procurar a revista. Esse tipo de publicação – chamado de revista de generalidades – é composto por periódicos que publicam assuntos de áreas que envolvem política, economia, entretenimento, arte, lazer, esportes, ciência, entre

<sup>15</sup> Revistas são aqui entendidas como suportes de difusão de informação na forma de publicação periódica – impressa ou *online*.

<sup>16</sup> Segundo Costa (2012, p. 204), *reportagem* é um “texto jornalístico (escrito, filmado, televisionado) que é veiculado por órgãos da imprensa, resultado de uma atividade jornalística (pesquisa, cobertura de eventos, seleção de dados, interpretação e tratamento), que basicamente consiste em adquirir informações sobre determinado assunto ou acontecimento para transformá-las em noticiário.” A reportagem impressa geralmente é composta de três partes: manchete (título com função de informar o conteúdo e chamar atenção do público), *lead* (breve resumo do conteúdo que é abordado no texto) e corpo (desenvolvimento do texto com linguagem direcionada a um público-alvo) (VILARINHO, 2009).

outros. Nenhuma das cinco revistas mais lidas é especializada em ciência, apenas três delas apresentam, eventualmente, conteúdos editoriais a ela relacionados. As revistas *Caras* e *Contigo* são desconsideradas por não satisfazerem tal critério. Desse modo, as revistas escolhidas como *corpus* foram: *Veja*, *IstoÉ!* e *Época*. Todas são revistas semanais de generalidades.

Quanto à seleção das reportagens, usou-se o seguinte critério: ter como assunto científico a Física ou alguma de suas especificações, como Astronomia ou Cosmologia. A Física foi escolhida por ser uma ciência cujo debate epistemológico desenvolveu-se mais intensamente que as demais ciências. Por exemplo, Thomas Kuhn, Paul Feyerabend, Imre Lakatos, para citar apenas alguns, utilizaram exemplos históricos, predominantemente, da física em suas análises. A física também foi escolhida por ser a área de formação do autor desta pesquisa.

**Período de publicação e aspectos epistemológicos** - Devido à intenção metodológica de pormenorizar a análise das reportagens e de produzir compreensões mais latentes e afastadas do manifesto, do imediato, contudo, sem pretensões de esgotamento e generalização, optou-se por não ultrapassar o número de seis edições no total, sendo duas de cada revista. O período das publicações foi definido em ordem cronológica inversa. Começa-se com a última edição publicada de cada revista – na data em que se realizou a pré-análise (JULHO/2013) – e acrescenta-se, progressivamente, sua precedente até acumular o dobro da quantidade de edições almejada. Essa estratégia justifica-se pelo fato de que algumas reportagens, mesmo satisfazendo todos os critérios, foram julgadas inadequadas para a finalidade da pesquisa, por focarem em acontecimentos da atividade científica com pouca referência aos aspectos epistemológicos da mesma. Assim, após acumular um número de reportagens superior ao número estabelecido para constituição do *corpus*, foram selecionadas – com base no quadro teórico – aquelas com maior presença de conteúdos de cunho epistemológico nas publicações.

**Passos da pré-análise** - O acervo utilizado foi o da biblioteca central da UCS, onde todas as edições de cada revista – de um período bem maior que o necessário para realização da pesquisa – encontram-se disponíveis no formato de volumes, contendo oito ou nove edições cada, quantidade correspondente a dois meses de publicação. As reportagens foram buscadas pelos índices e fotocopiadas para composição física do *corpus*. Feita a coleta e a seleção das reportagens, deu-se início à análise textual discursiva da amostra.

A análise textual discursiva das reportagens é composta de três etapas: *unitarização*, *categorização* e *comunicação* (MORAES; GALIAZZI, 2011). A primeira etapa, *unitarização*,

consistiu na desmontagem do texto em enunciados cujo sentido - atribuído pelo pesquisador - referenciasse o fenômeno pesquisado. Nesta pesquisa, as unidades a serem analisadas têm extensões que vão de fragmentos de enunciados<sup>17</sup> a, no máximo, um parágrafo<sup>18</sup>. Também ocorre de um mesmo enunciado constituir mais de uma unidade de sentido<sup>19</sup>.

**Procedimento** - As unidades que puderam ser relacionadas a algum aspecto epistemológico relevante, do ponto de vista do objetivo da pesquisa, foram transcritas, codificadas e descritas. A *transcrição* deu-se por meio de digitação da unidade em um editor de texto. A *codificação* ocorreu pela representação, simples e simbolicamente, da unidade para facilitar sua localização e articulação. Essa representação é composta de letras e números que indicam a revista, a reportagem e a ordem da unidade no texto. As revistas foram codificadas como RE (Revista *Época*), RIE (Revista *IstoÉ!*) e RV (Revista *Veja*). Cada reportagem foi numerada por ordem cronológica de publicação, começando em T1 para a edição mais antiga de cada revista e avançando conforme a quantidade de reportagens escolhidas. Por exemplo, RVT1 é, entre as escolhidas, a reportagem mais antiga da Revista *Veja*. Ao todo foram duas reportagens da revista *Veja* (RVT1 e RVT2), duas da Revista *IstoÉ!* (RIET1 e RIET2) e cinco da Revista *Época* (RET1, RET2, RET3, RET4 e RET5). Apesar de haver sido escolhido para análise o mesmo número de edições de cada revista – no caso duas – a revista *Época* teve um número maior de reportagens analisadas. Isso se deveu ao fato de uma de suas edições conter uma matéria especial de ciência, composta de quatro reportagens e uma entrevista.

Nesta pesquisa, optou-se por analisar as quatro reportagens como um todo, ao invés de recortá-las, apenas eliminando a entrevista por não constituir o gênero de discurso da análise. Por fim, cada unidade em cada reportagem foi codificada em ordem de aparecimento no texto como U1 para primeira unidade, U2 para a segunda e, assim, sucessivamente. De modo que, RVT1U2 representa a segunda unidade da primeira reportagem da revista *Veja*, por exemplo. E ainda, após a transcrição e codificação, foi feita, para cada unidade, uma descrição do sentido epistemológico construído na análise. Realizou-se tal procedimento para facilitar a

---

<sup>17</sup> O menor fragmento de enunciado identificado como uma unidade de sentido nesta pesquisa é composto de no mínimo uma locução verbal. Unidades léxicas (MORAES; GALIAZZI, 2011) contendo apenas uma palavra não foram construídas ao longo da pesquisa.

<sup>18</sup> Raramente as unidades chegaram a ter a extensão de um parágrafo. Geralmente, não passaram de um enunciado completo.

<sup>19</sup> Vale explicitar que um pressuposto epistemológico do método desta pesquisa é que o *corpus* é tido como um significante objetivo, mas seu significado é sempre construído mediante a relação com uma teoria geralmente preestabelecida e/ou pressupostos implícita ou explicitamente mencionados (MORAES; GALIAZZI, 2011), no caso da pesquisa, uma seleção de teorias epistemológicas do séc. XX, conforme citadas no capítulo anterior.

comparação e o agrupamento de sentidos epistemológicos – etapa que se passa a descrever na sequência.

A segunda fase é a da *categorização*, em que se estabelecem por confronto relações entre as unidades construídas na primeira etapa. As unidades foram categorizadas por semelhança de significação. Utilizou-se como princípio dois métodos de construção de categorias: *método misto* e o *método intuitivo* (MORAES; GALIAZZI, 2011).

No *método misto*, estabelecem-se categorias *a priori* produzidas a partir do quadro teórico utilizado as quais são gradualmente transformadas, reorganizadas, detalhadas e aperfeiçoadas conforme a evolução da análise. As categorias definidas *a priori* foram: *Contexto de descoberta*, *Contexto de justificação* e *Progresso Científico*, referentes ao domínio das *Questões do Método Científico*. Apesar de se ter usado o termo “categoria *a priori*” para referir-se às subdivisões desse domínio, essa estruturação prévia serviu mais como um orientador metodológico do que uma “caixa” onde os sentidos devessem ser depositados. Para destacar essa intenção, poder-se-ia ter optado pelo termo “norteadores teóricos” ao invés de “categoria *a priori*”. No entanto, optou-se por manter a terminologia original dos autores (MORAES; GALIAZZI, 2011) cuja proposta de método é utilizada.

Já no *método intuitivo*, as categorias emergem no decorrer da pesquisa, ou seja, são criadas *a posteriori* de acordo com as percepções que o pesquisador julgou relevantes e potencialmente construtoras de uma nova compreensão do fenômeno como um todo, nesse caso, as concepções epistemológicas dos textos analisados. Tais categorias são chamadas de emergentes.

Dois domínios foram estabelecidos dessa maneira: *Questões de Representatividade e Questões Sociológicas da Ciência*. O primeiro domínio foi dividido em cinco categorias: *Aparência e Essência*, *Revelação e Orientação Pitagoreana*, *Existência das Entidades Teóricas*, *Verdade por Correspondência* e *Inferência da Melhor Explicação*. O segundo foi dividido em seis categorias: *Meta da Ciência*, *Ciência na Mídia*, *Influência Social na Ciência*, *A Imagem Cientista*, *Disputa Religião-Ciência* e *Superioridade da Ciência*.

Essas duas etapas são complementares e deslocam-se em sentidos opostos já que na unitarização fragmenta-se o texto e na categorização constrói-se uma nova síntese e compreensão que não se sobrepõem novamente ao texto original (MORAES; GALIAZZI, 2011).

Finalmente, a terceira etapa da análise textual – a comunicação – consiste na produção de um metatexto que descreva e – nesse caso, mais intensamente – interprete os significados da análise do *corpus*. Foram produzidos textos parciais referentes a cada categoria,

estabelecendo inter-relações, mas sempre com a perspectiva de um argumento central que se refira ao fenômeno epistemológico como um todo. Esse metatexto pode ser considerado como uma teorização emergente do fenômeno, cuja pretensão não é diagnosticar qualquer descoberta em relação ao texto original, nem sequer ampliar qualquer teoria formalmente estabelecida, mas criar uma nova perspectiva do fenômeno com expressa autoria do pesquisador.

A validação da análise é concebida como uma confluência entre o fenômeno pesquisado, os objetivos da pesquisa, o *corpus* utilizado e as teorias auxiliares. Assim, na *unitarização* e *categorização*, os sentidos construídos e agrupados emergiram da busca de uma compreensão do fenômeno epistemológico a partir da relação entre teorias epistemológicas existentes e o *corpus* da pesquisa. Na *comunicação*, essa intenção manifestou-se em um metatexto contendo diversas citações das reportagens em correspondência com citações da literatura epistemológica adotada, sempre visando à compreensão do fenômeno como um todo.

O segundo estágio da pesquisa consiste em uma avaliação das implicações do fenômeno epistemológico emergido da análise das reportagens selecionadas no âmbito da educação científica. Procedeu-se de dois modos distintos: uma avaliação por contraste e outra avaliação interna. Na *avaliação por contraste*, fez-se uma reflexão das consequências das concepções epistemológicas, comparando-as com as concepções epistemológicas de outros *corpus* oriundos de outras pesquisas. No caso, contrasta-se os aspectos epistemológicos das revistas com outros três “atores” da educação científica: o currículo de ciências, os professores e os livros didáticos.

Na *avaliação interna*, faz-se uma reflexão das possíveis implicações das concepções surgidas da análise das revistas na educação científica. Essa avaliação foi feita em relação aos aspectos mais relevantes de cada uma das categorias de análise, sempre em uma perspectiva dialógica entre o ensino de ciências, de modo particular, e a educação científica, de modo abrangente.

A pesquisa como um todo é admitida como um *continuum* que começa na análise textual dos aspectos epistemológicos e termina em suas implicações educacionais na escola e sociedade. Pôde-se, de tal modo, proceder no primeiro caso, devido às revistas selecionadas serem comumente usadas como material didático nas salas de aulas e, também, como fonte de novidades científicas na formação de muitos professores. No segundo caso, porque essas revistas têm uma grande veiculação no País e são representativas de como a ciência é tratada pela mídia.

Os títulos das reportagens selecionadas, a codificação adotada para cada uma e a ordem dos anexos estão no quadro a seguir.

| <b>ANEXO</b> | <b>CODIFICAÇÃO/TÍTULO</b>  |
|--------------|--|
| ANEXO A      | RET1 – Revista Época – Texto 1 (A nova era da incerteza)                   |
| ANEXO B      | RET2 – Revista Época – Texto 2 (A fotografia da partícula de Deus)         |
| ANEXO C      | RET3 – Revista Época – Texto 3 (O que o bóson tem a ver com Deus?)         |
| ANEXO D      | RET4 – Revista Época – Texto 4 (Como universo funciona)                    |
| ANEXO E      | RET5 – Revista Época – Texto 5 (Uma breve história da física)              |
| ANEXO F      | RIET1 – Revista IstoÉ! – Texto 1 (Mais perto de Deus)                      |
| ANEXO G      | RIET2 – Revista IstoÉ! – Texto 2 (Os gênios também erram)                  |
| ANEXO H      | RVT1 – Revista Veja – Texto 1 (Tem confusão no céu da ciência e da crença) |
| ANEXO I      | RVT2 – Revista Veja – Texto 2 (Encaixou-se perfeitamente)                  |

Quadro de anexos.

### 3 O FENÔMENO EPISTEMOLÓGICO

Neste capítulo, apresenta-se a comunicação das compreensões advindas da análise textual discursiva do *corpus* da pesquisa. Trata-se de metatextos sobre o fenômeno epistemológico das reportagens selecionadas. Elas foram agrupadas em três grandes domínios: *Questões do Método Científico*, *Questões de Representatividade* e *Questões Sociológicas da Ciência*. Cada domínio foi dividido em categorias e algumas categorias em subcategorias. A seguir, as categorias e subcategorias de cada domínio serão apresentadas.

#### 3.1 QUESTÕES DO MÉTODO CIENTÍFICO

Esse domínio constitui-se em uma reflexão sobre procedimentos que levam ao conhecimento científico, e foi dividido em três categorias estabelecidas *a priori*: *Contexto da Descoberta*, *Contexto da Justificação* e *Progresso Científico*. Cada categoria apresenta subcategorias que serão apresentadas na sequência.

##### 3.1.1 Contexto da descoberta

A interpretação da descoberta científica construída na análise das reportagens das revistas relaciona duas visões distintas desse contexto: o processo *hipotético-dedutivo* e a *heurística da descoberta*. Na primeira, as descobertas são concebidas como hipóteses formuladas sem regras definidas cujas consequências lógicas são confrontadas experimentalmente. Na segunda, estabelece-se um contexto de prática científica para a descoberta mediante certas orientações metodológicas, tais como *similaridade* e *idealização*.

##### 3.1.1.1 Descoberta hipotético-dedutiva

Uma concepção construída na análise foi a de descoberta como formulação especulativa e conjectural de hipóteses. Nessa acepção, destacam-se as seguintes unidades:

“Nos últimos 40 anos, um leque de especulações teóricas foi desenvolvido para responder a esse tipo de pergunta” (RET2, p. 37)<sup>20</sup>.

---

<sup>20</sup> As referências das unidades serão apresentadas em códigos com a intenção de aumentar a fluidez da leitura.

“Com base nesse tipo de hipótese, alimentada por doses astronômicas de especulação, construiu-se o edifício da física moderna” (RET1, p. 82).

Nessa leitura, teorias científicas são concebidas como um conjunto de hipóteses ou conjecturas formuladas com a finalidade de resolver problemas científicos ou como uma tentativa de contemplar fenômenos observados. As hipóteses devem, no entanto, ser testadas empiricamente. Essa característica pode ser relacionada com a seguinte unidade, que é uma citação do cientista Krauss:

“Agora, a água gelada do experimento científico levará embora várias ideias erradas e pode nos apontar para a direção certa” (RET2, p. 37).

Essa menção é relacionada a uma concepção hipotético-dedutiva de descoberta, pois dela infere-se que a experimentação indicará as falhas das hipóteses, independentemente de como estas foram formuladas. Desse modo, a descoberta é entendida como um processo que não segue regras específicas e, por tal motivo, não é analisável pela filosofia da ciência. A elaboração de hipóteses no contexto de descoberta geralmente é atribuída a processo imaginativo e criativo do cientista, cuja análise é direcionada com frequência à psicologia e sociologia. Popper sustenta que o “ato de conceber ou inventar uma teoria parece-me não ligar para a análise lógica, nem ser suscetível a ela [...] a questão de como ocorre uma ideia nova [...] pode ser de grande interesse para a psicologia empírica, mas é irrelevante para a análise lógica do conhecimento científico<sup>21</sup>” (POPPER *apud* LADYMAN, 2002, p. 75).

O papel da imaginação e da criatividade no contexto da descoberta foi relacionado de modo bastante direto nas seguintes unidades:

“Albert Einstein, o gênio da relatividade, imaginava-se cavalgando um raio de luz para refletir sobre a relação entre tempo e espaço” (RET1, p. 82).

“Não precisamos chamar de religião, pois essa busca pela verdade depende da criatividade humana, não de uma revelação profética inexplicável” (RET3, p. 38).

---

<sup>21</sup> Tradução nossa. Texto original: “The act of conceiving or inventing a theory seems to me neither to call for logical analysis nor to be susceptible to it... the question of how it happens that a new idea occurs... may be of great interest to empirical psychology; but it is irrelevant to the logical analysis of scientific knowledge.” (POPPER *apud* LADYMAN, 2002)  
 Obra não consultada: POPPER, Karl. The logic of scientific discovery. London: Routledge and Kegan Paul, 1959.

Há fatores psicológicos que contribuem para o desenvolvimento do processo criativo. Um desses fatores, segundo a análise das seguintes unidades, é a dúvida e o fascínio pelo desconhecido.

“Mas que o fascínio pelo desconhecido funciona como mola criativa para especulação científica, especialmente em áreas onde deparamos com o que chamo de ‘grandes perguntas’, me parece ser inegável” (RET3, p. 38).

“Essa ignorância é a mola que empurra a imaginação, que nos dá a coragem de arriscar, de ir aonde ninguém antes foi, de errar” (RET3, p. 38).

“E não há nada melhor que o inesperado para atizar a imaginação humana” (RET3, p. 39).

Outra questão levantada pela análise é a influência de crenças de ordem metafísica na elaboração de hipóteses. O projeto filosófico positivista tentou eliminar a metafísica do âmbito da ciência. Essa tentativa acabou sendo abandonada pelos próprios autores proponentes (AYER, 1965), por não ter sustentação lógica e experimental. Já outros autores, como Kuhn (2003), afirmam que suposições metafísicas constituem a estrutura de teorias científicas.

Essa questão foi relacionada, principalmente, a unidades das reportagens da revista *Época*, onde implicações metafísicas no domínio científico foram mencionadas mais diretamente. Nas seguintes passagens, infere-se a relação que o cientista tem com sua espiritualidade e fé religiosa:

“Para muitos cientistas, a busca pelos segredos da natureza tem um lado espiritual, algo que o próprio Einstein chamou de ‘mistério cósmico profundo’ ” (RET3, p. 38).

“[...] não vê dificuldade alguma em conciliar sua fé cristã com o empirismo científico” (RET2, p. 37).

“a busca de uma teoria de todas as coisas é quase como a busca do divino” (RET4, p.47).

“Devotar toda uma vida à exploração de mistérios é, de certa forma, um ato de devoção espiritual, uma entrega a algo maior, algo que nos transcende e que tanto queremos entender” (RET3, p. 38).

A partir de outra unidade, inferiu-se uma ressalva de que as questões metafísicas, apesar de constituírem paradigmas científicos, não geram reflexões recorrentes na prática científica:

“Ao lado dessa atração pelo desconhecido, existe a simples curiosidade de querer saber mais, sem toda essa bagagem metafísica. A maioria dos físicos que conheço tem pouca paciência para esse tipo de reflexão” (RET3, p. 38).

A citação acima parece sugerir a pertinência da descrição de Kuhn (2003): as reflexões de ordem metafísica só são explicitadas em época de crises paradigmáticas.

### 3.1.1.2 *Heurística*

Mesmo sendo a visão hipotético-dedutiva predominante na análise da descoberta científica, sua ocorrência, em outras duas unidades, foi relacionada a um contexto histórico e metodológico que orienta de modo heurístico o cientista na formulação de novas hipóteses.

“Nosso conhecimento sobre essa partícula é resultado de uma empreitada histórica” (RET2, p. 34).

“Depois de quatro séculos de descobertas que só se tornaram possíveis graças a feitos intelectuais [...]” (RET4, p. 40).

Uma dessas orientações metodológicas, mencionada no quadro teórico, é a *similaridade*, na qual semelhanças de ordem teórica, matemática ou experimental são avaliadas e, quando possível, busca-se a unificação de teorias distintas. Emerge, das seguintes unidades, a proposta de uma sequência de passos orientados por uma heurística da unificação de teorias:

“o próximo passo é integrar ao modelo padrão a única força da natureza cujo mecanismo de ação no mundo das subpartículas é desconhecido, a gravidade” (RVT2, p. 92).

Outra orientação heurística analisada é a idealização, na qual descrições de um fenômeno conhecido são usadas como um modelo de outro fenômeno que se queira teorizar.

A modelagem segundo Hesse (FRENCH, 2009) pode implicar em propriedades não correspondentes entre um fenômeno e outro, o que gera uma *analogia negativa*:

“Aqui é importante fazer uma ressalva: quando falamos partículas, imaginamos logo bolinhas de golfe ou de pingue-pongue reduzidas a um tamanho diminuto, girando ao redor uma das outras como se fossem os planetas do Sistema Solar. Mas as partículas não são exatamente assim” (RET4, p.42).

Embora a modelagem implique também analogias negativas, ela é um procedimento indispensável no empreendimento científico: cientistas “Estão já demasiado ocupados tentando montar seus experimentos, interpretando os dados colhidos ou criando novos modelos teóricos [...]” (RET3, p. 38).

### 3.1.2 Contexto da justificação

Outro aspecto emergente na análise dos textos refere-se a como o conhecimento científico é validado e quais são as diferenças entre conhecimentos ditos científicos e os não científicos. A seguir, descrevem-se algumas compreensões do contexto da justificação produzidas pela análise.

#### 3.1.2.1 Critérios de demarcação

Uma das reportagens (RVT1) faz menção explícita ao que caracteriza um enunciado científico e à maneira que eles diferenciam-se de enunciados de outros tipos. Os critérios de tal distinção, ou de demarcação, emergidos na análise, são bastante semelhantes aos descritos pelo *falseacionismo* de Popper. No caso específico, os três critérios citados no primeiro capítulo foram relacionados com os critérios descritos no texto: (i) enunciados falseáveis; (ii) preferência por alto grau de falseabilidade; e (iii) refutação no caso de terem sido falsificadas por testes observacionais. Apresentam-se, no parágrafo seguinte, três citações do texto, cada qual correspondendo a um critério.

O *critério de falseabilidade* pode ser sucintamente descrito pela seguinte citação de Popper: “*deve ser possível de refutar, pela experiência, um sistema científico empírico*”<sup>22</sup> (POPPER, 1975, p. 42). Esse critério é usado na interpretação da seguinte unidade:

---

<sup>22</sup> Itálico no texto original.

“É inimaginável um astrólogo que possa garantir: ‘Apresente-me uma única previsão astrológica que não tenha se concretizado e rasgo meus mapas astrais’” (RVT1, p. 90).

Fazendo uma leitura a partir de uma perspectiva popperiana, a análise sugere que enunciados pseudocientíficos – no caso específico vindos da astrologia – não são falseáveis, pois nenhum enunciado de observação é capaz de refutá-los. Independentemente de a previsão astrológica ter se concretizado ou não, o astrólogo terá uma explicação *ad hoc* para manter invariável seu mapa astral.

O critério de grau de falsificação, segundo Popper (2006), diz que uma teoria aumenta seu conteúdo empírico conforme “afasta uma classe mais ampla de enunciados básicos”, objetivando “restringir a um mínimo a gama de eventos permitidos” (p. 122). Esse critério foi usado na interpretação da seguinte unidade:

“As verdades científicas são de formulações simples. Elas se anunciam de forma direta e transparente, expondo sem rodeios suas fragilidades – e é nisso que encontra sua força” (RVT1, p. 90).

Assim como a análise da unidade, Popper também atribui maior apreciação científica a enunciados com “formulações simples”, “*porque eles nos dizem mais, porque encerram um conteúdo empírico maior e porque são suscetíveis de testes mais rigorosos*” (2006, p.155). Já a forma “direta”, com que devem ser anunciados, pode ser interpretada como sendo a clareza e a precisão de um enunciado.

Sabe-se que, na perspectiva popperiana, um modo de aumentar o grau de falsificação de um enunciado é estabelecendo precisamente suas proibições observacionais. Isto é, ele deve ser “suscetível de conflitar com a experiência observacional” (POPPER, 2006, p. 142), explicitando aquilo que o refuta ao ser observado. Um enunciado “transparente” deixa claro o que o falsifica e expõe “sem rodeios suas fragilidades”, afirmando quais observações não podem ocorrer para ele manter-se forte.

Já a exigência de refutação de teorias por incompatibilidade observacional pode ser relacionada de modo mais direto na seguinte unidade, que inclui uma suposta citação de Charles Darwin:

“Tome-se como exemplo Charles Darwin, pai da evolução, sobre um dos pilares de sua descoberta. ‘Apresentem-me um único ser vivo que não teve antepassado e toda a minha teoria pode ser jogada no lixo’ ” (RVT1, p. 90).

Uma vez observado consistentemente algo incompatível com o enunciado derivado de uma teoria, essa deve ser invariavelmente refutada. Ou “em outras palavras, se as conclusões tiverem sido *falseadas*<sup>23</sup>, esse resultado falseará também a teoria da qual as conclusões foram logicamente deduzidas” (POPPER, 2006, p. 34).

Os critérios de demarcação surgidos da análise das referidas unidades foram relacionados com os do *falseacionismo* de Popper. No entanto, outras unidades foram relacionadas com a aceção de que há uma parte da estrutura teórica que não está sujeita à falsificação. O conceito de *Núcleo Firme* proposto por Lakatos (1989) pode ser usado como um auxílio na construção de algumas compreensões.

A análise dessas unidades descreve as teorias científicas como construções com alicerces estruturais, identificados como postulados, pressupostos, afirmações ou hipóteses que dão sustentação a outras partes da teoria. Por exemplo:

“Algumas teorias postulam ainda que nosso Universo não é único [...]” (RET4, p. 47).

ou

“um dos pressupostos da física moderna: que o Universo se expandia [...]” (RET1, p. 82).

A partir de uma leitura mais afastada do sentido manifesto, a seguinte unidade parece implicar que os cientistas dispensam a possibilidade de refutação das afirmações que compõem o *núcleo firme* por um consenso metodológico, a partir das quais se constroem as demais estruturas da teoria:

“Essa afirmação de Einstein tem a simplicidade e a força de um mandamento bíblico. Sobre ela repousa toda física do século XX e destes primeiros anos do século XXI” (RVT2, p. 92).

---

<sup>23</sup> Grifo no texto original.

O uso do termo “mandamento bíblico” sugere que a afirmação é inquestionável, constituindo-se, assim, como elemento não refutável de um programa de pesquisa, sobre o qual “repousam” outras hipóteses que em seu conjunto compõem a física do século XX. Segundo Lakatos, a heurística negativa de um programa de pesquisa impede a refutação de seu núcleo firme “por decisão metodológica de seus defensores”<sup>24</sup> (1989, p. 67) e permite mudanças estruturais no “cinturão protetor de hipóteses auxiliares observacionais e nas condições iniciais”<sup>25</sup> (LAKATOS, 1989, p. 67).

Além disso, outro aspecto da teoria de Lakatos pode ser colocado em relação com trechos das reportagens; trata-se da questão de que, apesar de uma teoria apresentar um núcleo firme, esse pode ser refutado quando a teoria como um todo apresenta incompatibilidades experimentais. Após a heurística levar à refutabilidade do cinturão protetor, e após a tentativa de sua modificação, se a teoria permanecer inadequada empiricamente ela pode ser refutada. E seu núcleo firme é substituído por outro.

Na reportagem:

“Com base nesse tipo de hipótese, alimentada por doses astronômicas de especulação, construiu-se o edifício da física moderna. Ele nunca foi inteiramente sólido [...]. Vira e mexe, um resultado inexplicável põe em xeque a firmeza de seus alicerces” (RET1, p. 82).

### 3.1.2.2 Modificações *ad hoc*

Outra compreensão construída na análise refere-se à questão das modificações *ad hoc*. Algumas unidades foram interpretadas como uma sugestão de que existe uma prática científica que consiste em fazer modificações nas teorias para que essas tenham uma melhor correspondência empírica. Por exemplo,

“Para ‘consertar’ a teoria, o físico adicionou às equações uma constante cosmológica” (RIET2, p. 101).

“Ela foi criada para preencher a lacuna no modelo padrão” (RIET1, p. 81).

<sup>24</sup> Tradução nossa. Texto original: “por decisión metodológica de sus defensores”.

<sup>25</sup> Tradução nossa. Texto original: “cinturón protector de hipótesis auxiliares observacionales y en las condiciones iniciales”.

Para o *falseacionismo* de Popper e Lakatos, as modificações nas teorias não são necessariamente indesejáveis, desde que estas façam novas previsões e sejam independentemente falseáveis. Nas palavras do próprio Lakatos: “Segundo Popper, salvar uma teoria com ajuda de hipóteses auxiliares que satisfazem certas condições bem definidas representa um progresso científico; mas salvar teorias com ajuda de hipóteses auxiliares que não as satisfazem representa uma degenerescência<sup>26</sup>” (LAKATOS, 1989, p. 48). No contexto das duas unidades citadas, não se pôde inferir uma posição sobre como essas modificações ocorrem na ciência, mas apenas que elas são usadas como artefato de correção.

Em outra reportagem, no entanto, pode-se relacionar a unidade selecionada com a condição da posição *falseacionista* para as modificações *ad hoc*:

“Para explicar o novo comportamento do Universo, os cientistas foram forçados a formular a existência de uma misteriosa ‘energia escura’ que aceleraria a expansão” (RET1, p. 82).

“Quando ele usa a expressão “energia escura”, refere-se a algo que ele mesmo não sabe o que é, mas precisa ser explicado” (RET1, p. 82).

Entende-se que essa descrição sugere que houve a necessidade de modificar a teoria para aumentar seu conteúdo empírico, mas que essa mudança precisa ela mesma ser justificada.

As modificações *ad hoc* dos exemplos citados são, respectivamente, a *constante cosmológica* de Einstein, a *partícula de Higgs* e a *Energia Escura*. Pode-se questionar se essas mudanças, tal como apresentadas pelos cientistas, seguem os critérios estabelecidos pelo *falseacionismo*. Para tanto, deve-se estabelecer um modo independente de testar cada um dos conceitos. Para isso, a modificação deve vir acompanhada de proibições claras para a observação, o que pode não ser o caso, pois cada tentativa frustrada de detectar a *partícula de Higgs* ou a *energia escura*, por exemplo, não falsifica a possibilidade de sua existência.

Alguns autores, entre eles Feyerabend (2011), negam que modificações *ad hoc* devam ocorrer na ciência de acordo com a descrição de Popper e Lakatos. Para aquele, a ciência está repleta de modificações não testáveis e “há circunstâncias em que é aconselhável introduzir, elaborar e defender hipóteses *ad hoc*” (FEYERABEND, 2011, p. 38). O caso das

---

<sup>26</sup> Tradução nossa. Texto original: “Según Popper, el salvar a una teoría con ayuda de hipótesis auxiliares que satisfacen ciertas condiciones bien definidas, representa un progreso científico; pero el salvar a una teoría con ayuda de hipótesis auxiliares que no las satisfacen, representa una degeneración”.

modificações citadas nos exemplos serem ou não elas próprias condizentes com o *critério falseacionista*, como foi indagado, fuge do escopo desta pesquisa.

### 3.1.2.3 Experimento crucial

Algumas unidades das reportagens foram relacionadas à questão da refutação da teoria por experimentos. De modo semelhante ao proposto por versões mais ingênuas do *falseacionismo*, percebe-se uma ênfase no papel crucial que um experimento tem na refutação. Ou seja, uma vez que se realize uma observação inconsistente com a teoria, essa deve ser invariavelmente abandonada. Por exemplo:

“Quer desacreditar Einstein? Simples. É só achar algo que se mova mais rápido que a luz” (RVT2, p. 92).

Na *visão falseacionista ingênuo*, o experimento crucial tem um caráter histórico bastante forte. Pois, a partir dele, uma teoria passa a ser definitivamente falsificada. Isso foi relacionado com a seguinte unidade:

“O experimento que resultou no Nobel desmentiu as duas possibilidades” (RET1, p. 82).

Entretanto, segundo Lakatos, a refutação só ocorre quando outra teoria assume o lugar da abandonada: “*Não há falsificação sem a emergência de uma teoria melhor*<sup>27</sup>” (1989, p. 50). A descrição relacionada com esta unidade do texto é:

“Se ele for descoberto, um novo castelo teórico teria de ser usado para explicar o universo no lugar do modelo padrão: a teoria quântica de campos [...]” (RET4, p. 46).

### 3.2.2.4 Falibilidade

Uma das críticas à prática de atribuir característica decisiva para refutação de uma teoria a partir de um experimento crucial é a de que ela não corresponde à história da ciência.

---

<sup>27</sup> Itálico original. Tradução nossa. Texto original: “*No hay falsación sin la emergencia de una teoría mejor.*”

Os cientistas não abandonam suas teorias desse modo. Isso porque a possibilidade de que um experimento falhe é tão provável quanto à da falha da própria hipótese testada. Popper, ciente dessa problemática, relativizou a questão da falsificação, afirmando que a “base empírica da ciência objetiva nada tem, portanto de ‘absoluto’.” (POPPER, 2006, p. 119). A análise de algumas reportagens conflui com essa possibilidade:

“Desacreditar a descoberta do CERN é uma possibilidade” (RVT2, p. 92) .

E os experimentos devem ser refeitos para diminuir a possibilidade de que falsificações possam atingi-los ou invalidá-los:

“Os físicos tentam agora repetir ou invalidar os resultados de Genebra” (RET1, p. 82).

Mas, de modo geral, colocam que a possibilidade da experiência estar errada é muito improvável:

“É impossível estarem errados sobre o fato de que descobriram algo espetacularmente novo. A única partícula prevista teoricamente que ainda não havia sido encontrada é justamente a do Higgs. Se apareceu uma nova, então é ele, certo? Quase certo” (RVT2, p. 92).

“A probabilidade de os cientistas estarem errados é de 1 em 1,7 milhão” (RIET1, p. 81).

A possibilidade de o experimento estar errado e não a teoria foi alvo de crítica abundante ao *falseacionismo*. Uma formulação um pouco mais radical ficou conhecida como *Problema de Quine* (LADYMAN, 2002). Para ele, qualquer elemento da estrutura teórica é falsificável: as condições iniciais do experimento, a instrumentação usada, as hipóteses teóricas e até mesmo a matemática e a lógica. Essa proposta poderia ser considerada um tanto exagerada, mas há um caso histórico que lhe dá apoio, o da formulação da teoria da relatividade geral, que modificou a geometria euclidiana – cuja verdade era concebida *a priori* –, colocando em seu lugar a geometria curva de Riemann.

Nessa perspectiva, em uma justificação científica, qualquer parte é falível, e está, portanto, sujeita à falsificação. Uma das reportagens cita uma resposta de Einstein ao ser

perguntado se as medições do eclipse solar de 1911 em Sobral, Ceará, não tivessem sido compatíveis com sua previsão:

“Eu diria que Deus estava errado” (RVT2, p. 92).

Uma possível interpretação é a de que Einstein estava tão certo de sua teoria, que se os resultados experimentais não a apoiassem, o que deveria ser reavaliado era o procedimento experimental, e não ela própria. No entanto, não se deseja com essa breve menção atribuir a Einstein uma negação ao *falseacionismo*, até porque o debate sobre a postura de Einstein ser ou não falseacionista é motivo de controvérsia entre os filósofos da ciência. Popper, por exemplo, afirma que Einstein disse “se o efeito do desvio para o vermelho [...] não fosse observado no caso das anãs brancas, sua Teoria da Relatividade Geral estaria refutada” (apud FEYERABEND, 2011, p. 70). Já Feyerabend defende que Einstein tem uma “atitude desdenhosa” em relação à observação (FEYERABEND, 2011, p. 71).

### 3.1.2.5 Verificação

Apesar ter sido construída uma compreensão dos textos relacionando com aspectos do *falseacionismo*, em outras passagens entende-se a questão da justificação científica a partir do *verificacionismo*. A diferença crucial é que o falseacionista nunca se refere à verdade dos enunciados corroborados, enquanto a posição positivista refere-se à possibilidade de estabelecer sua veracidade, ao menos de modo probabilístico. Essa postura positivista foi relacionada em algumas passagens dos textos. Derivações dos termos “verificar”, “comprovar” e “confirmar” são recorrentes.

“A pesquisa [...] foi exaustivamente verificada antes da publicação. Ainda assim, não se achou erro” (RET1, p. 82)

“Foi por meio desses sinais que eles comprovaram a existência das partículas mais esquivas do Universo” (RET4, p. 43).

“Foi necessário quase meio século para confirmar sua existência justamente porque, para detectá-lo, era preciso construir um acelerador grande como o LHC” (RET4, p. 46).

As duas primeiras unidades são relacionadas com a versão mais forte de *justificação positivista*, a verificação, em que os acontecimentos observáveis determinam, conclusivamente, a veracidade de um enunciado. Essa leitura deve-se ao uso dos termos “verificada” e “comprovada”, que podem ser interpretados como processos mais definitivos. Tal concepção de justificação foi abandonada pelos próprios positivistas lógicos por dificuldades de sustentação lógica, sendo substituída por uma versão mais fraca, a *confirmação*. Nesta, apenas são atribuídos graus de correspondência com a observação em termos probabilísticos de verdade. Como mencionado no quadro teórico, Carnap retrata-se afirmando que “*nenhum enunciado é jamais verificável. Podemos somente confirmar, cada vez mais, uma sentença*” (CARNAP *apud* FREIRE-MAIA, 1997). A terceira unidade foi relacionada com a versão mais fraca da justificação positivista por usar o termo “confirmar”.

Em outra passagem, o conceito de verificação se distancia da versão positivista na questão em que a observação deve ser neutra, ou seja, independente de qualquer teoria. Como há infinitos modos de se fazer uma mesma observação, há a necessidade de distinguir-se aspectos relevantes de irrelevantes, sendo estes orientados por uma teoria, também falível:

“[...] e os programas de computador têm de filtrar que eventos merecem ser registrados e analisados. Caso contrário, seria impossível achar algo. Pior que achar agulha no palheiro” (RET3, p. 39).

A teoria pressuposta no experimento, além de ser falível, ajuda em seu entendimento. Nessa unidade, o autor explica o experimento em termos de outra teoria:

“A enorme energia de seu movimento é transformada na massa de novas partículas, numa expressão viva da famosa relação de Einstein,  $E=MC^2$ ; energia e matéria são interconvertíveis” (RET3, p. 39).

A teoria usada na descrição do experimento deve ela mesma ser testada experimentalmente através de um experimento que também seja carregado de teoria, e assim sucessivamente, em um regresso infinito.

### 3.1.2.6 *Objetividade*

A questão da objetividade científica também emergiu da análise. Ela foi relacionada com uma concepção pragmática da mesma. Ou seja, mesmo admitindo a condição das observações não serem neutras e os experimentos serem falíveis, a subjetividade é minimizada na prática experimental, remetendo ao pragmatismo de Chalmers. Segundo ele, “a observação do modo como está infiltrada na ciência, é objetiva, especialmente quando os sentidos recebem auxílio dos instrumentos apropriados” (CHALMERS, 1994, p. 62).

Em uma das reportagens analisadas:

“O fato de dois estudos independentes terem mostrado dados muito semelhantes aumenta a credibilidade da descoberta” (RIET1, p. 81).

E que por tal motivo, a ciência é concebida como um empreendimento racional e objetivo:

“A confirmação do bóson de Higgs é uma façanha que aumenta nossa capacidade de explicar o mundo pela via analítica e racional” (RET2, p. 37).

“Com o passar tempo [...] conseguimos explicar mais fenômenos naturais de forma objetiva” (RET2, p. 37).

### 3.1.2.7 Validação relativista

Contudo, a análise de outras unidades aponta uma *relativização* da questão da objetividade, colocando elementos como fé e crença exercendo algum papel na justificação científica. Por exemplo:

“[...] mas abandonou aquele caminho ao perder a fé na validade da teoria” (RET4, p. 47).

“Alguns físicos acreditam que a gravidade seja transmitida por um *bóson* hipotético, que não faz parte do Modelo Padrão, conhecido como *gráviton*” (RET4, p. 46).

Assim, entende-se que alguns fatores psicológicos e sociológicos influenciam a justificação. Na unidade seguinte, a segurança promovida pela confirmação experimental indica um fator psicológico da justificação:

“Os teóricos geniais, mesmo quando totalmente convencidos do acerto de suas formulações, ficam mais seguros quando elas são provadas por experiências práticas” (RVT2, p. 92).

Porém, mesmo tendo-se compreendido alguns sentidos relativistas, relacionando fatores psicológicos e sociais, isso não foi construído de modo contundente no contexto geral da análise dos textos. Esses fatores exercem mais influência no contexto da *descoberta*, na forma de especulações e hipóteses do que na *justificação*, onde a prática científica os elimina de modo pragmático.

### 3.1.3 Progresso científico

Neste momento, faz-se a comunicação das compreensões resultantes da análise em relação ao *Progresso Científico*. Aqui, reflete-se sobre a formação e desenvolvimento de teorias, assim como os procedimentos de substituição de uma teoria por outra.

#### 3.1.3.1 Formação de programas de pesquisa ou paradigmas

Lakatos (1989) afirma que, quando uma comunidade científica passa a compartilhar um mesmo *núcleo firme*, forma-se um programa de pesquisa. Kuhn (2003), por sua vez, diz que esse grupo assume um compromisso com um conjunto de leis, teorias, regras metodológicas e pressuposições metafísicas chamado paradigma. A principal diferença entre os dois é que Lakatos alega que a adesão a um programa de pesquisa é uma escolha racional, enquanto para Kuhn, o compromisso com um paradigma é determinado por questões sócio-psicológicas. No entanto, ambos afirmam que a investigação científica ocorre pelo compartilhamento de estruturas básicas muito próximas entre cientistas do mesmo programa de pesquisa ou paradigma.

Algumas unidades de sentido foram interpretadas nessa perspectiva. Entende-se, a partir delas quais campos de investigação abrem-se com a constituição de estruturas básicas compartilhadas pela comunidade científica em questão:

“Elas abrem novas portas de investigação” (RET1, p. 81).

“Quando esse dia chegar, todo um novo campo de estudos sobre a física será aberto” (RIET1, p. 81).

As leis de Newton, por exemplo, constituem o *núcleo firme* de um programa de pesquisa ou das leis fundamentais do paradigma newtoniano. Uma vez que os cientistas as escolham – racionalmente ou por convencimento – segue-se a tentativa de torná-las compatíveis com o máximo possível de fenômenos.

“Depois da gravidade, os discípulos de Newton passaram a investigar a natureza no afã de detectar outras forças fundamentais” (RET5, p. 56).

“A descoberta da força eletromagnética levou uma legião de cientistas a se aprofundar no estudo dos fenômenos que cercam a eletricidade e a luz” (RET5, p. 56) .

Muitas vezes, essa tentativa resolve alguns problemas de incompatibilidade empírica, mas deixa outras em aberto:

“A física agora se dedicará a outras questões. ‘O bóson deixa mais perguntas que respostas’ ” (RET2, p. 37).

### 3.1.3.2 Crise

Conforme a perspectiva kuhniana, surgem anomalias em um paradigma quando este passa a acumular problemas não solucionados, apesar da tentativa expressa dos cientistas em resolvê-los. A partir da unidade a seguir, entende-se que pode haver um momento da pesquisa normal de um paradigma em que as soluções de problemas é menos expressiva do que o aumento das anomalias:

“com resultados e imagens que produzem mais mistérios do que resolvem” (RVT1, p. 85).

Essa característica, para Kuhn, é uma espécie de efeito colateral do empreendimento científico normal, já que nesse período a ciência “não se propõe descobrir novidades no terreno dos fatos ou da teoria”. Mas “fenômenos novos e insuspeitos são periodicamente descobertos pela pesquisa científica” (KUHN, 2003, p.77).

Para Kuhn, quando as anomalias persistem apesar dos esforços em removê-las, ocorre uma crise do paradigma. Esse momento é caracterizado por uma sobreposição de suposições teóricas, até que uma delas, dependendo de uma série de condições, configure-se como um novo paradigma. Na reportagem, essa posição foi relacionada na seguinte unidade:

“Uma crise na física se instala quando há muitas teorias e poucos dados experimentais para confirmá-las” (RVT2, p. 92).

Kuhn também usa a metáfora do quebra-cabeça para indicar o compromisso que os cientistas assumem em fazer a natureza encaixar na teoria. Nas palavras do próprio autor, o período da ciência normal caracteriza-se pela “tentativa de forçar a natureza a encaixar-se dentro dos limites preestabelecidos e relativamente inflexíveis fornecidos pelo paradigma” (KUHN, 2003, p. 44). Essa metáfora pode ser relacionada de modo bastante direto com a manchete de uma das reportagens: “Encaixou-se perfeitamente” (RVT2, p. 88). E no *lead* da mesma: “Anunciada a descoberta experimental da partícula de Higgs, a peça que faltava no quebra-cabeça”. (RVT2, p. 88).

Quando isso não é possível, a crise gerada pelas anomalias pode levar à substituição do paradigma:

“E se não for? Nesse caso a descoberta do CERN, em vez de fechar o ciclo da física com a comprovação da existência da última peça que faltava no quebra-cabeça do modelo padrão, estará escancarando o portal para um novo campo de estudos científicos” (RVT2, p. 92).

### 3.1.3.3 *Revolução científica*

Quando as anomalias de um paradigma persistem apesar de todo esforço por parte dos cientistas adeptos, surge uma desconfiança: há a possibilidade de removê-las com as regras do paradigma? No momento de crise de um paradigma, caracterizado por questionamentos metafísicos e metodológicos e alta insegurança profissional, surgem sugestões teóricas alternativas como possibilidade de solução. É um período denominado de ciência extraordinária, no decorrer do qual:

“Precisamos de uma ideia dramaticamente nova para sair desse impasse” (RET1, p. 82).

Sob certas condições – que para Kuhn envolvem questões sociológicas e psicológicas de adesão por parte de uma comunidade –, uma dessas alternativas pode se configurar como

um novo paradigma, num processo de revolução científica que ocorre quando há uma substituição de um paradigma por outro. Nesta unidade, isso pode ser relacionado com o relato da substituição da teoria de Newton pela de Einstein:

“Einstein destronou Newton.”(RET1, p. 82).

Na revolução científica, na concepção de Kuhn, um conjunto distinto de regras paradigmáticas é estabelecido e através dele será desenvolvida uma nova compreensão de mundo. Trata-se de “uma reconstrução da área de estudos a partir de novos princípios, reconstrução que altera algumas das generalizações teóricas mais elementares do paradigma, bem como muitos de seus métodos e aplicações” (KUHN, 2003, p. 116). Essa mudança de regras foi sugerida, segundo a interpretação analítica, na seguinte passagem:

“Mas isso levou outros cientistas a reescreverem completamente essas normas” (RIET2, p. 101).

A descrição de estruturas revolucionárias na ciência indica que o progresso nessa área não se dá de forma integralmente linear e “está longe de ser um processo cumulativo” (KUHN, 2003. p. 116). Na revolução há uma ruptura epistemológica:

“a evolução científica não é necessariamente uma progressão linear do pensamento” (RIET2, p. 101).

#### 3.1.3.4 *Incomensurabilidade*

Diferentes paradigmas produzem visões de mundo bastante distintas entre si, e a comparação direta entre seus resultados pode ser bastante problemática. Avaliar os resultados de um paradigma a partir das premissas de outro produz o que Kuhn (2003) entende por *incomensurabilidade*. Em um dos textos, o autor da reportagem usa a citação de um astrólogo alegando ser um equívoco a avaliação da astrologia a partir de conceitos astronômicos:

“Francamente, a esta altura do campeonato é imperdoável que astrônomos continuem cometendo os mesmos erros a respeito do zodíaco” (RVT1, p. 89).

Entende-se como implícito, na próxima unidade, a tentativa do cientista em estabelecer a superioridade da linguagem científica em relação à astrológica, fazendo-se uma implicação lógica direta, sem levar em consideração a necessidade de tradução de uma linguagem para outra:

“Kunkle quis demonstrar pela enésima vez que a astrologia é uma credence sem base científica, amparada em premissas absurdas e cálculos equivocados” (RVT1, p. 85).

O que para o astrólogo citado é algo imperdoável. Admitindo que não haja uma linguagem neutra a partir da qual se possa avaliar imparcialmente um paradigma, há sempre uma dificuldade de comunicação entre cientistas de paradigmas rivais, pois cada qual se convence da superioridade de sua teoria a partir das regras do próprio paradigma que constitui. Nesta unidade, os defensores do paradigma rival, por exemplo, são tratados com desdém:

“O melhor a fazer para encurtar conversa com os defensores dessa tese é concordar com eles” (RVT2, p. 92).

Kuhn descreve essa característica como “modos incompatíveis de vida comunitária” (2003, p.127).

### *3.1.3.5 Coexistência de teorias rivais*

A coexistência de teorias concorrentes, característica principalmente de períodos pré-paradigmáticos – mas não exclusivamente – e de crises seguidas de revolução, pode ser interpretada em algumas passagens. Um exemplo diz respeito ao período pré-paradigmático grego:

“A visão atomista estava longe de ser consensual entre os gregos” (RET5).

Ou sobre como a formulação recorrente de sugestões teóricas é capaz de resolver uma anomalia persistente:

“Formularam várias teorias que justificassem essa mágica” (RET2, p. 35).

A revolução científica sempre pressupõe a coexistência de teorias rivais. Como já mencionado, para Kuhn (2003), deve haver um convencimento por adesão, algo como uma conversão para o paradigma. Já Lakatos (1989) afirma ter estabelecido uma maneira racional de escolha entre programas de pesquisa concorrentes. Sua metodologia orienta sempre a escolha do programa mais progressivo. Esse deve ter um maior conteúdo empírico que seu concorrente. Ou seja, além de ser confirmado pelos mesmos fenômenos que o rival, deve fazer novas previsões, progressivamente corroboradas.

### *3.1.3.6 Comparação racional*

A análise das reportagens permitiu uma compreensão sobre os critérios de escolha entre teorias concorrentes mais próximas de uma visão racionalista, pois sugere que há padrões fixos e atemporais de avaliação das teorias.

“Nos anos 1960, a maioria foi descartada. A única que fazia sentido fora formulada pelo inglês Peter Higgs” (RET2, p. 35).

Assim, a teoria de Lakatos é mais adequada que a de Kuhn na interpretação da questão específica da escolha entre teorias concorrentes. Os dois critérios de escolha da metodologia de Lakatos (1989) – a saber, conter mesmo conteúdo empírico e fazer novas previsões – foram usados na construção de sentido para algumas unidades.

O primeiro critério exige que a nova teoria tenha corroboração empírica dos mesmos fenômenos que a teoria anterior; assim, deve ter ao menos o mesmo conteúdo empírico:

“Alguma nova teoria teria de ser encontrada que contivesse e estendesse o edifício criado por Einstein” (RET1, p. 82).

Lakatos, referindo-se à teoria anterior como T e à nova como T', defende que “todo conteúdo não refutado de T [...] está incluído em T', e uma parte do excesso de conteúdo de T' resulta corroborado<sup>28</sup>” (1989, p. 46-7).

O outro critério envolve o estabelecimento de novas previsões, distintas daquelas ditas pelas demais teorias. Assim, como

---

<sup>28</sup> Tradução nossa. Texto original: “[...] todo el contenido no refutado de T está incluido en el contenido de T', y una parte del exceso de contenido de T' resulta corroborado”.

“Teorias [diversas] fazem previsões bem diferentes” (RET3, p. 39),

pode-se fazer também uma escolha racional a partir da corroboração dos fenômenos previstos:

“É dessas novas teorias que, esperam os físicos, poderá surgir a explicação para outro fenômeno misterioso: a energia escura [...]. Outros mistérios a solucionar envolvem saber o que existe no interior inacessível dos buracos” (RET4, p. 47) .

Ou seja, “T’ tem um excesso de conteúdo em relação a T, isto é, faz novas previsões<sup>29</sup>” (LAKATOS, 1989, p. 46). Quando as novas previsões de uma teoria são corroboradas, ela contribui para tornar o programa ao qual pertence progressivo. Caso contrário, ela tenderá a tornar seu programa regressivo. A metodologia de Lakatos orienta a substituição de programas regressivos por progressivos. Desse modo, só há refutação de uma teoria quando outra a substitui:

“Se ele for descoberto, um novo castelo teórico teria de ser usado para explicar o universo no lugar do modelo padrão: a teoria quântica de campos [...]” (RET4, p. 46).

### 3.1.3.7 *Supraempíria*

Mesmo de modo geral, a concepção de comparação entre teorias construídas na análise das reportagens ter sido a racional, algumas passagens permitiram a interpretação de que há situações científicas em que a escolha entre teorias não segue regras tão claras quanto as que Lakatos propõe, podendo haver características *supraempíricas* (LADYMAN, 2002) – não apenas relativas à corroboração de fenômenos – que influenciem na adesão a uma e não à outra.

Assim, elegância, simplicidade, correspondência com teorias e pressupostos metafísicos correntes, entre outros, podem influenciar na escolha.

“É matematicamente elegante, e, por isso, congregou um séquito de seguidores” (RET4, p. 47).

---

<sup>29</sup> Tradução nossa. Texto original: “T’ tiene un exceso de contenido empírico con relación a T; o sea, predice hechos *nuevos*”.

“Sem a confirmação pela experiência, a teoria está propensa a ser um conjunto de formulações, ora elegantes, ora filosóficas e, frequentemente, nos últimos tempos, metafísicas” (RVT2, p. 92).

### 3.1.3.8 *Progresso teleológico*

A partir da análise das reportagens, compreende-se que o conhecimento científico no estágio em que se encontra atualmente é incompleto, cheio de incertezas e, certamente, não definitivo.

“Quando tudo parece decifrado, surgem novas incertezas” (RET1, p. 80).

“[...] o retrato que temos hoje do Universo pode ser qualificado por um sem-número de adjetivos, menos simples - e muito menos definitivo” (RET4, p. 40).

“Não creio que a ciência esteja completa de forma alguma. Não entendemos tudo e dá pra ver que no conhecimento científico há varias inconsistências” (RET2, p. 37).

No entanto, em algumas passagens pode-se inferir que essa provisoriade é ela mesma provisória, pois a ciência progride no sentido cada vez maior de verossimilhança. Chama-se essa visão de progresso de *teleológica*, por conceber que a finalidade desse progresso seja a de chegar mais e mais próximo da verdade. Segundo Chalmers (1993), a concepção de Popper de progresso supõe o aumento da verossimilhança, o que implica que a ciência poderá ter eventualmente um estágio final, quando a busca pela verdade atinge sua finalidade. Contudo, nessa concepção, quando tal estágio chegar, não será possível ter consciência dele, pois ele ainda será formulado em uma linguagem logicamente falsificável. Entretanto, nesse caso, a falsificação experimental ficaria apenas no campo das possibilidades.

Nas reportagens, essa concepção confluiu com a interpretação analítica, pois a partir dela compreende-se, primeiro, que a evolução científica ocorre no sentido do aumento da verossimilhança, e que ela

“pode nos apontar para a direção certa” (RET2, p. 37) .

E, segundo, que em algum momento o estágio definitivo da ciência pode ser alcançado:

“Enquanto tivermos duas teorias descasadas para explicar aspectos macro e micro do Universo, não teremos atingido uma visão física definitiva, capaz de explicar toda natureza” (RET4, p. 47).

Ou seja, o progresso é teleológico e sua finalidade de aumento de verossimilhança terá um ápice de êxito.

A possibilidade de um estágio final da ciência é compartilhada também por alguns cientistas. Em uma de suas versões, entende-se que a física chegará a uma teoria unificada que descreverá todos os fenômenos em termos de apenas uma força única (GREENE, 2012). Um dos principais cientistas a buscar esse ideal foi Einstein, que “desejava fundir todas as leis em um arcabouço único e integral” (GREENE, 2012, p. 95).

Essa visão contrasta com a de Kuhn, a qual sustenta que o progresso é apenas a sucessão de paradigmas cada vez mais sofisticados, mas não com maior grau de verdade ou correspondência com a natureza.

#### 3.1.3.9 *Papel do erro*

Segundo Machado (1988), ciência é um discurso com pretensão de verdade. E isso a distingue de qualquer outra manifestação cultural. A verdade encontra-se no interior do discurso científico, o que não significa que qualquer discurso seja verdadeiro. O autor ressalta, baseado em Georges Canguilhem e Gastón Bachelard, o valor do erro na história da ciência, pois o que importa não é o produto e, sim, o processo, já que a história da verdade é provisória.

A veracidade para Canguilhem (*apud* MACHADO, 1988) coloca a verdade da ciência não como reprodução de uma verdade ontológica, mas como uma produção de verdades no discurso científico. A ciência parece ter exclusividade, não só na produção da verdade, mas, também, na produção de conhecimento e razão.

Em uma das reportagens em particular, o papel do erro na ciência pôde ser interpretado como parte importante do processo científico:

“Mas o caminho que levou a essas descobertas não foi pavimentado apenas com acertos” (RIET2, p. 100).

“[...] desvios de percurso que, no fim das contas, colaboraram para o avanço da ciência” (RIET2, p. 101).

### 3.1.3.10 *Acúmulo e autoria*

Segundo Ladyman (2002), apesar de as posições de Popper e dos positivistas apresentarem importantes desacordos entre si, também compartilham visões sobre a natureza da ciência bastante semelhantes. Entre elas está a aceção de que a “Ciência é cumulativa. Em outras palavras, os cientistas constroem sobre as realizações de seus predecessores, e o progresso da ciência é um crescimento constante do nosso conhecimento sobre mundo<sup>30</sup>”. (LADYMAN, 2002, p. 95).

Apesar de ter emergido, de modo predominante, da análise uma concepção de progresso por revoluções científicas, ela não foi única. Em algumas unidades, o sentido da análise leva a uma visão de progresso por acúmulo de conhecimentos, sem caracterizar rupturas:

“os conhecimentos que a humanidade levou centenas de anos para acumular” (RET4, p. 42).

Essa concepção histórica tende a descrever a evolução científica como sucessão linear de descobertas, atribuindo datas e autorias definidas a elas. Esse sentido foi destacado em expressões como:

“Maxwell, o descobridor da força eletromagnética” (RET5, p. 56).

“Foi Planck quem descobriu que a luz é composta de partículas sem massa” (RET5, p. 58).

“Em 1905, Einstein propôs uma explicação convincente para a órbita de Mercúrio” (RET1, p. 82).

### 3.1.3.11 *Papel da tecnologia*

Segundo Edgar Morin (2005), a tecnologia e a ciência desempenham um papel mútuo e recorrente no progresso uma da outra. O desenvolvimento tecnológico é modulado pelo desenvolvimento da ciência. E de modo inverso, a ciência também avança juntamente com o avanço tecnológico. A tecnologia permite o desenvolvimento de diversos modos de observação, experimentação e processamento de informações.

---

<sup>30</sup> Tradução nossa. Texto original: “Science is cumulative. In other words, scientists build on the achievements of their predecessors, and the progress of science is a steady growth in our knowledge of the world”.

do ponto de vista epistemológico, é impossível isolar a noção de tecnologia ou *techné*, porque bem sabemos que existe uma relação que vai da ciência à técnica, da técnica à indústria, da indústria à sociedade, da sociedade à ciência etc. E a técnica aparece como um momento nesse circuito em que a ciência produz a técnica, que produz a indústria, que produz a sociedade industrial; circuito em que há, efetivamente, um retorno, e cada termo retroage sobre o precedente, isto é, a indústria retroage sobre a técnica e a orienta, e a técnica, sobre a ciência, orientando-a também (MORIN, 2005, p. 107).

A recorrência tecnologia-ciência, como descrição do progresso, apareceu na análise de diversas unidades, entre elas:

“Foi necessário quase meio século para confirmar sua existência justamente porque, para detectá-lo, era preciso construir um acelerador grande como o LHC” (RET4, p. 46).

### 3.1.3.12 Paradigmas

Segundo Boaventura Santos (2003), há dois tipos de crises paradigmáticas, a *crise de crescimento* e a *crise de degenerescência*. A primeira refere-se à insatisfação relativa aos métodos e conceitos de uma determinada disciplina, ou matriz disciplinar, para colocar em termos kuhnianos. Já a crise de degenerescência atravessa todas as disciplinas, e o faz de modo mais profundo. Mesmo admitindo certa controvérsia, o autor acredita que a ciência – desde o pós-guerra – está passando por um período histórico de crise de degenerescência. Uma análise filosófica do progresso científico bastante recorrente na literatura caracteriza tal período por uma ruptura paradigmática constituída por dois grandes sistemas de pensamento: o *paradigma cartesiano* e o *paradigma sistêmico*.

O *paradigma cartesiano* remete ao método de René Descartes em que uma ideia complexa pode ser reduzida a ideias mais simples, e à divisão mente e matéria, sendo esta última concebida como uma máquina. Francis Bacon, com o método indutivo, Galieo Galilei com um modelo matemático de racionalidade e Isaac Newton, com a primeira grande síntese da Física são nomes relacionados à constituição do paradigma cartesiano. Destacam-se três pressupostos, característicos desse paradigma (VASCONCELLOS, 2003). Primeiro, é *reducionista*, ou seja, concebe o comportamento do todo como resultado do comportamento de cada um de seus componentes. O segundo pressuposto é *determinista*, pois admite que o estado futuro de um sistema é determinado por suas condições iniciais e leis naturais. Uma vez conhecendo-as, pode-se prever seus estados ulteriores. E o terceiro pressuposto é a objetividade, ou seja, o observador não exerce influência na observação.

Quanto ao *paradigma sistêmico*, constitui-se historicamente com o advento de duas teorias distintas (VASCONCELLOS, 2003), a *Teoria Geral dos Sistemas* de Bertalanffy e a *Cibernética de Segunda Ordem*, especialmente com Heinz Von Foerster. A diferença fundamental entre esse paradigma e o cartesiano é que este não tem como meta metodológica a simplificação da realidade por leis generalizadas. A natureza é concebida como complexa, e não haveria como compreendê-la reduzindo seu comportamento ao funcionamento de suas partes. O que se sugere é uma recursividade entre o todo e as partes. Enquanto o todo coage, as partes produzem características emergentes e constituem o todo que as produziu, numa recorrência de autoprodução (MORIN, 2005).

Os três pressupostos do paradigma cartesiano ganham uma correspondência antagônica no paradigma sistêmico. O pressuposto da complexidade afirma que a simplificação do todo às partes elimina a compreensão da inter-relação entre todos os elementos. Os objetos passam a ser tratados como sistemas complexos. O pressuposto *indeterminista* afirma que “o mundo está em processo de tornar-se” (VASCONCELLOS, 2003, p. 101). Isto é, pressupõe uma instabilidade nos processos que evita generalizações e, por consequência, lida com a imprevisibilidade dos fenômenos. Por fim, o pressuposto da *intersubjetividade* o qual afirma que o observador constitui a observação e que o conhecimento dela derivado não se refere ao mundo independentemente dele, mas é consensualmente construído.

A análise construiu sentidos que confluem mais com uma interpretação cartesiana de ciência. Aqui se relaciona cada pressuposto com unidades interpretadas a partir deles.

#### **Reduccionismo:**

“A descoberta coroa um esforço que começou com Demócrito e Leucipo que vislumbraram o que hoje chamamos de reduccionismo. Ele propõe que as propriedades da matéria podem ser estudadas pelo comportamento de seus menores constituintes” (RET3, p. 39).

“da interação incessante da fauna formada por 17 partículas subatômicas, brota nossa realidade” (RET4, p. 42).

“Se tudo o que existe decorre da interação de matéria e energia, segundo algumas poucas leis fundamentais, é razoável supor que tais leis surgiram no Big Bang” (RET4, p. 46).

#### **Determinismo:**

“pois foram elas que definiram a evolução do cosmo” (RET4, p. 46).

“é possível prever o que vai acontecer com o universo e os planetas no futuro” (RIET1, p. 82).

**Objetividade:**

“Com o passar tempo [...] conseguimos explicar mais fenômenos naturais de forma objetiva” (RET2, p. 37).

“O fato de dois estudos independentes terem mostrados dados muito semelhantes” (RIET1, p. 81).

Os pressupostos sistêmicos puderam ser relacionados com um número muito reduzido de unidades, se comparados com as relacionadas com os pressupostos do paradigma cartesiano.

**Complexidade:**

“o retrato que temos hoje do Universo pode ser qualificado por um sem-número de adjetivos, menos simples” (RET4, p. 40).

Em algumas dessas unidades ainda pode-se interpretar certo traço de decepção em relação a extratos probabilísticos da ciência.

**Indeterminismo:**

“alguns dos maiores físicos contemporâneos só conseguiram extrair um traço probabilístico da existência dessa partícula misteriosa” (RET2, p. 34).

### 3.2 QUESTÕES DE REPRESENTATIVIDADE: REALISMO CIENTÍFICO

A concepção do que representa o conhecimento científico que emergiu da análise dos textos do *corpus* pode ser relacionada de modo bastante forte com as premissas e consequências do realismo científico. Segundo Putnam, “o argumento positivo para o realismo consiste em que ele é a única filosofia que não faz do sucesso da ciência um milagre” (*apud* FRENCH, 2009, p. 95). Cinco categorias realistas foram construídas nesse domínio. A seguir apresenta-se cada uma delas.

#### 3.2.1 Aparência e essência

A análise das reportagens sugere que a ciência tem o papel de decifrar a natureza, pois as características que ela apresenta diretamente são apenas aparentes e sua essência é codificada. Essa concepção pode ser relacionada à distinção entre *qualidades primárias* e *qualidades secundárias*. Desde os gregos (LADYMAN, 2002), há a ideia de que algumas propriedades dos objetos existem somente na percepção humana, enquanto outras existem independentemente de qualquer observação. As *qualidades primárias* são aquelas que realmente existem, e as *qualidades secundárias* existem somente na percepção.

Segundo a análise, a ciência revela as *qualidades primárias*. Assim, por exemplo, diz-se que a:

“humanidade tratou de tentar decifrar as estrelas” (RVT1, p. 85).

A ciência metaforicamente abre as cortinas que encobrem a natureza das coisas:

“o mundo palpável, aquele que se descortinava a seus olhos” (RET5, p. 52).

“a natureza íntima da matéria fora revelada” (RET5, p. 58).

### 3.2.2 Revelação e orientação pitagoreana

Há orientações filosóficas que entendem que a natureza codifica-se em uma linguagem matemática. Aqui, essa tendência será denominada orientação pitagoreana (LOSEE, 1979), a qual diz respeito à crença de que a realidade é a “harmonia matemática presente na natureza” (p. 28). Esse termo remete às razões matemáticas das harmonias musicais descobertas por Pitágoras e seus seguidores.

Há sentidos construídos na análise que se aproximam da ideia de que a codificação da real essência da natureza é matemática e que a decifração ocorre no sentido de desvelar qual é a equação matemática que representa o fenômeno:

“‘Partícula’ é apenas a melhor palavra que a língua portuguesa nos oferece para descrever fenômenos que, na verdade, só podem ser compreendidos mesmo por meio de complicadíssimas equações matemáticas” (RET4, p. 42).

“A ideia era pôr em números um dos pressupostos da física moderna” (RET1, p. 82).

O conceito de revelação produzida pela análise ganha uma interpretação metafísica bastante forte: a de que as teorias científicas tendem a aproximar-se da essência da natureza do universo e do homem.

“Conhecida como “partícula de Deus”, pode ser a chave para entender de onde viemos e para onde vamos. É o mais importante passo da humanidade para desvendar a maravilhosa mecânica do cosmo e como ele foi criado” (RET2, p. 34).

“a noção filosófico-teológica de que o estudo da natureza é uma aproximação da mente humana à mente do Criador, e vemos que tantos cientistas e pensadores – de Newton a Einstein e a Hawking – falam, ainda que metaforicamente, de entender a natureza para entender a “mente de Deus” (RET3, p. 38).

### 3.2.3 Existência das entidades teóricas

Outro sentido produzido converge para o pressuposto metafísico do realismo científico, que descreve as entidades teóricas tanto observáveis, quanto inobserváveis como tendo existência ontológica, independentemente do conhecimento humano. Essa característica emergiu na análise de todas as reportagens do *corpus*. A concepção de que teorias científicas consensualmente aceitas descrevem objetos que estão no mundo, mesmo tratando-se de entidades teóricas inobserváveis, foi relacionada nas unidades em que conceitos como *partículas subatômicas*, *Big-Bang*, *energia escura* estão acompanhadas de alguma derivação da palavra “existência”. No caso particular do *Big-bang*, a suposta singularidade que teria originado o universo é descrito como um acontecimento factual e sem margem para dúvidas:

“Há cerca de 13,7 bilhões de anos, o Big Bang condenou os átomos a vagar eternamente pelo espaço, solitários, sem alianças” (RIET1, p. 80).

Van Fraassen (2006) critica o entendimento do realismo científico em relação às entidades inobserváveis. Segundo o autor, o fato de não se poder observar algo diretamente impossibilita a afirmação sobre sua existência. Em relação aos inobserváveis, as teorias não dizem como o mundo é, mas como ele pode ser. Uma das reportagens fez menção explícita à distinção entre entidades observáveis e inobserváveis e sobre a impossibilidade de observação direta:

“O bóson de Higgs não pode ser observado diretamente. O que se vê é um rastro deixado por ele na forma de partículas” (RVT2, p. 92).

Mas no contexto assinalado, isso não inviabiliza a afirmação de sua existência.

### 3.2.4 Verdade por correspondência

A análise também produziu um sentido relacionando às unidades ao pressuposto semântico do realismo científico, que orienta uma interpretação literal das teorias científicas. Assim, as entidades teóricas, além de existirem, são descritas pelas teorias científicas tal como realmente são.

Essa perspectiva assume que a verdade das teorias científicas depende do mundo como ele é de fato. O conceito de verdade implícito é o de *verdade por correspondência*, ou seja, aquele que afirma que a veracidade ou falsidade do enunciado é determinada por sua suposta correspondência com o mundo externo. Nesta unidade, por exemplo, infere-se um conceito de verdade por correspondência. O autor indica que, quando a linguagem usada é a corrente, essa verdade apenas aproxima-se da realidade:

“Tudo o que podemos fazer em linguagem corrente é tentar explicá-los por meio de metáforas e descrições que jamais corresponderão exatamente à realidade” (RET4, p. 42).

### 3.2.5 Inferência da melhor explicação

Por fim, o pressuposto epistemológico do realismo científico também foi inter-relacionado com os sentidos construídos. Refere-se às melhores teorias correntes como verdadeiras ou aproximadamente verdadeiras. Esse pressuposto está relacionado com a inferência da melhor explicação, pois quando há mais de uma teoria empiricamente equivalente, a posição realista infere que a verdadeira é a que constitui a melhor explicação do fenômeno. Algumas unidades foram relacionadas com a ideia realista de confluência entre verdade e melhor teoria:

“a representação mais bem acabada do mundo atômico” (RVT2, p. 88).

“A melhor resposta foi a formulação da ideia de que [...]” (RVT2, p. 88).

“A teoria que melhor descreve esses fenômenos é a Teoria Geral da Relatividade” (RET4, p. 47).

Van Fraassen também faz uma crítica desse aspecto do realismo científico. Segundo o autor (*apud* LADYMAN, 2002), entre as múltiplas possibilidades empiricamente equivalentes

de explicar-se um fenômeno, a probabilidade de a verdadeira estar incluída no leque das que estão sendo avaliadas é muito baixa. De maneira que, a inferência da melhor explicação pode levar apenas à escolha da melhor disponível em um grupo em que todas são falsas. No entanto, seu ataque não se refere à inferência em si, mas ao modo como é concebida pelos realistas. Para Van Fraassen (2007), a inferência da melhor explicação tem importância pragmática, ou seja, é concebida como indispensável para adquirir explicações razoáveis. No entanto, o que se acredita ser razoável depende de contextos pragmáticos, o que o leva a negar que tal procedimento conduza à verdade.

### 3.3 QUESTÕES SOCIOLOGICAS DA CIÊNCIA

Esse domínio refere-se a aspectos sociológicos da ciência. Elabora uma reflexão sobre a influência da ciência na sociedade e vice-versa. Ela foi dividida em seis categorias, todas emergidas *a posteriori*. Cada uma delas é apresentada a seguir.

#### 3.3.1 Meta da ciência

Essa categoria constitui uma reflexão sobre os objetivos da ciência. Inferiram-se das análises dois objetivos da ciência: o *aumento do conhecimento* e o *avanço tecnológico*.

A “meta da ciência pode ser entendida como a produção do conhecimento do mundo” (CHALMERS, 1994, p. 39). O aumento desse conhecimento, tal como construído na análise, caracteriza a ciência como um conhecimento em si, e que seu objetivo é ampliar, de modo essencial e profundo, o entendimento sobre o homem e o Universo. O conhecimento, nesse sentido, tem características de revelação da natureza e autoconhecimento humano.

“e ampliam os limites do conhecimento” (RET1, p. 80).

“que visam ampliar as fronteiras do conhecido, catapultando o pensamento para além do que sabemos” (RET3, p. 38).

No entanto, uma questão que foi explicitada pela análise das reportagens é a de *se o aumento do conhecimento em si justifica tantas despesas e tanto tempo necessário para seu desenvolvimento*. Entende-se que em algumas unidades parece haver uma preocupação em

legitimar tais investimentos com resultados mais concretos do que apenas conhecimento. Para isso, a ciência deve produzir avanços tecnológicos que tenham efeitos na vida cotidiana das pessoas. A ciência deve produzir melhorias na área de saúde e entretenimento, por exemplo, caso contrário não teria motivos para tanto investimento.

Tal concepção pode ser relacionada ao conceito de degradação simplificadora de Morin (2005). Segundo esse autor, o paradigma científico vigente trabalha com três faces de degradação: *a degradação tecnicista*, que vislumbra apenas a operacionalidade aplicável da teoria; *a degradação doutrinária*, que nega a possibilidade da teoria ser falsa; e *a degradação pop*, que lapida e elimina todas as dificuldades da teoria. Uma imagem de ciência que se justifique apenas por suas aplicações tecnológicas estaria relacionada com a primeira citada. Nas reportagens:

“Difícilmente, esse tipo de investigação terá implicações práticas imediatas no cotidiano. É o que acontece em geral com a física básica, voltada para a fronteira do conhecimento” (RET2, p. 34).

“Na época, ninguém sabia para que serviria” (RET2, p. 34).

“Mas prometem um futuro de aplicações tecnológicas, como materiais com propriedades quase mágicas, formas revolucionárias de energia ou tratamentos de saúde ainda impensados” (RET2, p. 35).

Complementando a compreensão de uma meta científica utilitarista, menciona-se o imperativo moral de Francis Bacon (LOSEE, 1979) de que o papel da ciência é o de prover para o homem o controle da natureza para seu benefício próprio. Tal concepção baconiana é relacionada na seguinte unidade:

“Com a invenção da máquina a vapor, a Inglaterra mergulhou na Revolução industrial. O desafio dos homens era desvendar os fenômenos naturais que pudessem ter utilidade prática” (RET5, p. 56).

### 3.3.2 Ciência na mídia

Na análise de algumas reportagens, foi levantada a questão sobre a maneira como a produção científica é divulgada pela imprensa. Primeiro, há uma dificuldade de comunicar ideias, conceitos e teorias da ciência, que são elaborados em uma linguagem específica e

especializada para um público leigo. A partir das próprias reportagens percebe-se essa preocupação.

“Este texto é apenas mais uma dessas tentativas, dentro dos limites da linguagem e da compreensão de um leigo, de reduzir a algo como 3 mil palavras o conhecimento” (RET4, p. 42).

Não poucas vezes, as imagens usadas pela mídia, que tratam o leitor como um consumidor, enfatizam aspectos que provoquem interesses instantâneos, por exemplo, através do recurso a jargões. Contudo, um efeito colateral dessas imagens é o de criar confusões e compreensões inadequadas do fazer científico. Um exemplo que decorre dos temas abordados pelo *corpus* é a denominação de *partícula de Deus*, dada à partícula de Higgs. Nas unidades seguintes, entende-se que há uma metacrítica em relação a como alguns temas são abordados pela imprensa.

“Portanto, quando a imprensa declara que foi descoberta a ‘partícula de Deus’, a confusão é mais que justificável” (RET3, p. 39).

“A expressão caiu no gosto popular e, na mesma proporção e intensidade, é odiada pelos cientistas” (RVT2, p. 88).

### 3.3.3 Influência social na ciência

Através da análise construiu-se um sentido de que a ciência é influenciada por diversos aspectos sociais. Como discutido no quadro teórico, pode-se distinguir a aceitação dessa influência em duas linhas: uma que admite influência na parte cognitiva da teoria, outra não. De modo geral, a análise das reportagens descreve que há diversas influências sociais na ciência, mas que elas não afetam o conteúdo cognitivo das teorias.

Assim, há questões políticas e econômicas que constituem o empreendimento científico. As pesquisas dependem de recursos e, como consequência, dependem de políticas de financiamento:

“Quais as consequências das descobertas? A mais imediata é política. Trata-se do argumento de que os físicos precisavam justificar o investimento de US\$ 10 bilhões na construção do LHC” (RET2, p. 34).

“os pesquisadores já acenam com a necessidade e investimentos ainda mais vultuosos para continuar desvendando o cosmo” (RET2, p. 34).

“Para detectar as partículas, os físicos dependem da operação de máquinas descomunais, caríssimas e ultrassofisticadas: os aceleradores de partículas” (RET4, p. 42).

Contudo, em algumas unidades em particular, permite interpretar que a crença dos cientistas desempenha um papel na formulação de hipóteses. Como já foi mencionado no contexto da descoberta:

“Alguns físicos acreditam que a gravidade seja transmitida por um bóson hipotético, que não faz parte do Modelo Padrão, conhecido como gráviton” (RET4, p. 46).

### **3.3.4 A imagem do cientista**

Uma imagem das características pessoais dos cientistas também emergiu da análise das reportagens. De modo geral, emerge da análise um cientista estereotipado, ou seja, com personalidade, habilidades e hábitos encaixados num padrão bastante próximo daquele do imaginário popular. Ao detalhar essa imagem, percebe-se imediatamente que a atividade científica é tratada como uma prática transcendental:

“Devotar toda uma vida à exploração de mistérios é, de certa forma, um ato de devoção espiritual, uma entrega a algo maior, algo que nos transcende e que tanto queremos entender” (RET3, p. 38).

A atividade científica concebida dessa maneira, constituída por devoção e compreensões profundas, alimenta uma imagem-chavão de cientista, pois causa a impressão enganadora de que apenas tipos específicos de personalidade são capazes de realizá-la. Um dos aspectos dessa imagem vincula o cientista a uma concepção ingênua de genialidade, algo como um dom divino inquestionável:

“Nas salas de aula, os professores de ciência ensinam que Albert Einstein e Charles Darwin são gênios incontestáveis” (RIET2, p. 100).

A genialidade na leitura dos textos tem um caráter supremo que coloca os demais humanos na sombra de suas magníficas ideias: “[...] feitos intelectuais assombrosos dos maiores gênios da humanidade” (RET4, p. 40).

Essa concepção de gênio parece implicar um *status* de autoridade intelectual por parte do cientista, que surge em unidades como estas:

“Veio a público afirmar que está errada a interpretação dos movimentos celestes usada pela astrologia” (RVT1, p. 85).

“[...] tentou berrar para as multidões em êxtase com seus astrólogos o fato cientificamente incontestável de que o céu da astrologia está errado” (RVT1, p. 85).

Na análise, a personalidade do cientista, essa pessoa vinculada a uma prática transcendente, com genialidade e com autoridade, é descrita como teimosa, arrogante e um tanto louca.

“o fato de algumas dessas mentes brilhantes serem cabeças-duras na hora de admitir os erros” (RIET2, p. 101).

“físico que, aos berros, mandou parar a projeção do filme *Guerra nas Estrelas*” (RVT1, p. 85).

“Exigem conhecimento profundo de matemática, sólida formação em física de ponta e até mesmo certa dose de loucura” (RET1, p. 82).

Além disso, em uma unidade em particular foi mencionada a rixa entre físicos teóricos e experimentais: “Os físicos teóricos tendem a menosprezar os físicos experimentais, mas precisam deles” (RVT2, p. 92).

### **3.3.5 Disputa religião e ciência**

Outra categoria que emergiu da análise dos textos foi uma demarcação e uma disputa entre ciência e religião:

“os cientistas cutucam os místicos que querem disputar com eles o coração e a mente das pessoas: demarcar espaço” (RVT1, p. 85).

Interpreta-se em algumas passagens que a ciência tem sofrido um questionamento de sua credibilidade:

“Ela ocorre em um momento em que correntes políticas e religiosas têm questionado o discurso científico. Vários líderes religiosos não aceitam a descrição científica para a criação do Universo” (RET2, p. 37).

As limitações da ciência são descritas como o fator desencadeador predominante na desconfiança referida. Mesmo considerando suas aplicações tecnológicas, a ciência, nessa visão, deixa a desejar em questões essenciais da natureza.

“a confiança na ciência caiu 25% entre os conservadores americanos nos últimos 40 anos. Argumentando que a ciência tem limites, grupos americanos criticam a Teoria da Evolução de Darwin (1809-1882) e adotada desde então para fins genéticos e agricultura” (RET2, p. 37).

Esse questionamento vem crescendo com a inserção do conceito de incerteza na ciência. Em algumas áreas a falta de previsibilidade compromete a credibilidade:

“muitos também duvidam da capacidade científica de entender e prever algo tão complexo quanto o clima. [...] ‘Há evidências de que a corrosão na atitude pública em relação à ciência do clima se espalhou para outras áreas da ciência’” (RET2, p. 37).

E quando há uma corroboração prevista, há um aumento de sua credibilidade científica:

“A descoberta do bóson de Higgs, coerente com a teoria do Big Bang, aumenta a credibilidade dos cosmólogos em explicar nossas origens” (RET2, p. 37).

Essa disputa ganha um caráter político/religioso. Em uma das reportagens foi mencionado sua implicação na educação:

“o deputado americano Rick Brattin defendeu o ensino da criação divina nas escolas” (RET2, p. 37).

### 3.3.6 Superioridade da ciência

Apesar da problematização dos limites da ciência e os conflitos com outras áreas, emerge da análise de algumas unidades uma compreensão de ciência como uma linguagem superior em relação às demais, e que, por isso, pode restringir o papel da religião:

“Para alguns, o avanço da ciência pode reduzir o espaço da fé” (RET2, p. 37).

Alguns cientistas convencidos da supremacia científica tentam inibir as outras linguagens:

“Kunkle quis demonstrar pela enésima vez que a astrologia é uma crença sem base científica, amparada em premissas absurdas e cálculos equivocados” (RVT1, p.85).

Ao mesmo tempo em que é assumida a supremacia da ciência, parece surgir, concomitantemente, a necessidade de legitimar, de forma alternativa, a adesão religiosa e sua existência em uma sociedade científica. Na perspectiva da análise das reportagens, a religião teria um papel de conforto, de ordem psicológica.

“O psiquiatra [...] observa que a sedução pela astrologia é análoga àquela que torna a fé religiosa inquebrantável mesmo em face dos extraordinários avanços da ciência na explicação dos fenômenos naturais [...] ‘Acreditar no divino, mágico é optar por uma zona de conforto’ ” (RVT1, p. 90).

“É assim que o astrólogo sobrevive no meio da ciência” (RVT1, p. 90).

“Ajudou também a confortar os feridos” (RVT1).

Já em outra passagem, a leitura é a de que essa disputa é dispensável, já que ambas são necessárias para uma visão complementar do universo.

“Ciência e religião são duas janelas pelas quais as pessoas olham para compreender o grande universo. Nenhuma dessas visões é completa. Ambas merecem respeito”  
(RET2, p.37)

## 4 IMPLICAÇÕES EDUCACIONAIS DAS CONCEPÇÕES EPISTEMOLÓGICAS LEVANTADAS NESSA PESQUISA

Este capítulo constitui a segunda etapa da pesquisa; a reflexão sobre as implicações educacionais das categorias surgidas na análise textual discursiva das reportagens escolhidas. Para esse propósito, faz-se, primeiro, uma contextualização de significados em que o termo “educação” é empregado.

### 4.1 EDUCAÇÃO CIENTÍFICA

*Educação* é um conceito com múltiplos sentidos. Em meio a essa polissemia, nesta pesquisa, entende-se *educação* como o processo de desenvolvimento das capacidades humanas, visando a uma integração entre indivíduo e sociedade (FERREIRA, 1999). Esse processo é concebido em seu sentido integral, envolvendo a formação social, moral, intelectual, cultural – dentre outros – do indivíduo e da sociedade.

Dentre as possibilidades de processos educativos, enfatizam-se aqui os que envolvem o conhecimento científico. Mais especificamente, a avaliação das implicações educacionais faz referência ao conceito de *educação científica*, cuja concepção detalha-se a seguir.

A ciência com as características que lhe são atribuídas, hoje, teve sua gênese cultural no século XVII na Europa, mas entrou no currículo escolar apenas no século XIX, tanto em seu continente de origem, quanto nos Estados Unidos. No Brasil, isso aconteceu mais tarde, na década de 30, quando até então o currículo era baseado, predominantemente, na tradição literária jesuíta (SANTOS W.L.P., 2007).

Desde sua institucionalização, até os dias atuais, o conceito de educação científica vem ganhando diversos sentidos, e sua função muda conforme o contexto histórico. Na década de 50, nos Estados Unidos, por exemplo, o cenário político era o da Guerra Fria. Isso influenciou uma educação científica com objetivos de desenvolver o espírito científico nos estudantes, mediante uma vivência do método científico (SANTOS WLP, 2007). Essa ênfase mudou, consideravelmente, no final dos anos 70 e começo dos anos 80, quando uma inter-relação entre ciência, tecnologia e sociedade passa a ser destacada. São os chamados currículos CTS.

A educação científica envolve o interesse de diversos grupos sociais, e os objetivos que lhe são atribuídos variam conforme o contexto. Há diversos tipos de argumentos para justificar a educação científica na sociedade. Wildson Santos (2007), baseando-se em

Millar<sup>31</sup>, os agrupa em cinco categorias: (a) *argumento econômico*, que conecta o nível de conhecimento público da ciência com o desenvolvimento econômico do país; (b) *utilitário*, que justifica o letramento por razões práticas e úteis; (c) *democrático*, que ajuda os cidadãos a participar das discussões, do debate e da tomada de decisão sobre questões científicas; (d) *social*, que vincula a ciência à cultura, fazendo com que as pessoas fiquem mais simpáticas à ciência e à tecnologia; e (e) *cultural*, que tem como meta fornecer aos alunos o conhecimento científico como produto cultural (SANTOS WLP, 2007).

Dentre os diferentes sentidos atribuídos à educação científica, Norris e Phillips (2003) fazem uma revisão, destacando os seguintes:

(a) conhecimento do conteúdo substantivo da ciência e habilidade de distinguir a ciência da não ciência; (b) compreensão da ciência e de suas aplicações; (c) conhecimento do que conta como ciência; (d) independência na aprendizagem da ciência; (e) habilidade para pensar cientificamente; (f) habilidade de usar conhecimento científico na solução de problemas; (g) Conhecimento necessário para participação inteligente em questões sociais baseadas na ciência; (h) compreensão da natureza da ciência, incluindo as suas relações com a cultura; (i) apreciação do conforto da ciência, incluindo admiração e curiosidade por ela; (j) conhecimento dos riscos e benefícios da ciência; e (k) habilidade para pensar criticamente sobre ciência e lidar com especialistas<sup>32</sup>. (NORRIS, 2003, p. 225).

Esses significados podem ser distinguidos em duas categorias complementares da função da educação científica (SANTOS, W.L.P., 2007), uma relacionada ao conhecimento científico em si e outra à compreensão de seus aspectos sociais, culturais e filosóficos. Nesta pesquisa, concebe-se que ambas as funções são necessárias para uma educação científica integral. De modo que, a educação não se refere apenas à manipulação lógico-formal de algumas estruturas das teorias científicas, mas, juntamente com isso, à construção de significados conceituais, à consciência epistemológica e à capacidade de a inter-relacionar com âmbitos sociais, políticos e ambientais.

Os fatores que envolvem tanto a educação quanto a educação científica são

<sup>31</sup> MILLAR, Robin. Towards a science curriculum for public understanding. *School Science Review*, v. 77, n. 280, p. 7-18, 1996.

<sup>32</sup> Tradução nossa. Texto original: (a) Knowledge of the substantive content of science and the ability to distinguish science from nonscience (CMEC, 1997; Mayer, 1997; NRC, 1996; Shortland, 1988); (b) Understanding science and its applications (DeBoer, 2000; Eisenhart, Finkel & Marion, 1996; Hurd, 1998; Shen, 1975; Shortland, 1988); (c) Knowledge of what counts as science (DeBoer, 2000; Hurd, 1998; Kyle, 1995a, 1995b; Lee, 1997); (d) Independence in learning science (Sutman, 1996); (e) Ability to think scientifically (DeBoer, 2000); (f) Ability to use scientific knowledge in problem solving (AAAS, 1989, 1993; NRC, 1996); (g) Knowledge needed for intelligent participation in science-based social issues (CMEC, 1997; Millar & Osborne, 1998; NRC, 1996); (h) Understanding the nature of science, including its relationships with culture (DeBoer, 2000; Hanrahan, 1999; Norman, 1998); (i) Appreciation of and comfort with science, including its wonder and curiosity (CMEC, 1997; Millar & Osborne, 1998; Shamos, 1995; Shen, 1975); (j) Knowledge of the risks and benefits of science (Shamos, 1995); or (k) Ability to think critically about science and to deal with scientific expertise (Korpan et al., 1997; Shamos, 1995).

concebidos, neste estudo, como complexos; sendo assim, análises reducionistas são inadequadas para sua compreensão. No entanto, visando à finalidade metodológica, distinguem-se dois domínios responsáveis pela formação da educação científica de um indivíduo: o *domínio das experiências curriculares* e o *domínio das imagens públicas*.

O *domínio das experiências curriculares* refere-se ao contexto de educação científica formal, ou seja, à compreensão científica de que o indivíduo constrói a partir do ensino de ciências que lhe é oferecido em instituições educacionais, como a escola e a universidade.

O *domínio das imagens públicas* alude ao contexto da educação científica informal e é concebido como a compreensão científica produzida por qualquer discurso que envolva referências à ciência, excluídos os discursos formais citados anteriormente. Dentro das inúmeras possibilidades de gêneros que compõem esse domínio, aqui se enfatiza o discurso científico veiculado pela mídia. Por mídia, entende-se o conjunto de meios de comunicação, que inclui diversos tipos de suportes de difusão de informação como televisão, rádios, revistas, jornais, internet etc. Dentre esse leque de possibilidades midiáticas, esta investigação voltou-se à mídia impressa (que envolve suportes físicos de impressão).

#### 4.2 CONCEPÇÃO DE CIÊNCIA NO ENSINO

Muitos autores atribuem à epistemologia uma função primordial na educação científica. De modo geral, é enfatizada a necessidade de introduzir aspectos da filosofia da ciência no currículo de ciências. Algumas posições sobre o papel da epistemologia no ensino são brevemente mencionadas a seguir.

Adúriz-Bravo et al. (2002) distinguem três finalidades da epistemologia no ensino: cultural, específica e instrumental. A primeira visa à cultura científica, atribuindo à filosofia da ciência um valor equivalente ao dos próprios conteúdos científicos. Segundo os autores, o conhecimento do papel da ciência na história da humanidade tem valor superior ao do conhecimento científico de caráter acumulativo e enciclopédico. Objetiva-se que a reflexão filosófica exerça funções democráticas e morais na ciência, interferindo nas decisões científicas através de uma posição crítica em relação ao desenvolvimento científico.

A segunda enfatiza a função que a epistemologia tem como reflexão teórica da ciência, que complementa e potencializa os conteúdos científicos. Isso ajuda – segundo os autores – na construção de uma ciência mais completa e menos dogmática. Também objetiva a participação ativa de não cientistas em decisões científicas. Pode-se destacar, por exemplo, a ideia de como a opinião do cidadão comum pode influir em decisões relacionadas à

construção de usinas de geração de energia, à implantação de políticas de preservação ambiental etc.

A terceira, sua função instrumental, refere-se à sua inserção no processo de ensino e de aprendizagem. Muitos autores, entre eles Mathews (1995), afirmam que ela contribui na compreensão dos conteúdos científicos:

A história, a filosofia e a sociologia da ciência não têm todas as respostas para essa crise, porém possuem algumas delas: podem humanizar as ciências e aproximá-las dos interesses pessoais, éticos, culturais e políticos da comunidade; podem tornar as aulas de ciências mais desafiadoras e reflexivas, permitindo, deste modo, o desenvolvimento do pensamento crítico; podem contribuir para um entendimento mais integral de matéria científica, isto é, podem contribuir para a superação do mar de falta de significação que se diz ter inundado as salas de aula de ciências, onde fórmulas e equações são recitadas sem que muitos cheguem a saber o que significam; podem melhorar a formação do professor auxiliando o desenvolvimento de uma epistemologia da ciência mais rica e mais autêntica, ou seja, de uma maior compreensão da estrutura das ciências bem como do espaço que ocupam no sistema intelectual das coisas. (1995, p. 164)

Paviani (2005) ressalta que há uma relação fundamental entre as concepções de ciência e ensino que ajuda a elucidar a situação pedagógica atual. Segundo sua avaliação, o conceito de *ciência normal* de Kuhn, mesmo sendo uma definição com pouco rigor lógico e filosófico, tem validade sociológica reconhecida e grande correspondência com práticas em sala de aula. Sendo a ciência normal o período de investigação praticado sob o domínio de compartilhamento de um mesmo paradigma, com pouco ou nenhum questionamento, sua correspondência no ensino implicaria em uma situação pedagógica de compartilhamento de conhecimentos fixos e consagrados. O pensamento crítico não encontra espaço, produzindo um ambiente propício ao espírito doutrinário.

Assim como no conceito de *exemplar* (KUHN, 2003), os livros didáticos e a fala dos professores são baseadas em exemplos bem sucedidos da descrição científica de um paradigma, o que pode servir como obstáculo de aprendizagem, segundo Paviani. Nessa perspectiva, a concepção de ciência acabada produz uma prática de ensino na qual, metaforicamente, conhecimentos são "embalados", de modo a poderem ser imediatamente "adquiridos" pelo "consumidor", o estudante. Já uma concepção de ciência como um sistema não dogmático, sujeito a questionamento constante e aberto à reformulação de crenças, produz um ensino que propicia a descoberta de modos alternativos de interação com a realidade.

### 4.3 CIÊNCIA NA MÍDIA

O *domínio das imagens populares* é constituído de diversos gêneros do discurso da ciência. Aqui, interessam particularmente os constituídos pela mídia e que são direcionados a um público não especializado, com o intuito de generalizar o contato da sociedade com a ciência. O discurso científico com essas particularidades é chamado de *popularização da ciência* (JURDANT, 2006). Sendo assim, enfatizam-se aqui textos sobre ciência, produzidos por cientistas ou jornalistas, em revistas, jornais, redes de TV, sites de internet, livros.

Segundo Motta-Roth e Marcuzzo (2010), até os meados da década de 1990, a mídia fazia uma divulgação reducionista de ciência, no sentido de fazer uma simplificação grosseira e distorcida da mesma. Tinha duas finalidades que envolviam interesses políticos de autoridades científicas: produzir um discernimento entre *ciência pura* de *ciência popular*; e determinar que tipo de simplificação era adequada para o público leigo. Entretanto, mais recentemente, o discurso sobre ciência na mídia tem sofrido influência da sociologia da ciência, o que tem levado a uma participação mais ativa de outras vozes – políticos, jornalistas, historiadores e sociólogos da ciência e o público – no discurso de popularização da ciência, ao invés de atender o interesse exclusivo dos cientistas.

Assim, o processo de popularização da ciência apresenta, atualmente, as funções básicas de informar, explicar e avaliar (MOTTA-ROTH; MARCUZZO, 2010). De forma que a popularização da ciência envolve:

- 1) o dever dos meios de comunicação (mais e menos acadêmicos) de informar a sociedade sobre o avanço do conhecimento;
- 2) a responsabilidade do mediador (seja jornalista ou autor de livros) em explicar princípios e conceitos para que a sociedade avance na transformação conjunta do conhecimento; e
- 3) a necessidade de a sociedade entender a relevância da pesquisa para que continue financiando a empreitada científica. (MOTTA-ROTH; MARCUZZO, 2010, p. 512)

A seguir, apresenta-se uma avaliação das concepções epistemológicas surgidas na análise das reportagens escolhidas. Para tanto, procede-se de duas maneiras. Num primeiro momento, faz-se uma avaliação por contraste, comparando-a com as concepções epistemológicas do âmbito do ensino de ciências; e, em segundo lugar, expõe-se uma revisão das pesquisas nessa área. Depois, mostra-se uma avaliação interna das implicações das concepções epistemológicas das reportagens no âmbito da educação científica.

#### 4.4 AVALIAÇÃO COMPARATIVA: CONCEPÇÕES EPISTEMOLÓGICAS NO ENSINO DE CIÊNCIAS E NAS REVISTAS ANALISADAS

As concepções epistemológicas implícitas no âmbito do ensino de ciências variam de acordo com a situação pedagógica avaliada. Aqui, essas concepções serão representadas por uma revisão de pesquisas realizadas com currículos de ciência, professores e livros didáticos.

##### 4.4.1 Concepções epistemológicas do currículo de ciências

Segundo Hodson (1985), quando aspectos filosóficos da ciência são deixados de lado em favor de seus aspectos cognitivos, de modo exclusivo, a imagem de ciência vai sendo constituída implicitamente. Assim, ressalta que, se o papel do ensino de ciência é produzir concepções adequadas da natureza da ciência, a epistemologia tem uma função fundamental na reformulação do currículo dessa disciplina.

O autor afirma que o currículo de ciências apresenta as seguintes concepções epistemológicas:

1. A ciência dá acesso às verdades factuais sobre o mundo através da observação imparcial.
2. O conhecimento científico é derivado diretamente a partir da observação dos fenômenos.
3. A ciência testa racionalmente suas proposições por meio de procedimentos experimentais objetivos e confiáveis.
4. A ciência é uma atividade neutra não influenciada por fatores sócio-históricos e econômicos, produzindo conhecimento livre de valores.<sup>33</sup> (HODSON, 1985, p. 27)

Algumas implicações desse tipo de currículo mencionadas pelo autor envolvem:

- uma visão do fazer científico desvinculada de qualquer aspecto pessoal, que afasta os jovens estudantes, especialmente as meninas;
- uma visão de ciência como verdade necessária e absoluta, que promove intolerância para com outras opiniões<sup>34</sup>.

<sup>33</sup> Tradução nossa. Texto original:

“1. Science gives access to factual truths about the world through detached observation.

2. Scientific knowledge is derived directly from the observation of phenomena.

3. Science rationally tests its propositions by means of objective and reliable experimental procedures.

4. Science is a neutral activity untainted by socio-historical and economic factors, producing value-free knowledge”.

<sup>34</sup> O termo usado por Hodson é “ ‘deviant’ opinion” (opinião ‘depravada’).

#### 4.4.2 Concepções epistemológicas de professores de ciência

As duas linhas de pesquisa em educação predominantes na área da epistemologia são as que se referem às concepções de ciência dos professores e à relação dessas com sua didática. Segundo uma revisão de Harres (1999), os principais resultados das pesquisas de concepções epistemológicas dos professores de ciência – ou concepções naturais de ciência (CNC) como ele se refere – apontam que, em sua maioria, os docentes, independentemente do nível de atuação, possuem uma visão próxima ao empirismo - indutivismo. E uma minoria dos professores manifesta uma visão menos absolutista e mais diversificada de ciência.

Harres destaca três importantes revisões sobre as concepções epistemológicas dos professores de ciência. Ledermann<sup>35</sup>, em 1992, faz vasta revisão histórica dessa área de pesquisa e analisa as relações entre as concepções dos professores e suas práticas de ensino. Outra é a revisão de Koulaïdis e Ogborn<sup>36</sup>, de 1995, que avaliam o rigor dos pressupostos filosóficos das pesquisas. Por fim, em 1998, Porlán e Rivero<sup>37</sup> fazem uma revisão enfatizando as metodologias de investigação.

Harres conclui, a partir dessa revisão, que:

professores de ciências (independente do nível de atuação e do tipo de instrumento utilizado para investigá-los) possuem, em geral, CNC inadequadas, próximas a uma visão empírico-indutivista;  
 - minoritariamente, especialmente quando a pesquisa propicia, podem-se encontrar concepções próximas a uma visão mais contextualizada e menos absolutista da ciência, embora distinta para diferentes aspectos;  
 - estratégias para mudança de CNC inadequadas podem ter sucesso se dedicarem atenção especial à história da ciência ou à sua natureza;  
 - tendências homogenizadoras de formação podem explicar que variáveis acadêmicas e de experiência não se relacionam com o nível das CNC dos professores. (1999, p. 201)

Segundo Mellado (1996) as pesquisas sobre a relação entre as concepções científicas dos professores e suas práticas em sala de aula não apresentam uma concordância de resultados. Algumas pesquisas apontam uma correlação entre concepções e conduta, outras não.

<sup>35</sup> LEDERMANN, N.G. (1992). Student's and teacher's conceptions of the nature of science: a review of the research. *Journal of Research in Science Teaching*, 29(4):331-359.

<sup>36</sup> KOULALIDIS, V. & OGBORN, J. (1995). Science teachers philosophical assumptions: how we do we understand them? *International Journal of Science Education*, 17(3):273-283.

<sup>37</sup> PORLÁN, R. & RIVERO, A. (1998). *El conocimiento de los profesores: una propuesta en el área de ciencias*. Sevilla: Díada.

Uma das pesquisas que apontam essa correspondência, citada na revisão de Harres (1999), é a de Hashweh<sup>38</sup> que diz,

professores que apresentam concepções epistemológicas construtivistas a respeito do ensino, da aprendizagem e do conhecimento (científico), se comparados com professores com concepções epistemológicas empiristas, são mais sensíveis à existência das concepções alternativas dos estudantes. E mais, estes professores possuem um repertório maior de estratégias de ensino, são mais eficientes em promover mudança conceitual e valoram mais estas estratégias. (HARRES, 1999, p. 202)

Esse resultado, no entanto, não é corroborado por outras pesquisas. Na mesma revisão, é citada a conclusão de Mellado sobre a dificuldade de se fazer generalizações nesse sentido, já que a amostra de professores de uma de suas pesquisas aponta que professores positivistas em relação à ciência são mais construtivistas em estratégias de sala de aula.

Harres cita também a pesquisa de Porlán e Rivero na qual se distinguem quatro categorias de crenças pedagógicas e científicas: *imagem da ciência, modelo didático pessoal, teoria subjetiva de aprendizagem e enfoque curricular*. Porlán e Rivero (*apud* HARRES, 1999) ressaltam que os resultados predominantes entre os professores são:

- uma concepção empirista da ciência;
- uma concepção tradicional do ensino;
- uma teoria de aprendizagem por apropriação formal de significados; e
- quanto ao currículo, uma concepção academicista dos conteúdos, uma visão indutiva e/ou transmissiva da metodologia e um entendimento da avaliação como uma medida de aprendizagens mecânicas. (HARRES, 1999, p. 204)

Uma das conclusões gerais de Harres a respeito das pesquisas por ele revisadas é a de que um conhecimento escolar adequado à educação está intimamente relacionado com as concepções científicas e pedagógicas dos professores e essas com sua prática em sala de aula. E a visão epistemológica de uma ciência definitiva e verdadeira deve ser combatida. Para tanto, ele propõe que as concepções devam ser amplamente discutidas e refletidas na formação inicial e continuada dos professores. Defende, assim, a implementação de disciplinas de História e Epistemologia nos currículos, sem, contudo, desvincular o debate acadêmico da prática no ensino.

#### 4.4.3 Concepções epistemológicas de livros didáticos de ciência

Os livros didáticos desempenham um papel central no ensino de ciências. Os professores tendem a usá-lo como material didático quase exclusivo. Segundo Moreira

---

<sup>38</sup> HASHWEH, M.Z. (1996). Effects of science teacher's epistemological beliefs in teaching. *Journal of Research in Science Teaching*, 33(1):47-63.

(2006), o livro de texto “simboliza aquela autoridade da qual ‘emana’ o conhecimento” (p. 20). Pouco ou nenhum questionamento é dirigido a seu conteúdo. Conforme Kuhn (2003), os livros didáticos são manuais com exemplos bem sucedidos de um paradigma, usados para educar o estudante de ciência a resolver problemas e perceber fenômenos a partir dessa linguagem.

Esses livros, geralmente, apresentam um conhecimento científico acabado, pronto para ser aprendido pelo estudante. Eliminando todas as dificuldades e problemas das teorias, pode-se entendê-los como fazendo uma degradação *pop* no sentido de Morin (2005). Ou seja, o livro omite o processo científico, lapidando e eliminando todas as dificuldades e obscuridades da elaboração de uma teoria.

Harres (2000), citando Cawthron e Rowell<sup>39</sup>, relata que as concepções epistemológicas de ciência nos livros-texto apresentam tais características:

- enfatizam as descobertas dos cientistas, separando as teorias das observações;
- defendem que o conhecimento é obtido como exaustivas observações, relegando a criatividade a um segundo plano;
- desconsideram o contexto sociopsicológico, passando uma imagem de ciência apartada de agentes humanos (HARRES, 2000, p. 56).

Silveira (1992) cita frases de alguns dos principais livros didáticos usados no ensino superior enfatizando sua concepção indutivista:

Tudo o que sabemos a respeito do mundo físico e sobre os princípios que governam o seu comportamento foi aprendido de observações dos fenômenos da natureza. (SEARS et al. *apud* SILVEIRA, 1992, p. 36).

As leis da Física são generalizações de observações e de resultados experimentais (TIPLER *apud* SILVEIRA, 1992, p. 36).

A Física, como ciência natural, parte de dados experimentais [...] através de um processo indutivo, formular leis fenomenológicas, ou seja, obtidas diretamente dos fenômenos observados (NUSSENZVEIG *apud* SILVEIRA, 1992, p. 36).

#### 4.4.4 Concepções epistemológicas das revistas analisadas

Algumas das concepções epistemológicas predominantes que emergiram da análise textual discursiva das reportagens selecionadas podem ser resumidas da seguinte maneira:

---

<sup>39</sup> CAWTHON, E. R.; ROWELL, J. A. Epistemology and science education. *Studies in Science Education*, n. 5, p. 31-59, 1978.

- A descoberta científica ocorre em um contexto heurístico que orienta a atividade dos cientistas. No entanto, imaginação, intuição, criatividade e questões metafísicas fazem parte do processo de elaboração de hipóteses e teorias científicas. A descoberta não deriva exclusivamente de observações metódicas e exaustivas, apesar de fazerem parte do processo de descoberta.
- As teorias científicas diferenciam-se das não científicas por apresentarem elementos falsificáveis em sua estrutura.
- A validação de teorias científicas é feita por corroboração experimental.
- A ciência progride através de rupturas epistemológicas, sempre aumentando sua correspondência com a verdade.
- As entidades – observáveis e inobserváveis – tratadas pelas teorias aceitas têm existência independente do conhecimento humano; e as teorias que as descrevem são verdadeiras ou aproximadamente verdadeiras.
- Aspectos psicossociológicos influem na ciência, mas não afetam a estrutura cognitiva das teorias.
- A ciência tem implicações sociais, tecnológicas e políticas.

#### 4.5 CONTRASTE ENTRE O DOMÍNIO DAS EXPERIÊNCIAS CURRICULARES E AS IMAGENS PÚBLICAS

Comparam-se, neste item, as concepções epistemológicas produzidas pela análise das revistas (representando um pequeno fragmento do domínio das imagens públicas) com as do currículo, professores e livros (representando um fragmento das experiências curriculares) tal como descrita pela revisão da literatura da área aqui feita.

De modo geral, o domínio da educação científica formal (currículo de ciência, professores e livros) aproxima-se da posição positivista. Já as concepções de ciência produzidas na análise das revistas apresentam características ligeiramente distintas das geradas pela revisão acima. Não se pôde estabelecer uma vertente epistemológica única na análise, e sequer o objetivo era apresentar tal generalização. Contudo, pode-se dizer que as concepções epistemológicas das revistas apresentam elementos que superam a posição positivista. Por exemplo, algumas descrições da análise aproximam-se ao *racionalismo crítico* de Popper e Lakatos, enquanto outras, a elementos da teoria de Kuhn. Ambas vertentes contextualizam-se no debate epistemológico como oposições declaradas às concepções positivistas.

Outra diferença a ser ressaltada diz respeito às questões de representação, cuja preocupação – conforme a definição desta pesquisa – é compreender a relação entre o conhecimento científico e a realidade externa. Nas revistas, essa resposta acerca-se da visão do *realismo científico*. Para os positivistas, no entanto, a questão em si é considerada sem significado, pois a indagação de se a descrição corresponde ou não ao mundo independentemente do conhecimento humano não é verificável, portanto, destituída de sentido para os positivistas.

Algumas das diferenças mais significativas estão representadas no quadro abaixo:

|                              | <b>ENSINO</b>   | <b>REVISTAS</b>   |
|------------------------------|---|---|
| <b>DESCOBERTA</b>            | Observação lúcida, neutra e repetida                            | Heurística<br>Imaginação, intuição, criatividade e crenças metafísicas podem fazer parte do processo. |
| <b>JUSTIFICAÇÃO</b>          | Verificação   | Falsificação  |
| <b>PROGRESSO</b>             | Linear/ acumulativo   | Rupturas/teleológico  |
| <b>REPRESENTAÇÃO</b>         | Fiel à natureza   | Realista: modelos aproximadamente verdadeiros   |
| <b>ASPECTOS SOCIOLÓGICOS</b> | Ciência neutra, livre de crenças, sem preconceitos e apolítica. | Influi e é influenciada por questões sociais, políticas, metafísicas, morais e éticas.                |

Quadro comparativo:  
concepções epistemológicas no ensino de ciências e nas revistas analisadas.

Considerando como inadequadas para o ensino as posições predominantemente positivistas e com caráter indutivista muito forte, entende-se que a concepção científica da amostra analisada corresponde a um avanço do ponto de vista epistemológico.

#### 4.6 IMPLICAÇÕES NO ÂMBITO EDUCACIONAL

Feita uma primeira avaliação comparativa entre os domínios das experiências curriculares e o domínio das imagens públicas, agora parte-se para uma reflexão sobre as implicações que as concepções epistemológicas emergidas na análise das revistas no âmbito da educação científica e, de modo particular, no âmbito do ensino de ciências.

#### 4.6.1 Implicações no domínio das questões do método científico

Esse domínio é constituído em três categorias: Contexto da descoberta, Contexto da justificação e Progresso científico, a partir das quais é feita, a seguir, uma reflexão sobre as suas implicações educacionais.

##### 4.6.1.1 Contexto da descoberta e justificação<sup>40</sup>

Os contextos da descoberta e da justificação vindos à tona na análise das reportagens apresentaram algumas concepções próximas ao racionalismo crítico de Popper. Essa visão de ciência relativiza o papel hegemônico da observação e da indução no contexto da descoberta e introduz elementos como imaginação, criatividade, intuição e crenças metafísicas. Já no contexto da justificação, o falseacionismo apresenta-se como a impossibilidade de atribuir-se verdade definitiva ao conhecimento científico, pois as teorias são testadas, refutadas e substituídas ao longo da história científica. Esses resultados implicam em uma visão de ciência como uma atividade humana mediada por critérios racionais.

história da ciência, como a história de todas as ideias humanas, é feita de sonhos irresponsáveis, de erros e de obstinação. Mas a ciência é uma das poucas atividades humanas – talvez a única - em que os erros são criticados sistematicamente (e com frequência corrigidos). Por isso podemos dizer que, no campo da ciência, aprendemos muitas vezes com nossos erros; por isso podemos falar com clareza e sensatez sobre o *progresso científico* (POPPER, 1982, p. 242).

Entre as implicações do *racionalismo crítico* no ensino de ciências presente na literatura<sup>41</sup>, destaca-se, conforme Ruffato (2009, p. 288), a possibilidade de “um exercício do debate racional e o combate ao dogmatismo”.

O enfoque dado por Popper ao estabelecimento de critérios racionais de escolha entre teorias concorrentes, em busca de uma superação dos erros anteriores, quando apresentado em contextos educacionais, podem valorizar o debate livre e racional de ideias na busca de melhores explicações e não uma mera aceitação das estabelecidas tradicionalmente.

<sup>40</sup> Por apresentarem implicações semelhantes, o contexto da descoberta e da justificação foram avaliados em confluência.

<sup>41</sup> Uma outra implicação da filosofia de Popper recorrente na literatura é a mudança conceitual. Trata-se de um aprofundamento da visão construtivista de conhecimento, voltada para a inter-relação do conhecimento prévio do estudante e do conhecimento que se almeja que ele construa. Suspende-se o enfoque nessa questão neste momento para ser retomada a seguir, nas implicações da visão de Lakatos para o progresso, cuja avaliação é semelhante.

Isso poderia fazer parte da formação dos estudantes no que diz respeito às regras de debate, de discussão crítica, de processos argumentativos, em que se espera (segundo a tradição de pensamento ocidental enfatizada por Popper) uma ‘aproximação da verdade’, no sentido de uma definição pelas ideias com maior poder de convencimento em razão de sua capacidade explicativa (RUFATTO, 2009, p. 288).

Assim, as ideias científicas não seriam admitidas de forma dogmática, pois elas sempre estão sujeitas a críticas e modificações.

#### 4.6.1.2 *Progresso científico*

A concepção de progresso predominante na análise das reportagens aproxima-se da descrição feita pela *metodologia dos programas de pesquisa* de Lakatos. Assim, o progresso ocorre de modo teleológico, sempre em sentido do aumento da verossimilhança e orientado por critérios racionais de escolha entre teorias.

Diversos autores, como Silveira (1992) e Silva et al. (2008), propuseram e avaliaram algumas implicações dessa concepção no ensino de ciências. Uma estratégia sugerida seria tratar as concepções prévias dos estudantes e as teorias científicas que se deseja ensinar como programas de pesquisas rivais. Assim, caracteriza-se a estrutura de cada programa, explicitando pressupostos, leis e hipóteses que compõem seus núcleos firmes e seu cinturão protetor. De modo heurístico, produz-se uma avaliação sobre se os programas são progressivos ou regressivos. Nessa perspectiva, almeja-se evidenciar o caráter progressivo das teorias científicas e o regressivo das concepções alternativas (CAs), induzindo uma escolha racional pelas primeiras. Esse procedimento envolve demonstrar que as teorias científicas corroboram certas predições, e as CAs, não. Segundo Silveira, é “importante recordar que o abandono de uma teoria — no caso as CAs — somente se dará se os alunos reconhecerem que a teoria científica é melhor” (SILVEIRA, 1992, p. 39).

Elementos da epistemologia de Kuhn também foram relacionados com algumas descrições do fenômeno epistemológico surgidas da análise das reportagens. Entre elas destacam-se as implicações do conceito de *revolução científica*.

Uma implicação do conceito de revolução científica no ensino pode caracterizar uma dinâmica de sala de aula em que se concebem os alunos como cientistas kuhnianos (ZYLBERSZTAJN, 1990). Para tanto, primeiro busca-se uma identificação dos conhecimentos prévios dos estudantes, que, nessa dinâmica, corresponderia ao paradigma vigente. Depois, introduzem-se anomalias para que surja uma sensação de insatisfação dos estudantes com essa visão e, então, crie-se uma necessidade de alternativas. Nesse momento, apresenta-se a

concepção científica como solução das anomalias explicitadas, e o professor tenta convencer os estudantes a aderirem à nova concepção, a qual corporifica o novo paradigma.

Dois críticas são destacadas em relação à implicação desse conceito. Primeiro, ela transforma “*as idéias dos estudantes de erros conceituais para concepções concorrentes com aquelas produzidas pela ciência*” (PIETROCOLA, 1999, p. 219), legitimando qualquer resistência do estudante frente a novas concepções. Segundo, uma ênfase na ruptura paradigmática pode causar a impressão de que a ciência seja suscetível a uma intensa variação de teorias, o que implica dizer que o conhecimento atual é inseguro, pois sua substituição é iminente. Porém, conforme Pietrocola (1999, p. 220), “*a força da ciência está provavelmente na sua capacidade de evitar a alternância desmesurada de ideias*”. Como já comentado, o próprio Kuhn retomou esse aspecto de sua teoria, reformulando-a em termo de microrrevoluções (HARRES, 2000).

#### **4.6.2 Implicações do domínio das questões de representatividade: realismo científico no ensino**

Uma das categorias que emergiu da análise foi uma concepção de ciência bastante próxima à do realismo científico. Neste momento, algumas reflexões sobre suas implicações na educação científica e, em particular, no ensino de ciências serão apresentadas. Essa avaliação é feita por contraste com as implicações de outras concepções de ciência, a saber, a do positivismo lógico e a do construtivismo. O contraste será feito em relação a essas linhas filosóficas especificamente pelos seguintes motivos: positivismo por ser a tendência predominante no ensino, tal como descrito anteriormente pela revisão das pesquisas; e o construtivismo por ser a alternativa mais debatida, conforme será descrito em seguida. Inicia-se a reflexão com uma prévia revisão histórica das pesquisas sobre a relação dessas três vertentes com o ensino.

##### *4.6.2.1 Para além do positivismo*

O positivismo lógico tem sofrido diversos ataques desde o sec. XX e muitos autores o julgam inadequado para o ensino de ciências. Feyerabend afirma que a epistemologia levou a uma concepção de ciência bem distinta de “um sistema de enunciados desenvolvendo-se por meio de experimentação e observação e mantido em ordem por padrões racionais duradouros” (FEYERABEND, 2011, p. 14). E aqui se pergunta: o ensino deve seguir essa tendência? Uma

resposta recorrente a essa pergunta é um contundente “sim”.

Silveira (1992), por exemplo, defende que as seguintes características do positivismo devem ser modificadas no ensino:

- A observação é a fonte do conhecimento. Todo o conhecimento deriva direta ou indiretamente da experiência sensível.
- O conhecimento científico é adquirido aplicando-se as regras do *método científico*. O conhecimento constitui-se em uma *síntese indutiva* do observado.
- A especulação, a imaginação, a intuição, a criatividade não devem desempenhar qualquer papel na obtenção do conhecimento científico.
- As teorias científicas não são construídas, mas *descobertas* em conjuntos de dados empíricos. A ciência é neutra, livre de pressupostos ou preconceitos (SILVEIRA, 1992, p. 34)

Silveira ainda ressalta que o “ensino, quando orientado pela epistemologia positivista, leva os alunos a tomarem o conhecimento científico como um corpo de verdades inquestionáveis, introduzindo rigidez e intolerância em relação a opiniões diferentes” (1992, p. 37).

#### 4.6.2.2 Duas alternativas excludentes

As críticas à visão positivista no ensino de ciências constituem-se em diversas correntes, assim como na filosofia da ciência. Entre elas, no entanto, há duas tendências principais na literatura sobre pesquisa em ensino: uma linha *construtivista* e outra *realista*.

Emerge deste contexto uma mútua exclusão entre posições **realistas** e **construtivistas**: admitir a possibilidade de acesso a um determinado nível de realidade relacionada ao mundo em que vivemos, implicaria em negar que tenhamos de construir esse acesso por nossa própria ação. E, de forma inversa, admitir que estejamos condenados a *interpretar* de forma ativa (a partir de referentes individuais ou coletivos) toda informação oriunda do mundo físico, implicaria em negar a existência de possíveis *níveis de realidade* associados ao mesmo (PIETROCOLA, 1999, p. 215)

#### 4.6.2.3 Construtivismo

A posição construtivista teve grande influência na pesquisa educacional nos anos 80 e 90 (PIETROCOLA, 1999). No contexto filosófico, ela surge como uma tentativa de superação tanto do empirismo como do racionalismo (RAMOS, 2000). Essa abordagem foi a principal alternativa para o modelo positivista de ciência e contribuiu para algumas mudanças

na concepção de ensino. Algumas delas são “a valorização do papel do indivíduo na apreensão de novos conhecimentos e a conscientização da importância das pré-concepções dos alunos na definição dos currículos e na escolha de estratégias de ensino” (PIETROCOLA, 1999, p. 214).

A primeira dificuldade no debate sobre a adequação do construtivismo ao ensino de ciências é justamente o fato de não se poder falar de uma teoria construtivista única, pois há diversas vertentes, cada uma com características bastante distintas. Segundo Galiazzi (2000), há mais de quinze acepções construtivistas. Algumas delas são: construtivismo contextual, dialético, piagetiano, pragmático, sócio-histórico, radical entre outros. Não está no escopo desta pesquisa discutir os pormenores de cada uma delas. Para a finalidade do trabalho, vale ressaltar apenas o construtivismo radical.

Segundo Glasersfeld (1989), essa forma de construtivismo abandona por completo o pressuposto metafísico realista. Ou seja, ele passa a conceber o conhecimento como uma construção social a partir da experiência, rejeitando a referência a qualquer realidade ontológica, eliminando a possibilidade de acesso direto ou indireto a um mundo exterior.

Esse tipo de construtivismo tende a valorizar processos cognitivos individuais do conhecimento, o que pode gerar algumas propostas pedagógicas com consequências indesejáveis, como a manutenção de concepções alternativas dos estudantes e a falta de relação entre o conteúdo e a realidade do estudante. Ou ainda, uma legitimação de uma abordagem pedagógica de ciência baseada puramente em aspectos abstratos da teoria, sem demonstrar preocupação em relacionar ciência e o mundo.

Essa abordagem, segundo Pietrocola, “*gera abundância de exercícios a partir de alguns exemplares, cujas soluções não são motivo de discussão e controvérsia na sala de aula*” (PIETROCOLA, 1999, p. 220). Isso produz uma separação entre as dimensões cognitiva e ontológica, o que pode gerar certa desmotivação nos estudantes, pois, se o aluno não pode articular o mundo exterior a partir das teorias científicas, surge o questionamento de se vale a pena dedicar tanto estudo nele (PIETROCOLA, 1999). E nesse caso, como pode-se convencer o estudante a considerar as concepções científicas, e a confrontá-las com suas concepções prévias?

#### 4.6.3.4 Realismo

O realismo científico pressupõe que a realidade existe independentemente da mente humana e que as teorias científicas a descrevem de modo verdadeiro ou aproximado. No ensino de ciências, alguns autores (PIETROCOLA, 1999; BRANDÃO, et al., 2011) defendem

que há a necessidade de reinserir a realidade como objeto do ensino de ciências. Geralmente, essa defesa afasta-se de uma tendência empirista ingênua de apreensão da realidade mediada por observação neutra e exaustiva que produz, assim, representações fiéis da realidade.

O realista deve retomar um domínio ontológico de realidade para a concepção de ciência no âmbito educacional, sem, contudo, pressupor uma função teleológica de percepção, em que essa apreende a natureza de modo fidedigno e definitivo. Uma alternativa é conceber a ciência como uma possibilidade plausível de articular a realidade. Um dos argumentos em favor do realismo científico aplicado ao ensino de ciências é promover uma motivação nos estudantes, vinculando o conhecimento científico com o mundo externo: “*O mundo e sua cognoscibilidade são os motivos preferenciais do fazer científico, assim como deveriam ser aqueles da educação científica.*” (PIETROCOLA, 1999, p. 221).

Uma proposta de aplicação do realismo, de acordo com Brandão et al., (2011), no ensino de ciências é baseada na concepção de modelagem científica de Mario Bunge. Para Bunge (1974), esse é o único método efetivo de apreender a realidade, convertendo coisas ou eventos em imagens conceituais cada vez mais ricas e expandindo-as em teorias cada vez mais complexas e fiéis aos fatos<sup>42</sup>.

Pietrocola também é adepto de uma implementação da concepção de modelagem de Bunge no ensino:

Ao introduzirmos a modelização como objeto do ensino de Física estaremos instrumentalizando os alunos a representarem a realidade a partir das teorias gerais. A preocupação com o contexto de construção do conhecimento científico não deve

---

<sup>42</sup> A modelagem científica passa pela construção, validação, uso e revisão de modelos (BRANDÃO et al., 2011), cuja função é mediar a relação entre o teórico e a realidade. Bunge (1974) classifica os modelos em dois sentidos: o *objeto-modelo* e o *modelo teórico*. O objeto-modelo - ou modelo conceitual - consiste em representações simbólicas de um objeto concreto, sistema, processo ou fenômeno da natureza. Essa representação, esquemática e conceitual, é feita através de uma *idealização*, em que se identificam traços comuns de indivíduos diferentes, agrupando-os em espécies (BUNGE, 1974). A formação de um modelo começa pela simplificação, em que muitos traços são voluntária ou involuntariamente negligenciados, mas que vão sendo progressivamente sucedidos por modelos mais complexos e com maior correspondência aos fatos. Por exemplo, modelos em uma dimensão facilitam interpretações e indicam soluções para modelos em mais dimensões. A idealização é uma simplificação esquemática diferente da *aproximação*, pois uma é feita durante a construção do modelo e a outra é feita posteriormente com o objetivo de facilitar cálculos.

Os objetos-modelo em si não têm tanta serventia, a menos que se possa contextualizá-los em uma teoria ou conjunto de ideias em que se possam fazer relações dedutivas e construir possibilidades de verificação. Assim, como etapa complementar, constrói-se um modelo teórico, teoria relativa a essa idealização. O modelo teórico é um sistema hipotético-dedutivo gerado quando confronta-se o objeto-modelo com uma teoria geral. Ou seja, ele é constituído quando o objeto-modelo representando esquematicamente um objeto supostamente real é inserido no âmbito de uma teoria geral, gerando assim uma teoria específica desse objeto-modelo. Quando assim se procede, estreita-se a extensão da teoria geral, ao mesmo tempo em que essa se torna verificável. O modelo teórico é sempre aproximativo e provisório. E quando não concorda com os fatos, deve-se mudar o objeto-modelo ou a teoria geral, dependendo do histórico de cada um. Quando não há uma teoria geral capaz de acolher o modelo conceitual, o modelo teórico é gerado a partir de hipóteses oriundas de dados empíricos (BRANDÃO, et. al., 2011).

Bunge resume toda pesquisa científica em construção e comprovação de modelos teóricos, ressaltando que a observação, a intuição ou razão não podem isoladamente nos levar a conhecer o real.

ser deixado de lado, mas submetido ao objetivo maior da educação científica que é o de assegurar ao indivíduo uma melhor relação com o mundo em que vive (PIETROCOLA, 1999, p. 225).

O enfoque dado para a relação entre o conhecimento científico e o mundo em que vive o estudante tem se tornado um ideal recorrente em diversos âmbitos do ensino de ciências. Uma de suas manifestações mais recentes é a tendência metodológica de *contextualização* da ciência. Primeiramente, vale ressaltar que a noção de contextualização assume diversos significados na literatura de educação e ensino de ciências (FERNANDES et al., 2012). Alguns deles estabelecem relações entre conhecimento científico e: (i) cotidiano, (ii) aspectos sociais, econômicos e culturais, (iii) soluções de problemas, (iv) interdisciplinaridade, (v) habilidades e competências.

Nos Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio (PCNEM), por exemplo, “é possível generalizar a contextualização como recurso para tornar a aprendizagem significativa ao associá-la com experiências da vida cotidiana ou com os conhecimentos adquiridos espontaneamente” (*apud* WHARTA et al., 2013, p. 87). A aprendizagem significativa seria “o recurso que a escola tem para retirar o aluno da condição de espectador passivo<sup>43</sup>”. (*apud* WHARTA et al., 2013, p. 87).

Outro exemplo em que a contextualização do conhecimento apresenta-se como ideal educacional é o Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM). Uma de suas características peculiares é que suas provas são compostas substancialmente por questões contextualizadas. Fernandes e Marques (2012) realizaram uma pesquisa para avaliar a concepção de contextualização dos elaboradores da prova do ENEM, mediante entrevista. Seus resultados apontam também uma polissemia de significados. Aqui, foram selecionados dois em particular que se relacionam mais diretamente com o ideal realista: “contextualização associada à aplicação prática dos conteúdos no cotidiano” e “associada a uma rede em que os conhecimentos das diferentes componentes curriculares têm o propósito de compreender 'fenômenos/situações' reais” (FERNANDES; MARQUES, 2012, p. 515).

Os exemplos da PCNEM e do ENEM parecem emblemáticos no contexto de um movimento realista como alternativa ao construtivismo radical. Se de um lado, o último privilegia um entendimento lógico-formal do conhecimento científico, sem a pretensão de estabelecer relações com uma realidade externa, no outro, busca-se uma *contextualização a*

---

<sup>43</sup> Ambas citações: BRASIL. *Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio*. Brasília: MEC; SEMTEC, 1999.

*qualquer custo*<sup>44</sup>, gerando situações em que essa se mostra inadequada, ineficiente ou até mesmo equivocada.

Silveira (2013) dispara diversas críticas ao modo como o ideal de contextualização vem sido efetivado: “Como o ENEM radicaliza a necessidade de contextualização, há que se encontrar uma maneira de ‘contextualizar de qualquer forma’ para passar pelo crivo dos ideólogos” (SILVEIRA, 2013, p. 5). Sua tese central é que as contextualizações no ensino de ciências são possíveis e desejáveis, mas, ao mesmo tempo, são muito difíceis de fazer consistentemente: “*De fato ÀS VEZES conseguimos contextualizar, mas isto é mais a exceção do que a regra*” (SILVEIRA, 2013, p. 5). Muitos professores não fazem contextualizações adequadas e nem se deve exigir que as saibam fazer, pois “*Fazer ciência é, antes de tudo, afastar-se da realidade, tratar de um modelo extremamente idealizado para bem de tornar a situação abordável, tratável. A exigência de SEMPRE contextualizar é absurda e pernicioso.*” (SILVEIRA, 2013, p. 5).

#### **4.6.3 Implicações do domínio das questões sociológicas da ciência**

Propõe-se, aqui, uma reflexão sobre as implicações do domínio das Questões Sociológicas da Ciência. Essa avaliação será distinguida em três tópicos: *Popularização da ciência*, *Disputa entre ciência e religião* e *Superioridade da linguagem científica e o cientista como autoridade*.

##### *4.6.3.1 Popularização da ciência*

Segundo Jurdant (2006), a literatura de popularização da ciência estrutura-se em três temas básicos: o das grandes perguntas, o dos fragmentos da ciência e o das implicações científicas na saúde física e mental.

Por “grandes perguntas”, entende-se indagações que perturbam a humanidade e que seguem sem respostas. Por fragmentos da ciência, entende-se grandes eventos naturais e científicos, tais como catástrofes nucleares, climáticas, demográficas, ou outras. E as questões relacionadas à saúde são posições que reduzem o mérito da ciência às suas aplicações tecnológicas, especialmente na área da saúde.

---

<sup>44</sup> Este termo foi retirado de textos do professor Fernando Lang da Silveira publicados no site do Instituto de Física da UFRGS <[http://www.if.ufrgs.br/~lang/Textos/Quest\\_Fisica.pdf](http://www.if.ufrgs.br/~lang/Textos/Quest_Fisica.pdf)>.

Segundo o autor, toda essa estrutura da popularização da ciência só garante a ignorância do público. “Ao articular as respostas científicas, geralmente inacessíveis, com às grandes perguntas nas quais se baseia nosso ‘desejo natural de saber’, na expressão de Aristóteles, a popularização científica encarrega-se de dirigir nossa ignorância” (JURDANT, 2006, p. 89).

Uma de suas teses é que os termos científicos quando empregados fora de seu contexto linguístico perdem seu significado original.

[as palavras] deveriam designar coisas dentro da realidade, mas, como o sentido delas depende do contexto científico que tenha motivado seu aparecimento na língua, elas não significam mais nada fora dele. Bachelard descreveu muito bem a maneira pela qual a precisão, fora do contexto, nos leva ao inexistente. As palavras eruditas estão presentes na literatura de popularização da ciência para atestar o fato de que são palavras do saber. São palavras que falam por si mesmas (JURDANT, 2006, p. 89).

Nessa perspectiva, a popularização da ciência ganha um sentido político no qual o público leigo insere-se em uma relação de dependência e sujeição aos interesses dos especialistas.

Nosso “desconhecimento” encontra-se identificado e articulado por palavras que nunca serão nossas, pois são objeto de um monopólio de especialistas sobre o discurso da ciência. Essas palavras, com as quais se certifica a origem científica do saber que elas indicam, inserem-nos numa relação de dependência, tanto cultural quanto política, em relação aos especialistas. Aqui estamos nós no centro do cientificismo (JURDANT, 2006, p. 89).

Essa leitura da popularização da ciência pode ser vista como excessivamente cética e radical. No entanto, sua presença nesta pesquisa tem um propósito específico. Primeiro, porque todos os temas básicos citados por Jurdant têm correspondência com os emergidos na análise. Uma ênfase nas grandes perguntas foi recorrente. Exemplifica-se com a seguinte unidade:

“Conhecida como “partícula de Deus”, pode ser a chave para entender de onde viemos e para onde vamos. É o mais importante passo da humanidade para desvendar a maravilhosa mecânica do cosmo e como ele foi criado”. (RET2, p.34)

Os fragmentos científicos utilizados com objetivos sensacionalistas também foram relacionados. Por exemplo, a descoberta da partícula de Higgs ser anunciada da seguinte maneira pela manchete de uma das reportagens: “Mais perto de Deus”. (RIET1, p. 80)

O tema que envolve alguma aplicação prática, especialmente na área da saúde, relaciona-se em passagens como a seguinte:

“Mas prometem um futuro de aplicações tecnológicas, como materiais com propriedades quase mágicas, formas revolucionárias de energia ou tratamentos de saúde ainda impensados”. (RET2, p. 35)

A questão sobre os conceitos científicos poderem ou não ser traduzidos para uma linguagem não especializada e dirigida para leigos foi levantada pela própria análise de unidades:

“este texto é apenas mais uma dessas tentativas, dentro dos limites da linguagem e da compreensão de um leigo, de reduzir a algo como 3 mil palavras os conhecimentos”. (RET4, p. 42)

Entende-se que todas essas questões são parte de um problema maior de transposição do conhecimento produzido pelos cientistas para uma linguagem compreensível dirigido a um público leigo. Uma noção que ajuda a avaliar o fenômeno é a de *transposição didática* de Yves Chevallard (2005). Segundo o autor, transposição didática é a análise do processo que leva do saber sábio (*savoir savant*), o saber produzido pelos cientistas, para o *saber a ensinar*, que é a transformação didático-pedagógica do primeiro saber, para, enfim, chegar-se ao saber ensinado (*savoir enseigné*), saber usado pelos professores em sala de aula.

O centro operacional do processo de transposição é caracterizado, por Chevallard, pelo conceito de *noosfera*, que consiste na interface entre o sistema de ensino e o entorno social, ambiente de conflito e negociações sobre a constituição dos saberes ensinados. Nessa perspectiva, a transformação do saber dos cientistas em um saber com recursos didático-pedagógicos que constituem as reportagens da revista consiste em um problema que envolve o conflito e a negociação entre os cientistas, jornalistas, editoras, leitores. São diversas vozes operando, cada qual com suas motivações e interesses.

Aqui se distingue dois aspectos do problema, um *epistemológico*, outro *político*. O *epistemológico* refere-se à dificuldade de levar-se conceitos formulados em uma linguagem específica de um sistema teórico para uma linguagem direcionada a um público que não domina os recursos lógicos, formais, conceituais do domínio em que foi formulada. Já o político faz referência ao embate na noosfera, travado entre interesses que perpassam o mero

comprometimento com a construção de saberes científicos de um determinado público. Os cientistas têm seus interesses, os jornalistas, as editoras, assim como os leitores. Ambos os níveis exigiriam uma pesquisa a parte, e fogem do escopo deste trabalho. No próximo capítulo, um aspecto reduzido da problemática será retomado.

A questão da transposição é complexa e a controvérsia por ela gerada é enorme. A posição de Jurdant – cuja tese é a de uma impossibilidade de transposição que produz uma “colonização de ignorância” – é apenas uma maneira de tratá-la. Outros autores não são tão categóricos, mas ainda ressaltam o quão problemática é essa transposição.

Muitos cientistas desconfiam dos jornalistas e criticam suas reportagens por infidelidade, simplificação exagerada ou eventual sensacionalismo. Os próprios jornalistas criticam, muitas vezes, a maneira pela qual a ciência é apresentada pela mídia. No entanto, tendem a responsabilizar suas fontes – cientistas, universidades e instituições técnicas – por fornecer informação muito intrincada ou inadequada. O próprio público costuma reclamar porque a informação científica disponível nos meios de comunicação de massa é incompleta ou incompreensível (EPSTEIN, 1998, p. 60).

De qualquer forma, a popularização da ciência é um âmbito indispensável da educação científica, já que para a maior parte da população, a realidade da ciência é aquela apresentada pelos meios de comunicação de massa. O público, em geral, “conhece a ciência menos pela experiência direta ou a educação prévia do que através do filtro da linguagem e das imagens do jornalista” (EPSTEIN, 1998, p. 60).

A colaboração da presente pesquisa para essa questão é que, do ponto de vista epistemológico, as notícias de popularização de ciência das reportagens que constituem o *corpus* desta análise apresentaram concepções de ciência mais adequadas do que as sugeridas pela revisão de elementos educacionais formais.

#### 4.6.3.2 A ciência e religião

Uma das categorias que emergiu na análise das reportagens foi a do conflito entre ciência e religião. Desde essa perspectiva, a ciência é concebida como uma linguagem suprema que, apesar disso, vem perdendo espaço para a religião<sup>45</sup> cujo papel seria, na

---

<sup>45</sup> De modo conjectural, aqui se propõe que tal afirmação se justifica pelo fato de a ciência ter assumido, a partir do sec. XX, pressupostos que lidam com o conceito de incerteza. Até então, a ciência, desde a revolução científica do sec. XVII, assumia pressupostos deterministas, em que generalizações, controle e previsões eram almejados. A incerteza na ciência é vista por alguns como um demérito da linguagem científica. Quando usada em contexto de disputa com a religião ela pode afetar sua credibilidade, já que a religião não lida com a dúvida.

verdade, o de propiciar mero conforto psicológico. Esse tipo de descrição, em que as explicações religiosas e científicas são incompatíveis e a validade de uma exclui a da outra, é bastante recorrente e enfatiza uma disputa histórica de interesses.

Latour (2004, p. 354), refere-se ao tema, dizendo que a disputa não passa de uma “comédia de erros”, pois os pontos de contato entre ciência e religião são tão escassos que são incapazes de gerarem conflitos. Segundo essa visão – que contraria uma impressão corriqueira –, a religião não dirige sua atenção para “o longínquo, o superior, o sobrenatural, o infinito, o distante, o transcendente, o misterioso, o nebuloso, o sublime, o eterno”. Comparando com as sentenças amorosas, Latour (2004) defende que o significado religioso ocorre em uma dupla injunção: a *repetição* e a *transformação*.

A religião trata de um fluxo de repetição das mesmas histórias, representadas de modos distintos, para que possa tornar próximo e presente o efeito de impregnação e transformação de seus interlocutores. É a própria *palavra encarnada*, que pode trazer, por exemplo, a piedade ou o amor, não de forma oculta, mas apenas pela necessidade de torná-los presentes. Não há mensagem a ser decifrada, sua função é apenas transformar as pessoas envolvidas na interlocução. Nessa perspectiva, a crítica geralmente dirigida à religião, a de ser irracional, não faz o menor sentido, pois o conteúdo do discurso não é referente a nada, a não ser às pessoas envolvidas.

Já a ciência, na visão de Latour (2004), acena ao invisível, ao intangível, aquilo que só é compreendido por longas cadeias de referências. Os mundos da ciência só são acessíveis “através de camadas concatenadas de instrumentos, cálculos e modelos” (LATOURE, 2004, p. 359).

A primeira cadeia leva ao que simplesmente está por demais longínquo e é por demais contra-intuitivo para que possa ser diretamente apreendido — ou seja, a ciência. A segunda cadeia, a religiosa, também leva ao invisível, porém o que ela atinge não é invisível por estar oculto, cifrado e distante, mas apenas por ser difícil de renovar. (LATOURE, 2004, p. 371).

Trata-se de uma inversão nas imagens religiosas e científicas, geralmente, usadas na questão do conflito; a religião tratando do local e presente e a ciência do distante e ausente. E como tal, a oposição entre elas torna-se um artefato que Latour tenta deslocar para uma mera distinção de objetividade.

O que sustentei nesta conferência é bem diferente: a crença é uma caricatura da religião, exatamente como o conhecimento é uma caricatura da ciência. A crença é modelada por uma falsa idéia de ciência, como se fosse possível propor a pergunta

---

“você acredita em Deus?” segundo o mesmo modelo de ‘você acredita no aquecimento global?’ (LATOURE, 2004, p. 370).

#### *4.6.3.3 Superioridade da linguagem científica e a imagem do cientista como autoridade*

Na sequência, uma breve avaliação das implicações educacionais da ciência tida como linguagem superior e da imagem de cientista como gênio.

Jorge Ramos do Ó (2007) faz uma análise histórica da educação sob a perspectiva da genealogia foucaultiana, em que essas duas características, apontadas acima, aparecem como parte da estrutura escolar. Segundo a visão cética do autor, a escola como instituição muda muito menos dos que os integrantes que a compõe; e toda a intenção, o discurso e a política de mudança são a garantia de sua permanência estrutural. Estrutura essa com as seguintes particularidades: conhecimento compartimentado e linearmente progressivo em grau de dificuldade – apresentado, pretensiosamente, como verdade, através de ícones de autoridades intelectuais, com a intenção de inibir a criatividade, de incentivar a reprodução e de promover a adequação.

Em uma palestra<sup>46</sup> ministrada na Universidade de Caxias do Sul, o autor ressaltou que o currículo, como discurso de verdade, pode provocar diversos tipos de efeitos psicológicos traumáticos no estudante, especialmente se este não acompanhar a linearidade do conteúdo. E que a autoria é apresentada na forma de genialidade transcendente de alguma autoridade intelectual, inibindo, eficientemente, a vontade de autoria do estudante, o que o coloca em situação de resignada reprodução, já que a autoria não lhe é incentivada.

De modo que, independentemente do que se proponha como mudança na escola, sua característica inibidora permanente exerce a função política de gerar a imensa massa de reprodutores/consumidores – com todos os tipos de traumas psicológicos – e uma pequena elite cultural – produtora/fornecedora.

---

<sup>46</sup> Ó, Jorge Ramos do. Palestra: “Escrita em Foucault”. Centro de Filosofia e Educação da UCS. 19/06/2012.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Todas as considerações aqui veiculadas, mesmo tendo sido apresentadas de forma argumentada, são apenas embrionárias e têm a pretensão de promover uma maior reflexão sobre o tema do que, propriamente, servirem como método pedagógico. Foram produzidas a partir da confluência entre teorias epistemológicas e pedagógicas, resultados da pesquisa e experiências particulares do pesquisador como docente. As articulações feitas ganham um tom mais autoral e, muitas vezes, mais especulativo do que até então.

Admite-se, como um pressuposto, que a proposição e a aplicação de reformas no âmbito educacional devam levar em conta a complexidade das situações pedagógicas e a multiplicidade de fatores que contribuem para o processo. Nenhuma regra ou generalização é almejada, pois cada evento pedagógico depende de um sem-número de particularidades e globalidades.

## EPISTEMOLOGIA FAVORENCENDO UMA EDUCAÇÃO CIENTÍFICA INTEGRAL

A tese central desta pesquisa, e que amarra as diversas áreas nela trabalhadas, é a de que as concepções epistemológicas do discurso científico constituem aspectos relevantes da educação científica. Cabe, então, trazer a questão sobre qual seria o papel da epistemologia no âmbito educacional.

A epistemologia tem como questão principal a caracterização do que é o conhecimento. A concepção tradicional é a de que conhecimento é uma crença verdadeira e justificada (DUTRA, 2010). Tal definição tem sido minuciosamente analisada e, muitas vezes, criticada por diversos autores. Não faz parte do escopo desta pesquisa detalhar o debate sobre a concepção de conhecimento. Basta aqui mencionar que tal caracterização pode ser concebida como necessária, porém, não suficiente para uma definição completa do conhecimento (GETTIER, 1963). Sua evocação, neste momento, justifica-se pela tentativa de avaliar a articulação entre educação e conhecimento. Assim, propõe-se uma reflexão sobre o papel de cada critério da definição tradicional no âmbito pedagógico:

**Crença** – Pode ser entendida como “estados de representação psicológicos que podem ou não se manifestar no comportamento” (MOSER, et al., 2004, p. 51). De modo geral, a educação é constituída por um discurso que dá pouco ou nenhum viés a questionamentos e dúvidas em relação aos saberes que a compõe. O conhecimento escolar, por exemplo, é

apresentado como pronto e acabado, com integrantes que compõem o evento educacional, visando, predominantemente, à crença. Pode-se entender que não há uma legitimação do conhecimento, através de uma explicitação sobre seu processo de formação, mas apenas uma imposição de seu produto. Nessa perspectiva, a educação parece estar bastante comprometida com a formação de um sistema de crenças, sem o necessário incentivo ao espírito crítico e sem espaço para incertezas. O ensino trata o conhecimento como doutrina.

**Verdade** – Alguns autores, entre eles Jorge Ramos do Ó (2007), afirmam que o conhecimento escolar é apresentado, pretensiosamente, como verdadeiro sob a égide da racionalidade. Contudo, os modos de conceber a verdade do conhecimento não são explicitados. Nem as diferentes concepções de verdade, nem a questão da representatividade – ou seja, a relação com diferentes acepções de realidade – são enfatizados na situação pedagógica atual.

Parece, assim, que no âmbito educacional, o conhecimento verdadeiro é institucionalizado como o conhecimento partilhado no seu interior. Isso leva a uma redução da função educacional ao processo de aprendizagem de conteúdos programáticos, pois visa apenas que o conhecimento construído pelos estudantes seja compatível com os compartilhados, consensualmente, por uma determinada comunidade, sem enfatizar os processos de formação de tal conhecimento. Por exemplo, almeja-se que o estudante seja capaz de compreender a descrição de um movimento através dos conceitos da física newtoniana, e não do senso comum.

**Justificação** – Em uma acepção tradicional, pode-se dizer que, para haver conhecimento, deve-se mostrar que a proposição apresenta “indícios suficientes” de que é verdadeira (MOSER et al., 2004, p. 85). Assim, deve-se mostrar as razões que justificam essa proposição.

As instituições educacionais não demonstram predisposição em justificar o conhecimento por elas articulado, pois, geralmente, o processo de construção de um conhecimento é omitido na situação pedagógica e, raramente, argumenta-se sobre seus méritos, limites e contextos de sua aplicação. Não há um debate racional acerca de sua validade, o que faz com que os estudantes não sejam convencidos pela via da argumentação de que o conhecimento veiculado seja pertinente; eles são, pura e simplesmente, impelidos a nele crerem.

Entendido dessa maneira, o sistema educacional, via de regra, não promove uma situação adequada para a construção de conhecimento, mas, sim, para a formação de crenças. Para exemplificar, uma situação hipotética: se um professor do terceiro ano do ensino médio

perguntar a seus alunos se é a Terra que gira em torno do Sol ou o contrário, a grande maioria dos estudantes, provavelmente, responderia em favor do modelo Heliocêntrico. No entanto, se for solicitado que argumentem em seu favor, muitos não encontrarão razões que os levem a crer nisso. O que a epistemologia poderia fazer para mudar esse quadro?

Entende-se que o papel central da epistemologia na educação é o de criar potencialidades para a *consciência do conhecimento*. Ou seja, promover condições para o *entendimento da constituição do conhecimento e seus efeitos na composição da realidade*<sup>47</sup>.

Não raro, os estudantes perguntam-se por que precisam saber os conteúdos ensinados na escola, já que, em sua maioria, não os utilizarão de modo prático. Poderia a epistemologia auxiliar o estudante na reflexão sobre o assunto?

## TENDÊNCIAS PEDAGÓGICAS

Com cada vez mais frequência e intensidade, vem sendo atribuído à epistemologia um papel central na reforma da educação e do ensino de ciências, em especial. O discurso de articulação entre epistemologia e educação, geralmente, apresenta a seguinte estrutura: (i) Diagnóstico e avaliação da tendência epistemológica predominante; (ii) Proposição e defesa de uma corrente específica como solução geral; e (iii) Crítica a propostas alternativas.

Essa parece ser uma característica não apenas relacionada à questão epistemológica, mas a uma grande parte do discurso pedagógico. Propostas são defendidas ideologicamente como solução geral de um determinado problema educativo. Essa defesa apresenta-se na forma de tendências, muitas vezes, passageiras. Eventualmente, uma ideia é julgada por boa parte de atores da educação (pesquisadores, educadores e pedagogos) como solução única e irrevogável de um problema. Contudo, tais tendências podem durar pouco tempo e logo serem substituídas, por vezes, sem suficiente grau de reflexão, por outra solução messiânica.

---

<sup>47</sup> Posteriormente a noção de *consciência do conhecimento* será pormenorizada.

## PLURALIDADE COMO POSSIBILIDADE

Há diversos tipos de orientações epistemológicas, e cada qual tem particularidades que desencadeiam diferentes níveis de consciência em relação ao conhecimento. As linhas mais analíticas podem levar a *reflexões sobre a racionalidade do conhecimento*. As correntes de tendência histórica levam em conta *como as ideias científicas desenvolvem-se e são substituídas*. As gnosiológicas provocam a *reflexão de como ocorre a aprendizagem*; as sociológicas, de *como a vida em sociedade afeta o conhecimento e vice-versa*; as pragmáticas, de *como usar tal conhecimento para solução de problemas da vida cotidiana*; as psicológicas, de *como o conhecimento afeta sentimentos, emoções*. E todas essas correntes ainda constituem suas próprias questões éticas.

A epistemologia, entendida como ambiente que proporciona a consciência do conhecimento, desempenha um papel humanizador na educação (como “humano”, entende-se um ser integral, com racionalidade, emoções, habilidades práticas, finitude e complexidade). Ou seja, os efeitos educacionais de uma epistemologia ampla, que visa a todos os níveis mencionados, confluem a uma concepção de educação integral, que produz uma relação com o conhecimento em diversos níveis e que constitui o humano como tal.

Uma das alternativas sugeridas, aqui, refere-se a não ser aconselhável a escolha de uma única teoria epistemológica na metodologia de ensino utilizada. Qualquer evento educacional lança problemas e circunstâncias com características variadas e, por esse motivo, necessita de adequação e diversidade de estratégias. Essas estratégias envolvem vários domínios, interessando, particularmente, aos propósitos desta pesquisa o epistemológico.

Viu-se, anteriormente, que o estudo sobre as questões epistemológicas na educação, e em especial no ensino de ciências, caracteriza-se por uma cisão de linhas filosóficas, em que cada autor defende sua posição, aprimorando seu discurso na mesma medida em que ataca suas concorrentes. Entende-se que essa ênfase no embate entre correntes, com a finalidade imediata de expor o estudante a apenas uma forma de pensamento, leva mais ao conflito ideológico no âmbito do discurso do que a mudanças estruturais, ou mesmo eventuais, das situações de ensino.

Na esfera do ensino de ciências, mais especificamente, a questão não é simplesmente debater sobre qual posição é a mais adequada para o ensino, a fim de elegê-la e aplicá-la. A reflexão filosófica passa ao largo dessa intenção. Uma das funções da epistemologia no ensino é avaliar, questionar e diversificar estratégias pedagógicas, conforme a circunstância.

A cisão entre construtivismo e realismo, colocada anteriormente, por exemplo, não

tem, necessariamente, de ser resolvida com o estabelecimento de uma delas. Pode-se conceber que um diálogo entre as duas produza resultados desejáveis em vários níveis: do aprendizado, da constituição do indivíduo e das nuances na sociedade.

A sugestão é evitar a postura maniqueísta do discurso educacional desencadeada por um crivo ideológico egocêntrico e político de seus interlocutores, em que cada qual defende sua atitude por estar mais alinhada com seu programa de pesquisa. Para evitar tal cilada é importante ter o entendimento de um leque de posições epistemológicas, para poder adequar as estratégias metodológicas à situação pedagógica factual, sem juízos de valores prévios (e, às vezes, estigmatizados) de determinadas posturas.

Uma metodologia pluralista, nesse sentido, teria outro objetivo: o de avaliar situações pedagógicas por contraste. Por exemplo, uma maneira de saber se o estudante está compreendendo, cientificamente, um conceito, é diversificando os contextos epistemológicos nos quais ele pode ser empregado. Pode-se enfatizar um caráter formal-matemático e avaliar se o estudante o articula de modo satisfatório; no entanto, isso não significa necessariamente que ele o tenha compreendido amplamente.

Para tanto, pode-se alternar para estratégias com pressupostos epistemológicos diferentes, como, por exemplo, os que relacionam essa estrutura formal com uma realidade ontológica e, então, uma vez mais, avaliar a capacidade que o estudante tem de articular esse conhecimento com situações cuja experiência ele já vivencia. Em seguida, pode-se eleger um enfoque histórico, contrastando esse conceito com os de teorias distintas que se dediquem à explicação do mesmo fenômeno. E, ainda, pode-se enfatizar o caráter filosófico ou social desse mesmo conceito.

O contraste entre as situações pedagógicas geradas por estratégias com enfoques metodológicos e epistemológicos distintos permite uma avaliação mais ampla de sua compreensão. Priorizando, exclusivamente, uma estratégia e seus pressupostos, muitas características da aprendizagem do estudante ficam obscurecidas.

As implicações desse leque de estratégias na educação possibilitam, ainda, distingui-las em relação aos dois sentidos dados ao termo “epistemologia” nesta pesquisa: o de filosofia da ciência e o de gnosiologia. A primeira implicação reflete as concepções de ciência implícitas no discurso científico no âmbito educacional. A segunda envolve as relações cognitivas dos indivíduos com o conhecimento.

Na primeira acepção, propõe-se que a variação de concepções de ciência no ensino possa produzir resultados mais satisfatórios do que o estabelecimento de uma única concepção, do ponto de vista da aprendizagem, da formação do indivíduo e das demandas

sociais. Visões realistas, racionalistas, empiristas, relativistas, sociológicas, todas elas propiciam reflexões e ambientes didáticos distintos, cada qual podendo ser mais ou menos adequada para cada situação pedagógica; fazendo-se, portanto, necessária a diversificação e contraste entre elas.

Nesse contexto – e aqui convém proceder com grande cautela, para não ser mal compreendido –, até mesmo a famigerada posição positivista encontra espaço legítimo na educação científica, desde que seja confrontada com outras posições. De certo modo, o discurso científico, massivamente disseminado, é, em grande proporção, positivista. Não raramente, principalmente quando as concepções epistemológicas deixam-se constituir de modo implícito, essa posição compõe uma concepção tácita de ciência, por isso mesmo, bastante sólida e difícil de contestar. Por muito tempo ainda, a fluidez de um discurso científico em sala de aula será correlacionada implicitamente com ideias positivistas. E isso não é necessariamente execrável, desde que em outros momentos seja aberto espaço a uma confrontação consciente dessas ideias, geralmente, construídas implicitamente. Se há uma possibilidade real de o estudante vir a reconhecer, por menor que seja, o valor epistemológico da posição (ou de outra) em foco, essa possibilidade passa, necessariamente, pela confrontação e pelo embate de ideias, e não pela exclusão unilateral por parte do professor de uma ou outra visão.

Na segunda acepção, que envolve as relações cognitivas dos indivíduos com o conhecimento, reflete-se sobre como um indivíduo aprende. Há diversas teorias de aprendizagem, e cada uma ressalta aspectos cognitivos particulares que produzem estratégias pedagógicas bastantes distintas umas das outras. As teorias sociointeracionistas, como a de Vygostsky, por exemplo, levam os professores a focar-se no modo como os estudantes aprendem uns com os outros. Já epistemologia genética de Piaget propicia uma reflexão sobre as limitações do estudante em função da fase cognitiva em que se encontra. As visões da Biologia da Cognição de Maturana e Varela (2001), ao contrário da última, afirmam que não há fases cognitivas, apenas o presente estrutural de cada sujeito. Essa visão poderia provocar, por exemplo, interações pedagógicas mais voltadas para as particularidades e necessidades de cada estudante.

Até mesmo uma concepção de aprendizagem por instrução pode implicar em situações particularmente pertinentes, desde que contrastada com vieses fornecidos por outras estratégias. Por exemplo, em uma situação extrema e particular de dificuldade de aprendizagem, a tática da repetição – nesse contexto relacionada a concepções de instrução e treinamento – pode ser mais eficiente que uma argumentação racional. Com ela, pode-se

primeiro organizar a estrutura lógico-formal de um tópico, produzido pelo treinamento de manipulação de símbolos de uma equação, para, em seguida, ir acrescentando outros aspectos – conceituais, históricos, filosóficos etc.

Fazendo um paralelo, um tanto extremo e somente emblemático: no combate à lavagem cerebral, a coerção é mais eficiente do que a argumentação racional, pois primeiro é preciso criar condições psicológicas para que a última exerça influência sobre a pessoa (FEYERABEND, 2011). É claro que, se essa estratégia prolongar-se em excesso, não serão proporcionadas ao estudante as condições propícias ao desenvolvimento dos demais aspectos relacionados à compreensão, como a abstração, as analogias, o sentido físico, as implicações sociais, todos sabidamente indispensáveis.

Tudo constituído por uma negociação entre os envolvidos na situação pedagógica, sem maniqueísmos, sem avaliação *a priori*, fazendo-se o que é possível e pertinente. Isso parece ser uma aplicação mais funcional da epistemologia na educação, muito mais do que “dar uma aula” sustentada, exclusivamente, em concepções de ciência de Popper ou de Kuhn; ou, ainda, unicamente, em concepções de aprendizagem de Vygotsky, de Piaget ou de qualquer outro.

No item seguinte, busca-se fazer uma reflexão sobre alguns temas abordados nas duas etapas desta pesquisa – a análise textual discursiva e as implicações no âmbito educacional –, assim como apresentar sugestões para futuras pesquisas.

## INTERDISCIPLINARIDADE

O tema da interdisciplinaridade não emergiu, explicitamente, da pesquisa, mas sugere-se que algumas concepções epistemológicas nela trabalhadas possam servir de orientação para futuras pesquisas na área.

Há muitos sentidos possíveis para a noção de *interdisciplinaridade*. Os diversos contextos em que é utilizada acabam por torná-la, muitas vezes, destituída de aplicações concretas. Segundo Pombo (2004, p. 30), a interdisciplinaridade “entrou na linguagem de todos os dias e invadiu todos os espaços. [...] todos a utilizam para, com ela, qualificar os mais variados projectos e iniciativas, podendo mesmo dizer-se que, de tão *vulgarizada*, a palavra está *gasta e vazia*”.

A interdisciplinaridade ressurgiu no escopo das discussões no século XX como uma reação à fragmentação do conhecimento e à especialização das disciplinas. Segundo Vasconcellos (2003, p. 179), o termo “Interdisciplinaridade, em geral, é usado para se referir à

situação em que há algum tipo de interação entre duas ou mais disciplinas que se comunicam, que tentam aproximar seus discursos, ambicionando mesmo uma transferência de conhecimentos”.

Sobre o tema, dois conceitos da epistemologia podem promover uma reflexão relevante. O primeiro, o conceito de *incomensurabilidade*, ajuda a perceber o quão problemática pode ser a tentativa de estabelecer-se pontes entre disciplinas. Cada matriz disciplinar é composta por um conjunto de pressupostos de diversas ordens (metafísicos, epistêmicos, semânticos etc.) que produzem uma visão de mundo através do sistema conceitual por ela originada (KUHN, 2003). A noção de incomensurabilidade ressalta que há um problema lógico quando se faz uma avaliação dos resultados de uma matriz a partir dos pressupostos de outro. Assim, o estabelecimento de “pontes” entre as disciplinas deve ser feito de modo refletido para não criar conexões ilusórias.

Há um grande risco de estabelecer-se relações equivocadas conceitualmente, inconsistentes logicamente e conflitantes semanticamente. Uma situação da própria ciência que exemplifica o quão problemático pode ser a conexão entre disciplinas distintas é a dificuldade que os físicos vem sentido em unificar as teorias quântica e da relatividade, apesar do grande esforço empreendido.

Levar a sério a incomensurabilidade implica em uma vigília em relação à interdisciplinaridade. Uma possível minimização dessa problemática consiste em conectar os diversos campos conceituais através de uma transdisciplinaridade, no sentido do termo atribuído por Morin (2005). Nessa acepção, as diversas disciplinas apresentam alguns pressupostos em comum. Pode-se relacionar disciplinas que em seus fundamentos compartilham crenças gerais bastante semelhantes e, de certo modo, que constituam um mesmo paradigma, em seu sentido mais amplo.

Uma possibilidade, que ilustra o que se pretende dizer, seria a de relacionar disciplinas pertencentes ao dito paradigma sistêmico. De fato, esse paradigma é composto por diversas disciplinas, que se dedicam a problemas científicos bastante distintos, mas que apresentam semelhanças em suas suposições epistemológicas. Alguns dos pressupostos compartilhados pelas disciplinas desse paradigma são o da *complexidade* e da *intersubjetividade* (VASCONCELLOS, 2003), como debatidos anteriormente. Nessas condições, é possível admitir que teorias que se refiram a sistemas diferentes possam apresentar resultados convergentes, e mesmo comparáveis.

Outro conceito bastante frequente no debate epistemológico, e que também promove reflexões sobre o tema da interdisciplinaridade, é a *complementaridade*. Nela, não se faz

necessário estabelecer uma ponte conceitual entre as disciplinas, apenas admite-se que a aparente inconsistência entre as disciplinas produzem visões que se complementam. Isso significa uma superação de percepções antagônicas sobre o mundo.

A Interdisciplinaridade, vista sob a perspectiva complementar, supera a fragmentação das disciplinas, sem a necessária perda da verticalidade de cada matriz disciplinar. O objetivo não é o de fundir as disciplinas, afim de que seus limites interconectem-se conceitualmente, mas compreender o mundo mais globalmente a partir de sistemas conceituais cuja ligação lógica é desconhecida e problemática, mas que, certamente, as visões delas decorrentes enfatizarão perspectivas distintas que, em confluência, elevarão a compreensão e desencadearão – umas nas outras – uma complexificação de sentidos.

Através de um contraste entre matrizes disciplinares distintas, pode-se perceber melhor o que se pressupõe em cada uma; vale ressaltar que isso é distinto de avaliar-se (equivocadamente) uma estrutura a partir de regras produzidas no interior de outra estrutura.

Desse modo, o argumento central desloca a ideia de uma interdisciplinaridade problemática para uma *transdisciplinaridade* através de uma reflexão sobre *incomensurabilidade*, retornando à primeira através da *complementaridade*. De tal modo, pode-se reconfigurar essa tendência pedagógica atual através de uma vigilância epistemológica que vislumbre minimizar as conexões equívocas, mas que se permita fazê-lo quando pressupostos em comum – cuja relação lógica mostra-se mais evidente – são compartilhados; ou ainda, pode-se estabelecer laços complementares entre disciplinas, visando amplificar a compreensão do todo, aprofundando a compreensão de cada uma e superando suas aparentes contradições; articulando-se, de uma para outra, em uma espécie de mudança *gestalt*, em que ora se vê a jovem, ora se vê a velha, até compreender-se que não se trata nem de uma nem de outra<sup>48</sup>.

## CONTEXTUALIZAÇÃO

Outra “ponte” que deve ser construída de modo bastante cuidadoso é a que pretende conectar a ciência com contextos vividos pelos estudantes. Aqui, também, a reflexão epistemológica pode promover modos mais adequados de contextualização que potencializem a situação pedagógica do ensino de ciências.

---

<sup>48</sup> Essa analogia alude à imagem usada com bastante frequência na ilustração de fenômenos de percepção e comumente associada à teoria psicológica da *Gestalt*. Tal imagem permite perceber, alternadamente, o perfil de duas mulheres, uma velha e outra jovem.

Nesta pesquisa, a contextualização foi relacionada a comprometimentos realistas, como uma reação a uma tendência construtivista, na qual são feitas acepções relativistas da realidade. Esse tipo de procedimento pedagógico tornou-se uma tendência que, em alguns casos, como o do ENEM, é problemática, pois enfatiza demasiadamente o aspecto da contextualização. Assim, o ideal de que a contextualização seja sempre necessária cria pelo menos duas implicações indesejáveis: A primeira refere-se ao fato de que contextualizar de modo coerente e consistente os conteúdos científicos não é um exercício fácil. A ciência trabalha com modelos idealizados nos quais muitos parâmetros são eliminados, propositalmente, para facilitar a modelagem.

Aqui também se faz necessária uma vigilância epistemológica para não estabelecer conexões entre modelos idealizados e contextos complexos do mundo de modo impertinente com o próprio ideal realista ou mesmo conceitualmente equivocados. Essa impertinência refere-se à articulação do conhecimento científico com contextos absurdos. Por exemplo, no ensino de decomposição de forças em planos inclinados, geralmente, atribui-se ao plano e ao objeto situações referentes às da realidade, como um carro subindo um morro. Para que essa contextualização pudesse ser pertinente, os ângulos de inclinação do morro deveriam – por exemplo – ter um limite máximo próximo aos 19 graus - as ruas mais íngremes do mundo não passam desse valor, e os motores dos carros não são projetados para ângulos maiores que esse (SILVEIRA, 2007). Não raramente, a contextualização acaba sendo equivocada conceitualmente. Um exemplo disso seria contextualizar o conceito de corrente elétrica como sendo um fluxo de cargas que sai da fonte, o que leva a imagens conceituais equivocadas do conceito.

Aqui, uma posição saudável pode ser retirada das premissas da modelagem científica: todo modelo capta um recorte da situação, fato ou objeto complexo que se queira modelar. Toda a modelagem, inevitavelmente, tem um domínio de validade. Então, explicitar as fronteiras desse domínio de validade levaria, seguramente, a operações de contextualização mais refletidas e consistentes.

A segunda implicação seria a de que a *contextualização*, como estratégia única, desencadeia algumas percepções – realistas e ontológicas - do conhecimento científico, havendo a necessidade de diversificação para poder se destacar aspectos diversos – abstratos, lógico-formais, filosóficos, por exemplo -, mas também relevantes, da aprendizagem científica.

Há diversas interpretações sobre o papel da mídia na educação científica. Por mais cética que uma interpretação possa ser, não se pode negar a importância de veicularem-se conteúdos científicos nos meios de comunicação.

No capítulo anterior, foram distinguidos dois modos de enfatizar a questão da transposição dos saberes científicos para as revistas – um epistemológico e outro político. Aqui se opta por não adentrar o primeiro modo, e apenas ressaltar uma breve compreensão do segundo. Como já foi referido, uma avaliação mais detalhada das características da transposição requer uma pesquisa a parte. O que se pretende aqui é apenas ressaltar um entendimento de um aspecto da transposição midiática da ciência, alusivo ao próprio empreendimento jornalístico da mídia.

Um enfoque possível é admiti-la como intérprete de fenômenos (políticos, cotidianos, ambientais, artísticos, científicos etc.). Essa interpretação envolve vários fatores, entre os quais são enfatizadas as concepções de *jornalismo* e *notícia* admitidas pelos veículos de comunicação.

Atualmente, vive-se uma oportunidade sem precedentes na história para uma reflexão sobre a questão da mídia como intérprete, bem como sobre as concepções de jornalismo e notícia nela subjacentes. Isso ocorre, em proporção cada vez maior, a partir do advento da *internet* e das redes sociais.

No Brasil, esse fenômeno pode ser, emblematicamente, representado pela constituição da mídia NINJA<sup>49</sup>, a qual consiste em uma difusão digital de informações pela internet, geralmente, sem edições e em tempo real. A mídia NINJA escancarou o aspecto da mídia como intérprete. A difusão ao vivo dos protestos ocorridos em junho e julho de 2013 no Brasil, por exemplo, colocou a mídia tradicional em uma situação constrangedora, forçando-a a veicular diversas versões diferentes das que havia, inicialmente, divulgado sobre o mesmo evento.

Em relação à ciência, essa condição da mídia, essencialmente, não muda, pois ela continua sendo um intérprete, com funções específicas e com interesses, frequentemente, velados. Sua função de divulgação científica é modulada, por exemplo, pelo interesse em produzir narrativas que sejam consumidas em larga escala. É evidente que os domínios que influenciam o jornalismo científico são bastante diversos dos que influenciam o jornalismo político, por exemplo. Mas isso não invalida o argumento anterior, pois em todos os casos se

---

<sup>49</sup> Narrativas Independentes, Jornalismo e Ação.

está trabalhando com as mesmas condições de jornalismo competitivo por audiência e de concepção de notícia como mercadoria.

para os ninjas, a notícia não é uma mercadoria, com valor de troca. Depois da internet e do surgimento do fenômeno da massa de mídias (o oposto do conceito de mídia de massa), o valor de uso da notícia se tornou muito mais importante do que sua capacidade de ser monetizada (CASTILHO, 2013).

O que se quer enfatizar é que essa concepção de jornalismo, que visa a maior audiência possível e trata a notícia como produto a ser monetizado, afeta, relevantemente, as características da popularização da ciência. É através dela que essa popularização estrutura-se nos três grandes temas citados por Jurdant (2006) e acaba por “dirigir nossa ignorância” (p. 89)

## SUPREMACIA DO CONHECIMENTO CIENTÍFICO

A sociedade contemporânea parece estar “bem mais marcada por ambivalências e por ambiguidades múltiplas” do que a visão racionalista e completa de mundo herdada do Iluminismo parece querer admitir (Ó, 2007, p. 110). Uma acepção de ciência como linguagem superior às demais, detentora exclusiva de uma verdade última, parece estar cada vez mais deslocada das demandas epistemológicas, éticas e sociais atuais. No entanto, o conhecimento científico no âmbito educacional continua sendo apresentado, predominantemente, dessa maneira. Nesse sentido, pergunta-se: quais são as implicações de o discurso científico ser pretensamente admitido como superior e completo pelo aparelho pedagógico?

Uma implicação bastante direta desse modelo parece levar a uma situação pedagógica reduzida quase que, exclusivamente, à reprodução de verdades definidas e definitivas. Isso, somado a uma transcendentalização da figura do cientista e a um crescimento progressivo e previamente estabelecido de complexidade do conteúdo curricular, leva a um ambiente propício à inibição criativa dos estudantes. Assim, os discursos “revelam logo, rapidamente, a sua ligação com o desejo e com o poder” (FOUCAULT, 2004, p. 10),

Feyerabend afirma, a esse respeito,

A ciência não é nem uma tradição isolada nem a melhor tradição que há, exceto para aqueles que se acostumaram com sua presença, seus benefícios e suas desvantagens. Em uma democracia, deveria ser separada do Estado exatamente como as igrejas agora estão dele separadas (FEYERABEND, 2011, p. 303).

Parece uma proposta justa para que uma democracia tenha uma relação de livre escolha das tradições, sem privilegiar a científica em relação às demais. É salutar que o poder produzido por um discurso científico, com pretensões à supremacia de verdade, seja diluído e seu efeito não constranja outras linguagens. No entanto, a reivindicação do autor parece irrealizável nesse cenário. Ainda hoje, é difícil falar em estado laico, quanto mais na separação Estado-Ciência.

Sugere-se outra estratégia para driblar a função – velada – da educação como formadora de reprodutores de verdades, desencadeada pelos efeitos da institucionalização do discurso científico hegemônico. A ideia é que os atores da educação conscientes dessas relações de poder trabalhem nas *brechas institucionais*, servindo-se de posturas didáticas que se oponham à tendência inibidora mencionada. A denominação “brecha” justifica-se, dado que a postura acima sugerida é, em princípio, oposta ao “dever profissional” ao qual esses atores são submetidos. O professor deve construir e desfazer esse processo continuamente, para poder provocar os estudantes, e não a instituição.

Parece útil estabelecer, aqui, um paralelo entre o que se chama de brecha com o que Hakin Bey (1985) chama de *Zona Autônoma Temporária (TAZ)*. Segundo ele, a “TAZ é uma espécie de rebelião que não confronta o Estado diretamente, uma operação de guerrilha que libera uma área (de terra, de tempo, de imaginação) e dissolve-se para refazer-se em outro lugar e em outro momento, antes que o Estado possa esmagá-la” (BEY, 1985).

Uma possível implicação relevante de um discurso cético em relação a aspectos da educação – mesmo admitindo as múltiplas controvérsias por ele geradas – significa propiciar aos professores a consciência de um campo de ação menos ilusório e ideológico, que permita uma reflexão mais honesta e menos vislumbrada sobre seu papel de educador na sociedade. Além disso, é relevante a busca de uma projeção mais razoável das mudanças passíveis de serem promovidas.

## ENSINO DOUTRINÁRIO

A epistemologia pode desempenhar um papel fundamental na transição de um sistema de ensino baseado em um espírito doutrinário para um ensino construtor de um pensamento crítico. Com esse propósito, são sugeridas, aqui, duas reflexões epistemológicas: (i) relação produto e processo; e (ii) transição do enfoque da crença para aceitação.

A primeira sugestão é estabelecer uma dialética entre o produto científico e o processo de elaboração da ciência. A situação pedagógica atual enfatiza o produto científico – a teoria, modelos, aplicações. O que se sugere é que tal enfoque seja complementado por reflexões sobre o processo científico – gênese, constituição e desenvolvimento das teorias. Com isso não se quer dizer que se deva eliminar do ensino os exemplos bem sucedidos dos manuais científicos que, tacitamente, constituem o conhecimento científico de um paradigma, tal como na descrição de Kuhn (2003), mas que esses sejam contextualizados por meio de questões de ordem epistemológica e histórica, de tal modo que possam provocar a emergência de um pensamento crítico acerca de sua validade, de uma consciência de seus limites e suas noções – mesmo que incipientes – de sua constituição. Essa posição leva à segunda reflexão: a transição do enfoque na crença, dado pelo âmbito educacional, para o conceito epistemológico mais fraco da aceitação.

Aceitar uma hipótese científica, nesta terminologia, não implica acreditar, mas pode levar alguém a usar a hipótese – por exemplo, que uma determinada doença é causada por uma determinada substância química –, como premissa de razões (provisórias) e para orientar suas ações do dia-a-dia<sup>50</sup>. (AUDI, 1998, p. 276)

Isso implica em o estudante ter consciência e compreensão das teorias científicas, aceitando-as como tal, mas sem a necessidade de nelas acreditar. Nessa perspectiva, a função da educação não seria a de eliminar as concepções alternativas dos estudantes, substituindo-as por outras, científicas, nem sequer convencê-los a fazer essa transição. O que se propõe é que a aceitação de uma teoria científica implique na possibilidade de usá-la quando e como o aluno achar necessário. Ainda mais porque podem existir circunstâncias da vida do estudante nas quais seu conhecimento tácito e seu senso comum mostrar-se-ão mais adequados do que os conceitos científicos. O processo educativo apenas criaria as condições de construção do conhecimento científico e promoveria uma reflexão sobre sua constituição.

## CONSCIÊNCIA

---

<sup>50</sup> Tradução nossa. Texto original: “Accepting a scientific hypothesis, in this terminology, does not imply believing it, but it can commit one to using the hypothesis - say, that a certain disease is caused by a particular chemical - as a premise in (tentative) reasoning and in guiding one's day-to-day actions.”

Neste momento, faz-se uma reflexão mais detalhada do que se entende por *consciência do conhecimento*, cujas potencialidades de formação no âmbito da educação foram atribuídas à epistemologia. Anteriormente, essa noção foi ligeiramente descrita como o *entendimento da constituição do conhecimento e seus efeitos na composição da realidade*. Não obstante, fazem-se necessárias algumas considerações complementares para que seu significado se configure menos impreciso, mesmo sendo as distinções aqui feitas um tanto abstratas.

Aqui se distinguem quatro níveis da noção de *consciência do conhecimento*: antropológico, cognitivo, epistemológico e espiritual. Trata-se de distinções parcialmente relacionadas com distintas concepções, cuja relação é um tanto nebulosa, mas, quando tratadas de modo complementar, formam um mosaico abstrato da constituição do conhecimento, de seus imbricamentos com a realidade e sua indissociação com a própria vida.

O primeiro nível mencionado, o *antropológico*, refere-se à admissão do conhecimento como uma *tradição*. Nessa perspectiva, uma condição da cognoscibilidade é a inserção de cada indivíduo em uma cultura de crenças, verdades e justificações. Envolve o reconhecimento de que tal tradição é sócio-histórica, contingente e produz diversas formas de entendimento da realidade e diferentes modos de nela operar.

Essa última característica conduz a um outro nível de consciência: o *cognitivo*. Nesse nível reconhecem-se os aspectos mentais do conhecimento. Embora os detalhes de tais aspectos sejam complexos, incompletos e contemplados por distintas perspectivas teóricas, a caracterização que se deseja atribuir a este nível de consciência pode ser articulada com poucos elementos e sem a necessidade de pormenores. Para tanto, referencia-se a associação entre conhecimento, contingência neurofisiológica e efeitos que esta desencadeia na percepção. Consideram-se aqui três conjecturas: (i) primeira estabelece que há uma conexão entre cognição e configuração neuronal; (ii) a segunda, que os aspectos culturais referentes ao primeiro nível modulam a evolução dos estados neuronais; e (iii) a terceira, que a natureza da percepção, em todas as suas manifestações, está imbricada nesse encadeamento. Assim, o conhecimento afeta a percepção e a concepção da realidade, ao mesmo tempo em que produz formas de nela se articular.

Outro nível de consciência é o *epistemológico*. Nele, reconhece-se que o conhecimento, entendido como linguagem de uma tradição, tem uma *constituição* e uma *fundação*. A constituição refere-se à operacionalidade do conhecimento: sua lógica e regras próprias. Já a fundação refere-se aos pressupostos, às crenças – de ordem metafísica, semântica, epistêmica etc. – que não se justificam por si só e que constituem a base, na

maioria das vezes implícita, de uma cadeia de enunciados. O conhecimento científico, por exemplo, parece não escapar dessa condição: consiste em cadeias complexas de enunciados que, no fim, defendem algo relativamente simples. “Não existe, a rigor, uma ciência ‘sem pressupostos’, o pensamento de uma tal ciência é impensável, paralógico: deve haver antes uma filosofia, uma ‘fé’, para que a ciência dela extraia uma direção, um sentido, um limite, um método, um direito à existência.” (NIETZSCHE, 2009, p. 130). Um modo de exercer tal consciência é explicitar os pressupostos, a constituição, a lógica de operação de cada conhecimento. E tentar reconhecer os efeitos que eles desencadeiam na realidade.

O último nível aqui explicitado é o maior deles, pois engloba os demais e é chamado de *espiritual*. Nele, compreende-se a profunda relação que o conhecimento tem com a própria existência. Compreende-se que percepção, linguagem, pensamento, cultura, comportamento, realidade e conhecimento estão todos emaranhados em uma amálgama que se confunde com a própria vida. Referenciando Sidarta Gautama (*apud* BUCKINGHAM et al., 2011, p. 33), mais conhecido como Buda: “O que você pensa, você se torna.”. Esse nível reconhece a diversidade do conhecimento e a natureza universal que une suas múltiplas manifestações. Distintos conhecimentos possuem modos particulares de operar e de desencadear percepção e compreensão do mundo. Apesar disso, não fogem da condição intrínseca de produto cultural, de linguagem, de tradição. Nessa concepção, julga-se insustentável e pernicioso o estabelecimento da superioridade de qualquer tradição<sup>51</sup>. Nenhuma tradição permeia todas demais, nem mesmo a racionalidade. “Todas regras têm seus limites e não há uma ‘racionalidade’ abrangente” (FEYERABEND, 2011, p. 294). Assim, admitindo a legitimidade de cada tradição, a melhor maneira de encontrar a mais adequada é desenvolvendo uma variedade delas. Ao invés de inibir ou exaltar qualquer que seja, tratá-las como experiências provisórias, sem deixar que o costume silenciosamente configure uma conformada tirania de opinião, esta, segundo Mill (2000), tão devastadora quanto a tirania política. Essa abordagem requer uma variedade muito mais plural, rica e cheia de nuances do que a suposta pela

---

<sup>51</sup> As posições aqui defendidas podem – a partir de uma leitura um tanto desatenta - ser facilmente entendidas como estritamente *relativistas*, o que seria em grande medida injusto. Apesar de se ter usado elementos, em certo grau, compatíveis com alguns pressupostos do *construtivismo social*, não se defende o relativismo como postura verdadeira ao se tratar o conhecimento. Ao contrário, o pluralismo aqui defendido pode ir do relativismo ao absolutismo conscientemente. Mesmo não sendo possível estabelecer a superioridade de qualquer conhecimento que seja, não se nega a possibilidade de alguns serem mais adequados que outros em certas circunstâncias. Situação em que se suspende a dúvida e se assume a maior adequação ou conveniência de tal conhecimento. Ainda assim, estimula-se a exploração subsequente de outras formas, para que do contraste emerjam compreensões sobre essa adequação e suas limitações. Enfim, a pluralidade necessita de elementos relativistas, para que estes projetem algumas compreensões e para que sejam abandonados e/ou resgatados circunstancialmente. Tomar ambos como sinônimos, entretanto, configura um equívoco.

habitual polarização de diversos sistemas humanos (direita/esquerda, comunismo/capitalismo, veganos/carnívoros), extremos em que não reconhecem um no outro qualquer concepção em comum que permita uma tradução de linguagem, uma comunicação um pouco menos incomensurável e um pouco mais tolerante. Esse nível de consciência consente a livre circulação entre distintos conhecimentos e a apreciação de seus efeitos. E, mesmo sabendo que não há modos de se estabelecer uma tradição única como verdadeira, ainda assim, é possível apegar-se conscientemente a uma delas. Talvez assim: a fé não fosse tão cega; os conflitos religiosos, científicos e ideológicos pudessem ser ressignificados em nova ética; e a humanidade, quiçá, assumisse uma nova ordem de convivência.

Entende-se, portanto, que a consciência do conhecimento é uma forma de exercer a liberdade, pois conhecer como se constitui o conhecimento leva a escolhas conscientes das possibilidades de articularem-se distintas linguagens, de transitar livremente de uma para outra e de perceber as nuances que cada uma delas produz na realidade.

## REFERÊNCIAS

ADÚRIZ-BRAVO, Agustín; IZQUIERDO, Merce; ESTANY, Anna. Una propuesta para enseñanza de filosofía de la ciencia para el profesorado de ciencias en formación. **Enseñanza de las ciencias**, 20 (3), p. 465-476, 2002.

AUDI, Robert. **Epistemology**: a contemporary introduction to the theory of knowledge. London: Routledge, 1998.

AYER, Alfred Jules. **El positivismo lógico**. México, D. F.: Fondo de Cultura Económica, 1965.

BAKHTIN, Mikhail. **Estética da criação verbal**. 3.ed. São Paulo: Martins Fontes, 2000.

BEVERIDGE, William Ian Beardmore. **Sementes da descoberta científica**. São Paulo: Queros, Universidade de São Paulo, 1981.

BEY, Hakin. **TAZ - Zona autônoma temporária**. Coletivo Sabotagem: Contra-Cultura, 1985. Disponível em: <<http://www.slideshare.net/fabiopedrazzi/bey-hakim-taz-zona-autnoma-temporria>> Acesso em: set 2013.

BRANDÃO, Rafael Vasques; ARAUJO, Ives Solano; VEIT, Eliane Angela. A modelagem científica vista como campo conceitual. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 28, n. 3: p. 507-545, dez. 2011.

BUCKINGHAM, Will; BURNHAM, Douglas; HILL, Clive; KING, Peter; MARENBO, John; WEEKS, Marcus. **O livro da filosofia**. São Paulo: Globo, 2011.

BUNGE, Mario Augusto. **Teoria e realidade**. São Paulo: Perspectiva, 1974.

CASTILHO, Carlos. Ninja, um novo modelo de jornalismo. **Observatório da Imprensa**, ano 17, n. 770, 2013. Disponível em: <[http://www.observatoriodaimprensa.com.br/posts/view/\\_1](http://www.observatoriodaimprensa.com.br/posts/view/_1)> Acesso em: 11 out. 2013.

CHALMERS, Alan F. **O que é ciência, afinal?** São Paulo: Brasiliense, 1993.

CHALMERS, Alan F. **A fabricação da ciência**. São Paulo: UNESP, 1994.

CHEVALLARD, Yves. **La transposición didáctica**: del saber sabio al saber enseñado. Buenos Aires: Aique, 2005.

COSTA, Sergio Roberto. **Dicionário de gêneros textuais**. 3.ed. rev. ampl. Belo Horizonte: Autêntica Editora, 2012.

DUTRA, Luis Henrique de Araújo. **Introdução à epistemologia**. São Paulo: Editora UNESP, 2010.

DOLBY, Riki G. A. La sociología del conocimiento en la ciencia de la naturaleza. In: BARNES, Barry (Comp.). **Estudios sobre sociología de la ciencia**. Madrid: Alianza, 1972.

EPSTEIN, Isaac. Comunicação da Ciência. **São Paulo em Perspectiva**, 12(4), p. 60-68, 1998.

FERNANDES, Carolina dos Santos; MARQUES, Carlos Alberto. A contextualização no ensino de ciências: a voz de elaboradores de textos teóricos e metodológicos do Exame Nacional do Ensino Médio. **Investigações em Ensino de Ciências**, v.17(2), p. 509-527, 2012.

FERREIRA, Aurélio B. de Hollanda. **Novo dicionário da língua portuguesa**. 3.ed. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1999.

FEYERABEND, Paul. **Contra o método**. 2.ed. São Paulo: UNESP, 2011.

FOUCAULT, Michel. **A ordem do discurso**: aula inaugural no Collège de France. (Pronunciada em 2 de dezembro de 1970) 8.ed. São Paulo: Loyola, 2004.

FRANÇA, Ronaldo. E a gente ainda goza dos americanos... **Editora Abril S.A.** 2007. Disponível em: <[http://veja.abril.com.br/071107/p\\_108.shtml](http://veja.abril.com.br/071107/p_108.shtml)> Acesso: set 2013.

FREIRE-MAIA, Newton. **A ciência por dentro**. 4.ed. Petrópolis: Vozes, 1997.

FRENCH, Steven. **Ciência**: conceitos-chave em filosofia. Porto Alegre: Artmed, 2009.

FOUREZ, Gérard. Crise no ensino de ciências? **Investigações em Ensino de Ciências**, v.8(2), p. 109-123, 2003.

GALIAZZI, Maria do Carmo. Algumas faces do construtivismo, algumas críticas. In: ROQUE, Moraes (Comp.). **Construtivismo e Ensino de Ciências** – Reflexões epistemológicas e metodológicas. Porto Alegre: EDIPUCRS. 2000.

GETTIER, Edmund. Is justified true belief knowledge? **Analysis**, n. 23, p. 121-123, 1963. Disponível em: < <http://philosophyfaculty.ucsd.edu/faculty/rarneson/courses/gettierphilreading.pdf>> Acesso em: set 2013.

GLASERSFELD, Ernest Von. Cognition, construction of knowledge and teaching. **Synthese**, 80(1), p. 121-140, 1989.

GREENE, Brian. **A realidade oculta**. Universos paralelos e as leis profundas do cosmo. São Paulo: Companhia das letras. 2012

HARRES, João Batista Siqueira. Uma revisão de pesquisas nas concepções de professores sobre a natureza da ciência e suas implicações para o ensino. **Investigações em Ensino de Ciências**, v.4(3), pp. 197-211, 1999.

HARRES, João Batista Siqueira. Natureza da Ciência e implicações para a educação científica. In: ROQUE, Moraes (Comp.). **Construtivismo e Ensino de Ciências** – Reflexões epistemológicas e metodológicas. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2000.

HODSON, Derek. Philosophy of science, science and science education. Studies in Science Education. **Taylor & Francis Group**. n. 12, jan./jun., pages 25-57, 1985.

JURDANT, Baudouin. A colonização científica da ignorância. **LÍBERO**, Ano IX, n. 18, p. 87-91, Dez 2006.

KANT, Immanuel. **Crítica da razão pura**. 2.ed. São Paulo: Abril Cultural, 1984.

KUHN, Thomas S. **A estrutura das revoluções científicas**. 8.ed. rev. São Paulo: Perspectiva, 2003.

LADYMAN, James. **Understanding philosophy of science**. London: Routledge, 2002.

LAKATOS, Imre. **La metodología de los programas de investigación científica**. Madrid: Alianza Universidad, 1989.

LATOURETTE, Bruno. **Não congelarás a imagem, ou: como não desentender o debate Ciência-religião**. **MANA**, 10(2), p. 349-376, 2004.

LOSEE, John. **Introdução histórica à filosofia da ciência**. Belo Horizonte: Itatiaia, 1979.

MACHADO, Roberto. **Ciência e saber: a trajetória da arqueologia de Michel Foucault**. 2.ed. Rio de Janeiro: Graal, 1988.

MATURANA, Humberto R.; VARELA, Francisco J. **A árvore do conhecimento: as bases biológicas da compreensão humana**. 9.ed. São Paulo: Palas Athena, 2001.

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

MELLADO, Jiménez. V. Concepciones y prácticas de aula de profesores de ciencias, en formación inicial de primaria y secundaria. **Enseñanza de las Ciencias**, 14 (3), p. 289-302, 1996.

META PESQUISAS DE OPINIÃO. Hábitos de informação e formação de opinião da população brasileira II. **Relatório de pesquisa qualitativa**. 2010. Disponível em: <<http://www.secom.gov.br/sobre-a-secom/pesquisas/2010-12-habitos-ii/2010-12-habitos-de-informacao-e-formacao-de-opinio-da-populacao-brasileira-ii.pdf>>. Acesso em: mar. 2013.

MILL, John Stuart. **A liberdade; Utilitarismo**. São Paulo: Martins Fontes, 2000.

MORAES, Roque; GALIAZZI, Maria do Carmo. **Análise textual discursiva**. 2. ed. Ijuí: Ed. Unijuí, 2011.

MOREIRA, Marco Antônio. Aprendizagem significativa subversiva. **Série Estudos - Periódico do Mestrado em Educação da UCDB**. Campo Grande, MS, n. 21, p.15-32, jan./jun. 2006.

MORIN, Edgar. **Ciência com consciência**. 8.ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil. 2005.

MOSER, Paul K; MULDER, Dwayne H; TROUT, J. D. **A Teoria do conhecimento: uma introdução temática.** São Paulo: Martins Fontes, 2004.

MOTTA-ROTH, Désirée; MARCUZZO, Patrícia. Ciência na mídia: análise crítica de gênero de notícias de popularização científica. *Revista Brasileira de Linguística Aplicada*, Belo Horizonte, v. 10, n. 3, p. 511-538, 2010.

NIETZSCHE, Friedrich. **Genealogia da moral: uma polêmica.** São Paulo: Companhia das Letras, 2009.

NORRIS, Stephen P.; PHILLIPS, Linda M. How literacy in its fundamental sense is central to scientific literacy. *Science Education*, v. 87, n. 2, p. 224-240, 2003.

Ó, Jorge Ramos do. Desafios à Escola Contemporânea: um diálogo. **Educação e Realidade**, 32(2): 109-116 jul/dez 2007. Entrevista a Francisco Eboli.

PAVIANI, Jayme. **Problemas de filosofia da educação: o cultural, o político, o ético na escola, o pedagógico, o epistemológico no ensino.** 7.ed. Caxias do Sul: EDUCS, 2005.

PELLANDA, Nize Maria Campos. **Maturana & a Educação.** Belo Horizonte: Autêntica, 2009.

PIETROCOLA, Maurício. Construção e realidade: o realismo científico de Mário Bunge e o Ensino de Ciências através de modelos. **Investigações em Ensino de Ciências**. v. 4, n. 3, p. 213-227, 1999.

POMBO, Olga. **Interdisciplinaridade: ambições e limites.** Lisboa: Relógio D'Água Editores, 2004.

POPPER, Karl Raimund. **A lógica da pesquisa científica.** 12.ed. São Paulo: Pensamento Cultrix, 2006.

POPPER, Karl Raimund. **Conjecturas e refutações: o progresso do conhecimento científico.** 2.ed. Brasília: Universidade de Brasília, 1982.

RAMOS, Maurivan Güntzel. Epistemologia e Ensino de Ciências: Compreensões e perspectivas. In: ROQUE, Moraes (Comp.). **Construtivismo e Ensino de Ciências – Reflexões epistemológicas e metodológicas.** Porto Alegre: EDIPUCRS, p. 13-35 2000.

RUFATTO, Carlos Alberto; Carneiro, Marcelo Carneiro. A concepção de Ciência de Popper e o ensino de Ciências. **Ciência & Educação**, v. 15, n. 2, p. 269-89, 2009.

SANTOS, Boaventura de Souza. **Introdução a uma ciência pós-moderna.** 4.ed. Rio de Janeiro: Graal, 1989.

SANTOS, Wildson Luiz Pereira dos. Educação científica na perspectiva de letramento como prática social: funções, princípios e desafios. **Revista Brasileira de Educação**, v. 12, n. 36, Rio de Janeiro, p. 474-492, Set./Dec. 2007.

SILVEIRA, Fernando Lang. A filosofia da ciência e o ensino de ciências. **Em Aberto**,

Brasília, ano 11, n. 55, jul./ set. 1992.

SILVEIRA, Fernando Lang. Inclinações das ruas e das estradas. **Física na Escola**, v. 8, n. 2, 2007.

SILVEIRA, Fernando Lang. **Questões de Física na prova de Ciências da Natureza no ENEM 2012– 2013**. Disponível em: <[http://www.if.ufrgs.br/~lang/Textos/Quest\\_Fisica.pdf](http://www.if.ufrgs.br/~lang/Textos/Quest_Fisica.pdf)>. Acesso em: ago. 2013.

SILVA, Osmar Henrique Moura da; NARDI, Roberto; LABURÚ, Carlos Eduardo. Uma estratégia de ensino inspirada em Lakatos com instrução de racionalidade por uma reconstrução racional didática. **Ensaio**, vol. 10, p. 9-22, no.1 jun. 2008.

VAN FRAASSEN, Bas C. **A imagen científica**. São Paulo: UNESP, 2007.

VASCONCELLOS, Maria José Esteves de. **Pensamento sistêmico: o novo paradigma da ciência**. 2.ed. rev. Belo Horizonte: PUCMinas, 2003.

VILARINHO, Sabrina. **A reportagem**. BrasilEscola.com., 2009 Disponível em: <<http://www.brasilecola.com/redacao/a-reportagem.htm>> Acesso: set 2013.

WARTHA, Edson Jose; SILVA, Erivanildo Lopes da; BEJARANO, Nelson Rui Ribas. Cotidiano e Contextualização no Ensino. **Química na escola**. v. 35, n. 2, p. 84-91, maio, 2013.

WILKINS, John. Evolução e filosofia - uma introdução. Uma boa tautologia é difícil de encontrar. **Projeto Evoluindo - Biociência.org.**, 2006. Disponível em: <<http://www.evoluindo.biociencia.org>>. Acesso em: mar. 2013.

ZYLBERSZTAJN, Arden. Revoluções científicas e a ciência normal na sala de aula. In: MOREIRA, M. A. & AXT, R. **Tópicos em ensino de ciências**. Porto Alegre: Sagra, 1990.

## REFERÊNCIAS DAS REPORTAGENS ANALISADAS

RET1

MOON, Peter. A nova era da incerteza. *Época*, n. 738, p. 33-37, 10 de outubro de 2011.

RET2

MOON, Peter; MANSUR, Alexandre. A fotografia da partícula de deus. *Época*, n. 738, p. 33-37, 9 de julho de 2012.

RET3

GLEISER, Marcelo. O que o bóson tem a ver com Deus? *Época*, n. 738, P. 38-39, 9 de julho de 2012.

RET4

MOON, Peter. Como o universo funciona. *Época*, n. 738, p. 40-47, 9 de julho de 2012.

RET5

MOON, Peter. Uma breve história da Física. *Época*, n. 738, p. 52-56, 9 de julho de 2012.

RIET1

TIRABOCHI, Juliana. Mais perto de Deus. *IstoÉ!*, n. 2226. p. 80-82, 11 de julho 2012.

RIET2

TIRABOCHI, Juliana. Os gênios também erram. *IstoÉ!*, n. 2276, p. 100-101, 3 de julho 2013.

RVT1

ROMANINI, Carolina; VILIC, Filipe. Tem confusão no céu da ciência e da crença. *Veja*, n. 2201, p. 85-90, 26 de janeiro de 2011.

RVT2

VILICIC, Filipe. Encaixou-se perfeitamente.