Universidade de São Paulo

Programa de Pós-Graduação Interunidades em Ensino de Ciências.

Instituto de Física, Instituto de Química, Instituto de Biociências,
Faculdade de Educação.

CONCEPÇÕES SOBRE CIÊNCIA E NATUREZA:

Uma investigação das visões filosóficas de
professores de física do ensino superior

Roseny A. M. de Lisbôa

São Paulo

2015

Roseny A. M.de Lisbôa

CONCEPÇÕES SOBRE CIÊNCIA E NATUREZA:

Uma investigação das visões filosóficas de
professores de física do ensino superior

Orientador: Prof. Dr. Osvaldo Frota Pessoa Jr.

Dissertação de mestrado apresentada ao Programa Interunidades. Instituto de Física, ao Instituto de Química, ao Instituto de Biociências e à Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo, para obtenção do título de Mestre em Ensino de Ciências.

Banca examinadora:

Prof. Dr Osvaldo Pessoa Jr (Presidente)

Prof. Dr. Ivã Gurgel (IF-USP)

Prof^a. Dr^a Ileana Maria Greca (Universidade de Burgos)

São Paulo
2015

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

FICHA CATALOGRÁFICA
Preparada pelo Serviço de Biblioteca e Informação
do Instituto de Física da Universidade de São Paulo

Lisbôa, Roseny Aparecida Miranda de

Concepções sobre ciência e natureza: uma investigação das visões filosóficas de professores de física do ensino superior. São Paulo, 2015.

Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo. Faculdade de Educação, Instituto de Física, Instituto de Química e Instituto de Biociências.

Orientador: Prof. Dr. Osvaldo Frota Pessoa Junior

Área de Concentração: Ensino de Ciências e Matemática.

Unitermos: 1. Física (Estudo e ensino); 2. Ensino superior; 3. Ciência; 4. Ontologia; 5. Dissertação de mestrado.

USP/IF/SBI-093/2015

Sumário

Resumo.....	7
Abstract	9
Cap. I: Introdução	11
Cap. II: Questões filosóficas relacionadas à ciência	17
1. Verdade na ciência	17
2. Realismo científico.....	21
3. Variedades de antirrealismo	23
4. Realismo de entidades e realismo estrutural	26
5. Reduccionismo x emergentismo	26
6. Sobre o determinismo	26
7. Sobre a natureza do tempo físico	31
8. Sobre os objetivos da ciência	33
9. Sobre religião	33
Cap. III: Metodologia	35
1. Contexto da pesquisa e objetivos.....	35
2. A pré-análise.....	37
3. A exploração dos dados	44
4. O tratamento dos dados, a inferência e a interpretação	44
Cap. IV: Análise e estudo das entrevistas	49
1. Questão sobre a verdade na ciência	50
2. Questões sobre o realismo ontológico	55
3. Questões sobre realismo de entidades.....	61
4. Questões sobre o realismo epistemológico	69
5. Questão sobre o reduccionismo x emergentismo	75
6. Questões sobre o determinismo	79
7. Questão sobre a natureza do tempo físico	82
8. Questão sobre os objetivos da ciência	84
9. Questão sobre a religião	87

Cap. V: Considerações Finais.....	91
Referências Bibliográficas	97
Apêndice I: Transcrição das entrevistas	103
1. Questão 1	103
2. Questão 3	106
3. Questão 5	107
4. Questão 6	109
5. Questão 7	109
6. Questão 8	111
7. Questão 9	112
8. Questão 10	112
9. Questão 13	115
10. Questão 15	112
11. Questão 17	112
12. Questão 18	112
Apêndice II: Esboço de Questionário.....	121
Apêndice III: 1º Questionário.....	125
Apêndice IV: Questionário "Concepções da Ciência"	127

Resumo

Lisbôa, R. A. M. **CONCEPÇÕES SOBRE CIÊNCIA E NATUREZA: Uma investigação das visões filosóficas de professores de física do ensino superior**. 2015, 129 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Física). Instituto de Física, Instituto de Química, Instituto de Biociências, Faculdade de Educação. Universidade de São Paulo, São Paulo, 2015.

O objetivo deste trabalho é pesquisar e classificar as diversas concepções filosóficas sobre o mundo físico e a ciência em um grupo específico de físicos: professores do Instituto de Física da Universidade de São Paulo.

O trabalho começou com a criação de um questionário envolvendo julgamentos ou opiniões sobre alguns assuntos da física, sempre procurando abordar conceitos fundamentais da filosofia da ciência, como verdade, realismo, reducionismo, determinismo, natureza do tempo físico, objetivos da ciência e visões religiosas. De posse desse questionário realizamos entrevistas com dez professores do Instituto de Física da USP e então partimos para as análises dessas respostas. A metodologia utilizada seguiu os princípios da pesquisa qualitativa associada à análise de conteúdo. Isso que nos permitiu o estabelecimento de critérios de classificação para as diversas concepções filosóficas encontradas nas respostas dos entrevistados e a criação de categorias que foram ilustradas com representações diagramáticas. Com esta pesquisa, pretende-se deixar abertos caminhos para que, no futuro, possam ser investigadas conexões com o ensino na sala de aula, os livros didáticos, práticas pedagógicas, estratégias de ensino, novas sequências didáticas, etc. Além disso, espera-se que essa pesquisa possa tornar-se um forte aliado no processo de ensino-aprendizagem de determinados fenômenos, influenciando também a maneira como a natureza da ciência é apresentada e como a Física é ensinada.

Palavras-chave: concepções filosóficas, verdade na ciência, realismo ontológico, realismo epistemológico, antirrealismo.

Abstract

LISBÔA, R.A.M. **CONCEPTIONS of SCIENCE and NATURE: an investigation of the philosophical views of physical teachers of higher education.** 2015. 129 p. Dissertation (Master's in Physics Education). Institute of Physics, Institute of Chemistry, Institute of Biosciences, Faculty of Education. University of São Paulo, São Paulo, 2015.

The aim of this study is to investigate and classify the various philosophical conceptions about the physical world and science in a specific group of physicists: teachers of the Institute of Physics at the University of São Paulo (USP). The work began with the creation of a questionnaire involving judgments or opinions on some subjects of physics, addressing fundamental concepts of philosophy of science, such as truth, realism, reductionism, determinism, nature of physical time, aims of science, and religious views. With this questionnaire, interviews were conducted with ten professors from the Institute of Physics of USP, and then an analysis of the answers was made. The methodology used followed the principles of qualitative research associated with content analysis. This enabled us to establish criteria for classification for the various philosophical concepts found in the answers of the respondents, and to create categories that were illustrated with diagrammatic representations. We hope that in the future this research can be connected to issues in classroom teaching, textbooks, teaching practices, teaching strategies, new didactic sequences, etc. In addition, we hope that this research can become a strong ally in the teaching-learning process of certain phenomena, influencing the way the nature of science is presented and how physics is taught.

Keywords: philosophical concepts, truth in science, ontological, epistemological realism, realism and anti-realism.

Cap. I

Introdução

O propósito desse trabalho consiste na investigação das concepções filosóficas de professores de física do ensino superior. Essa busca remeteu também a outros questionamentos que emergiram de elementos teóricos (fundamentados em alguns estudos sobre natureza da ciência, história e filosofia da ciência) e empíricos (fundamentados em uma pesquisa de campo). Escutando atentamente as respostas obtidas e utilizando técnicas de análise de conteúdo pudemos perceber como e quanto arraigada fica a posição de cada entrevistado sobre cada tema abordado durante a entrevista.

No entanto, esse trabalho não pretende analisar tais relações em uma perspectiva mais ampla, ou seja, dos professores e suas aulas dadas e nem adentrar em suas posturas didáticas ou metodológicas. O diálogo aqui proposto busca classificar e mapear as diversas concepções filosóficas de professores de física do Instituto de Física da Universidade de São Paulo (IFUSP).

Acredito que é importante, para início da leitura dessa dissertação, contextualizar a pesquisa dentro de sua trajetória, portanto faço a seguir um breve relato da trajetória dessa pesquisa.

Comecei a cursar a licenciatura em 2007, e logo no início do curso pude fazer a matéria de *Gravitação*, dado pelo prof. João Zanetic. As incursões históricas trazidas pelo professor me fizeram perceber que o fator histórico deveria ser mais explorado nas explicações de conteúdo de física. Essa possibilidade da conexão da física com questões históricas, culturais e filosóficas me despertou interesse para os estudos e pesquisas pessoais e acadêmicas sobre esses assuntos. Após o curso, fui monitora do

curso de Gravitação, trabalho que realizei por seis meses e foi realmente proveitoso, porque pude aprender muito mais ensinando.

Cursando ainda a graduação me inscrevi no *Projeto Ensinar com Pesquisa*, e as experiências com projetos permitiram que eu pudesse ter uma nova visão sobre ensino de física. O primeiro projeto no qual me inscrevi foi “*História da Física: Ensino a partir de textos originais*”, em que pude participar de debates e discussões com a profª Vera Henriques, juntamente com a leitura de textos originais de cientistas ou de historiadores da ciência. Foi o meu primeiro contato com um projeto de pesquisa na graduação, e o escolhi porque sabia que eu tinha uma afinidade para leituras e para as questões voltadas à história; e mais tarde pude descobrir que a filosofia também me atraía muito. Após um ano trabalhando com a pesquisa dos mesmos, me transferi para o projeto coordenado pela profª Maria Regina Dubeux Kawamura, “*História do IFUSP*”, que propunha uma investigação da construção histórica dos currículos de graduação, buscando uma referência mais abrangente para compreender os desafios das reestruturações curriculares atuais.

Cursando também algumas disciplinas, como *Elementos e Estratégias para o Ensino de Física e Produção do Material Didático*, pude conhecer outros projetos de ensino, como o *Projeto Harvard*, no qual há um forte apelo para o uso de história e filosofia da física no currículo de física do ensino médio. Fiz também, na *Escola de Comunicação e Artes da USP*, a disciplina de *Jornalismo Científico*, onde exercitei técnicas de redação de textos em linguagem coloquial, para leigos em assuntos científicos. Das matérias sugeridas pela Faculdade de Educação da USP, cursei *Introdução aos Estudos da Educação: Enfoque Sociológico e Educação Matemática*, que contribuiu para analisar as estratégias de ensino adotadas em sala de aula. Ainda fiz *Filosofia e História da Ciência Moderna na Faculdade de Filosofia da USP*, para um aprofundamento maior em assuntos do campo da filosofia da ciência. Dentre as matérias obrigatórias que completaram a minha formação, cursei *Metodologia de Ensino*, ministrada pela profª Lucia Abib, e pude estagiar por um ano na Escola de Aplicação da USP. Durante esse período acompanhei as aulas dadas aos 1º, 2º e 3º anos do ensino médio e ao final do estágio pude desenvolver um projeto de um bloco de estudo de Física Moderna para ser utilizado no 3º ano do ensino médio,

empregando dados históricos e concepções filosóficas sobre a natureza da luz. Aplicamos o curso durante um mês e foi ali que pude perceber como os alunos apreciavam (com encanto) as discussões filosóficas e quanto isso pode envolver os estudantes de maneira mais significativa com o aprendizado.

Após essas experiências, já mais em final do curso de graduação, cursei a matéria de *Filosofia da Física* ministrada pelo prof. Osvaldo Pessoa Jr. e fui convidada a participar de um dos seus projetos de pesquisa, "*Concepções sobre a Ciência*". Esse projeto está relacionado à Física Quântica, que é uma interessante área para o estudo filosófico, pois além do formalismo mínimo da teoria, há dezenas de interpretações diferentes propostas na literatura, sendo que a popularidade delas é fortemente afetada pela cultura de um lugar e pela época. Apliquei-me nos estudos filosóficos e de trabalhos, já publicados, que envolvessem análises sobre questionários da natureza da ciência. A ideia de tal projeto já havia sido discutida com os alunos Alexandre Bagdonas Henrique e André Luis Martins, mas a pesquisa de cada um seguiu um rumo distinto e eu segui trabalhando nesse tema. Iniciei o meu projeto de pesquisa de mestrado com a intenção de analisar concepções sobre ciência e natureza.

Com o intuito de situar esse trabalho diante de um panorama geral, acerca da presença do tema Natureza da Ciência na pesquisa em ensino de ciências, foi feito um levantamento bibliográfico do período de 1973 a 2001 (Lederman et al., 2002; Lederman, 2007). Assim como também foi feito um estudo a respeito dos problemas filosóficos e do ensino de ciências, ficando a preocupação em evidenciar as diferentes posições em filosofia das ciências feitas por Niiniluoto (1999) e por Pessoa (2009).

Começamos a trabalhar na análise de um questionário que aparece no final do vol. 1 do livro *Conceitos de Física Quântica* do prof. Osvaldo Pessoa. Mas logo sentimos a necessidade de elaborarmos um questionário aberto envolvendo perguntas que permitissem aos entrevistados expressar suas opiniões de forma ampla, assim como, as respostas dadas a esse questionário pudessem criar uma narrativa sobre filosofia da ciência, abordando também assuntos relativos à natureza da ciência. Em 2011 elaboramos um Questionário com perguntas relacionadas à ciência, em 2012 aplicamos esse Questionário para professores do instituto de Física da USP.

No contexto específico deste trabalho, observamos um grupo de professores de Física do IFUSP de diversos departamentos, homens e mulheres, experimentais ou teóricos, próximos ou distantes da reflexão sobre o ensino, buscando tirar uma amostra representativa da “cara da instituição”.

Os dados foram coletados em uma entrevista gravada com alguns membros desse grupo (professores do IFUSP). Partindo da interpretação da práxis relatada (gravada) e sua posterior transcrição e por intermédio de um referencial filosófico descrito no Cap. II pesquisamos esse universo com o olhar centrado nas concepções que identificam cada concepção individual, a partir de posições filosóficas já estabelecidas anteriormente, criamos também dimensões próprias para formar as categorias de análise.

Assim, buscamos nesse trabalho de pesquisa fazer um sintético estudo teórico sobre algumas das principais características do debate *realismo x antirrealismo*, além de discutir, de forma abreviada, algumas interpretações clássicas da Filosofia da Ciência e algumas posições “metafísicas” a respeito da realidade física.

A estrutura desta dissertação está assim dividida. No Cap. II tratamos das “*Questões Filosóficas*” onde foi feito um estudo de natureza filosófica que permitiu caminhar entre conceitos definidos, consagrados, revisitados e explicados que nos serviu de referencial teórico para criarmos as grandes dimensões que essa pesquisa irá estudar, assim como categorias gerais e possíveis mesclas de posições ou opiniões encontradas nas respostas das questões analisadas.

O Cap. III traz a “*Metodologia*” que estamos adotando, primeiramente descrevendo o processo de construção do nosso instrumento de coleta de dados e, a seguir, o procedimento adotado nas análises das entrevistas realizadas.

Já no Cap. IV, “*Análise e estudo das Entrevistas*”, fizemos a análise dos resultados do nosso trabalho de pesquisa. Baseados nas respostas dos questionários, apresentamos subdivisões por dimensões analisadas, e em cada uma delas colocamos tabelas de trechos de respostas dos entrevistados. A partir de uma sobreposição dessas respostas com a teoria desenvolvida no Cap. II, e seguindo a metodologia abordada no Cap. III, classificamos as respostas obtidas por categorias utilizando posições filosóficas consagradas e criando também novas categorias que emergiram

das respostas dadas, ampliando ou também refinando as já habituais classificações filosóficas.

Por fim, com o Cap. V "*Considerações Finais*", apresentamos um perfil de cada um dos nossos entrevistados, com base nas análises desenvolvidas no Cap. IV.

No final dessa dissertação apresentamos também em "*Apêndices*", as transcrições integrais das respostas, o que poderá facilitar a verificação, mais detalhada, das respostas dadas para cada pergunta; nosso esboço inicial do instrumento de coleta de dados; a primeira versão do *Questionário sobre Concepções da Ciência*; e a versão finalizada com a qual trabalhamos nessa pesquisa que constituiu nosso material de análise.

Acreditamos que esse trabalho pode municiar os estudantes de graduação em Licenciatura de Física, o que estimularia a propagação de uma nova postura em sala de aula quando estes já estiverem formados. É razoável defender que uma boa articulação de algumas questões da filosofia podem gerar discussões em sala de aula que levem os alunos para um envolvimento maior com a aprendizagem. Talvez esta análise possa associar as muitas dificuldades de se ensinar Física com uma prática ingênua que não valoriza as várias interpretações diferentes que envolvem uma teoria. Com isso, pretendemos discutir essas questões não com a intenção de apresentar respostas prontas, mas para abrir novos caminhos passíveis de serem pesquisados.

Cap. II

Questões filosóficas relacionadas à ciência

Neste capítulo, faremos uma apresentação sucinta de diferentes questões filosóficas que estão presentes nos questionários ministrados aos professores de física. Essas questões envolvem a noção de verdade, o realismo científico e variedades de antirrealismo, a oposição reducionismo versus emergentismo, o problema do determinismo, a natureza do tempo, os objetivos da ciência e as visões religiosas.

1. Verdade na ciência

Analisando os conceitos de verdade, constata-se que estes estão diretamente ligados às posições filosóficas realista ou antirrealista, como veremos a seguir.

Apresentaremos quatro concepções principais a respeito do conceito de verdade, seguindo Pessoa (2013, cap. II).

1) *Concepção de verdade por correspondência*. Segundo esta definição, a verdade é uma relação entre um enunciado teórico (linguístico) e uma realidade. No caso das ciências físicas, pode-se dizer que a verdade não muda com o passar do tempo. Por exemplo, tomemos o enunciado “o cometa é um fenômeno cósmico”. Neste caso, há uma correspondência entre o enunciado e um fato real. Essa correspondência independe da cultura: apesar de os antigos gregos acreditarem que “o cometa é um fenômeno sublunar (atmosférico)”, sua crença é falsa, pois o cometa sempre foi um fenômeno cósmico (dizer que uma crença é falsa não significa que seja uma mentira, um ato forjado, mas sim uma afirmação errônea). Essa é a concepção de verdade adotada pelo realismo científico. Apesar de nossa língua ser diferente da dos

gregos, ambos concordamos sobre o significado dos termos “cometa” (o objeto visto no céu), “atmosfera” (a camada de ar em volta da Terra) e “cosmos” (o que hoje chamamos de espaço sideral). Assim, não há mudança de sentido do enunciado “o cometa é um fenômeno cósmico” no uso feito pelos gregos e por nós. Além disso, a realidade física não se alterou nesses dois mil anos. Assim, o enunciado é verdadeiro hoje e há dois mil anos atrás, independentemente da opinião da maioria dos astrônomos gregos.

Segundo esta concepção correspondencial, é preciso distinguir entre a *relação* de verdade, que existe entre o enunciado e o estado real, e um *critério de aceitação* de verdade, ou seja, um critério que forneça um teste para estabelecer se um enunciado é verdadeiro ou falso. Os gregos tinham uma astronomia sofisticada, e havia boas razões teóricas para defender que os cometas seriam fenômenos atmosféricos, já que o cosmos parecia imutável. Assim, seu critério de aceitação do enunciado “o cometa é um fenômeno atmosférico” seguia os preceitos metodológicos adotados na época, de forma que podemos considerar que o enunciado era uma tese bem justificada e racional para a época. Mas, mesmo assim, de acordo com a definição correspondencial, o enunciado é falso, tanto hoje quanto naquela época. A concepção de verdade por correspondência define não só a verdade, mas também a falsidade.

Pode-se criticar esta posição perguntando como temos tanta certeza de que o cometa é um fenômeno cósmico. Será esta uma verdade absoluta, definitiva, imutável? Os defensores da concepção correspondencial podem até admitir que não há certeza absoluta da veracidade deste enunciado, mas mesmo assim dirão que o enunciado ou é verdadeiro, ou é falso. Em outras palavras, a definição correspondencial não entra na questão dos critérios para se aceitar a veracidade ou falsidade de um enunciado. Na ciência, esse critério é fornecido pelos métodos científicos, e dificilmente atinge-se um grau de certeza sobre a verdade.

A concepção correspondencial aceita que um enunciado seja verdadeiro ou falso, mesmo que a realidade (a que se refere o enunciado) seja inobservável. Esta é a tese principal do realismo científico. Nesse caso, pode ser que não haja um critério para se aceitar a veracidade do enunciado, mas isso não afeta a definição correspondencial de verdade.

Será que “a concepção de verdade por correspondência” é verdadeira? A melhor resposta é dizer que ela é apenas uma *definição*, que pode ser utilizada ou não, por convenção. Mas há outra pergunta mais problemática para os correspondencialistas. Será que é verdade que há uma correspondência entre o enunciado “o cometa é um fenômeno cósmico” e a realidade? Neste caso, a tendência é responder que sim, mas neste caso teremos o início de um regresso ao infinito (pois agora podemos perguntar se é verdade que há uma correspondência entre o enunciado “há uma correspondência entre o enunciado ‘o cometa é um fenômeno cósmico’ e a realidade” e a realidade, e assim *ad infinitum*). Esta resposta, por si só, não inviabiliza essa concepção de verdade, mas exhibe um ponto fraco, criticado pelas outras concepções de verdade, que serão agora examinadas.

2) *Concepção pragmatista de verdade*. Esta concepção vem em pelo menos duas versões importantes, o “practicalismo” de William James (1907) e o “pragmaticismo” de Charles Peirce (1877). A grande crítica dessas visões à concepção de verdade por correspondência é que, para os pragmatistas, não faz sentido definir “verdade” no caso em que a realidade é inobservável, ou seja, nos casos em que não há critério de aceitação do enunciado. Ao contrário da concepção correspondencial, as posições pragmáticas não veem a verdade como uma relação entre linguagem e realidade, mas como um conjunto de práticas ou condutas que levam a pessoa (na medida do possível) a evitar a mentira e o erro.

O practicalismo defende que o significado de uma proposição é dado pelas suas consequências práticas; assim, uma crença é considerada verdadeira se ela for verificável, ou se ela for útil. Uma proposição inverificável, como “antes de uma observação, um elétron é uma entidade espalhada no espaço” (sendo que todos os elétrons observados são pontuais), é considerada “sem sentido”, e não deve ser chamada de verdadeira. No caso do practicalismo, o critério de aceitação de verdade se confunde com a própria relação de verdade: não se pode aceitar a veracidade de uma proposição que não se submeta ao critério de aceitação, que é a possibilidade de ser verificado ou testado. Para o instrumentalismo de John Dewey (1938), o termo “verdade” deveria ser substituído por um termo menos carregado emotivamente, como o de “assertabilidade justificada” (*warranted assertability*).

O pragmaticismo de Peirce define a verdade de maneira mais idealizada do que o praticalismo, como sendo “o resultado final da investigação”, o que no caso da ciência seria o resultado final a ser obtido no futuro. Se porventura a ciência não atingir este grau final de consenso, por exemplo, devido a um grande cataclisma, mesmo assim esse limite ideal é o que é tomado como verdade. Semelhante concepção foi adotada pela teoria do consenso de Jürgen Habermas (1976), para quem a verdade é vista como o consenso atingido em uma situação ideal de discurso. Essas posições se afastam do praticalismo, pois propõem um critério idealizado de aceitação de verdade, um critério que na prática pode nunca ser atingido.

3) *Concepção relativista de verdade*. Em oposição à concepção correspondencial, esta é a visão de que a verdade é uma construção cultural ou social, sendo portanto relativa a uma determinada cultura, e que pode variar de época para época, mesmo no caso das ciências naturais. Por exemplo, a partir do início do séc. XX começaram-se a acumular indícios de que o amianto causa doenças pulmonares. Antes de 1800, ninguém sabia disso. Neste caso, a concepção relativista diria que o que hoje é verdade (“amianto causa doenças pulmonares”), não era verdade no séc. XVII. Bruno Latour (2000) explorou a concepção relativista ao argumentar que seria incorreto atribuir a morte do faraó Ramsés II à “tuberculose”, categoria cunhada apenas no séc. XIX.

A posição do relativismo é próxima do praticalismo, mas o relativismo não valoriza o critério de aceitação por verificabilidade, e solicita que cada cultura estabeleça seus próprios critérios sobre o que é verdade ou não, mesmo que os enunciados verdadeiros se refiram a cosmogonias ou a deuses inobserváveis.

A concepção relativista foi apresentada, no contexto da disciplina da história, por Giambattista Vico (1710), com seu lema “*verum esse ipsum factum*”: a verdade é ela mesma feita (construída). Para Friedrich Nietzsche ([1873] 1987, p. 57), a verdade seria “um batalhão móvel de metáforas, metonímias e antropomorfismos”, construída para fins práticos. Michel Foucault (1969) retomou a noção de que não há fatos objetivos ou processos de verificação objetivos, e de que o que é considerado um “fato” é uma construção humana imersa nas relações de poder do indivíduo ou grupo social. O que é geralmente considerado “verdade” é o discurso ou ideologia dos grupos

que detêm o poder. Mas outros grupos terão a sua verdade, e as mutações dos significados serão constantes, dado que os significados linguísticos são arbitrários e mutáveis. Qualquer discurso pode ser “desconstruído”, expondo as raízes de sua origem histórica e social. Esta concepção relativista, ou desconstrucionista, foi incorporada, a partir da década de 1980, pelo chamado “pós-modernismo”, como na concepção de Jean Baudrillard (1991) de que muito do que consideramos “verdade” em nossa cultura é na verdade “simulacro”, ou seja, uma pretensa cópia da realidade, quando na verdade não existiria a realidade pretensamente copiada, mas apenas a cópia.

4) *Concepções deflacionárias de verdade.* Em oposição às concepções “substantivas” descritas acima, alguns autores salientam que a noção de verdade não é muito importante, ou é redundante, ou então propõem definições que são neutras em relação às concepções substantivas. Dizer que uma proposição é verdadeira, como em “é verdade que a neve é branca”, não diz nada mais do que dizer que “a neve é branca”. Paul Horwich (1990) não define explicitamente o que é verdade, mas define o que é para alguém ter uma concepção de verdade. Outra abordagem que alguns autores consideram deflacionária (mas nem todos) é a chamada “concepção semântica de verdade”, proposta por Alfred Tarski em 1933, no contexto da lógica simbólica. Para evitar os paradoxos lógicos ensejados por enunciados como “Este enunciado é falso”, propôs que toda asserção de verdade se dê na metalinguagem, e não na linguagem objeto. A metalinguagem é a linguagem que se refere à linguagem objeto. Assim, se afirmo que “‘A neve é branca’ é uma proposição verdadeira”, estou na metalinguagem, e ela é uma afirmação adequada se e somente se a neve for branca (na linguagem objeto). Tarski (1944) salientou que sua definição é “epistemologicamente neutra” em relação às outras concepções de verdade.

2. Realismo científico

O realismo é uma postura natural em nossa vida cotidiana. Por exemplo, imaginamos que a lua continua existindo mesmo que ninguém olhe pra ela: esta é uma postura realista cotidiana. Supomos que as coisas são como elas aparecem, por

exemplo: achamos que a melancia tenha a propriedade de ser vermelha, independentemente de quem tiver olhando pra ela, ou que uma chave perdida se encontre num lugar bem determinado mesmo que não saibamos onde ela esteja. E para essas suposições cotidianas, que funcionam bem no dia a dia, damos o nome de Realismo Ingênuo. No entanto, a ciência extrapola o cotidiano e com isso ultrapassamos os domínios estabelecidos. Ao fazer isso as teses do Realismo Ingênuo começam a ser postas em cheque.

Por exemplo, o tempo realmente teve um início? O espaço é realmente curvo? O campo elétrico é uma entidade real? Os quarks ou cordas existem realmente? Um elétron é uma partícula bem localizada quando não estamos observando? Essas são perguntas relativas a entidades que não podem ser observadas. Faz sentido respondê-las? O realista dirá que sim: mesmo sem podermos observar supercordas, se a nossa melhor teoria tem o conceito de cordas, então a atitude mais natural é considerar que elas existam. O antirrealista discordará: para ele, a ciência deve se ater aos fenômenos observáveis, de forma que a pergunta sobre se as cordas são reais é mal formulada ou “não tem sentido”.

Nas discussões tradicionais em filosofia, coloca-se uma primeira questão que é se existe uma realidade independente de mentes humanas. A resposta afirmativa chama-se “realismo ontológico”, e ela se opõe ao “idealismo metafísico” (ou seja, ao “antirrealismo ontológico”). Nas ciências naturais, assim como no cotidiano, geralmente o realismo ontológico é aceito sem discussão. Nesse contexto, o que é colocado em xeque pelo “antirrealista epistemológico” é *se a realidade inobservável pode ser conhecida cientificamente*. A tese de que o inobservável pode ser conhecido é chamada de “realismo epistemológico” (ou “teórico”). Discutiremos algumas versões do antirrealismo epistemológico (positivismo, instrumentalismo, construtivismo) na próxima seção.

A partir dos anos de 1980, um grupo de filósofos articulou um conjunto de teses conhecido como “realismo científico” (Niiniluoto, 1999). Além das teses do realismo ontológico e epistemológico, incluem-se o realismo semântico (a verdade é uma correspondência entre linguagem e mundo), realismo axiológico (a meta da ciência é atingir a verdade), realismo crítico (a verdade é atingível apenas por

aproximação) e por fim a tese de que a melhor explicação para o sucesso prático da ciência é que ela é aproximadamente verdadeira.

3. Variedades de antirrealismo

Vimos que a tese de que o inobservável pode ser conhecido é chamada de “realismo epistemológico”. Sua negação pode ser chamada genericamente de “antirrealismo epistemológico” ou “fenomenismo” (só podemos conhecer o fenômeno observado), mas há diversas variantes dessa posição, como o instrumentalismo, o positivismo, o empirismo, e a posição defendida pelo filósofo Immanuel Kant, que chamaremos de “construtivismo”.

O instrumentalista considera que a teoria científica é apenas um instrumento para se fazerem previsões, ou como se dizia antigamente, para “salvar os fenômenos”, como na época em que as posições dos astros celestes eram calculadas com círculos e epiciclos. Assim, no caso da física quântica, não devemos nos preocupar em interpretar o que é uma função de onda: basta que este conceito matemático crie previsões corretas. Para o instrumentalista, a teoria pode até ser inconsistente (contraditória), desde que forneça previsões acertadas.

Para o movimento positivista dos séculos XIX e XX, a ciência descreve fatos observáveis, e a teoria é apenas um modo econômico de ordenar os nossos conhecimentos. Assim, um conceito como “espaço-tempo curvo” nada mais é do que uma maneira elegante de representar uma grande coleção de fatos observados e previstos. Ao contrário do instrumentalista, o positivista se preocupa em reduzir o significado dos termos teóricos (como espaço-tempo) ao dos termos de observação (como a posição de um corpo observável). Ou seja, eles têm uma preocupação com o uso correto da linguagem: enunciar uma proposição metafísica, sobre entidades inobserváveis, resulta numa proposição “sem sentido”. Outras teses associadas ao movimento positivista dos séculos XIX (de Comte e Mach) e XX (positivismo lógico) são: a separação entre fato e valor, a unidade metodológica da ciência e o nominalismo (ou seja, a negação da realidade dos universais) (Kolakowski, 1981).

Outra posição que se contenta em apenas descrever os fenômenos é o empirismo. Há vários significados para este termo, mas aquele ao qual estamos nos referindo aqui é a posição exemplificada por John Stuart Mill. Além de salientar a importância do método indutivo, Mill ([1843] 1979, p. 171-4) travou um debate com William Whewell sobre se podemos observar os fatos naturais de maneira neutra (posição empirista), ou se todo fato é carregado de ideias ou de teorias, que é a posição do construtivismo de Kant, Whewell e outros.

Em nossa pesquisa com os professores vimos a necessidade de considerar quatro tendências antirrealistas que se opõem ao realismo ontológico (seção II.2). Essas tendências estariam presentes, em maior ou menor grau, entre as distintas escolas antirrealistas, e se distinguem pela ênfase dada a diferentes conceitos. O *verificacionismo* é uma atitude própria do positivismo lógico e do praticalismo de James (seção II.1) de considerar que uma proposição só tem sentido se estiverem claras as condições de verificação empírica do enunciado. O *semanticismo* seria a posição, encontrada entre os positivistas lógicos e também entre os filósofos analíticos (Ryle, Austin), de considerar que um certo enunciado que aparentemente faz sentido é mal formulado e não faz sentido nenhum. O *pragmatismo* seria a tendência a valorizar os aspectos práticos das afirmações, dentro do espírito do praticalismo de James. E por fim, o *ceticismo* questiona a certeza das afirmações. Essas quatro tendências são muito próximas, e o uso desses termos para classificar as respostas dos entrevistados buscou capturar diferentes ênfases dadas pelos professores.

A teoria quântica é uma área da física em que o debate realismo x antirrealismo é muito agudo, sendo muito forte as interpretações antirrealistas, como a de Niels Bohr, que mesmo aceitando o realismo ontológico (ou seja, que a palavra “elétron” designa alguma realidade independente do ser humano), nega o realismo epistemológico, no sentido de negar que se possa descrever o elétron como ele é. Para o construtivismo de Bohr, para cada experimento associamos um quadro mental que pode ser corpuscular ou ondulatório, mas não se pode dizer que o elétron *seja* um corpúsculo, isto é, uma onda. Por outro lado, interpretações realistas descrevem a natureza do elétron a cada instante mesmo antes de uma medição (Bohr só se refere ao elétron após a medição) (Pessoa, 2003).

O antirrealismo estava presente no início da Física Quântica, mesmo antes da formulação da mecânica matricial do Werner Heisenberg, em 1925. Antes disso, Heisenberg se convenceu a tentar descrever os átomos apenas através de grandezas observáveis. Ao invés de tentar descrever as posições e velocidades das partículas constituintes dos átomos, Heisenberg passou a descrever o átomo a partir da frequência e da amplitude da luz emitida pelos átomos, pois estas eram grandezas diretamente observadas. Esta estipulação deu certo e levou Heisenberg à mecânica matricial; depois, porém, ele voltou atrás e admitiu que era possível atribuir posição e velocidade a um elétron, só que não simultaneamente (por causa do princípio de incerteza) (ver Jammer, 1974).

Heisenberg foi influenciado por seu colega Wolfgang Pauli, que recebera influência do físico e filósofo antirrealista Ernst Mach, que era um bom amigo seu pai. Heisenberg menciona que seu amigo chamado Otto Hahn, que viria a ser colaborador do "*clube do urânio*" e descobridor da fissão do urânio, ao expor a teoria da relatividade restrita de Einstein, teria lhe dito que "os físicos devem considerar apenas grandezas observáveis ao tentar solucionar o quebra-cabeça atômico" (Heisenberg, 1996, p. 75).

Esta forma de antirrealismo epistemológico foi desenvolvida por Mach (1883), e veio a ser chamada de "operacionismo" por Percy Bridgman, em 1927. Segundo este autor "o significado de um conceito não é nada mais do que um conjunto de operações; o conceito é sinônimo do correspondente conjunto de operações" (Bridgman, 1927, p. 5). Assim por exemplo, quando Einstein resolveu definir o tempo de maneira operacional, como aquilo que relógios sincronizados marcam, ele pôde abandonar a concepção clássica de tempo e fundar a teoria da relatividade. Posteriormente Einstein não só viria a criticar o operacionismo, como também defenderia que toda observação científica é carregada de teorização, ou seja, que não há na ciência observação neutra em relação a teorias (Heisenberg, 1996, pp. 78-9).

4. Realismo de entidades e realismo estrutural

Quando um cientista afirma que uma entidade existe ou é real, podemos dizer que ele está adotando um *realismo de entidades* com relação àquele termo teórico, mesmo que ele não afirme mais nada sobre a natureza desta entidade. Esta postura é um pouco mais forte do que o realismo ontológico que diz apenas que “o mundo inobservável existe”, pois o realismo de entidades afirma que alguma entidade inobservável específica (como quarks, partículas virtuais, cordas, potenciais elétricos) existe no mundo real.

Por outro lado, o realismo de entidades é mais fraco do que outras formas de realismo científico, descritas na seção II.2, pois estas formas atribuem propriedades específicas às entidades inobserváveis (como ser onda, ou ser partícula etc.). Um realista de entidades pode aceitar a existência de uma partícula virtual, sem se comprometer com a natureza de suas propriedades.

Um critério para se estabelecer que uma entidade (como um elétron) é real, mesmo que não saibamos qual é a melhor descrição teórica para ela (se ele é uma onda ou uma partícula), é confiar na física experimental e verificar se a pretensa entidade pode ou não ser experimentalmente *manipulada*. Esta é a visão defendida por Ian Hacking (2012), em sua abordagem que busca valorizar a contribuição da ciência experimental, frente à ciência teórica que é geralmente mais valorizada por filósofos.

Outra variedade branda do realismo é o *realismo estrutural*, que defende que só podemos fazer afirmações sobre as estruturas ou relações da realidade, manifestadas por leis científicas. Esta posição foi defendida por Henri Poincaré e Bertrand Russell e recentemente reavivada por John Worrall (1989). Segundo essa visão o que sabemos sobre a realidade de um elétron é como ele se relaciona com outras entidades, como um campo magnético, relação esta que é expressa pela lei de Lorentz. Mais recentemente, desenvolveu-se uma variante mais metafísica desta posição, chamada *realismo estrutural ôntico*, que defende que a única coisa que existe no universo são estruturas matemáticas (French & Ladyman, 2003).

5. Reduccionismo x emergentismo

O debate a respeito do reduccionismo ocorreu de maneira marcante no final do século XIX. Naquela época, físicos como Clausius, Maxwell e Boltzmann propuseram que todas as leis e propriedades termodinâmicas macroscópicas de um gás poderiam ser explicadas por meio de uma redução às leis e propriedades das moléculas componentes. O debate se tornou agudo com relação à possibilidade de se reduzir a 2ª Lei da Termodinâmica, envolvendo o conceito macroscópico de “entropia”, por meio de uma mecânica estatística. Boltzmann propôs duas abordagens, uma baseada no chamado teorema-H, que diante das críticas ele teve que revisar, e outra baseada em uma concepção probabilista de entropia. A confirmação experimental da existência dos átomos por Perrin, na primeira década do séc. XX foi um sucesso para a abordagem reducionista, mas até os dias de hoje a questão da redução da 2ª Lei da Termodinâmica é controvertida (Sklar, 1993).

Em meados dos anos 1990, o Congresso dos Estados Unidos debateu se se deveria construir no Texas um imenso acelerador de partículas, chamado *Superconducting Super Collider*. Apesar de a construção já ter sido iniciada, o projeto acabou sendo cancelado. A comunidade dos físicos se dividiu em lados opostos nesta controvérsia. Por um lado, físicos de partículas como Steven Weinberg apoiavam o projeto, salientando a importância da pesquisa em física de partículas, que forneceria o arcabouço teórico geral para se entender todos os fenômenos da ciência, argumentando que a física de partículas seria “mais fundamental” (ver Gatti & Pessoa, 2012).

Do outro lado, físicos que trabalhavam com a matéria condensada, como Philip Anderson (1972), colocaram em cheque a viabilidade do projeto reducionista. Segundo Anderson, a ênfase da física da matéria condensada está em descrever e explicar propriedades “emergentes”, com conceitos e leis próprias de escalas mais macroscópicas. A tentativa de reduzir essa teoria a conceitos e leis da física de partículas seria um projeto inviável, por motivos práticos e teóricos. Esta concepção *emergentista* difundiu-se bastante entre os físicos, tendo como influência também as teses do químico Ilya Prigogine (ver Zylbersztajn, 2003).

Na visão reducionista, como a de Weinberg (1996), áreas mais macroscópicas como a química ou a física da matéria condensada se reduzem a teorias microscópicas como a física quântica, já que os princípios que regem as reações químicas ou a formação de um sólido envolvem elétrons e núcleos atômicos, que são descritos adequadamente pela física quântica.

Em 1972, Anderson publicou um artigo influente intitulado “Mais é diferente” (*more is different*), em que salientou que “a habilidade para reduzir tudo a leis fundamentais simples não implica a habilidade de partir dessas leis e reconstruir o universo” (Anderson, 1972, p. 393). Defendeu que ocorre uma “hierarquização” dos níveis de escala do mundo físico, e as leis e propriedades de cada hierarquia são efetivamente autônomas em relação às escalas mais baixas.

A partir de então, os físicos da matéria condensada refinaram e radicalizaram o discurso emergentista. Anderson ainda admitia que, em algum sentido, a física de escalas superiores se reduz ontologicamente à física de escalas mais fundamentais. Assim, abriu seu artigo escrevendo que “a hipótese reducionista” é aceita pela maioria dos cientistas, ou seja, “supõe-se que o funcionamento das nossas mentes e corpos, e de toda a matéria animada e inanimada da qual temos algum conhecimento detalhado, é controlado pelo mesmo conjunto de leis fundamentais” (Anderson, 1972, p. 393). A visão de Anderson pode assim ser classificada como um reducionismo ontológico (ou “ôntico”), porém, em um domínio epistemológico (envolvendo a relação entre teorias científicas) ele é claramente um emergentista, negando o que chamou de *constructivismo* e que traduziremos por “construcionismo” (para não confundir com outras posições ditas “construtivistas”). Esta pode ser considerada a “visão tradicional” (Lombardi & Labarca, 2005, p. 126): redução ôntica sim, redução epistemológica não.

Será que o comportamento coletivo de muitos átomos, por exemplo, em uma molécula de sacarose, pode ser derivado das propriedades individuais dos átomos de carbono, oxigênio e hidrogênio? A resposta de Anderson é não: essa tentativa de construção fracassa por causa da ocorrência de “quebras espontâneas de simetria”, que faz com que a molécula se oriente de maneira dextrógira ou levógira (ou seja, como a mão direita ou como a mão esquerda) sem que se possa prever qual

orientação será escolhida pela natureza. Ou seja, na tentativa de construir o complexo a partir do simples, surgem novas *propriedades emergentes* (ver discussão em Gatti & Pessoa, 2012).

6. Sobre o determinismo

O *determinismo estrito* é a tese de que o estado presente do Universo (ou os estados do passado e do presente) fixa de maneira unívoca o estado do Universo em qualquer instante do futuro. Esta tese é sugerida pela mecânica clássica, para a qual, dados as condições iniciais e de contorno de um sistema, e dadas as equações diferenciais que regem a evolução do sistema, o estado em qualquer instante futuro poderia em princípio ser calculado.

Segundo a mecânica clássica, o determinismo estrito vale também para um sistema completamente isolado do resto do Universo, ou para um sistema cuja evolução não é afetada de maneira significativa pelo ambiente. Se a evolução de um sistema for *previsível* para qualquer estado inicial, isso indica que o sistema é determinista, mas o contrário não é válido. Ou seja, se constatarmos que um sistema é imprevisível, isso não implica que ele seja indeterminista, pois pode acontecer que não tenhamos acesso a todas as variáveis que influenciam a evolução do sistema. Esta situação em que há um determinismo escondido é às vezes chamada de “criptodeterminismo”. Notemos que o termo “determinismo” é uma designação ontológica, pois se refere à natureza do mundo, ao passo que “previsibilidade” é um termo epistemológico, relativo à capacidade que temos de conhecer o futuro (ver Earman, 1986).

No início da década de 1970, com o uso disseminado de computadores na ciência, tornou-se clara uma grande classe de comportamentos que foram denominados “caos determinístico”, pois envolvem a *não-previsibilidade* em sistemas *deterministas*. Esta situação surge para sistemas regidos por equações não lineares, como as da atração gravitacional entre planetas. Henri Poincaré mostrou, em 1890, que o problema gravitacional dos três corpos apresenta soluções não periódicas que apresentam extrema sensibilidade às condições iniciais. Essa sensibilidade às condições iniciais foi

redescoberta em 1963 pelo meteorologista norte-americano Edward Lorenz, ao utilizar um computador para gerar trajetórias para o sistema de equações não-lineares que propôs para descrever o movimento da atmosfera. O termo *efeito borboleta* foi cunhado para esta sensibilidade, a partir do título de uma palestra sua: “O bater de asas de uma borboleta no Brasil pode provocar um tornado no Texas?”

Um exemplo de sistema imprevisível é fornecido pela Física Quântica. Após a consolidação desta teoria, achava-se que ela tinha mostrado que o mundo é essencialmente indeterminista, mas em 1952 David Bohm forneceu uma interpretação determinista da Física Quântica. Como resultado disso, a questão de se a natureza é determinista ou não permanece como um problema aberto.

Apesar da imprevisibilidade para resultados de medições individuais, a Física Quântica permite que se façam previsões precisas sobre as frequências estatísticas com as quais diferentes resultados ocorrem. Pode-se assim falar de um *determinismo estatístico*.

Se o Universo não for estritamente determinista, tem-se uma situação de indeterminismo, probabilismo, aleatoricidade ou “tiquismo”. Outra maneira de caracterizar um sistema indeterminista é falar em “perda de causalidade”, ou afirmar que ocorrem eventos *sem causa*, que ocorrem espontaneamente.

Ao definirmos um sistema determinista, escrevemos que seria “em princípio” possível prever com exatidão o futuro desse sistema. Essa maneira de enfocar o determinismo foi feita por Pierre-Simon Laplace, em 1814, ao definir uma inteligência sobre-humana (posteriormente chamada de “demônio de Laplace”) para a qual o futuro seria previsível em seus menores detalhes (ver Pessoa, 2012, cap. V).

Pode-se também definir o determinismo a partir da noção de “cópia idêntica” ou de “mundos possíveis”. No primeiro caso, pode-se afirmar que se uma cópia fosse feita de nosso Universo, mantendo-se idênticos todas as propriedades e estados em uma certa fatia de tempo, então todas as propriedades e estados futuros dos dois universos seriam idênticos. No segundo caso, preferido por Earman (1987, pp. 7, 13), consideram-se todos os mundos logicamente possíveis que satisfazem as leis naturais de nosso mundo atual. O determinismo laplaciano seria satisfeito se, dados quaisquer

dois desses mundos possíveis, se seus estados forem idênticos em um certo instante de tempo, então serão idênticos para qualquer todo instante futuro.

7. Sobre a natureza do tempo

Para boa parte dos cientistas naturais, o tempo é considerado uma grandeza real do mundo físico, que existe de maneira independente de sujeitos conscientes. Mesmo no debate a respeito de se o espaço e o tempo são absolutos (ou seja, independentes da matéria e talvez anteriores a ela) ou relativos (dependendo da relação entre os corpos materiais), a maioria dos físicos pressupõe que a resposta a essa questão independe da presença de seres inteligentes no Universo. Nesse sentido, trata-se de uma concepção *realista* a respeito do espaço e do tempo. O “realismo” é a postura filosófico-científica que aceita falar de entidades e estruturas inobserváveis; a postura antagônica, o antirrealismo ou “fenomenismo”, considera que a ciência deve se ater apenas ao que é observável. A concepção segundo a qual o *tempo físico* existiu antes da evolução do ser humano, portanto é distinto e anterior ao *tempo psicológico*, pode ser chamada de *perspectiva naturalista* do tempo (ver Whitrow, 2005).

No contexto filosófico, porém, é bastante difundida a noção de que o tempo depende do sujeito do conhecimento. Um exemplo clássico desta concepção é a epistemologia de Immanuel Kant. Para ele, tempo e espaço seriam “formas da sensibilidade”, a maneira que o sujeito formata, organiza ou constrói os dados dos sentidos. Filosofias de cunho “fenomenista”, para as quais não se pode separar a realidade daquilo que observamos ou daquilo sobre o qual temos experiência, tendem a dar prioridade epistemológica ao tempo psicológico, pois é a este que o sujeito tem acesso primordial. O tempo físico seria apenas uma construção teórica, científica, que pressupõe a presença de um sujeito e de sua vivência do tempo. Esta concepção aparece de maneira clara no filósofo francês Henri Bergson. Em suma, para esta *perspectiva do sujeito*, o tempo é conforme as nossas intuições, e rejeita-se a tese de que o tempo físico, que aparece em teorias físicas como a teoria da relatividade

restrita, seja anterior e mais fundamental do que o tempo psicológico ou o tempo do sujeito transcendental (ver Piettre, 1997).

O tempo teve um início? Pensadores como Aristóteles e Newton consideravam que o Universo não teve um início, mas sempre existiu, assim como o tempo. Esta posição foi desafiada por alguns, como Agostinho, que em sua concepção cristã, em torno do ano 400, propôs que Deus teria criado o Universo e com ele o próprio tempo. O filósofo Immanuel Kant (1781) concluiu que a questão do início do Universo não teria resposta, pois a razão poderia tanto prová-la quanto refutá-la, constituindo o que chamou de uma “antinomia da razão”.

No século XX, a Teoria da Relatividade Geral passou a tratar o contínuo do espaço-tempo como podendo ter diferentes formas geométricas, dependendo da distribuição de matéria e energia. Neste contexto surgiu a hipótese do *big bang*, o grande estrondo, sugerindo que haveria um início dos tempos.

Como entender isso intuitivamente? Se algo teve um início, tendemos a pensar que haveria uma situação anterior, mas no caso não poderia haver nada, pois é o próprio tempo que estaria nascendo... Mas como o tempo poderia subitamente vir a existir? Haveria outro tempo, anterior ao que conhecemos, como o “tempo do vazio” de Kant, ou os dois tempos do cosmólogo Edward Milne (1936)?

Uma das respostas dadas ao problema foi sugerida pelo físico inglês Stephen Hawking, aplicando a Física Quântica para a descrição do início do Universo (ver Davies, 1995). Juntamente com James Hartle, em 1983, desenvolveram um modelo matemático em que o tempo, no início do Universo, seria como o espaço (isso é feito, matematicamente, exprimindo o tempo como um número imaginário). Após o “tempo de Planck” de 10^{-43} segundos, esse componente espacial do tempo passaria a ser desprezível, mas bem no início, no regime quântico, ele seria o termo dominante. O resultado disso é que o Universo não teria propriamente um início no tempo, não teria fronteiras, de maneira análoga ao Polo Norte, que não é o início da Terra, e de maneira análoga ao fato de que a superfície da Terra não tem fronteiras. Posteriormente, Hawking modificou este modelo com Neil Turok, de tal forma que o Universo não teria fronteiras no “instânton” inicial, mas se expandiria eternamente em direção ao futuro.

Partidários da teoria das cordas tendem a analisar a questão de maneira diferente, sugerindo a existência do universo pré-big bang (Veneziano, 2004).

8. Sobre os objetivos da ciência

Há várias propostas sobre quais seriam os objetivos da ciência. De uma perspectiva realista, a finalidade da ciência seria *atingir a verdade* sobre o mundo, elaborando e testando explicações para os fenômenos observados. Esta é, por exemplo, a posição de Karl Popper (1987).

De uma perspectiva antirrealista, porém, não faz sentido afirmar que a ciência busca a verdade sobre o mundo inobservável. Para esse ponto de vista, a ciência só pode almejar *descrever* bem os fatos observados e *prever* novos resultados, e não explicá-los a partir de causas ocultas (como quer o realista). Van Fraassen (2006) exprimiu esta concepção salientando que o objetivo principal da ciência é a “adequação empírica”. Já para Thomas Kuhn (2006), a atividade da ciência normal é antes de tudo uma atividade de resolução de quebra-cabeças, ou problemas. Larry Laudan (2011) desenvolve esta visão de que a ciência é uma atividade de resolução de problemas, ao passo que Imre Lakatos (1979) salienta que um programa de pesquisa progressivo é aquele que faz novas previsões e ocasionalmente corroborado pela experiência.

9. Sobre religião

Ciência e religião se referem a diferentes domínios da realidade: a ciência descreve e explica o mundo material, ao passo que a religião fala de um mundo sobrenatural, separado do mundo material, onde existiria um Deus, ou vários deuses, e as almas das pessoas falecidas. Ao longo da história, a ciência teve vários embates contra a Igreja, como na aceitação do heliocentrismo na época de Galileu e nos

debates envolvendo a teoria evolutiva de Darwin, que continua até hoje com as teorias criacionistas, de motivação cristã.

Com o fortalecimento da visão de mundo da ciência, muitos hoje em dia salientam que a importância das religiões não está em sua metafísica, mas sim em seus valores. A fé religiosa desempenha um papel importante na sociedade moderna, onde a exploração humana, a criminalidade e o uso de drogas trazem sofrimento. Por outro lado, muitas guerras são travadas em nome de religiões, de maneira que há pessoas que consideram as religiões maléficas.

O conflito das imagens e parábolas da religião com as afirmações científicas pode ser entendido, primeiramente, no nível ontológico, como sendo a diferença entre o “teísmo” e o “ateísmo”. Para um teísta, existe um ser inteligente superior criador do mundo e que dá sentido às nossas vidas, ao passo que para o ateu tal ser não existe. Já quando analisamos as concepções religiosas pela perspectiva epistemológica, temos que um “agnóstico” é aquele que suspende o juízo a respeito da existência de Deus. O agnóstico se opõe a uma posição realista com relação à existência de Deus, que podemos chamar de “crente” (ou seja, tanto o teísta quanto o ateu seriam crentes). Na prática, um agnóstico pode se colocar mais próximo de uma visão ateia ou de uma visão teísta, mas não iremos considerar esta distinção. Porém, consideraremos a diferença entre um agnóstico mais moderado, que não está muito preocupado com questões religiosas, e um agnóstico mais enfático, que argumenta filosoficamente a favor de sua posição. Essa divisão entre moderado e enfático pode ser aplicada também para as posições crentes.

Cap. III

Metodologia

1. Contexto da pesquisa e objetivos

A metodologia adotada para este trabalho relaciona-se de um modo geral com o contexto da investigação qualitativa, utilizando como procedimentos a formulação de questões, entrevistas gravadas, e análises das respostas, onde o foco é a compreensão mais profunda dos problemas, investigando as relações entre certos comportamentos, atitudes e convicções. Nossa proposta é, a partir da análise das respostas dadas a um questionário sobre temas que envolvam física clássica e moderna, questões pessoais e crenças, mapear as posições filosóficas encontradas entre físicos.

Seguimos os pressupostos do método de investigação descrito pela psicóloga social francesa Laurence Bardin no livro *Análise de conteúdo* (1977), para analisar os discursos obtidos (respostas dadas às questões).

Enquanto esforço de interpretação, a análise de conteúdo oscila entre os dois polos do rigor da objetividade e da fecundidade da subjetividade. Absolve e cauciona o investigador por atração pelo escondido, o latente, o não aparente, o potencial de inédito (do não dito), retido por qualquer mensagem. Tarefa paciente de “desocultação”, responde a esta atitude de voyeur de que o analista não ousa confessar-se e justifica a sua preocupação, honesta, de rigor científico. Analisar mensagens por esta dupla leitura onde uma segunda leitura se substitui à leitura “normal” do leigo, é ser agente duplo, detetive, espião... (Bardin, 1977, p. 9).

Esse procedimento de análise se caracteriza por um método mais descritivo e tem por objetivo extrair elementos típicos do discurso. Para isso poderíamos observar, detalhadamente, um contexto de um indivíduo, ou de um grupo de pessoas; alguma

fonte de documentos; ou ainda um acontecimento específico. Nossa opção foi por analisar um grupo específico de pessoas, professores do Instituto de Física da Universidade de São Paulo (IFUSP). Este grupo se enquadra na “visão sociológica de grupo”: pessoas que interagem, que se identificam umas com as outras, que partilham expectativas em relação ao comportamento umas das outras, e que têm uma identidade de grupo (Bogdan & Biklen, 1994, p. 83-108).

Apesar de o objeto de estudo ser um grupo sociológico, o estudo em si não será sociológico, pois não adotamos a abordagem de observação participante nas reuniões do grupo, mas sim entrevistas individuais, abertas e gravadas. O foco da pesquisa é o pensamento dos indivíduos deste grupo, aproximando-se assim mais de uma pesquisa de opinião – no caso, uma opinião ou posição filosófica. Com isso busca-se avaliar a concepção de ciência dos professores, o que está relacionado com sua atuação em sala de aula.

O principal intuito desta pesquisa é apresentar uma análise de como diversas concepções filosóficas aparecem na visão de mundo da física e como elas são articuladas por professores de física. Ao revelar o pensamento de nossos professores, esperamos poder levantar algumas discussões sobre o ensino de física.

Seguindo o método da análise de conteúdo, nosso trabalho de pesquisa foi organizado “em torno de três polos cronológicos: a pré-análise; a exploração do material; e o tratamento dos resultados, a inferência e a interpretação” (Bardin, 1977, p.95). O trabalho teve como primeira etapa a construção do instrumento para coleta de informações com a elaboração de um questionário aberto sobre questões filosóficas envolvendo tanto a física clássica quanto a moderna, assim como questões de “senso comum” ou questões pessoais e também com questões sobre a natureza da ciência. O desenvolvimento desse questionário mereceu mais de um ano de trabalho rico e fértil, o que nos proporcionou um bom material para iniciarmos nossa análise de conteúdo.

O instrumento utilizado para o registro das entrevistas foi de gravação, somente do áudio da conversa. Encerradas as entrevistas fizemos as transcrições, integralmente, das respostas dadas, por cada um dos entrevistados, ao nosso “*Questionário: Concepções sobre a Ciência*” (ver Apêndice IV).

Concluídas as pesquisas de campo começamos a análise do material, fase esta em que “resultados brutos são tratados de maneira a serem significativos e válidos” (Bardin, 1977 p. 101).

A seguir apresentamos, detalhadamente, a metodologia adotada nas etapas elencadas acima: a pré-análise; a exploração do material; e o tratamento, a inferência e a interpretação do material dessa pesquisa.

2. A Pré-Análise

Para uma boa análise de conteúdo é indispensável uma “escolha de documentos” apropriada, mas para isso é necessário que sejam bem definidas as hipóteses e os objetivos que serão pesquisados, assim como é preciso também decidir quais serão os indicadores que fundamentam a interpretação final.

É a fase de organização propriamente dita. Corresponde a um período de intuições, mas tem por objetivo tornar operacionais e sistematizar as ideias iniciais, de maneira a conduzir a um esquema preciso do desenvolvimento das operações sucessivas, num plano de análise. (Bardin, 1977, p. 95)

Partimos do pressuposto de que físicos raciocinam de maneira filosófica em diversas ocasiões. A questão de “se a filosofia tem utilidade para o trabalho do físico” é uma questão controvertida, mas é natural supor que os físicos, como todos os seres humanos, têm momentos de reflexão sobre temas abstratos e gerais a respeito da existência (ou seja, filosofam em um sentido não acadêmico).

Segundo o filósofo político italiano Antonio Gramsci, existe um preconceito de que a filosofia é algo estranho e difícil porque é uma atividade intelectual específica de uma categoria particular de especialistas e de filósofos profissionais ou sistemáticos. Gramsci argumenta que todos somos filósofos, guardados certos limites e certas características da “filosofia espontânea”. Segundo sua análise, a filosofia está contida na própria linguagem, no senso comum, na religião popular e “em todo o sistema de

crenças, superstições, opiniões, modos de ver e de agir que se manifestam naquilo que geralmente se conhece por ‘folclore’ ” (Gramsci, [1932] 1999, p. 93).

Gramsci se preocupa com a imposição “mecânica” de concepções de mundo, ou de uma ideologia, por parte da classe dominante, e defende uma atitude filosófica crítica e consciente, de forma que o indivíduo possa tentar participar ativamente na produção da história, e ser o guia de si mesmo (Gramsci, 1999, p. 93-94).

Como nossa intenção é mapear as diversas concepções filosóficas encontradas num grupo específico de físicos, primeiramente é preciso considerar que há dois tipos principais de investigação em filosofia da ciência que devem ser estudados: a investigação sobre a *ontologia*, que significa o estudo do ser ou daquilo que existe; e a discussão de como a investigação científica funciona, quais os traços gerais de sua metodologia, e qual a relação entre teoria e realidade: *epistemologia*.

Apesar de o trabalho dos físicos geralmente se dar sem a necessidade de reflexões filosóficas sobre sua atividade, é possível estimular sua reflexão filosófica através de perguntas. Com isso, poderemos investigar algumas questões interessantes. Há um acordo entre os físicos sobre as questões ontológicas? Há teses consensuais a respeito da natureza da ciência?

Uma questão que não podemos investigar é: em que ocasiões os cientistas filosofam? Uma resposta é dada em uma conhecida citação de Albert Einstein:

O cientista, porém, não pode se dar ao luxo de levar tão longe sua busca por uma sistemática filosófica. Ele aceita de bom grado a análise conceitual epistemológica; mas as condições externas, que lhe são colocadas pelos fatos da experiência, não permitem que ele se deixe restringir em demasia, na construção de seu mundo conceitual, pela aderência a um sistema epistemológico. Assim, ele deve parecer para o epistemólogo sistemático, como um tipo de oportunista inescrupuloso: ele aparece como um *realista* enquanto busca descrever um mundo independente dos atos de percepção; como um *idealista* enquanto olha para os conceitos e teorias como invenções livres do espírito humano (não deriváveis logicamente do que é dado empiricamente); como um *positivista*, enquanto considera que seus conceitos e teorias são justificados apenas na medida em que fornecem uma representação lógica das relações entre as experiências dos sentidos. Ele pode até parecer como um platônico ou pitagórico enquanto considera o ponto de vista da simplicidade lógica como instrumento indispensável e efetivo de sua pesquisa. (Einstein, 1949, p. 683-4)

Na visão de Einstein, o cientista pode ser caracterizado como um “oportunista inescrupuloso”, que não é capturado pelos rótulos estanques dos filósofos da ciência.

O filósofo da ciência Thomas Kuhn acredita que os cientistas filosofam apenas em ocasiões especiais, em momentos de crise de um paradigma, porque na pesquisa diária da “ciência normal” não há lugar para que fujam do paradigma vigente:

Creio que é sobretudo nos períodos de crises reconhecidas que os cientistas se voltam para a análise filosófica como um meio para resolver as charadas de sala área de estudos. Em geral os cientistas não precisam ou mesmo desejam ser filósofos. Na verdade, a ciência normal usualmente mantém a filosofia criadora à distância e provavelmente faz isso por boas razões. Na medida em que o trabalho de pesquisa normal pode ser conduzido utilizando-se do paradigma como modelo, as regras e pressupostos não precisam ser explicados. (Kuhn, 1962, p. 119)

Tendo em vista essas considerações, e tomando como hipótese que os cientistas filosofam ao refletirem sobre a ciência e a natureza, ou quando perguntados sobre questões mais abstratas, formulamos a seguinte pergunta de pesquisa: *“Quais são as concepções sobre ciência e natureza expressas pelos físicos ao responderem perguntas filosóficas?”*

Caracterizadas algumas hipóteses de nosso trabalho, e a pergunta a ser investigada, escolhemos o nosso *universo demarcado*, ou seja, onde aplicaríamos nossa pesquisa ou quem seriam os cientistas pesquisados. Escolhemos entrevistar professores de física do IFUSP.

Partindo da nossa questão inicial, o próximo passo foi construir um questionário que permitisse detectar as variadas posições filosóficas dos cientistas. Avaliamos trabalhos, já publicados, que envolvessem análises de questionários sobre a natureza da ciência. A partir do *“Questionário Lúdico: Qual é seu Grau de Realismo?”* (Pessoa, 2003), que se encontra no Apêndice do volume 1 do livro *Conceitos de Física Quântica* reformulamos algumas perguntas tornando-as questões abertas. Isto porque a análise de respostas discursivas permite que as pessoas revelem traços de sua concepção intuitiva ou interpretação privada: a respeito de tópicos filosóficos da física.

Isso acontece porque discorrer sobre uma questão possibilita que o entrevistado tente justificar sua argumentação, e às vezes isso é feito de maneira contraditória revelando concepções antagônicas ou ainda pouco elaboradas. O questionário aberto minimiza a tendência que o entrevistador tem de manipular ou conduzir as respostas dos entrevistados, dando a estes condições para elaborarem livremente um discurso oral, expondo o grau de concordância ou não com as perguntas formuladas.

Na tarefa de classificar as visões de cada entrevistado, o questionário aberto capta concepções novas e às vezes inesperadas, que fogem ao padrão de respostas esperado pelos entrevistadores.

Consultamos também o texto “Teoria final, unificação e reducionismo: opiniões da comunidade brasileira de Física.” (Zylberstajn, 2002), que apresenta uma análise de um questionário de concepções sobre a natureza da ciência, aplicado a professores de física. Outro referencial teórico que utilizamos, na busca por orientações que nos permitissem definir categorias de análise, foi o livro *Critical Scientific Realism* (Niiniluoto, 2004), que apresenta minuciosos esquemas de classificações para as concepções filosóficas existentes.

Pensando no universo que gostaríamos de abranger, desenvolvemos o nosso instrumento de coleta de dados com a preocupação de obter, nas respostas, opiniões que nos mostrassem tendências interpretativas das diversas concepções filosóficas dos professores entrevistados.

Segundo Bardin, na pré-análise devemos também levar em conta a “Regra de Pertinência” que diz: os documentos retidos devem ser adequados, enquanto fonte de informação, de modo a corresponderem ao objeto que suscita a análise (Bardin, 1977, p. 98). No presente caso, tais documentos referem-se ao questionário e as respostas dos entrevistados, sendo que tais respostas serão a fonte de informação mencionada.

Na elaboração das questões, inspiramo-nos nos seis diferentes problemas do realismo que são definidos por Niiniluoto (2004, p.2). Norteamos-nos também na distinção entre um eixo epistemológico e um ontológico, próprio da filosofia da ciência.

Dividimos em quatro grandes blocos as questões que seriam trabalhadas abrangendo as diversas áreas da Física: questões relativas à ontologia das teorias

físicas; questões ontológicas gerais do universo físico; questões epistemológicas (longas e curtas); questões pessoais. Ao final dessa dissertação, no Apêndice II, apresentamos o nosso primeiro esboço de questionário.

Partindo desse esboço, reduzimos o número de perguntas para 24 e elaboramos um primeiro questionário (ver Apêndice III), que foi aplicado a dois entrevistados. Essas duas entrevistas serviram de teste inicial com a intenção de verificar possíveis falhas nos questionários, como por exemplo, a falta de clareza nas perguntas, a contaminação nas respostas de uma para outra questão, recusas ou desinteresses ao tema abordado, etc. desta maneira buscando cumprir assim a “Regra de Pertinência” acima exposta.

Com a análise das duas entrevistas verificamos que algumas questões não forneciam respostas concisas e consistentes com a finalidade que esse trabalho pretende atingir. Com isso, reformulamos nosso instrumento de coleta de dados, reorganizando-o com 20 perguntas. Desta forma, buscamos fazer que cada questão enfocasse um problema específico, mas harmonizando-se com o universo a ser pesquisado. Para permitir que o entrevistado pudesse oscilar entre concepções filosóficas diferentes (no caso de ele ter esta tendência) optamos por intercalar as questões, de tal forma que, questões sobre semelhantes assuntos não ficassem apresentadas em ordem sucessiva, salvo quando necessário.

Estando com o que Bardin chama de “universo demarcado” e “corpus constituído”, pudemos começar a fase das entrevistas para termos enfim o nosso “universo de documentos de análise”.

Nessa fase preliminar descrita acima não existe uma ordem cronológica, obrigatória, entre as escolhas que são feitas, mas é importante não perder de vista os vínculos necessários para se atingir o objetivo da pesquisa. No entanto, posteriormente, passada esta etapa, a ordem cronológica passa a ter importância e a pesquisa seguiu as próximas fases de forma estruturada. Primeiramente foram realizadas as entrevistas, a seguir passamos para a etapa da escuta atenta do material obtido. Este é o momento em que nos deixamos invadir por reflexões, intuições e indicações de novas leituras que completem as conexões necessárias que

fundamentem as interpretações finais. Finalmente, os dados foram tratados e analisados seguindo sempre os preceitos de uma análise de conteúdo.

Para iniciarmos as nossas pesquisas de campo (as entrevistas) fizemos um levantamento do número de professores que cada departamento do Instituto mantinha, em 2012: Física Aplicada (23), Física Experimental (30), Física Geral (23), Física Matemática (17), Física dos Materiais e Mecânica (23), Física Nuclear (28). Também avaliamos a proporção entre homens e mulheres. Além disso, o número de professores dedicado à área da Pesquisa em Ensino teve também representação proporcional (dado que eles não formam um departamento).

Buscamos obter uma amostra que cobrisse de maneira proporcional a divisão do Instituto em diferentes departamentos. Os professores foram convidados a participar da entrevista por e-mail. Aqueles que não responderam ou declinaram o convite de participar da entrevista foram excluídos da amostra representativa. Com isso, a proporcionalidade com relação às divisões do grupo não se deu com relação aos convites feitos, mas sim aos convites aceitos, respeitando a “Regra da Homogeneidade”, que diz: os documentos retidos devem ser homogêneos, quer dizer, devem obedecer a critérios precisos de escolha e não apresentar demasiada singularidade fora destes critérios de escolha (Bardin, 1977, p. 98).

Passamos então, para a fase das entrevistas, sendo que as duas entrevistas iniciais foram incluídas no universo de análise. Nas entrevistas gravamos somente o áudio da conversa cada qual realizada individualmente, somente com a pessoa/ professor e o entrevistador, no caso a aluna que escreve este texto. O áudio permitiu captar, além das falas, um pouco das suas emoções, através de “tiques” sonoros, como batidas de caneta ou períodos de silêncio, embora neste trabalho a análise tenha se centrado principalmente nas falas de cada professor. Ao final deste processo obtivemos 10 questionários respondidos por professores do Instituto de Física da USP, durante o ano de 2012, e que fazem parte do material bruto que nos propusemos a analisar.

3. A Exploração do material

Antes da análise propriamente dita, o material passou por uma preparação. Ouvimos na íntegra as entrevistas e transcrevemos as partes mais importantes das falas dos nossos entrevistados. Só posteriormente a aluna/entrevistadora transcreveu todo o material, que aparece no Apêndice I. Isso nos permitiu estabelecer um contato preliminar mais estreito com esse material. E principalmente, através da leitura fluente dessas transcrições pudemos nos deixar invadir por algumas ideias e impressões que influenciaram o nosso modo de análise das respostas. Esta é a chamada fase da “Exploração do Material” que embora seja trabalhosa, por vezes até enfadonha, garante uma boa administração sistemática das decisões tomadas na fase do tratamento dos resultados. (Bardin, 1977, p. 101).

Nesse momento, de posse do material bruto e antes de partimos para o tratamento dos resultados e interpretações, foi feita a organização da codificação desse material, levando em conta o “tema” tratado na entrevista. Fizemos alguns recortes nas falas dos entrevistados sempre nos preocupando com a pertinência em relação às características do material e respeitando os objetivos da análise obtendo-se assim as nossas unidades de significação para a análise temática das entrevistas.

[...] uma unidade de significação complexa, de comprimento variável; a sua validade não é de ordem linguística, mas antes de ordem psicológica: podem constituir um tema, tanto uma afirmação como uma alusão; inversamente, um tema pode ser desenvolvido em várias afirmações (ou proposições). Enfim, qualquer fragmento pode reenviar (e reenvia geralmente) para diversos temas [...] (d’Unrug, 1974, apud Bardin, 1977, p. 105).

Não existe uma definição específica de análise temática, pois o tema é geralmente utilizado como unidade de registro para estudar motivações de opiniões, de atitudes, de valores, de crenças, de tendências, etc. Mas, de um modo geral, é possível fazer recortes que formem uma unidade de significação. Isto acontece quase naturalmente, no nosso caso, seguindo os critérios das concepções filosóficas desenvolvidas na seção II dessa dissertação. Levando em conta essas concepções na

leitura das respostas, transcritas, ao nosso questionário, iniciamos a fase de identificação dos chamados “núcleos de sentido”, procurando destacar quais seriam as partes da comunicação (respostas dos questionários) que seriam analisadas por significar alguma coisa para os objetivos dessa pesquisa.

4. O Tratamento dos resultados e interpretação

Na fase de análise de dados, a metodologia de pesquisa adotada apresenta três etapas, resumidamente descritas a seguir:

- Releitura das transcrições das entrevistas realizadas, buscando a fragmentação das ideias e das intenções apresentadas nos materiais, identificadas como unidades constitutivas (núcleos de sentido).

- Categorização por agrupamento, que aconteceu a partir do reconhecimento de diferenças e de semelhanças encontradas nas respostas, seguindo os critérios classificados e definidos no Cap. II.

- Interpretação que deve emergir a partir do produto das duas etapas anteriores, através de inferências que busquem atingir uma compreensão dos significados presentes no discurso em um nível que vai além de uma leitura comum. Pose-se dizer que nesta etapa surge a produção de um novo texto, em que nascem novos comentários ou explicações sobre o objeto estudado.

Discussões filosóficas são permeadas por indagações que transformam limites claros em tênues passagens. Elaboramos algumas hipóteses prévias sobre as concepções dos professores, mas é natural que tais hipóteses poderiam não ser verificadas na complexidade das visões de mundo dos entrevistados. Recorrendo aos processos de análise, cumpridas as etapas anteriores (pré-análise e exploração do material), encontramos não somente posições claras e tipos específicos, mas também uma mescla deles. Percebemos que não era obrigatório que nossa pesquisa caminhasse somente dentro de categorias estabelecidas e consagradas pela filosofia da ciência. Analisando os trechos significativos das respostas dos entrevistados, percebemos a formação de conjuntos mais complexos. Sabendo que,

metodologicamente, uma das funções da análise de conteúdo é permitir procedimentos de exploração, ou seja, a partir dos próprios textos, perceber as ligações entre as diferentes variáveis. Concluímos que para esse trabalho de pesquisa é importante tentarmos não estabelecer limites rígidos nas classificações que fazemos sobre as opiniões dos nossos entrevistados. As entrevistas, que envolvem ideias pessoais, deixam transparecer contradições de opiniões humanas, fato comum e próximo da natureza própria do ser humano.

Hipótese sob a forma de questões ou de afirmações provisórias servindo de diretrizes, apelarão para o método de análise sistemática para serem verificadas no sentido de uma confirmação ou de uma infirmação. É a análise de conteúdo “para servir de prova”. (Bardin, 1977, p.30)

Como a intenção dessa pesquisa é explorar as contradições de opiniões humanas optamos pela metodologia de “procedimentos de exploração”. Começamos nosso processo de categorização definindo 12 dimensões para serem analisadas, dentro das quais as 20 questões foram distribuídas. Ficamos sempre atentos a conceitos geradores de sentido, na tentativa de compreender as diversas falas dos entrevistados. Durante esse processo, por falta de tempo, acabamos por deixar de fora da nossa análise três dimensões (*Sobre leis e teorias, Sobre o realismo na matemática, Sobre luz e a percepção das cores*) finalizamos então o trabalho de pesquisa, tirando as nossas conclusões, a partir das 9 dimensões, listadas a seguir, e que são detalhadamente analisadas no próximo capítulo (Cap. IV).

1. *Sobre a verdade na ciência;*
2. *Sobre o realismo ontológico;*
3. *Sobre o realismo de entidades;*
4. *Sobre o realismo epistemológico;*
5. *Sobre o reducionismo x emergentismo;*
6. *Sobre o determinismo;*
7. *Sobre a natureza do tempo físico;*
8. *Sobre os objetivos da ciência.*
9. *Sobre religião*

Para cada dimensão, a categorização seguiu os princípios da análise de conteúdo, onde as unidades de registro são agrupadas, sempre, partindo-se de características comuns aos critérios estabelecidos na seção II, e utilizando-se um título genérico que está associado a uma posição filosófica avaliada (realismo, determinismo, relativismo, etc.). Segundo Bardin este é o procedimento por caixas, aplicável no caso da organização do material decorrer diretamente dos funcionamentos teóricos hipotéticos (Bardin, 1977, p. 119).

Outro fator determinante na formação de um conjunto de categorias é que cada uma delas deve possuir as seguintes qualidades: *exclusão mútua*, sendo que em certos casos pode-se questionar esta regra, com a condição de se adaptar o código de maneira a que não existam ambiguidades no momento da classificação (*multicodificação*); *homogeneidade*, segundo o qual um único princípio de classificação deve governar a organização das categorias; *pertinência*, as categorias estão adaptadas ao material de análise escolhido; *objetividade e fidelidade*, segundo a qual as diferentes partes de um mesmo material devem ser codificadas da mesma maneira, mesmo quando submetidas a várias análises; e por fim *produtividade*, indicando que a categoria fornece resultados férteis em inferências, na geração de hipóteses novas e na classificação de dados exatos (Bardin, 1977, p. 120/121).

Como vimos, na enumeração das dimensões feita anteriormente, começamos a nossa análise por um dos grandes dilemas da filosofia da ciência: o debate *realismo x antirrealismo*. Essa controvérsia é inicialmente analisada a partir de uma pergunta relativa ao conceito da *verdade na ciência*. Seguindo as classificações tradicionais da filosofia da ciência, a análise abordou o *realismo ontológico*, o *realismo epistemológico* e o *realismo das entidades*. A partir daí a pesquisa caminhou para as dimensões mais específicas através das discussões filosóficas sobre os temas de *reducionismo X emergentismo*; *sobre o determinismo*; *sobre a natureza do tempo físico*. Finalmente nossa análise tratou dos dilemas individuais que envolvem a dimensão dos *objetivos da ciência e sobre religião*.

Algumas categorias puderam ser facilmente definidas a partir das diferenças de opinião dos entrevistados, porém, tivemos também que levar em conta algumas

ambiguidades ou contradições nas opiniões de um mesmo entrevistado, o que nos levou a explorar melhor os textos que foram produzidos nas entrevistas, a construir novas categorias, modificando as concepções filosóficas que tínhamos estabelecido como nossas hipóteses.

Nessa análise por “categorização temática”, a última etapa é o momento da construção de um novo texto, que surge por um pelo processo de *inferência*, em que são postulados conhecimentos sobre o emissor da mensagem ou sobre o seu meio. (Bardin, 1977, p. 39)

Para uma análise qualitativa isso é feito, primeiramente, identificando a presença ou a ausência de uma dada característica de conteúdo ou de um conjunto de características num determinado fragmento de mensagem que é tomado em consideração (Osgood et al., 1957). A partir daí busca-se compreender o texto além dos seus significados imediatos, procurando atingir os seguintes objetivos:

- a *ultrapassagem da incerteza*: o que eu julgo ver na mensagem estará lá efetivamente contido, podendo esta visão muito pessoal, ser partilhada por outros? Por outras palavras, será a minha leitura válida e generalizável?
- o *enriquecimento da leitura*: se um olhar imediato, espontâneo, é já fecundo, não poderá uma leitura atenta, aumentar a produtividade e a pertinência? (Bardin, 1977, p. 29).

Esses dois objetivos inspiraram as nossas inferências. As análises foram feitas sempre procurando pôr em evidência as opiniões, ou julgamentos, junto com as associações que surgiram sobre cada tema abordado.

A seguir no capítulo IV apresentamos todas as análises feitas nesse trabalho de pesquisa, com as classificações ilustradas por tabelas com os trechos significativos das respostas dadas pelos entrevistados, isto para facilitar a compreensão por parte do leitor. Apresentamos também as distribuições encontradas, em forma diagramática, e todas as inferências feitas no processo de análise de respostas.

Cap. IV

Análise e estudo das entrevistas

A análise tem como objetivo explorar conceitualmente, através das referências bibliográficas já estudadas (seção II), as posições filosóficas dos professores de física do IFUSP mapeando suas concepções ontológicas e epistemológicas através de diferentes objetos conceituais e suas dimensões. A intenção dessa análise é construir um sistema descritivo que ordene os objetos conceituais invocados em cada pergunta através da apreciação das respostas obtidas dentro do nosso universo de pesquisa (10 entrevistados), segundo suas diferentes categorias. Como esse trabalho de pesquisa baseia-se em entrevistas abertas gravadas, esse método de levantamento de dados permitiu o registro das falas dos entrevistados, reproduzindo suas ideias, crenças, opiniões, maneiras de pensar, além de registrar algumas atitudes sonoras “imponderáveis”, como gestos, pausas, risos, alguns tiques (como bater a caneta) e outras emoções, que não foram consideradas, mas que estão devidamente guardadas caso queiramos abrir posteriores análises.

A seguir, apresentamos os dados coletados em tabelas, com uma transcrição resumida das respostas, considerando somente os trechos mais expressivos, mas ao final desse trabalho apresentamos um apêndice com a transcrição completa com todas as respostas dos nossos entrevistados.

1. Questão sobre a verdade na ciência

Um dos pontos mais polêmicos em discussões epistemológicas filosóficas ou científicas é a concepção de verdade, isto porque o termo verdade é carregado de valorização positiva.

Como examinado, anteriormente, na seção II.1 há várias concepções ou definições de verdade (no sentido conceitual) e há duas que tendem a polarizar as discussões: a noção de “verdade por correspondência” e a noção de “verdade relativista” isto por serem duas posições extremas. A partir delas estudamos outras duas concepções como casos intermediários: “concepção pragmatista de verdade” e “concepção deflacionária de verdade”. Nessa primeira dimensão de análise trataremos do conceito de verdade na física e foi explorado em uma única questão do nosso questionário:

Questão 1: A verdade, com relação ao mundo da física, muda de época para época, ou ela é sempre a mesma, mesmo que a desconheçamos?

A seguir, na Tabela 1, apresentamos trechos das respostas dadas.

Entrevistado	Questão 1: “A verdade da Física muda de época para época?”
A	[Muda/Não Muda] Eu diria que sim... {A lei de Newton ou a Relatividade, num certo sentido, todas as teorias permanecem verdadeiras}. Posso também ser cético e dizer que a teoria de Newton nunca foi verdade. {Tem alguma coisa na teoria newtoniana que é verdadeira, ontem e hoje}. A verdade empírica é eterna. ...Essa verdade que foi empiricamente comprovável não é histórica, mas a teoria é.
B	[Muda]: ...Acho que você não devia falar “a verdade” porque inclusive a definição do que é verdade muda...Não tem nada pra ser descoberto, você cria. Cria tudo. Então isso que você fala, a verdade, você quer dizer a teoria certa, a visão correta da natureza, mas isso é uma coisa que você cria o tempo todo.
C	[Muda]: ...A gente precisaria partir da filosofia e dizer o que é verdade, né? Porque em ciências o que é verdade? Não existe uma verdade: a verdade é aquilo que é entendido como real, verdade é aquilo que a gente enxerga...Eu acredito que o que a física busca não é bem a verdade, mas ela busca a representação do que é real e isso de época em época a gente faz alguma alteração ou modificação, de acordo com as percepções que vão acontecendo...
D	[Muda]: ...a verdade muda porque o conhecimento muda, vai sendo adquirido. Então obviamente se você tem a possibilidade de investigar um fenômeno que você não tinha [como investigar] com as ferramentas anteriores, tanto no aspecto experimental quanto no teórico.

E	[Não Muda]: Certas verdades são as mesmas, mas o problema é que a gente vai descobrindo novas coisas.
F	[Muda]: Ela muda, mas a palavra “verdade” é ruim. Eu acho que ela não descreve o que vocês pretendem perguntar. Fica esquisito responder essa pergunta desse jeito, mas mudar, tudo muda. O que muda não é a verdade, o que muda seria outra coisa.
G	[Não Muda]: Eu acho que existe uma verdade. É difícil que em algum momento a gente a detenha. Eu acho que na história do conhecimento foi se construindo uma concepção do funcionamento da natureza, e esse conhecimento formulado, necessariamente, vai mudando de época pra época, no sentido que a gente vai ganhando maior precisão.
H	[Não Muda]: Não sei. Essa pergunta é capciosa, né? Se eu soubesse o que é a verdade eu talvez conseguisse responder esse pergunta. Justamente a concepção de verdade está embutida na pergunta. ...Em resumo, eu não sei responder esse pergunta porque meu conceito de verdade não bate com o da pergunta, eu não sinto que haja uma verdade. ...Meu trabalho na física é entender a natureza do jeito que ela é. Mas não sei se é isso que se pode chamar de verdade.
I	[Muda]: Essa é uma questão difícil, mas eu acho que ela muda. Uma coisa que tomamos como verdadeira hoje, ela provavelmente não será verdadeira em outra época. Não é que tudo que é do passado perca sua validade, mas os próprios critérios do que é verdade mudam, então necessariamente muda de época pra época
J	[Não Muda]: Bom aí tem uma palavra perigosa: “verdade”. Eu não sei o que é verdade ...O que acontece é que a gente não sabe quais são essas leis e o problema das ciências da natureza é descobrir essas leis através dos comportamentos. A verdade é isso: se essa estabilidade subjacente e hipotética é a verdade, então isso tá lá.

Tabela 1: Trechos das respostas à questão 1, sobre a verdade.

Na discussão sobre a verdade na ciência, foi apontada (na seção II.1) uma distinção entre a concepção de verdade *correspondencial* e a concepção *relativista*. A primeira entende a verdade como uma relação de correspondência entre uma proposição linguística (formulada dentro de uma teoria, envolvendo conceitos) e realidade física, que é concebida como existindo independentemente de qualquer pessoa. Ela defende que a verdade nas ciências naturais não muda de época para época, sendo que o que muda é a opinião da comunidade científica sobre qual é a verdade. Assim, a afirmação de que “os cometas são fenômenos celestes” é verdade tanto hoje quanto na época de Aristóteles, quando a opinião dominante era de que os cometas seriam fenômenos atmosféricos. Já para a concepção relativista, pode-se dizer que a verdade dos gregos era diferente da nossa, ou que a verdade mudou de uma cultura para outra.

Uma posição intermediária entre essas duas é a concepção *pragmatista*. Para esta visão, ao contrário da concepção correspondencial, não faz sentido definir “verdade” no caso em que a realidade é inobservável, ou seja, nos casos em que não haja critério de verificação do enunciado. O pragmatismo não vê a verdade como uma relação entre linguagem e realidade, mas como um conjunto de práticas ou condutas. Por fim, há a posição *deflacionária*, que considera que a verdade não é importante, ou que ela é uma redundância.

Analisamos as respostas dadas a essa questão procurando encontrar as diversas posições filosóficas descritas na seção II.1 e com isso definimos as seguintes categorias: correspondencial, relativista, pragmatista e deflacionária, representadas abaixo na Fig. 1.

Figura 1: Categorias para a dimensão verdade na ciência.

No entanto, para a nossa análise levamos em conta que as respostas refletem opiniões, o que cria a necessidade de apresentarmos, na representação diagramática, duas “interfaces” que caracterizam a difusa passagem de uma categoria para outra, isso acontece para os casos das categorias correspondencial/pragmatista e pragmatista/relativista. Uma terceira interface se formará para a categoria deflacionária já que podemos associar também as justificativas apresentadas nas

respostas dos entrevistados que se enquadram apenas nessa concepção, ou se localizam nas interfaces com as três categorias já definidas anteriormente.

Após a distribuição das respostas nas categorias identificadas em relação à verdade na ciência percebemos que existia uma *fronteira de resposta* distinta das *fronteiras de concepções* que dividem as quatro categorias filosóficas identificadas, que nos obrigou a criarmos uma linha vertical tracejada separando as respostas “sim” (representada pela cor vermelha) e “não” (pela cor azul) para a pergunta “A verdade da Física muda de época para época?”. Outra escolha foi quanto à forma geométrica adotada no diagrama representativo dessa classificação, optamos por usar elipses em volta de cada posição para exprimir nossa incerteza sobre como classificar a visão do professor, e círculos quando as respostas não exprimem dúvidas. Feito esses ajustes pudemos então fazer a distribuição das respostas dadas pelos nossos entrevistados (ver Fig. 2).

Figura 2: Classificação das respostas nas categorias identificadas em relação à verdade na ciência.

Na Fig. 2, O entrevistado D parece estar adotando uma visão relativista, mas a afirmação de que “a verdade muda porque o conhecimento muda” é consistente também com a visão correspondencial, pois se a teoria muda, a relação de correspondência entre teoria e realidade também muda. Assim, para dar conta destas duas possibilidades contraditórias entre si, desenhamos a elipse em torno de D de forma a abarcar essas duas categorias. Neste caso, dizemos que D é “ou relativista ou correspondencial”, onde os dois conectivos “ou” devem ser entendidos como um único “ou exclusivo” (XOR em inglês).

No caso do entrevistado E, sua posição poderia estar na interface do pragmatista e do correspondencial (caso em que usaríamos o conectivo “e”), ou então em cada uma das posições isoladas (fora da interface), nossa opção foi expressar novamente a nossa dúvida usando a elipse.

As posições dos entrevistados H e J se encontram na interface pragmatista/deflacionária, ou seja, a posição deles faz parte de ambas as categorias e são representados por círculos por não deixarem dúvidas. Por fim, há dúvidas se o entrevistado F se encontra nesta interface ou se ele se encontra apenas na categoria deflacionária. Isso é expresso pela elipse alongada da Fig. 2, e pelo termo “e talvez” que significa “deflacionária ou ‘deflacionária e pragmatista’”.

Após essa análise criamos também duas novas categorias (categoria “veromutante”, marcado em vermelho na Fig. 2 e “veroconservante”, marcado em azul) que não surgem a partir do nosso referencial teórico, mas são encontradas a partir da análise da *fronteira de respostas* e com isso pudemos também exprimir as dúvidas sobre onde localizar a opinião do professor com o conectivo “e/ou”, que é equivalente ao usual conectivo “ou” da lógica proposicional.

Apresentamos agora, na Tabela 2, as ideias sintetizadas da nossa análise com as novas categorias criadas por nós a partir da *fronteira de resposta* e com as categorias encontradas a partir do nosso referencial teórico.

Entrevistado	Questão 1: “A verdade da Física muda de época para época?”	
A	Veroconservante	Pragmatista
B	Veromutante	Relativista
C	Veromutante	Relativista
D	Veromutante	Ou Relativista ou Correspondencial
E	Veroconservante	Correspondencial e/ou Pragmatista
F	Veromutante	Deflacionista e talvez Pragmatista
G	Veroconservante	Correspondencial
H	Veroconservante	Deflacionista e Pragmatista
I	Veromutante	Relativista
J	Veroconservante	Deflacionista e Pragmatista

Tabela 2: Concepções filosóficas na dimensão do conceito de verdade.

2. Questões sobre o realismo ontológico

“Há uma realidade independente de mentes humanas?” Essa é uma das discussões tradicionais em filosofia. Na discussão sobre o realismo, foi apontada (na seção II.2) uma diferença entre suposições cotidianas, que funcionam bem no dia a dia, ao que damos o nome de Realismo Ingênuo, e concepções que extrapolam o cotidiano, sendo abordadas pelos diferentes domínios da ciência. Como responder a perguntas sobre fatos ou entidades não observáveis? Faz sentido respondê-las? O realista dirá que sim, já o antirrealista discordará: para este, a ciência deve se ater aos fenômenos observáveis, de forma que perguntas sobre inobserváveis são consideradas mal formuladas ou “sem sentido”.

Analisaremos agora essa dimensão do realismo ontológico que foi pesquisada através das questões 7 e 8 do nosso questionário, com isso pretendemos retomar a discussão tradicional da filosofia sobre o realismo, ou seja, se existe uma realidade independente de mentes humanas e se ela pode ser conhecida.

Questão 7 (“Morte de todos”): Se toda a humanidade morresse, juntamente com todos os seres pensantes do universo, e não houvesse condições de uma nova civilização pensante jamais evoluir, o mundo continuaria existindo?

Questão 8 (“Pedra que cai”): Considere um acontecimento (como a queda de uma rocha) que tenha ocorrido em um planeta sem vida, nos confins de nossa galáxia, logo antes de uma supernova destruir o planeta. Nenhum ser vivo estava presente para perceber o ocorrido, e qualquer informação sobre o ocorrido se perdeu. Tal acontecimento de fato ocorreu?

A seguir, na Tabela 3, resumimos as respostas a essas perguntas.

Entrevistado	Questão 7: “Morte de todos”	Questão 8: “Pedra que cai”
A	Acho que sim, o mundo continua existindo...	Acho que sim,... um certo ceticismo é saudável, mas não se deve exagerar...
B	Sim.	Sim. Se você me diz que ocorreu, ocorreu!
C	Continuaria. Se não a gente estaria pressupondo que a existência do mundo está associada a um ser pensante.	Se a gente considerar que a humanidade à distância tivesse mecanismos para fazer medições, observações ou inferências, a partir disso a gente poderia deduzir que isso tenha acontecido, mas garantir com certeza não.
D	Do jeito que a gente conhece não, mas pode ser de maneira diferente.	Ocorreu, claro. Se você está dizendo!
E	Sim o mundo físico sim continuaria.	Não posso saber se não há nenhum registro dele... O que eu posso dizer é que rochas caem em planetas e isso é uma coisa probabilística...
F	Sim com certeza.	Essa pergunta tem cara de sofisma, eu passo.
G	Sim, mas o que me importa?	O que interessa? Como é que a gente vai saber?
H	“Who cares”?... Acho que é óbvio que o mundo continuaria existindo! Mas “so what”?	Como é que você está me dizendo que a pedra caiu? Não posso dizer nada, não sei se caiu.
I	Sim... a base material do mundo continuaria existindo, mas todos os significados são perdidos.	Acho que aconteceu, mas a gente nunca vai saber.
J	Não há motivos pra dizer que não.	É óbvio que aconteceu, se você não mentiu... Pergunta meio esquisita!

Tabela 3: Trechos de respostas obtidas para as questões 7 e 8 envolvendo o realismo ontológico.

A questão 7 (“Morte de todos”) imagina um cenário em que a vida em todo o universo desaparece; neste caso o universo continuaria existindo? A resposta afirmativa a esta pergunta caracteriza um “*realismo ontológico*”, e a ela se opõe o que costuma ser chamado “*idealismo metafísico*” (ou “*antirrealismo ontológico*”) (ver seção II.2).

Ao ouvirmos as respostas, verificamos que alguns entrevistados eram taxativos ao responderem de acordo com o realismo ontológico (dando a resposta “sim”), ao passo que outros foram mais cautelosos ou reticentes, tendendo a responder “sim”, mas logo levantando problemas sobre esta resposta. Classificamos essas reticências em quatro categorias de tendência antirrealista: pragmatismo, verificacionismo, ceticismo e semanticismo. A tendência *pragmatista* salienta o interesse prático que os enunciados devem ter. A posição *verificacionista* só aceita atribuir realidade àquilo que pode ser verificado ou observado. O *ceticismo* busca sempre questionar a certeza que é atribuída às afirmações sobre o mundo. E por *semanticismo* englobamos a atitude de questionar o sentido linguístico do enunciado em questão.

Essas categorias estão representadas na Fig. 3. A linha tracejada (que deveria coincidir na figura com o círculo cheio) representa a fronteira de resposta entre as posições realista e antirrealista ontológica, sendo que na parte interna a esta linha, pela reunião desses conjuntos cria-se uma zona de intersecção para os casos onde teremos uma resposta “realista ontológica com tendências antirrealistas”. Como foi feito na análise da questão anterior, essa interface aparece no diagrama que apresenta a distribuição das respostas dos entrevistados (Fig. 4).

Figura 3: Categoria do realismo ontológico, e quatro de suas negações antirrealistas

Das dez respostas dadas para a questão 7, cinco foram consideradas realistas ontológicas *puras* (B,C,E,F,I) e cinco delas (A,D,G,H,J) foram classificadas na zona de intersecção entre o realismo ontológico e as tendências antirrealistas, região que podemos chamar de “realismo ontológico *misturado*”. Nesta pergunta, não houve respostas antirrealistas puras.

Partindo para a análise da questão 8, onde foi perguntado se o evento ocorreu imaginado um cenário de um acontecimento em um local remoto em que não há nenhuma testemunha, cabe lembrar que esta pergunta é uma adaptação da clássica pergunta atribuída ao filósofo Berkeley, que diz: “*Uma árvore grande que caiu em um bosque desabitado emitiu um som ao cair?*” No entanto, esta pergunta é ambígua, pois o termo “som” pode ser entendido de duas maneiras, ou como som-físico ou como som-subjetivo. Obviamente o som-subjetivo não ocorre no bosque, pois não há nenhum sujeito para escutá-lo; assim, a pergunta mais interessante é se o som-físico ocorre. Foi esta acepção que buscamos caracterizar na pergunta 8.

George Berkeley, na verdade, não formulou a referida questão. Ele menciona uma árvore não percebida no seguinte trecho de seu *Tratado sobre os princípios do conhecimento humano*, apresentando uma posição claramente antirrealista ontológica.

Mas – dir-me-eis – nada mais fácil do que imaginar por exemplo árvores em um parque, ou livros em uma estante, e ninguém para percebê-los. Respondo que na verdade não é difícil; mas que é isso senão formardes no espírito certas ideias a que dais nomes de livros ou árvores, omitindo ao mesmo tempo formar ideia daquilo que se percebe? Mas não pensais vós mesmos neles durante esse tempo? Isto, portanto, nada importa ao caso. Só mostra que podeis formar ideias no vosso espírito, mas não que os objetos de vosso pensamento existam fora do espírito. [...] (Berkeley, 1973 [1710], §23, p. 23).

Mesmo escapando da ambiguidade mencionada acima, com a reformulação da questão, alguns entrevistados levantaram certas críticas à pergunta, que são justamente as respostas que classificamos como “antirrealistas puros” (E,F,H), o antirrealismo *verificacionista* aparece na resposta do entrevistado E: “não posso saber se não há nenhum registro dele.” Esta posição só aceita atribuir realidade àquilo que pode ser verificado ou observado. As outras duas posições puramente antirrealistas foram classificadas como *semanticistas*, no sentido de questionar a expressão linguística da pergunta: “essa pergunta tem cara de sofisma, eu passo” (entrevistado F) e na resposta do entrevistado H: “como é que você está me dizendo que a pedra caiu?”

Os outros entrevistados foram classificados de forma não radical (misturada). A posição *pragmatista* salienta o interesse prático das afirmações (entrevistado G): “o que interessa?”. E a posição *cética* que questiona a certeza das afirmações, surge na resposta dos entrevistados I e A: “acho que aconteceu, mas a gente nunca vai saber.” Já B,D,J (semanticistas) utilizam-se da expressão linguística da pergunta para afirmarem que o evento aconteceu.

E mais, com relação à questão 8 (“Pedra que cai”), as reticências foram ainda maiores, a ponto de que nenhuma resposta foi classificada como realista ontológica

pura, sete foram consideradas misturadas, e três nos pareceram claramente antirrealistas.

Na Fig. 4 representamos graficamente cada uma das respostas, seguindo a classificação descrita acima. Notamos que nenhuma resposta à questão 7, desenhada como um losango, foi classificada como antirrealista pura (caso em que estaria desenhada no anel mais externo da figura). Por seu turno, nenhuma resposta à questão 8, desenhada como um círculo, ficou localizada dentro da região central. Respostas realistas foram desenhadas na cor azul, antirrealistas em vermelho, e realismos “misturados” (em posição intermediária) em roxo.

Figura 4: Classificação das respostas nas categorias identificadas em relação ao realismo ontológico.

A Tabela 4 mostra as categorias identificadas a partir das respostas para as duas questões que envolvem a dimensão do realismo ontológico.

Entrevistados	Questão 7 (“Morte de todos”)	Questão 8 (“Pedra que cai”)
A	Realismo ont. c/ ceticismo	Realismo ont. c/ceticismo
B	Realismo ontológico puro	Realismo ont. c/semanticismo
C	Realismo ontológico puro	Realismo ont. c/verificacionismo
D	Realismo ont. c/ceticismo	Realismo ont. c/semanticismo
E	Realismo ontológico puro	Antirrealismo verificacionista
F	Realismo ontológico puro	Antirrealismo semanticista
G	Realismo ont. c/pragmatismo	Realismo ont. c/pragmatismo
H	Realismo ont. c/pragmatismo	Antirrealismo semanticista
I	Realismo ontológico puro	Realismo ont. c/ceticismo
J	Realismo ont. c/ semanticismo	Realismo ont. c/semanticismo

Tabela 4: Concepções filosóficas na dimensão do conceito de realismo ontológico.

3. Questões sobre realismo de entidades

O próximo conjunto de questões envolve posturas com relação à existência de certas entidades da Física, caracterizadas por serem observadas apenas indiretamente, por serem não observadas ou mesmo por serem inobserváveis. A investigação versará sobre a opinião dos cientistas a respeito da realidade dessas entidades postuladas. Em outras palavras, estamos analisando suas opiniões sobre alguns “termos teóricos” de teorias físicas, ou seja, aqueles termos cuja referência na realidade tem sido motivo de debate.

Quando o cientista afirma que uma entidade existe ou é real, ele está adotando o “realismo de entidades” com relação àquele termo teórico, conforme visto na seção II.4. No nosso questionário, as duas questões que abordam esse problema são:

Questão 3: Quais dos seguintes conceitos correspondem a uma entidade real? Corrente elétrica. Campo elétrico. Potencial elétrico escalar. Potencial vetor. Campo magnético. Linhas de força magnética.

Questão 6: Quais das seguintes entidades postuladas são reais? Elétron. Neutrino. Quark. Partículas virtuais (que seriam emitidas e absorvidas sem serem detectada). Cordas.

Diferentemente da análise anterior, agora classificamos as posições encontradas em dois grupos, separadamente, de acordo com as entidades pesquisadas, isto porque na questão 3 são elencadas entidades da física clássica enquanto na questão 6 são tratadas as entidades da física moderna.

Começando pela questão 3, que trata do realismo no Eletromagnetismo, apresentamos a seguir a Tabela 5, com trechos das respostas dadas a essa questão.

Entre- vistado	Corrente elétrica	Campo elétrico	Potencial escalar	Potencial vetor	Campo magnético	Linhas de força magn.
A	Real	“Suspendo o juízo.”	“Tem apenas função instrumental.”		“Faixa cinzenta.”	“Instrumental, talvez um pouco mais real.”
B	Real		“Variável auxiliar em derivações. Mas não é só uma grandeza matemática. Alguma realidade tem.”		Real	“Não é real. Dá para enxergar, mas não sei”
C	Considerando que o “real” é a representação que a gente tem, todas as entidades são reais.					
D	Nenhuma é real.					
E	“É real, pois pode ser medido.”					Construção p/ entender o problema.
F	“Símbolos se aproximam mais da realidade [do que as palavras], mas não são a realidade. Considere a analogia da caverna de Platão.”					
G	Mais próximo do real.		São ideias, imaginações de como se dá a ação entre os corpos; seriam construções.			
H	Construção	Real. São as entidades mais profundas da natureza.	Construção. “A realidade está lá, a física é só uma série de construções para descrever a realidade com a qual a gente convive.”			
I	“Nenhum deles é real. Todas são construções, que tentam capturar alguma coisa da realidade. Mas se eu fosse eleger, eu escolheria a carga e os campos.”					
J	“ ‘Sim’ é a resposta padrão, acadêmica.”		“Não, seguindo a resposta padrão, acadêmica. Eles variam com a descrição.”		“São totalmente reais, o EM foi a 1ª teor. de campo.”	Não

Tabela 5: Atribuição de realidade para diferentes entidades postuladas pelo Eletromagnetismo.

Podemos notar três estilos de resposta nos entrevistados. Alguns dão a mesma resposta para todos os termos teóricos, como C, D, F e I; outros fazem distinções taxativas, como E, H e J, afirmando que uma entidade postulada ou é real ou é apenas uma construção; e um terceiro grupo (A, B, G) faz distinções, mas nem sempre taxativas, podendo atribuir graus distintos de realidade ou graus diferentes de certeza. O primeiro grupo, a ser chamado de “Mesma Resposta”, tende a ser antirrealista, agrupando todos os termos teóricos como meras construções, mesmo aqueles mais próximos da observação, como a corrente elétrica. O entrevistado C disse que considera todas as entidades do Eletromagnetismo como sendo “reais”, mas deixou claro que, para ele, “real” significa apenas “representação”. Deste grupo, o entrevistado F deixou claro ser um realista ontológico, pois defende que há uma realidade, mas não é um realista epistemológico, pois a linguagem e os símbolos matemáticos são apenas aproximações da realidade, que não a “capturam”.

Mencionou a alegoria da caverna de Platão, que aparece no Livro VII de *A república*, do qual transcrevemos abaixo alguns trechos:

[...] imagina uma caverna subterrânea, com uma entrada ampla, aberta à luz em toda a sua extensão. Lá dentro, alguns homens se encontram, desde a infância, amarrados pelas pernas e pelo pescoço de tal modo que permanecem imóveis e podem olhar tão-somente para a frente, pois as amarras não lhes permitem voltar a cabeça. Numa colina superior, atrás deles, arde um fogo a certa distância. E entre o fogo e os prisioneiros eleva-se um caminho ao longo do qual tenha sido construído um pequeno muro [...] Imagina também homens que passam ao longo deste pequeno muro carregando uma enorme variedade de objetos cuja altura ultrapassa a do muro [...] Eles são como nós. Acreditas que tais homens tenham visto de si mesmos e de seus companheiros outras coisas que não as sombras projetadas pelo fogo sobre a parede da caverna que se encontra diante deles? [...] não supões que julgariam estar se referindo a objetos reais ao mencionar o que veem diante de si? [...] Esses homens, absolutamente, não pensariam que a verdadeira realidade pudesse ser outra coisa senão as sombras dos objetos fabricados. (Platão, 1989 [c. 380 a.C.], pp. 46-7.)

Assim, para o entrevistado F, na perspectiva do cientista, a linguagem e a matemática estão para a realidade física assim como as sombras estão para a realidade fora da caverna, na perspectiva dos prisioneiros.

O segundo grupo de entrevistados, os que fazem “Distinções Taxativas”, variam em suas atribuições de realidade, e o mesmo pode-se dizer do terceiro grupo, que dão respostas com “Distinções em Graus”.

Para resumir o grau de aceitação da realidade de cada entidade postulada (para o conjunto dos entrevistados), fizemos uma estimativa atribuindo para cada entidade um grau 1, se o cientista defende sua realidade; grau 0 se ele o nega taxativamente; e grau $\frac{1}{2}$ para aqueles que suspendem o juízo, falam em “zona cinzenta”, ou dizem que “nenhum é real, mas poderia eleger algum deles”. Também atribuímos grau $\frac{1}{2}$ para as respostas antirrealistas dos entrevistados C e F. A Tabela 6 apresenta o balanço das crenças:

Entrev.	Corrente elétrica	Campo elétrico	Potencial elétrico	Potencial vetor	Campo magnético	Linhas de força magnética	
A	1	$\frac{1}{2}$	0	0	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	R
B	1	1	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	1	$\frac{1}{2}$	R
C	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	AA
D	0	0	0	0	0	0	AA
E	1	1	1	1	1	0	R
F	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	A
G	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	0	0	0	0	R
H	0	1	0	0	0	0	R
I	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	0	0	$\frac{1}{2}$	0	R
J	1	1	0	0	1	0	R
	60%	65%	25%	25%	50%	20%	

Tabela 6: Medida do grau de realidade atribuído por cada entrevistado para os referentes dos termos teóricos do Eletromagnetismo.

Nenhum dos termos teóricos do Eletromagnetismo foi unanimemente aceito como real, mas a corrente elétrica e os campos elétrico e magnético foram os mais citados. A corrente elétrica talvez tenha sido escolhida por ser mais próxima da observação, sendo indicada por galvanômetros e estando associada a choques

elétricos. Os campos, por outro lado, talvez tenham sido escolhidos por estarem associados a uma teoria bem aceita, o Eletromagnetismo Clássico (versão de Maxwell-Hertz, que é hegemônica em relação à sua rival, a Eletrodinâmica de Weber), e por estarem presentes (em formatos diferentes) na Eletrodinâmica Quântica e em outras Teorias Quântico-Relativísticas de Campos, que previram a existência do bóson de Higgs, recentemente observado. Voltaremos a discutir esses critérios de observabilidade e de hegemonia teórica no final desta seção.

É curioso que o grau atribuído para a realidade da corrente elétrica (60%) tenha sido inferior ao grau do campo elétrico (65%). Também é curioso que o campo magnético (50%) tenha terminado abaixo do campo elétrico, já que no Eletromagnetismo Clássico ambos estão no mesmo pé de igualdade. Os potenciais vetor e escalar empataram com baixo grau de atribuição de realidade (25%), e nenhum entrevistado fez referência ao efeito Aharonov-Bohm da Teoria Quântica, que é muitas vezes interpretado como evidência da realidade do potencial vetor e mesmo do potencial escalar (ver Feynman et al., 2008, vol. II, cap. 14, p. 10).

Na última coluna da Tabela 6, avaliamos se cada resposta poderia ser classificada como um realismo forte (RR), um realismo moderado (R), um antirrealismo moderado (A) ou antirrealismo forte (AA). As respostas dos entrevistados C e D são fortemente antirrealistas, mas a análise do discurso do entrevistado F mostra um antirrealismo mais moderado, apesar de termos dados os mesmos pontos para cada coluna dada para o entrevistado C. Os outros entrevistados se posicionaram de maneira realista, mesmo discordando sobre quais entidades consideram reais. Essa informação será usada no Cap. 5.

Apresentamos agora as respostas dadas para a questão do realismo nas entidades da Física de Partículas, na Tabela 7, incluindo trechos das respostas dos entrevistados.

Entrevistado	Elétron	Neutrino	Quark	Partículas virtuais	Cordas
A	Sim, entidades reais.		Zona cinzenta	Não dá para dizer que é real	Ponto de interrogação
B	Real			Real, pois interage	Especulação
C	Todas são reais, na medida em que são representadas.				
D	“Nenhuma é real. São construções. Não posso dizer se é real ou não.”				
E	Sim, é real.			Existem, mas não são detectados.	É apenas uma proposta de teoria
F	Sim, são reais, mas “fica a critério do freguês classificar todas de reais ou desclassificar todas.”				
G	Nenhuma. “Todas são construções. Tenho um impulso de dizer que o elétron é real, mas também é apenas uma construção.”				
H	Sim, é real.				Ñ há evidência experimental de que tenha existência.
I	“Todas me parecem igualmente reais. São instrumentos para entender o mundo. Acho que elas não são reais, são apenas construções. Mas ainda tenho um grau de realismo.”				
J	Existe como campo fermiônico. Há também campos bosônicos (interação).			São propriedades dos campos, mais tratamento matemático.	Uma especulação, uma esperança.

Tabela 7: Atribuição de realidade para diferentes entidades postulas por teorias da física de partículas.

Seguindo o referencial teórico visto na seção II.4 dessa pesquisa classificamos as respostas dos professores em duas categorias: o primeiro grupo (A, B, E, F, H, J) será dos Realistas de Entidades. Dentro desse grupo notamos que os entrevistados classificam como reais tanto elétrons, neutrinos e quarks quanto as partículas virtuais. Somente um desses fez uma divisão diferente (entrevistado A), levando mais a sério o critério de observabilidade, considerando elétrons e neutrinos como entidades reais, mas dizendo que quarks e partículas virtuais estão numa “zona cinzenta”, portanto pondo em dúvida se elas devem ser consideradas entidades reais.

O outro grupo ficou caracterizado por dizer que todas as entidades citadas são apenas construções (entrevistados D, I, G) ou representações (entrevistado C) e que

não dá para afirmar se elas são reais ou não. Esse grupo pode ser chamado de Construtivistas. Notamos nas respostas deles que esses entrevistados tratam as cinco entidades da mesma maneira, não criando nenhuma distinção no grau de realidade ou não realidade delas. Elétrons, neutrinos, quarks, partículas virtuais e até mesmo as cordas receberam o mesmo tratamento. Ainda notamos que o fato de essas entidades serem consideradas como construções justifica tanto a resposta “nenhuma é real” (entrevistado D) como também serve para a resposta “todas são igualmente reais” (entrevistado I).

Conforme feito anteriormente, e seguindo os mesmos critérios, apresentamos na Tabela 8 o grau de aceitação da realidade (para o conjunto dos entrevistados) de cada entidade postulada pelas teorias da Física de Partículas.

Entrev.	Elétron	Neutrino	Quarks	Partículas virtuais	Cordas	
A	1	1	$\frac{1}{2}$	0	$\frac{1}{2}$	R
B	1	1	1	1	0	R
C	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	AA
D	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	AA
E	1	1	1	1	0	R
F	1	1	1	1	1	R
G	0	0	0	0	0	AA
H	1	1	1	1	0	R
I	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	AA
J	1	1	1	1	$\frac{1}{2}$	R
	75%	75%	70%	65%	35%	

Tabela 8: Medida do grau de realidade atribuído por cada entrevistado para diferentes entidades da física de partículas.

Os Realistas de Entidades (entrevistados A, B, E, F, H, J) dividem as entidades citadas em dois grupos: aos elétrons, neutrinos, quarks e partículas virtuais é atribuído realidade (em grau 1), ao passo que a entidade cordas foi encarada com ceticismo, sendo colocada no campo das especulações, com um índice de realidade de 25% (dentro do grupo dos realistas de entidades). Esta divisão não ocorreu por conta do

critério de *observabilidade*, pois quarks, partículas virtuais e cordas costumam ser consideradas igualmente inobserváveis. O critério usado seria de *evidência científica*, pois quarks e partículas virtuais são descritos por termos teóricos de uma teoria hegemônica e bem aceita, a Teoria Quântico-Relativística de Campos, que descreve fenômenos que não são descritos por nenhuma outra teoria. Já as cordas são um termo teórico de uma abordagem que possui uma forte teoria rival, a Gravidade Quântica em Loop, que não postula a existência de cordas, mas de uma discretização do espaço e do tempo na escala de Planck.

Nas discussões filosóficas sobre o realismo científico, geralmente se discute se uma entidade é observável ou não observável. Mas como é possível saber com segurança se uma entidade é observável? Nos debates do século XIX, sobre a realidade dos átomos, supunha-se que eles eram inobserváveis, mas posteriormente eles passaram a ser considerados observáveis e até mesmo observados. Assim nunca se pode ter certeza que uma entidade é inobservável, pois o avanço dos recursos tecnológicos poderia fazer essas entidades serem consideradas observáveis.

Ao perguntarmos sobre a realidade de entidades teóricas, um físico pode entender que esta pergunta é sobre se há evidências científicas fortes de que tais entidades existem, ou seja, se a correspondente teoria é bem confirmada. Esta resposta científica é consistente com o realismo. Assim, ele pode responder que cordas existem, se aceitar a Teoria das Cordas, ou que elas não existem, se considerar que as evidências científicas são fracas. Por outro lado, pode-se entender a pergunta como se referindo a questão da observabilidade e neste caso uma resposta antirrealista seria dizer que não faz sentido dizer que a entidade existe, já que é inobservável.

Conforme já dissemos, apenas o entrevistado A entendeu a pergunta no sentido de observabilidade. Um ponto a ser salientado é que diferentes graus de observabilidade podem ser definidos. Um grão de areia é considerado diretamente observável ao passo que um elétron é geralmente considerado pelos físicos como indiretamente observável. Já um quark ou uma partícula virtual tende a ser considerado inobservável, mas todos (grão de areia, elétron, quark, partícula virtual) possuem forte evidência científica. Por outro lado, as cordas, além de inobserváveis,

não são sustentadas por forte evidência científica. Podemos dizer que a “evidência científica em favor de um conceito” inclui três pontos: observabilidade; fazer parte de uma teoria que explica bem outras observações; e não haver teorias rivais fortes.

Na questão sobre o eletromagnetismo, o grau de evidência de cada conceito é mais ou menos o mesmo, já que todos fazem parte da mesma teoria. O que muda de um para outro é a questão da observabilidade (correntes seriam diretamente observáveis e campos apenas indiretamente) e da invariância (potenciais não são invariantes ante mudança de calibre, ao passo que campos e correntes o são). O curioso, porém, é que os físicos entrevistados atribuíram semelhante grau de realidade para corrente elétricas e para os campos, mesmo estes sendo apenas indiretamente observáveis. O entrevistado H explicou isso dizendo que os campos “são as entidades mais profundas da natureza”.

Na Tabela 8, dividimos as respostas em antirrealistas fortes (AA) e realistas (R). Não identificamos um discurso realista forte, porque os entrevistados que responderam de maneira realista fizeram isso de acordo com o senso comum, sem se preocupar com uma defesa do realismo; já as respostas antirrealistas foram mais enfáticas. No Cap. 5 usaremos essa informação para estimar o perfil epistemológico de cada entrevistado.

4. Questões sobre o realismo epistemológico

Vimos na seção II.3 uma distinção epistemológica fundamental, que aparece frequentemente em controvérsias científicas: “realismo” e diferentes formas de “antirrealismo”. A tese de que o inobservável pode ser conhecido é chamada de “realismo epistemológico” e sua negação pode ser chamada genericamente de “antirrealismo epistemológico” ou “fenomenismo” (que defende que a ciência só deve se ater ao que é observável ou mensurável).

Encontramos dentro do “fenomenismo” diversas variantes dessa posição: o instrumentalismo defende que a teoria é um instrumento para se fazer previsões; o positivismo procura descrever os fenômenos reduzindo-os a uma forma simples; o

empirismo acredita que as observações podem ser neutras; e o construtivismo vê as observações carregadas de ideias e teorias. Temos ainda que considerar uma forma de antirrealismo epistemológico o operacionismo, que também foi discutido na seção II.3. Para essa posição o significado de um conceito não é nada mais do que um conjunto de operações.

Como visto anteriormente nesta seção (seção IV.3), o contexto da mecânica quântica faz o físico tender a assumir uma postura antirrealista, enquanto em outros contextos, como o da realidade do quark e de outras partículas subatômicas eles tendem a adotar uma postura realista.

Diante disso analisaremos agora essa dimensão, do realismo epistemológico, que foi por nós pesquisado através de duas questões: uma envolvendo o debate realismo x antirrealismo na mecânica quântica onde procuramos identificar posições realistas ou antirrealistas e a outra tratou, especificamente, da questão do operacionismo (questões 5 e 17 do nosso questionário).

Questão 5: É satisfatório que a teoria quântica não descreva uma realidade independente do observador, mas apenas a realidade enquanto ela é observada?

A seguir, na Tabela 9 apresentamos trechos das respostas dadas.

Entrevistado	Questão 5: “É satisfatório que a teoria quântica <i>não</i> descreva uma realidade independente do observador, mas apenas a realidade enquanto ela é observada?”
A	É plenamente satisfatório. Não sou obrigado a propor entidades, é bem machiano.
B	Pessoalmente não é satisfatório. Eu tendo a gostar da visão mais realista de mundo, de Einstein.
C	É. É isso que ela se propõe a fazer e que é a grande mudança com a física clássica.
D	É satisfatório.
E	É satisfatório. A natureza é assim, eu não tenho que gosta ou não.
F	Psicologicamente [no nível do discurso] não, mas na prática é satisfatório. Entre os dois fico com a prática. [essas questões perderam a importância ao longo da história].
G	Eu não sei. Não temos acesso a variáveis ocultas. É satisfatório, pois podemos avançar mais.[...]. eu não consigo acreditar em variáveis ocultas.

H	[Silencio] Não concordo com a pergunta. Discordo que a mecânica quântica só descreva coisas que a gente observe. Você tem que incluir os vários estados possíveis na sua descrição, por não saber em qual deles a partícula está. Exatamente qual estado o sistema está você tem que fazer uma observação.
I	[Canetadas] A frase está certa, mas me soa como um idealismo me incomoda. Acho que a mecânica quântica pode ser mais do que aquilo que observo.
J	Isso não vai longe. É preciso que haja alguma coisa mais, para a gente poder fazer alguma conta independente do observador, e introduzir o observador no momento apropriado.

Tabela 9: Trechos das respostas à questão 5, sobre a descrição da mecânica quântica.

Vemos que 60% dos entrevistados (A,C,D,E,F,G) adotaram uma postura antirrealista epistemológica, ou fenomenista (mais forte ou mais fraca), e 40% (B,H,I, J) tiveram uma postura realista epistemológica (mais fraca ou mais forte).

Quando se fala em mecânica quântica as concepções pessoais tendem mais para a visão antirrealista, possivelmente pela força das interpretações de Copenhagen (complementaridade) e instrumentalista no ensino de física quântica. É interessante compararmos esse resultado com outras pesquisas disponíveis na literatura. Schlosshauer et al. (2013) fizeram diversas perguntas sobre física quântica para 33 participantes de um congresso da área. A título de comparação escolhemos a pergunta 12 (p. 225) que diz: “Qual sua interpretação favorita da mecânica quântica?” Fazendo uma divisão entre as interpretações realistas (de Broglie-Bohm, Everett, modal, colapso objetivo, estatística e transacional) e as antirrealistas (Copenhagen, informacionais, bayesianismo e relacional), obtiveram 78% de respostas antirrealistas e 17% realistas, o que fornece uma porcentagem normalizada de 82% antirrealista e 18% realista, diferente da proporção que encontramos, de 60% e 40%, mas ambas com uma maioria antirrealista.

Ao final dessa seção na Fig. 5, as respostas foram mostradas em forma diagramática em cinco posições em um eixo que vai da posição mais antirrealista (à esquerda) para a posição mais realista (à direita).

Analisaremos agora a questão do operacionismo que foi assim abordada:

Questão 17: no contexto da física, você concorda com a seguinte afirmação: “Só é válido definir uma grandeza se ao mesmo tempo fornecemos o procedimento experimental para medi-la”?

A seguir, na Tabela 10 apresentamos trechos das respostas dadas.

Entrevistado	Questão 17: “No contexto da física, você concorda com a seguinte afirmação: só é válido definir uma grandeza se ao mesmo tempo fornecemos o procedimento experimental para medi-la?”
A	Não, a gente tem que se deixar levar por coisas não mensuráveis.
B	Concordo a contragosto. Dentro do contexto da física, concordo.
C	Quando você dá o procedimento experimental para medi-lo, você já tá induzindo a resposta, porque a construção do equipamento já pressupõe algumas hipóteses que você levanta sobre o objeto que você quer medir.[Assim, a afirmação não seria válida].
D	Não concordo. É importante ter essa avaliação, mas há tantas teorias sem essa definição operacional. Tudo é válido.
E	Não, em grande parte das grandezas, e o Einstein fez isso, você define antes, e depois você vai medir.
F	Não. Hoje é uma ideia ingênua. Antigamente o pessoal gostava de definir massa. [Hoje] a gente cerca esses conceitos. As fronteiras das palavras são fluidas. Talvez na matemática você defina as coisas, mas não na física.
G	Eu concordo com isso. Essa é a expressão do caminhar seguro de física nesses anos todos.
H	Acho que uma teoria deve fornecer uma previsão que possa ser testada por observação. Mas isso não tem que ser simultâneo. Eu concordo com a relação.
I	Não eu não gosto dessa afirmação! Uma teoria pode ter parâmetros mensuráveis e outros não. Esses outros servem para dar significância a outros conceitos.
J	[Silêncio]: Não sei, é complicado. Existem problemas a respeito de medidas.[...] [cita o diálogo de Heisenberg e Einstein]. Eu me inclino para uma posição de Feyerabend, de que tudo vale, no seguinte sentido: é inadequado excluir a priori qualquer coisa.

Tabela 10: Trechos das respostas à questão 17, sobre o operacionismo.

Comparando as respostas dadas a questão anterior com as encontradas para essa questão que aborda o operacionismo, e embora, isso seja uma posição fenomenista também, ou seja, antirrealista vemos que agora há uma inversão nas posições desses entrevistados. 70% (A, C, D, E, F, I, J) responderam que não concordam com a necessidade de um procedimento experimental para se definir uma grandeza, o que caracteriza uma postura chamada de “teórico por definição” e realista, enquanto

que somente 30% (B, G, H) ao concordarem com a questão podem ser classificados como operacionais.

O entrevistado J cita o diálogo ocorrido em 1926 entre Heisenberg e Einstein num encontro que ocorreu entre eles. Após dar uma palestra em Berlim, Heisenberg foi convidado por Einstein a acompanhá-lo a pé até a sua casa. Em suas memórias, Heisenberg (1996, pp. 78-9) reconstruiu o diálogo da seguinte maneira:

– [...] Ora, como uma boa teoria deve basear-se em grandezas diretamente observáveis, achei mais apropriado restringir-me a estas, tratando-as, por assim, dizer, como representantes das órbitas e dos elétrons.

– Mas o senhor não acredita seriamente – protestou Einstein – que só as grandezas observáveis devem entrar em uma teoria física, não é?

– Não foi precisamente isso que o senhor fez com a relatividade – perguntei, com certa surpresa. – Afinal, o senhor enfatizou que não se pode falar em tempo absoluto, simplesmente porque o tempo absoluto não é observável; que só as leituras dos relógios, seja no sistema em movimento, seja no sistema em repouso, são importantes para a determinação do tempo.

– É possível que eu tenha usado este tipo de raciocínio – admitiu Einstein –, mas ele é absurdo, de qualquer maneira. Talvez eu possa expressá-lo de maneira mais diplomática, dizendo que é heurísticamente útil ter em mente o que de fato se observou. Mas, em princípio, é um grande erro tentar fundar uma teoria apenas nas grandezas observáveis. Na realidade, dá-se exatamente o inverso. É a teoria que decide o que podemos observar. [...] Devemos ser capazes de dizer como a natureza funciona ao longo de todo esse trajeto, desde o fenômeno até a sua fixação em nossa consciência; devemos conhecer as leis naturais ao menos em termos práticos, para podermos afirmar que observamos algo. [...]

– Na teoria da relatividade, por exemplo – prosseguiu Einstein –, pressupomos que, mesmo no sistema de referência em movimento, os raios de luz que se propagam do relógio para o olho do observador comportam-se mais ou menos como sempre esperamos que se comportassem. [...]

O entrevistado J tem uma opinião mais próxima da posição de Heisenberg, que é oposta à visão de Einstein. Para Heisenberg “a teoria reflete a natureza com exatidão”. Já Einstein acredita que “na ciência, só devemos nos interessar pelo que a natureza faz”. (Heisenberg, 1996, p. 83). O entrevistado J também mencionou a

posição de Paul Feyerabend (2007, p. 43), que desenvolve uma visão relativista da ciência, resumida na frase “tudo vale”. A afirmação do entrevistado J, porém, não significa que ele concorde com todo o “anarquismo epistemológico” do filósofo da ciência austríaco.

Outro fato que podemos notar é que dos 30% que assumiram uma posição antirrealista vemos que o entrevistado G tem uma posição mais construtivista enquanto o entrevistado H é mais positivista. Já o entrevistado B concorda a contragosto, o que nos sugere que talvez sua posição seja mais realista, como foi visto na resposta da questão anterior: “Pessoalmente não é satisfatório. Eu tendo a gostar da visão mais realista de mundo, de Einstein”.

A seguir apresentamos as duas distribuições, colocadas em sequência por ficar clara a inversão de posições que foi discutida acima.

Figura 5 e 6: Histogramas com a distribuição de posições dos entrevistados com relação ao realismo epistemológico (indicados mais à direita). (5) Posições a respeito da Física Quântica. (6) Posições em relação ao operacionismo

Podemos concluir que os físicos entrevistados têm, no geral, uma visão mais realista, mas que no contexto da física quântica (como o da questão 5, Fig. 5) isso muda, e eles tendem a ser antirrealistas. Outro fato a ser destacado é que a porcentagem apresentada nas questões não foi alterada de forma significativa, mas é importante perceber que os entrevistados A,C,D,E passam de um extremo a outro e somente J e I continuaram em ambas as perguntas mantendo uma mesma posição, embora em graus diferentes.

5. Questão sobre o reducionismo x emergentismo

Conforme visto na seção II.5 o reducionismo pode ser entendido como uma tentativa de explicar o macroscópico através de entidades microscópicas. Esse debate se intensificou a partir da década de 1930, com a descoberta de novas partículas elementares, mas a questão que se colocou, nessa época, é que fenômenos emergentes fugiriam dessa finalidade reducionista. Com isso surgiu então a física da matéria condensada que tinha como ênfase descrever e explicar propriedades emergentes com conceitos e leis próprias de escalas mais microscópicas, emergentismo. Na termodinâmica, por exemplo, houve uma tentativa de se explicar o conceito macroscópico de “entropia”, por meio de uma mecânica estatística reduzindo as leis e propriedades termodinâmicas macroscópicas de um gás às leis e propriedades das moléculas componentes (mecânica estatística). Neste bloco avaliaremos a opinião dos nossos entrevistados sobre esse debate entre o Reduccionismo e o Emergentismo, explorado em uma única questão do nosso questionário:

Questão 18: A física de Estado Sólido (ou a Química) se reduz à Física de Partículas?

A seguir, na Tabela 11 apresentamos trechos das respostas dadas.

Entrevistado	Questão 18: “A física de Estado Sólido (ou a Química) se reduz à Física de Partículas?”
A	Não. Sou cético sobre uma teoria de tudo.
B	Não estou muito convencido do “mais é diferente”. Tenho uma tendência forte a ser reducionista.
C	Acho que não. Não se reduz completamente.
D	Acho que sim, se você vai para o muito fundamental. Mas a Física de Estado Sólido não precisa da Física de Partículas para funcionar.
E	O Estado Sólido envolve o domínio dos átomos, mas é outro domínio.
F	Tendo a dizer que sim, mas é devido à minha formação ideológica, é uma crença. A gente não consegue reproduzir a Física do Estado Sólido a partir da Física de Partículas.
G	Acho que não se reduz, todos os ramos têm um certo nível de fenomenologia e novidades conceituais.
H	Deveríamos dizer que sim, mas isso é uma bobagem, pois os sistemas são complexos. É muito complicado e descabido descrever a Física Nuclear usando quarks.
I	Não. Pois as partes mudam na interação com outras partes.
J	Sim. A redução pode ser uma coisa muito complicada tecnicamente, mas isso não quer dizer que seja impossível em princípio. Não concordo com a teoria do “More is different”.

Tabela 11: Trechos das respostas à questão 18, sobre o reducionismo.

As respostas apresentam duas posições básicas com relação à questão do reducionismo. A primeira é a visão tradicional do reducionismo, que salienta uma espécie de redução ôntica, mesmo reconhecendo que não se pode obter uma redução epistemológica completa (o anticonstrucionismo). A segunda posição é a do antirreducionismo ou emergentismo, que dá uma resposta totalmente negativa a essa questão.

Os entrevistados se dividiram, meio a meio, entre as posições reducionista (ôntica) e emergentista. Os professores B,D,E,F,J se colocaram como reducionistas ônticos, mas geralmente não construcionistas, ao passo que os entrevistados A,C,G,H,I exprimiram a posição emergentista.

Na Fig. 5 apresentamos nossa avaliação sobre como se distribuem as posições dos nossos entrevistados, segundo dois eixos. O eixo horizontal é denominado “ontológico”, e se refere às opiniões sobre o reducionismo ôntico, ou seja, sobre se uma coisa macroscópica como uma pedra seria um conjunto de átomos ligados de uma certa maneira, e nada mais.. Para cada um desses polos, introduzimos também uma divisão entre posições mais fortes e mais fracas, resultando em 16

“hexadecantes”, indicados com números romanos. O eixo vertical é denominado “epistemológico”, representando opiniões sobre a possibilidade de redução teórica completa de uma teoria a outra, ou seja, se uma teoria poderia ser completamente construída a partir de outra. Este eixo separa as posições construcionistas e anticonstrucionistas, e todos (a menos de uma ambiguidade nas respostas de B e J) salientaram a impossibilidade, prática ou de princípio, de fazer esta reconstrução. Os que defendem que essa impossibilidade é apenas prática são os reducionistas (ônticos), que pode ser chamada a visão “tradicional” sobre a questão. Os que defendem que a impossibilidade é “de princípio” são classificados como emergentistas.

Os dois eixos não são independentes, de forma que há regiões na figura (marcadas com listras diagonais) que não podem ser ocupadas. Por exemplo, um construcionista não pode ser emergentista e nem reducionista fraco, mas apenas um reducionista ôntico forte (hexadecantes IV e VIII). Ao fazer a divisão entre posições mais fracas e mais fortes, também julgamos que um anticonstrucionista forte não pode ser um reducionista ôntico forte (bloqueando o hexadecante XVI). Além disso, um emergentista forte não poderia deixar de ser um anticonstrucionista forte (bloqueando o hexadecante IX).

Figura 7: Distribuição das posições dos nossos entrevistados

No grupo dos reducionistas, há uma ala mais moderada, fortemente anticonstrucionista, representada pelos entrevistados D, E e F, e uma outra ala mais radical, exemplificada por B e especialmente J, que classificamos como “anticonstrucionista ou construcionista”, por meio de uma elipse alongada que ocupa regiões distintas ao longo do eixo epistemológico (nos hexadecantes VIII, XI e XII).

Nossos resultados podem ser comparados aos obtidos por Zylbersztajn (2003), que estudou a opinião de 152 físicos brasileiros sobre a questão do que chamou “reducionismo hierárquico” e sobre a tese de que haverá uma “teoria final” na física. Vale a pena nos concentrarmos em sua análise do reducionismo hierárquico, baseado na opinião dos físicos sobre o texto abaixo, de Steven Weinberg:

Reiterou sua crença de que uma teoria final da física representaria a realização mais fundamental possível da ciência – o alicerce de qualquer outro conhecimento. Sem dúvida, alguns fenômenos complexos, como a turbulência, a economia ou a vida, exigem suas próprias leis e generalizações especiais. Mas se perguntarmos porque esses princípios são verdadeiros, acrescentou Weinberg, essa pergunta nos leva à teoria final da física, sobre a qual tudo repousa. “É isso que faz da ciência uma hierarquia. É uma hierarquia. Não é apenas uma rede aleatória”. (Horgan, 1998, p. 99)

Com relação a este trecho, 18% dos físicos concordaram e 66% discordaram, sendo que o restante ficou indiferente (Zylbersztajn, 2003, p. 13). Isso contrasta com os nossos resultados, que mostrou uma divisão de 50%-50% entre emergentistas e reducionistas. Como explicar esta grande discrepância?

Essa diferença pode ser atribuída às diferentes perguntas que foram feitas em cada pesquisa, mas talvez envolva também diferenças no critério de análise. Em nosso estudo, consideramos a visão chamada de “tradicional” como sendo um reducionismo ôntico combinado com um anticonstrucionismo (antirreducionismo epistemológico), e a opusemos à visão mais fortemente reducionista, que chamamos emergentismo, que é antirreducionista mesmo em sentido ôntico (por conseguinte também anticonstrucionista). Zylbersztajn parece ter traçado uma divisão entre posições que salientam o anticonstrucionismo, de um lado, e as que o menosprezam ou ignoram, de

outro. Na Fig. 7, traçamos uma linha denominada “pergunta construcionista”, que representaria a *fronteira de resposta* (ver seção IV.1, após a Fig. 1) da questão formulada por Zylbersztajn, e que seria distinta das fronteiras estabelecidas em nossa análise (e que aparecem nas divisões do gráfico). Considerando que a questão de Zylbersztajn segue a fronteira de resposta indicada, nossos resultados (20% e 80%) são consistentes com os seus (21% e 79%, desconsiderando os que se abstiveram).

A Fig. 7 faz uma divisão entre as fronteiras de concepções filosóficas, delineadas pela nossa análise. Supusemos que as fronteiras de resposta à questão que apresentamos aos entrevistados seguem essas fronteiras de concepções. Há certamente uma dose de vagueza em nossa análise, somada ao fato de que a pergunta sobre se um campo “se reduz” a outro poderá ser entendida de diferentes maneiras pelos diferentes entrevistados. Buscamos, ao analisar as respostas, interpretar qual seria a opinião dos entrevistados, e foi tal análise intuitiva que nos levou a fazer as divisões da Fig. 7. Para deixar mais clara a fronteira de nossa pergunta, poderíamos ter explicado ao entrevistado nossa distinção entre “reducionismo” e “construcionismo”, mas com isso o guiaríamos a uma resposta (como foi feito, por exemplo, em Montenegro & Pessoa, 2002) que se enquadraria em nossa classificação, e talvez perdêssemos nuances relevantes da concepção do físico. Além disso, poderia acontecer de um entrevistado não querer ser rotulado de uma certa maneira, fazendo com que sua resposta não fosse tão espontânea.

6. Questão sobre o determinismo

A natureza é determinista ou há eventos sem causas? Essa questão permanece como um problema aberto até os dias de hoje. Como vimos na seção II.6. o determinismo é a tese de que o estado presente do Universo (ou os estados do passado e do presente) fixa de maneira unívoca o estado do universo em qualquer instante do futuro. Se a evolução de um sistema for previsível para qualquer estado inicial, isso é um indicativo de que o sistema é determinista, embora o termo

“determinismo” tenha uma designação ontológica e “previsibilidade” seja um termo epistemológico.

A mecânica clássica trata os sistemas de modo determinista e na física quântica achou-se, por algum tempo, que seria possível mostrar que o mundo era essencialmente indeterminista, mas desde 1952 existe uma interpretação determinista da física quântica. Com o nosso próximo objeto de pesquisa avaliaremos a opinião dos entrevistados sobre o determinismo, esse objeto de pesquisa foi explorado em uma única questão do nosso questionário:

Questão 9: O futuro já está pré-determinado?

A seguir, na Tabela 12 apresentamos trechos das respostas dadas.

Entrevistado	Questão 9: “O futuro já está pré-determinado?”
A	Não dá para determinar. Há uma probabilidade.
B	Não.
C	Não.
D	Não, de jeito nenhum
E	Não, pois as leis da física não são determinísticas, pensar na teoria do caos e no princípio da incerteza.
F	Minha intuição é que não.
G	Acho que não, no mundo da física há uma sucessão de probabilidades, e tem também a consciência.
H	Acho que não, tem fatores aleatórios.
I	Não. Não gosto da colocação do Laplace.
J	Eu não sei.

Tabela 12: Trechos das respostas à questão 9, sobre o determinismo.

As respostas dos entrevistados sobre essa questão mostrou que quase a totalidade dos entrevistados não adota uma visão determinista.

Dentro do nosso universo tivemos somente um entrevistado (J) que se colocou numa posição de dúvida enquanto o restante (A,B,C,D,E,F,G,H,I) não concordou com a tese de que o estado presente do Universo (ou os estados do passado e do presente) fixa de maneira unívoca o estado do Universo em qualquer instante do futuro, conforme descrito na seção II.6. Na Fig. 8, essas posições são mostradas na forma de

um histograma que exibe de maneira direta a proporção de respostas obtidas na questão.

Figura 8: Distribuição das posições dos nossos entrevistados

Sete entrevistados responderam não à pergunta de modo taxativo (A,B,C,D,E,F,I). Dois entrevistados (G,H) afirmaram que não concordavam mas usaram da expressão “acho”, o que interpretamos como um “não com dúvidas”. Somente um entrevistado não se posicionou. Com isso, na Fig. 6, pudemos registrar na abscissa cinco graus de convicção com relação à resposta da pergunta: “sim taxativo”, “sim com dúvida”, “indefinido” (dúvida total), “não com dúvida” e “não taxativo”. Isso é semelhante aos graus da escala Likert, escala de resposta psicométrica usada comumente em questionários e pesquisa de opinião.

É curioso que nenhum físico tenha se posicionado a favor do determinismo, dado que não há uma resposta definitiva para esta questão de filosofia da física. De todas as questões apresentadas para os entrevistados, esta é a única em que houve uma quase unanimidade entre os físicos.

7. Questão sobre a natureza do tempo físico

Como visto na seção II.7 o tempo é considerado uma grandeza real do mundo físico, que existe de maneira independente de sujeitos conscientes. No contexto filosófico, porém, é bastante difundida a noção de que o tempo depende do sujeito do conhecimento.

Esse debate a respeito de se o espaço e o tempo são absolutos ou relativos implica em termos concepções realistas ou não a respeito desse tema. O tempo físico seria apenas uma construção teórica, científica, que pressupõe a presença de um sujeito e de sua vivência do tempo? Ou assim como o Universo não teve um início, o tempo sempre existiu?

A próxima dimensão a ser analisada envolve posturas com relação à natureza do tempo, inquirindo sobre a opinião dos cientistas a respeito da questão do início do tempo, que é um problema ainda sem solução científica clara, o enunciado da questão foi o seguinte:

Questão 10: O tempo teve um início?

A seguir, na Tabela 13 apresentamos trechos das respostas dadas.

Entrevistado	Questão 10: “O tempo teve um início”?
A	Não. Tempo é um “requisito” para formar juízos.
B	Não sabemos.
C	O tempo é criação humana. Assim, o início foi quando o homem começou a fazer a contagem.
D	Não sei. Acho que não. Não, não teve.
E	Sim. O tempo é uma coordenada e tem que ter nascido com o Big Bang cuja teoria é bem definida.
F	Sim, de acordo com a teoria do Big Bang. A gente fala, mas é difícil imaginar.
G	Não dá pra dizer, pois há a teoria do Big Bang e há teorias de cosmologia cíclica. Esta última traz uma dificuldade para o Deus criador.
H	Aparentemente sim, mas não sabemos se antes havia outro tempo.
I	Minha resposta intuitiva é não, pois só consigo me colocar dentro do tempo.
J	Não é um tempo inicial, é o início da existência do tempo. É o que se pensa atualmente na teoria do Big Bang.

Tabela 13: Trechos das respostas à questão 10, sobre o tempo.

As respostas dos entrevistados sobre a questão de se o tempo teve início variou entre posições afirmativas e negativas, com algumas respostas indefinidas. Além disso, notamos que alguns dos entrevistados adotam uma definição subjetivista de tempo, ou seja, definem o tempo como um aspecto psicológico do ser humano, ao passo que a maioria adota uma definição física do tempo, como sendo algo que existe anteriormente ao ser humano. Quatro entrevistados (C,E,F,H) afirmaram que o tempo teve um início, o mesmo número defendeu que o tempo não teve um início (A,D,I,J), e somente dois entrevistados (B,G) disseram que não sabiam ou que não se pode falar nada sobre a questão. Na Fig. 9, essas posições são mapeadas ao longo de dois eixos, formando dez regiões distintas.

Figura 9: Distribuição das posições dos nossos entrevistados

Analisando as justificativas dadas nas respostas pudemos registrar na abscissa cinco graus de convicção com relação à resposta da pergunta: “sim taxativo”, “sim com dúvida”, “indefinido” (dúvida total), “não com dúvida” e “não taxativo” (semelhante a uma escala Likert). Mapeamos também as concepções de tempo físico e de tempo subjetivista em duas regiões, ao longo do eixo vertical.

Com isso temos que aproximadamente um terço dos entrevistados adotou uma concepção subjetivista de tempo (entrevistados A,C,I). Isso foi de certa forma surpreendente, pois seria de se esperar que todos os físicos adotassem uma definição física do tempo (concepção encontrada nos entrevistados B,D,E,F,G,H,J). A única opinião cuja classificação não foi clara é a do entrevistado B, pois expressou uma indefinição com relação à pergunta sem deixar claro se tinha uma concepção física ou subjetivista do tempo. Já o entrevistado G mostrou-se indefinido, mas claramente adotou a concepção física de tempo.

8. Questão sobre objetivo da ciência

A próxima pergunta a ser analisada investiga a opinião sobre os objetivos da ciência.

Questão 13: Qual o objetivo da ciência?

As possíveis respostas a esta questão também podem refletir concepções realistas e antirrealistas. Realistas tendem a dizer que o objetivo da ciência é atingir a verdade sobre o mundo natural, ou gerar explicações que possam envolver causas ocultas, sem se restringir apenas a uma descrição dos fatos observados. Por outro lado, os antirrealistas tendem a considerar que o objetivo da ciência é simplesmente descrever as observações de maneira adequada, ou resolver problemas.

A seguir, na Tabela 13, apresentamos trechos das respostas dadas.

Entrevistado	Questão 13: “Qual é o objetivo da ciência?”
A	Fazer o resumo das coisas empíricas, como Mach, é próximo da tecnologia, mas a ciência também se preocupa com as causas [explicação]. [A tecnologia faz o quindim e a ciência busca o quindim universal].
B	O mesmo da cultura em geral, que é melhorar nossa vida: prazer, conforto, saúde.
C	Da ciência e da filosofia os objetivos primordiais é responder quem somos, de onde viemos. Elas apontam caminhos passados e futuros.
D	São muitos. Necessidade de conhecer as coisas... satisfação da descoberta... poder de prever. É o que impulsiona a vida.
E	Não tem objetivo, é a curiosidade humana, o prazer de descobrir. É como um

	jogo, divertido e desafiante.
F	Não tem objetivo, você vai fazendo. Tem propósitos, tipo "querer algo"... A ciência é definida só de maneira sociológica, quem define a ciência são os cientistas, o trabalho dos cientistas. Tem pessoas de todos os tipos trabalhando com objetivos diferentes.
G	É descrever compreendendo. Não basta bater uma foto do mundo, tem que entender como ele funciona. O objetivo é entender como cada sistema é composto de constituintes e como eles interagem.
H	Descrever a natureza de forma mais ampla possível.
I	O objetivo é compreender fenômenos naturais. Não gosto do termo descrever porque temos um papel ativo. O objetivo é construir explicação sobre o mundo. E deveria ter um compromisso social maior.
J	É descobrir as leis da natureza. Nas ciências sociais o objetivo é extremamente complicado, então tem que ser fenomenológica.

Tabela 13: Trechos das respostas à questão 13, sobre objetivos da ciência.

Visões realistas aparecem nas respostas dos entrevistados A,G,I todos salientando a importância das explicações, entendidas como envolvendo causas e mecanismos que são verdadeiros, mesmo que não sejam observados. O entrevistado A no meio de sua fala mencionou que "a ciência também se preocupa com as causas." O entrevistado G salientou que é preciso descrever compreendendo: "não basta bater uma foto do mundo tem que entender como ele funciona." Já para o entrevistado I "o objetivo é construir explicação sobre o mundo." Um objetivo diferente que também pode ser considerado realista é a resposta do entrevistado C, para quem o objetivo da ciência "é responder quem somos".

A maioria dos entrevistados (A,G,D,H,J) salientou que o objetivo da ciência é descrever ou prever os fenômenos observados. Os entrevistados A e G salientaram isso dando também ênfase para a explicação científica, o que é consistente com uma posição realista. Já o entrevistado H disse apenas "descrever a natureza de forma mais ampla possível", o que pode ser considerado uma posição antirrealista. O entrevistado J afirmou que o objetivo da ciência "é descobrir as leis da natureza"; interpretamos essa afirmação de maneira antirrealista, embora seja consistente também com a visão realista (assim na Fig. 10 essa posição é diagramada de forma ambígua).

Outra posição antirrealista é afirmar que o objetivo da ciência é atingir fins práticos e sociais. Três entrevistados (A, B, I) colocam essa posição, como na fala de B que diz que o objetivo “é melhorar nossa vida”, com “prazer, conforto e saúde”. O entrevistado I afirma que a ciência “deveria ter um compromisso social maior”.

Mais duas posições antirrealistas foram categorizadas. Os entrevistados D e E falam do prazer da descoberta como aquilo que guia a ciência, antes de qualquer objetivo explícito. Além disso, D e F salientam a pluralidade de propósitos pessoais: “tem pessoas de todos os tipos trabalhando com objetivos diferentes”.

Notamos que ninguém afirmou explicitamente que o objetivo da ciência é atingir a verdade ou resolver problemas, expressões essas usadas pelos filósofos da ciência.

A seguir apresentamos a Fig. 9 com a distribuição das várias posições encontradas nas respostas dos entrevistados.

Figura 9: Distribuição das diferentes posições sobre os objetivos da ciência.

9. Questão sobre religião

É possível ou provável que Deus exista, ou não? Conforme descrevemos na seção II.8, semelhantes tensões entre o que é objetivo ou subjetivo, verdadeiro ou falso, e bom ou mal continuam até os dias de hoje.

No nível ontológico, a diferença entre “teísta” e o “ateu” é que para um teísta existe um ser inteligente superior criador do mundo e que dá sentido às nossas vidas, ao passo que para o ateu tal ser não existe. Já quando analisamos as concepções religiosas pela perspectiva epistemológica, temos que um “agnóstico” é aquele que suspende o juízo a respeito da existência de Deus. O agnóstico se opõe a uma posição realista com relação à existência de Deus, que iremos chamar de “crente” (ou seja, tanto o teísta quanto o ateu são crentes). Na prática, um agnóstico pode se colocar mais próximo de uma visão ateia ou de uma visão teísta, mas não iremos considerar esta distinção. Porém, consideraremos a diferença entre um agnóstico mais moderado, que não está muito preocupado com questões religiosas, e um agnóstico mais enfático, que argumenta filosoficamente a favor de sua posição. Essa divisão entre moderado e enfático pode ser aplicada também para as posições crentes.

Nessa seção analisamos a opinião dos entrevistados quanto às suas posições religiosas. Essa dimensão foi por nós pesquisada através da seguinte questão:

Questão15: Qual é sua visão religiosa?

A seguir, na Tabela 14, apresentamos trechos das respostas dadas.

Entrevistado	Questão 15: “Qual é sua visão religiosa?”
A	Ateu. Ateu: aí sou realista. Por causa do argumento do mal. Deus como causa de todas as coisas e do qual nada é causa, isso não dá, por Kant, acho que ele está certo. Eu devia ser agnóstico, eu não sei. Não respeito o ponto de vista científico a respeito dessa questão [tipo Dawkins]. A ciência não deve emitir opinião sobre a religião.
B	Nenhuma. Falta interesse no assunto. Sou próximo de agnóstico
C	Sou um crente descrente. Não tenho religião, pois esta é uma construção humana para tolher a liberdade humana. Mas tendo a acreditar que deve haver um ser supremo. Sou um ateu que na hora da morte vai pedir perdão dos pecados!

D	Acredito em Deus, adoro a moral cristã. Tenho fé porque não consigo explicar o que veio antes. Rezo pelos meus filhos.
E	Não tenho religião. Nossa alma é pura química. Simpatizo com a moralidade das religiões.
F	Eu acredito em Deus, mas não é uma posição militante. [cita o Taoísmo] vejo Deus como um instrumento histórico, tem um certo papel por ajudar a humanidade, não é uma divindade.
G	Sou cristão católico. Sou um religioso praticante e atuante.
H	Nula. Sou um cego religioso. [cita a espiritualidade]. Sou muito concreto, não sinto falta, tive pouquíssima educação religiosa, não serviu pra nada, Sinto até falta de uma educação religiosa, mas se o preço é ficar preso a um deles, dou graças a Deus de não ter tido nenhuma cultura religiosa.
I	Eu acredito na ética, só isso. Eu valorizo a religião, acho nobre, interessante, mas não consegui seguir nenhuma religião. [entendida] É uma doutrina que tem que seguir. Essa doutrinação eu não gosto. Serei um cético, uma pessoa que não tem crenças? Não! Minha principal crença é que possa existir uma ética universal.
J	Nenhuma, né

Tabela 14: Trechos das respostas à questão 15, sobre a visão religiosa.

Algumas respostas dos nossos entrevistados puderam ser classificadas claramente como teísta, ateia, ou agnóstica, mas outras apresentaram ambiguidades.

Em nossas análises, priorizamos uma classificação que leve em consideração as justificativas dadas por cada um dos entrevistados, visto que nessas justificativas conseguimos um refinamento maior de análise. Considerações éticas, políticas, de doutrinação, e a presença explícita de contradições e auto-engano formaram um conjunto de fatores que usamos para discernir entre posições mais moderadas e enfáticas de cada categoria. Achamos importante também destacar na nossa representação diagramática (ver Fig. 10) a importância que alguns entrevistados deram (sejam teístas ou ateus) para a ética religiosa e os valores associados à religião. Opiniões que valorizam tais fatores foram colocadas em regiões sombreadas na figura é interessante também perceber que são regiões contínuas.

Analisando agora as justificativas apresentadas pelos entrevistados podemos dizer que: o entrevistado D que diz que “adora a moral cristã” e entrevistado G que diz: “sou religioso, praticante e atuante” são crentes enfáticos; já o entrevistado F que afirma “eu acredito em Deus” é um crente moderado. O entrevistado C deixa claro uma contradição na sua fala: “sou um crente descrente... não tenho religião, mas

tendo a creditar que há um ser supremo”. Optamos então por colocá-lo nas duas categorias: crente moderado e agnóstico moderado (e nem poderia ser enfático, porque qualquer posição enfática implica em uma certeza).

Os entrevistados E e I disseram: “simpatizo com a moralidade cristã” e “acredito na ética”, respectivamente, o que nos permitiu caracterizá-los como ateu moderado. O entrevistado A diz que é ateu, mas apresenta também uma contradição na resposta, pois afirma que “deveria ser agnóstico”, novamente situamos esse entrevistado em duas categorias, ateu moderado e agnóstico moderado. Para o entrevistado H, como a sua resposta apresenta pouca precisão, optamos por usar a forma elíptica que demonstra a nossa dúvida sobre onde localiza-lo: ou ele seria um agnóstico moderado ou um ateu moderado. O entrevistado J diz: “nenhuma né” enquanto o entrevistado B afirma não ter interesse no assunto. Isso nos permitiu distingui-los entre justificativas ontológicas ou epistemológicas o que resulta na classificação de J como um ateu enfático e B como um agnóstico moderado, embora ambos tenham tido muito econômicos nas suas respostas. A seguir apresentamos a Fig.10 com a nossa classificação:

Figura 10: Distribuição das posições dos nossos entrevistados

Usamos na representação diagramática dois círculos interligados para situarmos os entrevistados em duas categorias devido a contradição das suas

respostas, diferentemente da elipse já adotada por nós desde o começo dessa dissertação que expressa a nossa dúvida sobre como classificar uma resposta.

Com isso, utilizando novamente um padrão semelhante a uma escala Likert chegamos as seguintes porcentagens: 35% dos entrevistados são teístas; 45% são ateus e 20% são agnósticos.

Cap. V

Considerações finais

Na seção III.2 foi colocada uma questão central que norteou nossos trabalhos nesses anos de pesquisa: *“Quais são as concepções sobre ciência e natureza expressas pelos físicos ao responderem perguntas filosóficas?”* Respostas a esta pergunta não aparecem de forma clara, mas sim fragmentada, refletindo que se trata de questões controvertidas. Ao longo do capítulo filosófico (Cap. II), apresentamos algumas categorias de análise sugeridas por filósofos da ciência. Tais categorias são muito úteis, mas se mostraram um pouco estanques, nem sempre capturando as diferenças de opiniões dos professores entrevistados. No capítulo de análise das questões (Cap. IV), introduzimos algumas classificações adicionais, guiados pelas respostas dadas, e propusemos diagramas para auxiliar na visualização das categorias propostas. Mesmo assim, estamos cientes de que a fragmentação das respostas dadas pelos entrevistados limita o sucesso da classificação proposta: um exemplo claro disso é que um mesmo entrevistado, para uma mesma pergunta, algumas vezes apresentam visões contraditórias com o desenrolar da resposta.

Além da questão central mencionada acima, tivemos ainda algumas questões periféricas que guiaram essa pesquisa. Há um acordo entre os físicos sobre as questões ontológicas? Há teses consensuais a respeito da natureza da ciência? Também buscamos tirar uma amostra representativa da “cara da instituição” (no caso, do Instituto de Física da USP), e neste capítulo final procuramos indicar como diferentes visões de mundo se distribuem na amostra de dez professores coletada.

Na análise temática feita no Cap. IV, a partir das falas dos entrevistados, pudemos perceber diversas concepções filosóficas que aparecem nas visões de mundo articuladas pelos professores de física. Conduzimos as análises dentro dos dois tipos principais de investigação em filosofia da ciência: a investigação sobre a *ontologia* e a *epistemologia*. Também guiamos nossas inferências por um dos grandes dilemas da

filosofia da ciência: o debate *realismo x antirrealismo*. Essa controvérsia foi inicialmente analisada a partir de uma pergunta relativa ao conceito da *verdade na ciência* (seção IV.1), que denotamos por dimensão **D1**. A seguir, investigamos o tema do *realismo ontológico*, **D2**, com perguntas a respeito da situação hipotética em que morrem todos os seres vivos do Universo, e da situação em que cai uma pedra sem ser observada por ninguém (seção IV.2). No tema do *realismo de entidades*, **D3**, perguntamos a opinião dos físicos sobre a existência de entidades do eletromagnetismo e da física de partículas contemporânea (seção IV.3). Posições envolvendo o *realismo epistemológico*, **D4**, foram estudadas com uma questão sobre a física quântica e outra sobre o operacionismo (seção IV.4).

As questões seguintes, não envolveram diretamente a questão do realismo, mas mesmo assim foi possível classificar as posições colocadas de acordo com o “eixo antirrealismo-realismo”. Esta análise foi auxiliada por diagramas com regiões para diferentes posições filosóficas ou histogramas com as posições variando ao longo de um eixo (com o antirrealismo à esquerda ou embaixo, e o realismo à direita ou em cima). Em alguns casos, cores foram usadas para auxiliar a visualização: o vermelho marcou posições realistas, o azul as posições antirrealistas, e o roxo indicou posições intermediárias.

No debate reducionismo x emergentismo, **D5** (seção IV.5), as posições reducionistas são claramente realistas, ao passo que o emergentismo costuma estar associado a uma visão mais antirrealista. Na questão de se o futuro é fixado pelo passado, **D6** (seção IV.6), a posição determinista é claramente realista, ao passo que visões que defendem que o futuro é aberto tendem a ser mais antirrealistas. Sobre se o tempo teve um início, **D7** (seção IV.7), pudemos distinguir concepções “de tempo físico”, que são mais realistas – pois o tempo independeria do observador –, e concepções mais subjetivistas do tempo, que são antirrealistas. Na questão sobre o objetivo da ciência, **D8** (seção IV.8), também pudemos distinguir posições mais realistas e antirrealistas, e na discussão sobre posições religiosas, **D9** (seção IV.9), tanto o teísmo quanto o ateísmo são consideradas concepções realistas, ao passo que o agnosticismo representa a postura antirrealista.

Feito este resumo do trabalho como um todo, abordaremos agora as perguntas de pesquisa colocadas acima, fazendo uma espécie de “perfil epistemológico” de cada entrevistado. Tal perfil tomará como categoria fundamental a oposição entre realismo e antirrealismo, que aparece em cada uma das dimensões examinadas. A noção de “perfil epistemológico” foi introduzida em 1940 por Gaston Bachelard, referindo-se a diferentes maneiras em que um determinado conceito pode ser considerado por alguém. Por exemplo, o conceito de massa pode ser encarado de acordo com um realismo ingênuo, ou com um empirismo positivista, ou com um racionalismo clássico e realista (típico de uma visão mecanicista), ou com um racionalismo mais moderno e crítico (Bachelard, 1978, p. 25). De fato, segundo o químico e filósofo francês, uma mesma pessoa apresenta diferentes proporções dessas atitudes para cada conceito, constituindo seu perfil epistemológico. O objetivo da educação científica seria diminuir o peso do realismo ingênuo e aumentar os dos outros, especialmente o último, no caso da física moderna. Na área de Ensino de Ciência, diversos autores têm explorado e modificado essas ideias, como o “perfil conceitual” proposto por Eduardo Mortimer (1995).

Na abordagem apresentada na presente dissertação, não buscamos estudar como diferentes “filosofias” (realismo ingênuo, empirismo, racionalismos) se combinam em cada autor, mas sim como cada um se posiciona em um eixo antirrealismo-realismo, estabelecendo uma espécie de “grau de realismo”. Esse tipo de classificação, usado para questões específicas no Cap. IV, já tem sido explorado na área de Ensino de Ciência. Cathleen Loving (1991), por exemplo, distribui posições de filósofos da ciência em dois eixos: o primeiro exprime se a avaliação do filósofo se dá em bases naturalistas ou racionalistas; o segundo é o eixo antirrealismo-realismo. Schraw & Olafson (2008) classificam as opiniões de professores secundários em quatro categorias, delineando o eixo realismo-relativismo em um nível ontológico e um epistemológico. André Batista (2014, p. 169) utiliza um diagrama bidimensional, com um eixo “antirrealismo de teorias – realismo de teorias” e outro “antirrealismo de entidades – realismo de entidades”.

A Tabela 15 representa nossas avaliações a respeito do grau de realismo de cada entrevistado, para cada questão formulada. Utiliza-se o padrão de cores adotado

no capítulo das análises das questões (Cap. IV). Criamos uma síntese de posições, ao estilo da escala Likert, com cinco graus: realista forte (**RR**, 2 pontos), realista fraca (**R**, 1 ponto), neutra (**0**, 0 pontos), antirrealista fraca (**A**, -1 ponto) e antirrealista forte (**AA**, -2 pontos). Cada linha exprime as posições de um entrevistado sobre cada uma das questões, que estão distribuídas nas 9 “dimensões” analisadas anteriormente (**D1**, **D2** etc.). A última coluna apresenta uma média aritmética não ponderada dos valores atribuídos para cada questão.

Entrev.	D1 Verd.	D2 R.Ont.		D3 R. Ent.		D4 R. Epist.		D5 Red.	D6 Det.	D7 Tempo	D8 Obj.	D9 Relig.	Méd.
A	A	R	R	R	R	AA	RR	A	A	A	O	R	1
B	AA	RR	R	R	R	RR	A	RR	A	O	A	A	3
C	AA	RR	R	AA	AA	AA	RR	A	A	A	R	R	-4
D	AA	R	R	AA	AA	AA	RR	A	A	R	RR	A	-4
E	RR	RR	AA	R	R	AA	RR	R	A	R	R	A	5
F	A	RR	AA	A	R	A	RR	R	A	R	R	A	1
G	RR	R	R	R	AA	A	AA	R	O	R	RR	R	5
H	A	R	AA	R	R	RR	A	AA	O	R	O	A	-1
I	AA	RR	R	R	AA	R	RR	AA	A	A	R	R	1
J	A	R	R	R	R	RR	R	R	R	R	R	O	12

Tabela 15: Posições realistas forte (RR), fraca (R), neutra (0), antirrealistas fraca (A) e forte (AA), para cada questão, segundo cada entrevistado, com a média aritmética na última coluna.

Constata-se que os físicos apresentam concepções filosóficas diversas sobre ciência e natureza. Nenhum dos entrevistados se mostrou sempre realista ou antirrealista, como pode ser visto pelo uso das cores na tabela, apesar de o entrevistado J se mostrar extremamente realista. Vemos mudanças de posições mesmo dentro de uma dimensão, especialmente na **D4**, sobre realismo epistemológico.

Pela média ponderada, utilizada na distribuição feita acima, podemos criar um perfil para cada entrevistado: J é um realista forte (média 12). Os entrevistados B, E, G podem ser considerados como realistas (médias na faixa 3-5). Já os entrevistados A, F, H, I se encontram na faixa intermediária entre realismo e antirrealismo (média entre -1 e 1). Por fim, os professores C e D podem ser considerados antirrealistas (média -4). Nenhum entrevistado se mostrou extremamente antirrealista, segundo os critérios adotados.

Esse resultado pode ser disposto em um histograma, apresentado na Fig. 11. Isso pode ser considerado uma amostra grosseira da “cara da instituição” relativa ao Instituto de Física da USP. Se a metodologia para a coleção destes perfis for considerada satisfatória, teremos um instrumento já pronto para a análise de um número maior de entrevistados. Com mais dados para esta instituição, pode-se tentar compará-la com outras instituições de Física, para avaliar se há variações entre instituições. Tal comparação poderia também ser feita entre diferentes áreas da Física.

Figura 11: Histograma com a distribuição dos entrevistados do Inst. de Física da USP ao longo do eixo antirrealismo-realismo.

A pesquisa apresentada nesta dissertação ainda está em seu início. Mesmo assim, esperamos ter mostrado que o estudo de questões filosóficas é interessante para a Física e para seu Ensino. Vimos que os professores de Física têm grandes diferenças de perspectivas em quase todas as questões abordadas. A única exceção foi com relação ao determinismo, que se mostrou uma concepção bastante desfavorecida hoje em dia entre os físicos.

Apesar de os professores terem abordado todas as questões com opiniões bastante interessantes, resta a constatação de que é comum o professor de física não se interessar por discutir questões de filosofia da física na sala de aula. A atitude normal do professor é querer ensinar para os alunos aquela parte da Física que já é bem estabelecida, onde há respostas aceitas de maneira consensual. Neste caso, a diversidade de opinião entre os alunos não é explorada didaticamente, e muito menos aquela existente entre professores (que revelamos nesta pesquisa, com relação a questões de Filosofia da Física).

Seria importante valorizar a discussão filosófica dentro do ensino de física, pois isso forneceria uma visão da ciência mais próxima da prática científica. No entanto, falta para nós professores uma compreensão melhor das questões filosóficas que envolvem cada teoria, o que poderia ser subsídio importante para cada tema desenvolvido em sala de aula. Fomentando a discussão em filosofia da física, poderíamos encontrar novas estratégias didáticas na sala de aula. Esse poderia ser um bom tema para a continuidade de minha pesquisa.

Referências Bibliográficas

- ANDERSON, P.W. More is different. *Science*, v. 177, p. 393-96, 1972.
- BACHELARD, G. *A filosofia do não*. Coleção Os Pensadores. Trad. J.J. Moura Ramos. São Paulo, Abril Cultural, p. 1-87, 1978. Original em francês: 1940.
- BARDIN, L. *Análise de conteúdo*. Trad. Luis Antero Reto & Augusto Pinheiro. Lisboa: Edições 70, s/d. Orig. em francês: 1977.
- BAUDRILLARD, J. *Simulacros e simulação*. Trad. M.J.C. Pereira. Lisboa: Relógio d'Água, 1991. Orig. em francês: 1981.
- BOGDAN, R.C. & BIKLEN, S. *Investigação qualitativa em educação*. Porto: Porto Editora, 1994. Orig. em inglês: 1982.
- BRIDGMAN, P.W. *The logic of modern physics*. New York: Macmillan, 1927.
- DAVIES, P. *O enigma do tempo*. Trad. I. Korytowski. Rio de Janeiro: Ediouro, 1995. Orig. em inglês do mesmo ano: *About time*.
- DEWEY, J. (1980). *Lógica: a teoria da investigação*. Coleção Os Pensadores. Trad. M.O.R. Paes Leme. São Paulo Abril Cultural. Orig. em inglês: 1938.
- D'UNRUG, M.-C. *Analyse de contenu et acte de parole*. Paris: Editions Universitaires, 1974.
- EARMAN, J. *A primer on determinism*. Dordrecht: Reidel, 1986.
- EINSTEIN, A. Remarks concerning the essays brought together in this co-operative volume. In: Schilpp, P.A. (org.), *Albert Einstein: philosopher-scientist*. Evanston: Library of Living Philosophers, 1949.
- FEYERABEND, Paul K. *Contra o método*. Trad. C.A. Mortari. São Paulo: Editora UNESP, 2007. Orig. em inglês: 1975.
- FEYNMAN, R.P.; LEIGHTON, R.B. & SANDS, M. *Lições de física de Feynman: edição definitiva*. Trad. A.V. Roque da Silva & K.R. Coutinho. Porto Alegre: Artmed Bookman, 2008. Orig. em inglês: 1963.
- FOUCAULT, M. *A arqueologia do saber*. Trad. L.F. Baeta Neves. Rio de Janeiro: Forense Universitária, 2008. Orig. em francês: 1969.

- FRENCH, S. & LADYMAN, J. Remodelling structural realism: quantum physics and the metaphysics of structure. *Synthese*, v. 136, p. 31-56, 2003.
- GATTI, F.G. & PESSOA JR. O. O debate entre as interpretações reducionista e emergentista da física. In: Silva, C.C. & Salvatico, L. (orgs.). *Filosofia e História da Ciência no Cone Sul. Seleção de trabalhos do 7º Encontro da AFHIC*. Porto Alegre: Entrementes, p. 93-101, 2012.
- GRAMSCI, A. *Cadernos do cárcere*, vol. 1. Org. e trad. C.N. Coutinho. Rio de Janeiro: Civilização Brasileira, 1999. Orig. manuscrito em italiano: 1932-35.
- HABERMAS, J. (1998). On the pragmatics of communication. Trad. T. McCarthy. In: Maeve, C. (org.). *On the pragmatics of communication*. Cambridge (MA): MIT Press, pp. 21-103. Orig. em alemão: 1976.
- HACKING, I. *Representar e intervir*. Trad. P. Rocha de Oliveira. Rio de Janeiro: Ed. UERJ, 2012. Orig. em inglês: 1975.
- HEISENBERG, W. *A parte e o todo*. Trad. Vera Ribeiro. Rio de Janeiro: Contraponto, 1996. Orig. em alemão: 1969.
- HORGAN, J. *O fim da ciência*. Trad. R. Eichemberg. São Paulo: Companhia das Letras, 1998. Orig. em inglês: 1996.
- HORWICH, P. *Truth*. Oxford: Clarendon, 1990.
- JAMES, W. *Pragmatismo*. Coleção Os Pensadores. Trad. J. Caetano da Silva. São Paulo: Abril Cultural, 1979. Orig. em inglês: 1907.
- JAMMER, M. *The philosophy of quantum mechanics*. New York: Wiley, 1974.
- KOLAKOWSKI, L. *La filosofía positivista*. Trad. G. Ruiz-Ramón. Madri: Ediciones Cátedra, 1981. Original em alemão publicado em Varsóvia em 1966.
- KUHN, T. S. *A estrutura das revoluções científicas*. 9ª ed. São Paulo: Perspectiva, 2006. Orig. em inglês: 1962.
- LAKATOS, I. (1979). O Falseamento e a Metodologia dos Programas de Pesquisa Científica. In: Lakatos, I. & Musgrave, A. (orgs.), *A crítica e o desenvolvimento do conhecimento*. Trad. O.M. Cajado. São Paulo: Cultrix, pp. 109-243, 1979. Orig. em inglês: 1970.
- LATOUR, B. On the partial existence of existing and nonexisting objects. In: Daston, L. (org.). *Biographies of scientific objects*. Chicago: University of Chicago Press, p. 247-69, 2000.

- LAUDAN, L. *Progresso e seus problemas*. Trad. R. Leal Ferreira. São Paulo: UNESP, 2011. Orig. em inglês: 1977.
- LEDERMAN, N.G. Nature of science: past, present, and future. In: Abell, S.K. & Lederman, N.G. (orgs.). *Handbook of research on science education*. Mahwah (NJ): Lawrence Erlbaum, p. 831-80, 2007.
- LEDERMAN, N.G.; ABD-EL-KHALICK, F.; BELL, R.L. & SCHWARTZ, R.S. Views of nature of science questionnaire: toward valid and meaningful assessment of learners' conceptions of nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*, v. 39, p. 497-521, 2002.
- LOMBARDI, O. & LABARCA, M. The ontological autonomy of the chemical world. *Foundations of Chemistry*, v. 7, p. 125-48, 2005.
- LOVING, C.C. The scientific theory profile: a philosophy of science models for science teachers. *Journal of Research in Science Teaching*, v. 28, p. 823-38, 1991.
- MACH, Ernst. *The science of mechanics: a critical and historical account of its development*. Trad. T.J. McCormack. Chicago: Open Court, 1919. Orig. em alemão: 1883.
- MILL, J.S. (1979), *Sistema de lógica dedutiva e indutiva*. Coleção Os Pensadores. Trad. J.M. Coelho. São Paulo: Abril Cultural. Orig. em inglês: 1843.
- MONTENEGRO, R.L. & PESSOA Jr., O. Interpretações da teoria quântica e as concepções dos alunos do curso de física. *Investigações sobre Ensino de Ciências*, v. 7, n. 2, p. 107-26, 2002.
- MORTIMER, E. Conceptual change or conceptual profile change? *Science & Education*, v. 4, p. 267-85, 1995.
- NIETZSCHE, F.W. Sobre a verdade e a mentira no sentido extramoral. Trad. R.R. Torres Filho. Coleção *Os Pensadores*. São Paulo: Nova Cultural, p. 51-60, 1999. Orig. em alemão: 1873.
- NIINILUOTO, I. *Critical scientific realism*. Oxford: Oxford University Press, 1999.
- NORONHA, A.B. Interpretando a relatividade especial: discutindo o debate realismo e antirrealismo científicos no ensino de ciências. Orientador Ivã Gurgel. Dissertação de mestrado em Ensino de Ciências, Universidade de São Paulo, 2014.

- OSGOOD, C.E.; SUCI, G.J. & TANNENBAUM, P.H. *The measurement of meaning*. Urbana: University of Illinois Press, 1957.
- PEIRCE, C.S. (2008). A fixação das crenças. In: Peirce, *Ilustrações da lógica da ciência*. Trad. R.R. Kinouchi. São Paulo: Letras & Ideias, p. 33-58, 2008. Orig. em inglês: 1877.
- PESSOA Jr., O. *Conceitos de física quântica*, vol. 1. São Paulo: Livraria da Física, 2003.
- . A classificação das diferentes posições em filosofia da ciência. *Cognitio-Estudos*, v. 6, n. 1, 2009, p. 54-60.
- . *Notas de aula de filosofia da física*. São Paulo: IFUSP, 2012. Online: <http://www.fflch.usp.br/df/opessoa/FiFi-12-Cap02.pdf>
- PIETTRE, B. *Filosofia e ciência do tempo*. Trad. M.A. Figueiredo. Bauru: EDUSC, 1997. Orig. em francês: 1994.
- PLATÃO. *A república: livro VII*. Trad. E.M. Marcelina. Comentários B. Piettre. Brasília: Editora da Universidade de Brasília, 1989. Original em grego: c. 380 a.C.
- POPPER, K.R. *Realismo e o objetivo da ciência*. Trad. Nuno da Fonseca. Lisboa: Don Quixote, 1987. Orig. em inglês: 1983.
- SCHLOSSHAUER, M.; KOFLER, J. & ZEILINGER, A. A snapshot of foundational attitudes toward quantum mechanics. *Studies in History and Philosophy of Modern Physics*, v. 44, p. 222-30, 2013.
- SKLAR, L. *Physics and chance: philosophical issues in the foundations of statistical mechanics*. Cambridge: Cambridge University Press, 1993.
- SCHRAW, G.J. & OLAFSON, L.J. Assessing teachers' epistemological and ontological worldviews. In: Khine, M.S. (org.). *Knowing, knowledge and beliefs: epistemological studies across diverse cultures*. New York: Springer, p. 25-44, 2008.
- TARSKI, A. A concepção semântica da verdade e os fundamentos da semântica. In: Mortari, C.A. & Dutra, L.H.A. (orgs.). *A concepção semântica da verdade*. São Paulo: Ed. Unesp, p. 157-202, 2007. Orig. em inglês: 1944.
- VAN FRAASSEN, B.C. *A imagem científica*. Trad. L.H.A. Dutra. São Paulo: Discurso/UNESP, 2006. Orig. em inglês: 1980.
- VENEZIANO, G. O enigma sobre o início do tempo. *Scientific American Brasil*, v. 25, 2004, pp. 40-9.

VICO, G. (1999), *A ciência nova*. Trad. M. Lucchesi. Rio de Janeiro: Record. Orig. em italiano: 1725.

WEINBERG, S. *Sonhos de uma teoria final*. Trad. C.I. Costa. São Paulo: Rocco, 1996. Orig. em inglês: 1992.

WHITROW, G.J. (2005), *O que é tempo?* Trad. M.I.D. Estrada. Rio de Janeiro: Jorge Zahar. Orig. em inglês: 1972.

WORRALL, J. Structural realism: the best of both worlds? *Dialectica*, v. 43, p. 99-124, 1989.

ZYLBERSZTAJN, A. Teoria final, unificação e reducionismo: opiniões da comunidade brasileira de física. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 25, p. 1-17, 2003.

Apêndice I

Transcrição das entrevistas

Nas paginas seguintes apresentamos a transcrição das respostas do grupo de professores pesquisados durante o ano de 2012 no Instituto de Física da Universidade de São Paulo. A transcrição contém as respostas na íntegra, ordenadas por questão. Questões não analisadas nesta dissertação não estão transcritas. Pontuaram-se também alguns aspectos físicos e emocionais, como por exemplo, silêncios e batidas de canetas. Pequenas pausas são identificadas por reticências (...), outros sinais são descritos entre colchetes. No entanto, mudanças no tom de voz, gestos ou expressões faciais ou outras manifestações não foram fielmente registradas nessa transcrição.

1. Questão 1

Questão 1: A verdade, com relação ao mundo da física, muda de época para época, ou ela é sempre a mesma, mesmo que a desconheçamos?

A) Sim/Não: ... Minha posição é um pouco conservadora, eu diria que sim... Se a minha verdade é do tipo justificacional, por exemplo, eu uso a lei de Newton ou a Relatividade como condição pra dizer: eu já vi essas coisas. Isso tem ligação com o mundo empírico e eu posso fazer essa ligação usando essas leis, então num certo sentido essas teorias permanecem todas verdadeiras. Todas elas...

...As vezes até parece um pouco secundário que ela é uma lei aproximada. Se eu sou cético em relação à existência de uma lei física objetivamente independente da gente, eu posso ser cético nesse ponto e dizer que nesse sentido nunca foi verdade, ou poderia nunca ter sido verdade. Eu sou suficientemente cético pra dizer isso, mas tem um outro sentido que ela é verdadeira. Eu acho que a gente tem uma massa de conceitos e conhecimentos científicos empíricos que podem ser condensados...

...Essa verdade que foi empiricamente comparável ela não é histórica, mas a teoria é.

B) Sim: ...Acho que você não devia falar “a verdade” porque inclusive a definição do que é verdade muda...

...Não tem nada pra ser descoberto, você cria. Cria tudo. Então isso que você fala, a verdade, você quer dizer a teoria certa, a visão correta da natureza, mas isso é uma coisa que você cria o tempo todo...

... Não existe uma coisa que tava lá e você falou: AH, Achei!!! Como levantar um tapete e encontrar alguma coisa que tava lá. Mas não se faz isso, você cria o tempo todo.

C) Sim: ...A gente precisaria partir da filosofia e dizer o que é verdade, né? Porque em ciências o que é verdade? Não existe uma verdade: a verdade é aquilo que é entendido como real, verdade é aquilo que a gente enxerga, então o que é verdade?

... a partir da concepção que a gente tiver do que seja real a gente vai entender o que seja verdade. Eu acredito que o que a física busca não é bem a verdade, mas ela busca a representação do que é real e isso de época em época a gente faz alguma alteração ou modificação, de acordo com as percepções que vão acontecendo...,

...mas o princípio básico da busca por essa realidade, ele é perene.

D) Sim: ... a verdade muda porque o conhecimento muda., vai sendo adquirido. Então obviamente se você tem a possibilidade de investigar um fenômeno que você não tinha com as ferramentas anteriores, tanto no aspecto experimental quanto no teórico.

... Então o ferramental que você tem disponível te faz ter novas interpretações para algumas teorias ou pra alguns resultados que não eram explicados...

...Sim, o desenvolvimento da ciência muda a sua concepção da física.

E) Não: Certas verdades são as mesmas, mas o problema é que a gente vai descobrindo novas coisas...

...Voce vai dizer assim, a mecânica newtoniana não é mais verdadeira? Ela é verdadeira no limite das dimensões que ela foi proposta, as pessoas tem uma ideia que agora a gente tem uma coisa nova...

...E a gente descobriu depois que os efeitos quânticos a mecânica newtoniana não explica. Então na verdade a mecânica newtoniana é a mecânica quântica no limite das grandes dimensões.

F) Sim: Ela muda, mas a palavra “verdade” é ruim. Eu acho que ela não descreve o que vocês pretendem perguntar. Fica esquisito responder essa pergunta desse jeito, mas muda tudo muda. O que muda não é a verdade, o que muda seria outra coisa...

... O nosso conhecimento a nossa concepção, o nosso modo de olhar o mundo. Isso muda e eu não chamaria isso de verdade.

...Isso que a gente constrói segundo nossas concepções, sim isso muda continuamente, mas isso não é verdade.

G) Não: Eu acho que existe uma verdade. É difícil que em algum momento a gente a detenha. Eu acho que na história do conhecimento foi se construindo uma concepção do funcionamento da natureza, e esse conhecimento formulado, necessariamente, vai mudando de época pra época, no sentido que a gente vai ganhando maior precisão.

... Muitas vezes existem concepções que são discordantes de época pra época, a gente sempre no atual estágio ou no último estágio acredita que está mais próximo dessa verdade que eu chamo de subjacente...

... Eu acho que existe uma verdade subjacente e a gente vai no sentido de sempre desvendá-la.

H) Não sei: Essa pergunta é capsciosa, né? Se eu soubesse o que é a verdade eu talvez conseguisse responder essa pergunta, justamente a concepção de verdade está embutida na pergunta: se ele é sempre a mesma mesmo que a desconhecemos. E certamente a gente a desconhece, se é que ela existe...

... Mas uma das características que eu acho positiva na física é o fato dela trabalhar adiabaticamente, você vai buscando conhecimento em cima do que você já sabe e vai indo mais pra frente, a tendência é que a gente vai se aproximando de um conhecimento mais completo...

... mas em resumo eu não sei responder essa pergunta porque meu conceito de verdade não bate com o da pergunta, eu não sinto que haja uma verdade. Eu não acordo de manhã e falo: Hoje eu buscar a verdade, não é por aí. Meu trabalho na física é entender a natureza do jeito que ela é. Mas, não sei se é isso que se pode chamar de verdade.

I) Sim: Esse é uma questão difícil, mas eu acho que ela muda, uma coisa que tomamos como verdadeira hoje, ela provavelmente não será verdadeira em outra época. Não é que tudo que é do passado perca sua validade, mas os próprios critérios do que é verdade mudam, então necessariamente muda de época pra época.

J) Não: Bom aí tem uma palavra perigosa: "verdade", eu não sei o que é verdade, nem Jesus Cristo respondeu pra Pilatos o que é verdade e certamente Pilatos não esperava a resposta.

... Então eu acho que a hipótese básica por trás das ciências da natureza é que existe um esquema estável e desconhecido. E a natureza é absolutamente honesta no sentido que ela segue escrupulosamente essas leis. Só que a gente não sabe quais são essas leis. Então o problema das leis da natureza é o inverso do legislador. O legislador faz uma lei para ter um certo comportamento, forçar um certo comportamento, e a natureza é ao contrário: o comportamento é sempre legal, o que acontece é que a gente não sabe quais são essas leis e o problema das ciências da natureza é descobrir essas leis através dos comportamentos.. A verdade é isso: Se essa estabilidade subjacente e hipotética é a verdade, então isso tá lá.

... Há uma hipótese de que existe uma verdade desconhecida, talvez. Não sei se ela é conhecível.

2. Questão 3

Questão 3: Quais dos seguintes conceitos correspondem a uma entidade real?

Corrente elétrica. Campo elétrico. Potencial elétrico escalar. Potencial vetor. Campo magnético. Linhas de força magnética.

- A) Corrente elétrica eu aceito como entidade real. Não sei se o campo elétrico é tão real quanto uma cadeira. Suspendo o juízo. Potencial, se representa o campo elétrico, entra na parte cinzenta. Se considerar como matemática, tem função instrumental. Potencial vetor é a mesma coisa. Mais instrumental. Campo magnético: faixa cinzenta. Linhas de campo é instrumental, instrumento para fazer cálculos. Pode ser que tenha um pouco mais de realidade, como as limalhas de ferro. Não dá pra dizer que não tem nada de real, só propedêutica. É talvez mais real, ou menos cinzenta por representação real.
- B) Corrente elétrica sim; campo elétrico sim; potencial escalar e potencial vetor é complicado. A realidade dos potenciais é, até onde eu me lembro é uma questão aberta. Nos cursos de eletromagnetismo, é uma variável auxiliar que serve para derivar dele alguma coisa. O potencial vetor você não tem acesso direto, mas não dá pra dizer que é só uma grandeza matemática porque a partir dela você deriva. Alguma realidade tem. Campo elétrico é real. Linhas de forças magnéticas.... nas experiências que você faz em laboratório você consegue enxergar, mas... não sei...
- C) Uma entidade real? Clássica? Tanto faz? [interferência da entrevistadora: tanto faz.]. Eu acho que todas são reais, considerando a nossa primeira discussão que o “real” é a representação que a gente tem, todas as entidades são reais.
- D) Nenhuma delas.
- E) São reais. Linhas são coisas que a gente constrói para entender o problema.
- F) Símbolos se aproximam mais da realidade, mas não são a realidade. São intermediários, mediadores. Considere a analogia da caverna, de Platão, onde vemos as sombras. Tem algo que faz a sombra e é real. Todas essas entidades são reais e não são.
- G) Real. Acho que essa estória de realidade é outro enrosco. Eu costumo dizer que, talvez mais próximo do real seria corrente e carga elétrica, pois os outros conceitos mencionados são ideias, imaginações de como se dá a ação entre corpos. Seriam construções. Pensando melhor, o campo também pode ser considerado real e podemos falar de carga-campo. Se há carga há campo, em algum lugar do universo há carga.

H) A única real seria o campo elétrico, campos são as entidades mais profundas da natureza. Essas perguntas são muito capciosas. Um aluno me perguntou sobre vetor de momento angular, se é um conceito físico ou é real? A gente só trata de conceitos da física, a realidade está lá e a física é só uma série de construções para descrever a realidade com a qual a gente convive.

I) Acho que nenhum deles são reais. Todos construções. Esses conceitos são como se fossem pinturas, que tentam capturar alguma coisa da realidade, mas têm liberdade de pintar segundo o estilo do pintor. Se eu fosse eleger um como mais real eu escolheria o campo, ou a carga. Potencial, linhas de força seriam como qualidades.

J) A resposta padrão acadêmica é: dar uma realidade para os campos e para as fontes dos campos, que são as correntes, e não dar para os potenciais que variam com a descrição. Os potenciais não são os únicos. O eletromagnetismo foi a primeira teoria de campos. Eles são totalmente reais. Na teoria de Newton, quando se fala em campo gravitacional, trata-se de um auxiliar de cálculo. No caso do eletromagnetismo ele é absolutamente central, é um agente. Existe campo no vácuo, sem fontes, sozinho.

3. Questão 5

Questão 5: É satisfatório que a teoria quântica não descreva uma realidade independente do observador, mas apenas a realidade enquanto ela é observada?

A) É plenamente satisfatório. Não sou obrigado a propor entidades, é bem machiano.

B) Satisfatório... Para a comunidade, é satisfatório, a missão dele é aumentar o conhecimento, fazer a gente entender a natureza, previsões, aplicações. Para alguém com preocupações epistemológicas e filosóficas pode ser ou pode não ser satisfatório. É uma dificuldade antiga das pessoas, começando pelo Einstein. Eu tendo a gostar da visão mais realista do mundo, de Einstein, então pessoalmente não é tão satisfatório que ela só possa falar da realidade sendo medida. A realidade não medida seria indeterminada...

C) É. Acho que é isso que ela se propõe a fazer, essa é a grande mudança em relação à ciência clássica.

D) É satisfatório.

E) É satisfatório, pois é assim até onde a gente sabe. Acho que uma criança pequena deveria ser ensinada assim, pois ele consegue fazer abstração. A natureza é assim, eu não tenho que gostar ou não!

F) Psicologicamente não, mas a física de campos ignora problemas da mecânica quântica e a gente não pensa nessas questões que perderam sua atualidade. Foram historicamente importante mas perderam a validade. discurso antigo. Não garanto nada, mas acredito. Não é coerente com meu discurso. Minha prática não corresponde ao meu discurso, e entre os dois fico com a prática. Isso não vou colocar num arcabouço lógico, mas também não é um puro pragmatismo. Sobre a questão é satisfatório numa formulação “einsteiniana”. A prática nos leva a achar essas questões desinteressantes.

G) Eu vou dizer pra você que eu não sei. Na limitação do conhecimento humano, só conseguimos ter acesso medindo. Não temos acesso a variáveis escondidas. É satisfatório, pois podemos avançar muito mais. Procuramos atingir a visão divina, além da própria concepção que a gente tem. Você consegue estabelecer as relações entre as grandezas, e na realidade consegue saber como elas se transformam em outros referenciais. As leis físicas são independentes do ser humano, e sabemos como elas se transformam. Assim, a essência da lei é mutante. A gente não consegue descrever a natureza independente de um referencial, mas consegue captar as transformações. Eu não consigo acreditar em variáveis ocultas, a mecânica quântica diz que a natureza tem uma certa incerteza ou nível de probabilidade, e eu estou aceitando essa incerteza.

H) [SILENCIO] [CANETADAS] [SILÊNCIO]... não concordo com a pergunta. A observação interfere naquilo que está sendo observado. Em mecânica quântica você descreve o sistema em vários estados possíveis, apesar de saber que ele está em apenas um deles. A teoria quântica muitas vezes descreve um sistema qualquer como uma combinação linear de possíveis estados, mesmo sabendo que o sistema vai estar em um dos estados apenas. Mas a descrição é feita com ele no conjunto de estados possíveis. Você só vai saber em qual estado ele está ao observá-lo. Mas a descrição é feita independente da observação. Exatamente qual estado o sistema você tem que fazer uma observação. Discordo que a mecânica quântica só descreva coisas que a gente observa, você tem que incluir as várias possibilidades por não saber em qual deles a partícula está. O que não é explicitamente proibido tem que ser incluído. É uma descrição correta da natureza, envolve todos os estados possíveis, mesmo sabendo que ele está em um só de cada vez. Esse é o jeito certo de descrever.

I) É satisfatório [CANETADAS]... Eu gosto de ver a historicidade das ideias. A física está certa, mas me soa quase como um idealismo, me incomoda. Parece-me um comportamento muito efêmero. Acho que a mecânica quântica pode ser mais do que aquilo que observo.

J) Isso não vai longe. É preciso que haja alguma coisa a mais pra gente poder fazer alguma coisa independente do observador, e introduzir o observador no momento apropriado. É uma teoria mais profunda do que o que está acontecendo na cabeça do observador

4. Questão 6

Questão 6: Quais das seguintes entidades postuladas são reais? Elétron. Neutrino. Quark. Partículas virtuais (que seriam emitidas e absorvidas sem serem detectada). Cordas.

A) Se a entidade for postulada, o postulado vai exigir um tipo de idealidade que retira a realidade de todas essas coisas. [interferência da entrevistadora: “nenhuma teria realidade?”]... Não nenhuma teria realidade, vou dar um exemplo, dependendo do que você exigir desse postulado nenhuma delas tem realidade. Porque você postula os elétrons idênticos, coisa que não é acessível a experimentação. Assim entendido você não sabe. E eu sou cético. Você não sabe se pode haver esse elétron postulado como idêntico, um a cada outro... Agora um elétron observável como uma unidade empírica que aparece como uma descarga numa bateria, um ponto na tela, dizer que é alguma coisa eu acho que dá pra dizer que há alguma coisa lá. Neutrino há sinal experimental. Quark é mais complicada, zona cinzenta, o confinamento incomoda muita gente. Que busca evidencia de um quark individual. Partículas virtuais a minha tendência é ser machiano. Cordas, ainda é mais difícil que quarks, pois não há um traço de evidencia, prefiro deixar um ponto de interrogação. Essa minha postura não é legal, o pessoal tem que acreditar pra continuar a fazer as pesquisas.

B) Elétron Quark e neutrino são reais. Cordas é uma especulação. Pra muitas pessoas a teoria de cordas como era feita a alguns anos atrás era uma ciência. Ela só produzia enunciados que nunca podem ser testados. Então você não pode dizer nada. Se você faz teoria de cordas, você acredita nela, você só não sabe como colocar ela a prova. Pra você a corda é real. Você é praticante da teoria de cordas se acredita nisso. Mas pra maioria das pessoas que olha não apaixonadamente para as cordas, só como mais uma teoria que tá aí não dá pra dizer que elas são reais. Se você criar um critério, bolar uma experiência que possa ser crucial, que possa ser um divisor de água: se existir cordas é assim se não existir então não é. E você faz a experiência e provar isso aí você pode acreditar nela. Se bem que aí tá misturado duas coisas: uma é você acreditar na teoria e dizer que ela tá certa e outra é você acreditar na realidade das coisas que fazem parte dela. A teoria que descreve os quarks foi muito bem testada e ela funciona mesmo, então nesse sentido a teoria é verdadeira, seja lá o que for isso. Agora se é real somente aquilo que a gente pode medir, também os quarks os neutrinos e os elétrons são reais, tem experiências que você só entende com a existência desses objetos. Uma partícula virtual também é real. Virtual quer dizer que ela tá interagindo.

C) Se são postuladas são princípios. Precisamos supor que elas existam para poder desenvolver a teoria. Se pensarmos em realidade como projeções do que se observa, então todas elas não são reais.

D) Nenhuma é real. É uma construção para explicar a natureza, não posso dizer se é real ou não.

E) Elétron, neutrino e quarks são reais. Partículas virtuais: glúons, o que é "virtual"? Glúon não é detectado mas ele existe. Bóson de Higgs ainda não existe. Cordas é uma proposta de teoria, ela não existe ainda.

F) Reais, todas... a partícula virtual é absolutamente real, como todas. Fica a critério do freguês de saber classificar todas como reais ou desclassificar todas. Não tem nenhum critério de se falar que uma é mais real que a outra. A gente tá mais acostumado com o elétron.

G) Eu acho que nenhuma. Significando dizer que eu não vejo. Tem muita diferença entre o elétron e o quark. Quark até hoje ninguém mediu e as cordas menos ainda. Quando você chega nas cordas o universo se expande m várias dimensões, mas elas estão confinadas. Para ver uma corda precisaria de muita energia. Os efeitos elétricos são reais tanto é que construímos os aceleradores de partículas. Meu primeiro impulso é dizer que os elétrons são reais, mas ele também é uma construção.

H) Até aqui tava indo bem porque até a virtual eu incluo no real porque faz parte da descrição da realidade. Quanto as cordas, não há nenhuma evidencia experimental de que elas tenham existência. E a teoria das cordas não faz nada de diferente da mecânica quântica quando vem propor algo que possa ser observado. Pode ser apenas uma forma elegante de descrever o universo em 27 dimensões.

I) Todas me parecem igualmente reais. Essas partículas são instrumentos para entender o mundo, são próprias da nossa própria forma de entender o mundo, elas refletem as estruturas de pensamento que nós somos capazes de elaborar. Por isso eu acho que elas não são reais. Não é propriamente um instrumentalismo. O elétron em minha cabeça permite que eu trabalhe com esse outro elétron que está lá. Um elétron que é baseado em uma imagem em minha cabeça pode ter sucesso ou não mas, se eu tiver sucesso isso não significa que o que eu pensei tem correspondência com a realidade. Mas alguma coisa dele eu consigo acertar... ainda tenho um grau de realismo, apesar da minha historicidade.

J) Elas ao são postuladas. O elétron é a manifestação de um campo. A visão teórica do mundo é que só existem campos. O elétron é o campo, o quark é um campo. Partículas virtuais são certas propriedades dos campos, misturadas com certos tratamentos matemáticos. Cordas é uma coisa muito mais hipotética. É mais uma especulação, uma esperança que tem cada vez menos chances. Pega nos termos que ela foi formulada. Quarks e léptons são campos fermiônicos e existem os campos bosônicos. A teoria atual, o modelo mais bem sucedido sobre a natureza é isso aí. O elétron é um quantum de um campo, neutrino é outro campo, quark é outro e a interação entre esses campos é descrita pelos campos bosônicos, os glúons, os fótons.

5. Questão 7

Questão 7: Se toda a humanidade morresse, Se toda a humanidade morresse, juntamente com todos os seres pensantes do universo, e não houvesse condições de uma nova civilização pensante jamais evoluir, o mundo continuaria existindo?

A) Acho que sim, nisso dá pra ser realista. Não tenho nenhuma maneira de provar essa tese, mas acredito sim. Não depende da ciência, por exemplo, o campo eletromagnético você tem alternativas pra descrever, você tem essa coisa da indeterminação...

...Eu acho que em algumas coisas você pode ser realista, em outras não. Eu não tenho nenhum meio de provar esse realismo com relação ao mundo externo. Acho que não depende da ciência, não é pertinente. Uma ciência não pode arbitrar sobre isso porque isso é um requisito da ciência, um requisito metafísico da ciência, nem o cara solipsista teria como dizer isso.

B) Sim.

C) [SILENCIO Reflexivo]... Continuaria. Porque senão a gente tá partindo do pré suposto que a existência do mundo tá associada a um ser pensante.

D) Do jeito que a gente conhece não, mas pode ser de uma maneira diferente. Um mundo que a gente obviamente se destrói tudo do jeito que a gente conhece não continuaria, mas de uma maneira diferente sim, de outra forma... não sei, acho que essa pergunta é muito difícil... que eu nunca pensei.

E) O mundo que? O mundo físico? Sim, sem a raça humana, sim.

F) Com certeza.

G) [SILÊNCIO reflexivo] Que me importa, isso implica dizer porque eu não vejo que consequência tenha a não ser que eu acredite em vida eterna. É... não vai me interessar em nada isso aí, mas ele vai continuar existindo. [SILÊNCIO]...

H) *Who cares?* Quem se importaria com isso, certo? ...É, não sei se eu não tô acostumado com perguntas filosóficas, mas eu acho que é uma pergunta muito... Eu acho que é óbvio que o universo continuaria existindo, né? *So what*. Não ia ter ninguém pra observar pra saber que ele tava lá. Bom a não ser que um cataclisma desse para matar todos os seres inteligentes e as possibilidades desse como um *Big Crash* e daí acabou o universo, daí nesse caso eu não saberia o que aconteceu. Mas se for só uma questão de exterminar pra não ter nenhum observador eu acho que o universo continuaria existindo sem problema nenhum.

I) Sim o mundo continuaria existindo. Pra responder essa questão eu gosto de brincar: sei lá, quando o mundo acabou eu tava em outro planeta e eu voltei e eu nunca tinha tido contato com o ser humano. Eu acho que o mundo continua existindo porque eu vou ter onde pisar, se eu entro nessa sala eu esbarro em alguma coisa, mas eu não acho, por exemplo, que vai existir uma cadeira porque quando eu falo uma cadeira ela não é só material, ela já é um significado, Então eu acho assim: a base material do mundo ela existe, mas todos os significados são perdidos. Se você me perguntasse essa cadeira continua existindo? A cadeira não porque cadeira é um significado mas vai existir uma matéria ali, vai existir alguma coisa mesmo sendo um escuro em termos de ideias.

J) Eu acho que não há nenhum motivo pra dizer que não. No sentido que, a melhor descrição que a gente teve das leis da natureza é suficientemente objetiva pra poder prescindir das pessoas, mesmo a mecânica quântica. [risos].

6. Questão 8

Questão 8: Considere um acontecimento (como a queda de uma rocha) que tenha ocorrido em um planeta sem vida, nos confins de nossa galáxia, logo antes de uma supernova destruir o planeta. Nenhum ser vivo estava presente para perceber o ocorrido, e qualquer informação sobre o ocorrido se perdeu. Tal acontecimento de fato ocorreu?

A) Acho que sim. Acho que eu penso assim porque como eu tava te falando, esse requisito que eu acho que tem. Se eu disser que a mecânica quântica nos ensina que não, eu acho que isso é um equívoco porque daí eu vou dizer que eu preciso de uma ciência primeiro pra depois ter uma epistemologia. Eu acho que eu preciso ter primeiro uma epistemologia pra depois ter uma ciência...

...Eu acho que eu preciso dizer que tem uma realidade física externa que eu vou conhecer ou não, né? Sou um pouco kantiano também, né? O sujeito do Kant não é uma pessoa, é como uma função lógica, básica, pré-requisito mesmo. O sujeito do Kant não é alguém que tá olhando as coisas, o sujeito do Kant é uma espécie de um “santo lógico” que baixa na gente e faz a gente fazer juízo sobre as coisas num formato de universalidade. Essa universalidade não tá nas coisas é a forma como a gente faz, mas não é porque eu não tô lá pra ver as coisas que as coisas deixam de existir...

... Senão eu vou cair numa contradição e vou dizer que eu não sei absolutamente nada. Tem um ceticismo saudável, mas você tem que dar algo de concreto a essas aparências. Se você diz assim: tem uma ciência que explica o que não é real você caiu num buraco, te tirou o chão, precisa primeiro ter uma metafísica, não pode inverter.

B) Ocorreu. Se você diz que ocorreu, ocorreu!

- C) Se você considerar que a humanidade, a uma certa distância, tivesse mecanismos pra fazer medições, observações ou inferências a partir disso a gente poderia deduzir que sim, mas garantir com certeza que ele aconteceu não.
- D) Ocorreu. Claro. Se você tá dizendo. É óbvio...[risos]
- E) Como posso saber? Como posso saber se não há registro nenhum. Só posso saber quando há registros, o que eu posso dizer é: rochas caem em outros planetas, isso é uma coisa probabilística que tenha caído uma rocha nesse planeta é muito provável porque vive caindo meteoritos aqui, agora aquela especial se caiu no fim do mundo pra mim não existe porque eu não posso comprovar isso de maneira nenhuma, certo?
- F) [CANETADAS...CANETADAS, SILÊNCIO]. Essa pergunta tem cara de sofisma, então eu passo.
- G) [SILÊNCIO reflexivo, CANETADAS]. Aí é a mesma coisa: Que interessa. É uma experiência de pensamento, a gente não pode saber.
- H) [SILÊNCIO, CANETADAS] Se ninguém observou, se o planeta foi evaporado pela supernova , com é que você tá me dizendo que a pedra caiu? Não posso dizer nada, já que é você que tá me dizendo que a pedra caiu num planeta que não existe mais e que não teve nenhuma testemunha. Então eu diria que de fato eu não sei se isso ocorreu, eu acho que não... mas...
- I) [SILENCIO, CANETADAS] Quando vejo essa questão... Minha resposta não é só retórica... Alguma coisa aconteceu. Pode ter acontecido muita coisa, mas a gente não vai poder dizer nada . Eu não posso falar que aconteceu nem que não aconteceu. É um potencial, digamos. Eu não posso falar que aconteceu nem que não aconteceu e eu fico numa encruzilhada. - Deixa eu “LER” de novo a pergunta. {repeti a pergunta outra vez} - ... Eu acho que a gente pode falar que ele aconteceu, mas na verdade a gente nunca vai poder saber se realmente aconteceu e ainda acho que se alguém tivesse lá interpretaria da mesma forma que eu interpreto aqui. Mas eu tendo a achar que coisas acontecem independente do ser humano.
- J) Bom você começa me dizendo que ocorreu, depois você me pergunta se de fato ocorreu. Como é que você me explica isso? Você começa me dizendo que caiu, que ocorreu, então é óbvio que ocorreu. Ou você mentiu. Eu diria que essa pergunta tá meio esquisita.

7. Questão 9

Questão 9: O futuro já está pré-determinado?

- A) Eu acreditava que sim, no sentido estatístico, mas tive um choque quando dei aulas de física. Tem uma teoria que diz que “estou aqui porque tem uma probabilidade de eu estar aqui”... a mecânica estatística deveria chamar mecânica probabilística, tem uma distribuição a priori. A mecânica estatística diz que você tem que visitar todos os estados do sistema, todos os modos possíveis. Significa que tudo está em termos estatísticos, é um tipo de eterno retorno de Nietzsche. Hoje sou cético em relação a isso, não dá pra determinar.
- B) Não.
- C) Não.
- D) Não, de jeito nenhum.
- E) O futuro não está pré-determinado. Por exemplo: o futuro do nosso sol, certas coisas, eu posso prever, mas sobre o destino do nosso universo... quantos universos paralelos existem? O que não se tem é o acontecimento. Tem também o princípio da incerteza, e o da entropia, mas tem coisa que já podemos prever para daqui a 5 milhões de anos. O problema é que as leis da física não são deterministas, pois tem teoria do caos que tem sensibilidade às condições iniciais.
- F) Minha intuição é que não.
- G) Eu acho que não. Enquanto houver consciência, pensamento, eu acho que não dá. Mas mesmo num mundo só físico, mesmo assim é uma sucessão de probabilidades.
- H) Eu acho que não. Em alguns aspectos a gente sabe como o sistema deve evoluir, mas tem tantos fatores aleatórios que o futuro não está pré-determinado ponto.
- I) Não [SILÊNCIO] Isso me faz pensar no futuro histórico, acho que não está determinado, mas não pensando num futuro social... eu acho que não. Eu não gosto muito da colocação do Laplace. O que o ser humano vai se perguntar sobre a natureza física será diferente. O futuro assim é um escuro total.
- J) [GRUNHIDOS]... Eu não sei [CANETADAS]... Eu não sei. É uma pergunta... não sei.

8. Questão 10

Questão 10: O tempo teve um início?

- A) Não. Tempo é requisito. Isso não dá pra dizer. Tempo é uma condição para formar juízos. Senão vou parar nas antinomias de Kant.
- B) Não sabemos.
- C) O tempo é uma criação humana, né? Uma necessidade do homem para fazer medições. Então, o início foi quando o homem começou a fazer a contagem.
- D) Não sei, acho que não. Não, não teve.
- E) Teve. O tempo é uma coordenada e tem que ter nascido com o Big Bang. A teoria do Big Bang é bem confirmada.
- F) Sim de acordo com a teoria do Big Bang. A gente fala mas é difícil imaginar.
- G) Numa das teorias cosmológicas teve, no momento do Big Bang. Mas há uma solução cosmológica cíclica: explode, colapsa etc. Neste caso só temos acesso ao tempo deste universo (deste ciclo). Esta solução tem uma dificuldade para quem acredita em uma divindade, o Deus criador. Acho que hoje em dia não dá pra dizer se o universo é periódico ou só se expande.
- H) Aparentemente sim, parece que teve início no Big Bang, mas não sabemos se antes houve outro tempo. Essa é uma questão que conheço muito pouco.
- I) [SILÊNCIO]... Minha resposta intuitiva é não. Eu só consigo me colocar dentro do tempo.
- J) Não é um tempo inicial. É o início da existência do tempo. É o que se pensa atualmente com essas ideias de Big Bang.

9. Questão 13

Questão 13: Qual é o objetivo da ciência?

- A) Mach: fazer o resumo das coisas empíricas. Isso é próximo da tecnologia. Há culinária e cozinha. A cozinheira não pensa num quindim universal, mas a ciência

pensa. Ciência é um conhecimento com um pé no empírico, sem se comprometer com uma metodologia. Parece com a tecnologia, com uma preocupação com causa.

B) O mesmo objetivo da cultura em geral, da atividade humana, que é melhorar nossa vida, pra todos.

C) Da ciência e da filosofia os objetivos primordiais é tentar responder quem somos de onde viemos. Elas apontam caminhos, tanto para o passado quanto para o futuro.

D) Tem tantos... Necessidade que o ser humano tem de conhecer as coisas. Impulso pelo conhecimento, a satisfação da descoberta e de poder prever. É o que impulsiona a vida.

E) Não tem objetivo, querer aprender, é a curiosidade humana. Numa pesquisa você não sabe o que vai encontrar. É um desafio, é divertido, agradável, desafiante, motivante, é um jogo e pode dar numa bomba atômica.

F) Ela não tem objetivo, você vai fazendo. Claro, você tem um propósito, tem ideias, nortes; um objetivo tipo “quero algo”... A ciência é definida só de maneira sociológica, quem define a ciência são os cientistas, é o trabalho dos cientistas. Tem pessoas de todos os tipos trabalhando com objetivos diferentes.

G) É descrever compreendendo. Não basta bater uma foto do mundo, tem que entender como ele funciona. No caso de uma pessoa tem que entender as emoções dela. No caso de uma sociedade como, esse conjunto de pessoas, se estruturam e como se relacionam com outras. Não tenho a pretensão de dizer que ciência é física. A ciência pra mim é um conhecimento da realidade, que pode ser física, humana, histórica, etc.

H) Descrever a natureza de forma mais ampla possível.

I) [SILÊNCIO]... O objetivo é compreender fenômenos naturais. Não gosto da palavra descrição, porque parece que nós temos um papel pouco ativo. O objetivo é construir aplicações sobre o mundo. Eu queria que ela tivesse um compromisso social maior.

J) É descobrir as leis da natureza, que a gente não sabe, mas supõe que existem. Nas ciências da natureza. Nas ciências sociais, não sei, pode ser uma ciência natural de segundo nível, o objetivo é extremamente complicado, então tem que ser fenomenológico. Anderson diz que “*more is different*” .

10. Questão 15

Questão 15: Qual é sua visão religiosa?

- A) Ateu: aí sou realista. Por causa do argumento do mal. Deus como causa de todas as coisas e do qual nada é causa, isso não dá por Kant, acho que ele está certo. Eu devia ser agnóstico, eu não sei. Não respeito o ponto de vista científico a respeito dessa questão, a ciência não deve emitir opinião sobre a religião.
- B) Nenhuma. Falta interesse no assunto. Próximo de agnóstico.
- C) Costumo me rotular como um crente descrente. Não tenho religião alguma, a religião é uma construção do homem para tolher a liberdade humana. Mas tendo muitas vezes a acreditar que deva haver um ser supremo, sou um ateu que na hora da morte vai pedir perdão dos pecados.
- D) Adora a filosofia do cristianismo, da mora, acredito em Deus, tenho fé, porque não consigo explicar o que veio antes, então vamos chamar de Deus. Rezo pelos meus filhos. Ajuda pela filosofia da bondade.
- E) Temos uma alma que é pura química. Somos um sistema caótico [complexo], não tem religião. Simpatizo com religião que ensinam o bem viver. Acredito em moralidade, em limites para uma vida saudável. Na morte nossos átomos vão se misturar de novo.
- F) Eu acredito em Deus, mas não é uma posição militante, isso é meio porque [silêncio]...sou casado com uma chinesa, mas meu sogro é taoista. Deus é um barco, uma vez que você faz a travessia você não carrega mais o barco. Deus é um instrumento. Não partilho exatamente dessa ideia, mas vejo Deus como um instrumento histórico, tem um certo papel para ajudar a humanidade, não é uma divindade.
- G) Sou cristão católico. Tive uma formação em grupo de jovens, continuo crendo e pensando a respeito. Sou um religioso praticante e atuante.
- H) Nula. Sou um cego religioso. Tem gente que sente algumas coisas, como minha mulher, a espiritualidade, mas eu não sou. Sou muito concreto, não sinto falta, tive pouquíssima educação religiosa, não serviu pra nada. Sinto até falta de uma educação religiosa, mas se o preço é ficar preso a um deles, dou graças a Deus de não ter tido nenhuma cultura religiosa.

I) Eu acredito na ética, só isso. Eu valorizo a religião, acho nobre, interessante, mas não consigo seguir nenhuma religião. É uma doutrina que tem que seguir. Essa doutrinação eu não gosto. Serei um cético, uma pessoa que não tem crenças? Não! Minha principal crença é que possa existir uma ética universal.

J) Nenhuma, né?

11. Questão 17

Questão 17: No contexto da física, você concorda com a seguinte afirmação: “Só é válido definir uma grandeza se ao mesmo tempo fornecemos o procedimento experimental para medi-la”?

A) Não. A gente tem que se deixar levar por coisas não mensuráveis. Aproximações já não são o real. Tem que deixar a coisa para o instrumental.

B) Volta pra questão da mecânica quântica e a escola de Copenhague. Concordo a contragosto, dentro do limite da física, concordo.

C) Quando você dá o procedimento experimental para medi-lo, você já tá introduzindo a resposta, a construção do equipamento já pressupõe algumas hipóteses que você levanta sobre o objeto que você quer medir. Caso clássico da luz: se quero medir a partícula a luz vai ser partícula. O instrumento já traz um olhar sobre o objeto que você vai fazer. É verdadeira.

D) Não concordo. É importante ter essa avaliação, mas há tantas teorias sem essa definição operacional. Tudo é válido.

E) Não, em grande parte das grandezas, e o Einstein fez isso, você define antes e depois você vai medir.

F) Não. Quando você olha pra um relógio você não mede tempo, você mede um pauzinho lá. Isso vale pra tudo, desde a cebola que você compra na feira, até campo. Hoje é uma ideia ingênua. Na física a gente não define nada, antigamente o pessoal gostava de definir mas... a gente cerca esses conceitos. A gente fala várias coisas em torno delas e essas definem uma intuição. Wittgenstein: as fronteiras das palavras são fluidas. Talvez na matemática você defina as coisas, mas na física você não define.

G) Eu concordo com isso. Isso é o expressar do caminhar seguro da física nesses anos todos que a gente viveu construindo essa maneira de descrever a natureza. Por isso eu concordo.

H) Tem várias coisas, como a Teoria da Relatividade Restrita, demorou anos para conseguir... Acho que uma teoria deve fornecer uma previsão que possa ser testada por observação, que é a crítica que faço às cordas. Mas isso não tem que ser simultâneo. Por exemplo, o bóson de Higgs. Eu concordo com a relação, mas não que tenha que ser simultâneo.

I) Não que eu rejeite essa afirmação, mas... Não, eu não gosto dessa afirmação! Por um lado, uma teoria que não tem nada de mensurável, como as cordas, é ruim. Mas uma teoria pode ter parâmetros mensuráveis e outros não. Esses outros servem para dar significado a outros conceitos.

J) [Silêncio]: Não sei, é complicado. Existem problemas a respeito de medidas,... Isso está na origem da mecânica quântica. Heisenberg queria reduzir a teoria dos átomos a coisas observacionais apenas, e assim ele montou a mecânica matricial. Orgulhosíssimo, contou isso para o Einstein, e este disse que isso está errado, que é a teoria que diz o que pode ser medido. O que é uma coisa mensurável é uma coisa teórica, e Heisenberg ficou chocadíssimo. E o Einstein respondeu: “Eu posso ter usado, mas tá errado”. Eu me inclino para uma posição de Feyerabend de que tudo vale, no seguinte sentido: é inadequado excluir a priori qualquer coisa.

12. Questão 18

Questão 18: A Física de Estado Sólido (ou a Química) se reduz à Física de Partículas?

A) Não. Acho que não. Não há evidências de que isso seja possível. Na real, você introduz aproximações. Ao falar de um cristal, você precisa falar do cristal inteiro. Sou cético sobre uma teoria de tudo.

B) “Mais é diferente”. Há uma novidade emergente no nível de escala mais elevado, você vê novidade. Eu não tô muito convencido disso não. Eu vejo que o pessoal que defende a física do Estado Sólido fazer isso. Eu teria que estudar mais o assunto. Eu tenho uma tendência, forte, a ser reducionista, e achar que tudo que é importante é importante no nível micro.

C) Acho que não somente.

D) Acho que sim. Se você vai para o muito fundamental, vai descendo, descendo, é claro. A física do Estado Sólido não precisa da física de Partículas para funcionar, nem a física Clássica.

E) Um átomo é um coletivo de partículas. O estado sólido envolve o domínio dos átomos, que se organizam em cristais, etc. É um outro domínio.

F) A resposta a essa questão é ideológica. Por formação ideológica eu diria que sim, mas [SILÊNCIO]... precisaria pegar a física de partículas e reproduzir a física de estado sólido. Mas a gente não consegue fazer isso. Você dá tempo, computador, aumenta a quantidade de pessoas que trabalham, elas conseguem avançar um pouco nessa direção... [CANETADAS]...Dá impressão que é uma quantidade de trabalho envolvido, mas não pode ser.

G) Eu acho que não, assim como a física nuclear não se reduz a física de partículas. Todos esses ramos tem um nível de fenomenologia, e de realidades conceituais a respeito de uma determinada forma de se debruçar sobre a natureza.

H) Física de partículas descreve os constituintes básicos da matéria (hadrônica), então deveríamos dizer que sim. Só que isso é uma bobagem, pois os sistemas são complexos. Nesse sentido é *overkill*, é usar conhecimento demais para fazer uma coisa para a qual você não precisa. Mesmo na física nuclear ficaria muito complicado descrever usando quarks. A descrição fica excessivamente complexa, é totalmente descabido. É claro que toda química é descrita por interação eletromagnética (fora os spins), só que vai tentar descrever o que ocorre numa reação química usando a lei de Maxwell: você morre louco e não chega lá.

I) Não. Se eu fizer um teste psicológico em todo o mundo eu vou entender a maçã? Não. Pois as pessoas mudam conforme as pessoas com quem você está. Na estrutura da matéria são outras propriedades que está em jogo. Aí que uma não se reduz à outro.

J) Ah! Você quer saber se eu sou reducionista! Tem a história do *more is different*, mas isto pode ser simplesmente a propaganda das vantagens de uma abordagem fenomenológica quando você não é capaz de ligar, de tratar as coisas complicadas além de um certo nível. Então você diz: eu recomeço inventando novos conceitos temporários, que tem realidade fenomenológica. Então, acho que todas as coisas em que foi possível reduzir até níveis mais fundamentais, a coisa fez sentido. Nunca houve nenhuma descontinuidade aí. Então não vejo porque deve haver uma descontinuidade em algum lugar. O que existe é um limite na capacidade de identificação de coisas emergentes. Existem brincadeiras, no computador, chamados autômatos, que tem regras muito simples, mas tem regularidades não discerníveis na simplicidade das regras que geram aquilo... Então essa redução pode ser uma coisa muito complicada tecnicamente, mas isso não quer dizer que seja impossível em princípio.

Apêndice II

Esboço Inicial de um Questionário sobre “Concepções sobre a Física”

Apresento abaixo um esboço inicial de questões, muitas das quais seriam abandonadas.

a) Questões relativas à ontologia das teorias físicas na:

- Mecânica clássica – O que é o princípio de inércia?
- Óptica – O que é a luz? O que são os elétrons?
- Eletromagnetismo – O que são os campos do eletromagnetismo? Compare o campo magnético com o campo do potencial vetor.
- Termodinâmica – O que é energia? O que é entropia?
- Relatividade – O que é a contração espacial? O espaço-tempo pode de fato se curvar?
- Física quântica – Como você descreveria o princípio de incerteza.
- Física de partículas - O elétron existe? O quark existe?
- Existe uma partícula virtual, que seria emitida e absorvida sem ser detectada?
- Cosmologia – O que é a Teoria do Big Bang?

b) Questões ontológicas gerais do universo físico.

- Reduccionismo – A Física de Estado Sólido se reduz à Física de Partículas? A Química é explicada pela Teoria Quântica? - Você acredita que haverá uma “teoria de tudo”?
- Determinismo – O futuro já está pré-determinado?

- Cosmologia – O tempo teve um início? Qual a sua opinião sobre a hipótese de universos paralelos?
- Consciência – Qual é a diferença entre um robô que distingue diferentes comprimentos de onda da luz e um ser humano que vê cores?
- Religião - O que acontece na morte? - Deus existe?

c) Questões epistemológicas.

Curtas:

- Qual o objetivo da ciência?
- O que é uma lei científica, como por exemplo, a lei da gravitação universal?
- A Mecânica Newtoniana é verdadeira?
- A Mecânica Relativística (Restrita e Geral) é verdadeira?
- Depois que você morrer (se você morrer), o mundo continuará existindo?
- Se toda a humanidade morresse (ou todos os seres pensantes do universo), e não houvesse tempo de uma nova civilização pensante evoluir, o mundo continuaria existindo?
- Isto que você está vendo agora está em sua retina, ou está no mundo exterior?

Longas:

- Considere um acontecimento (como a queda de uma rocha) que tenha ocorrido em um planeta sem vida, nos confins de nossa galáxia, logo antes de uma super nova destruir o planeta. Nenhum ser vivo estava presente para perceber o ocorrido, e qualquer informação sobre o ocorrido se perdeu. Tal acontecimento de fato ocorreu?
- Considere uma teoria física que consegue prever corretamente os resultados de medições, em um certo domínio experimental (por exemplo através de fórmulas empíricas descobertas por tentativa e erro). Porém, esta teoria não fornece nenhum modelo ou explicação de como a realidade funciona (neste domínio). Esta é uma boa teoria?
- A verdade, com relação ao mundo da física, muda de época para época, ou ela é sempre a mesma, mesmo que a desconheçamos?

- É aceitável que a teoria quântica *não* descreva uma realidade independente do observador, mas apenas a realidade enquanto ela é observada?
- No contexto da física, você concorda com a seguinte afirmação: “Só é válido definir uma grandeza se ao mesmo tempo fornecermos o procedimento experimental para medi-la?”

d) Questões pessoais

- Os físicos filosofam? i) Especialmente em crises de paradigma e em controvérsias. ii) No dia a dia, de maneira ocasional e pouco intensa.
- Quais são os tipos de dúvidas que lhe acompanham em seu trabalho científico?
- Em sua área há alguma grande controvérsia científica, e como você lida com isso?

Apêndice III

1º Questionário “Concepções sobre a Física”

- 1) O que é o princípio de inércia?
- 2) A Mecânica Newtoniana é verdadeira?
- 3) A verdade, com relação ao mundo da física, muda de época para época, ou ela é sempre a mesma, mesmo que a desconheçamos?
- 4) O que é uma lei científica, como por exemplo a lei da gravitação universal?
- 5) O que é a luz?
- 6) O que é energia, o que é entropia?
- 7) Quais dos seguintes conceitos correspondem a uma entidade real?
Corrente elétrica. Campo elétrico. Potencial elétrico escalar. Potencial vetor. Campo magnético. Linhas de força magnética.
- 8) Segundo a teoria da relatividade, o que seria a contração espacial de corpos em movimento?
- 9) No contexto da física quântica, como você descreveria o princípio de incerteza?
- 10) É satisfatório que a teoria quântica não descreva uma realidade independente do observador, mas apenas a realidade enquanto ela é observada?
- 11) Quais das seguintes entidades postuladas são reais? Elétron. Neutrino. Quark. Partículas virtuais (que seriam emitidas e absorvidas sem serem detectada). Cordas.

- 12) Depois que você morrer, o mundo continuará existindo?
- 13) Se toda a humanidade morresse, juntamente com todos os seres pensantes do universo, e não houvesse condições de uma nova civilização pensante jamais evoluir, o mundo continuaria existindo?
- 14) Considere um acontecimento (como a queda de uma rocha) que tenha ocorrido em um planeta sem vida, nos confins de nossa galáxia, logo antes de uma supernova destruir o planeta. Nenhum ser vivo estava presente para perceber o ocorrido, e qualquer informação sobre o ocorrido se perdeu. Tal acontecimento de fato ocorreu?
- 15) O futuro já está pré-determinado?
- 16) O tempo teve um início?
- 17) Qual a diferença que há entre um robô que distingue diferentes comprimentos de onda da luz e um ser humano que percebe cores?
- 18) Como se relacionam algumas grandezas matemáticas com a física? Pensando na matemática, você diria que os números naturais existem, tem realidade física? E os números reais? E os números complexos?
- 19) Qual é sua visão religiosa?
- 20) Qual o objetivo da ciência?
- 21) No contexto da física, você concorda com a seguinte afirmação: “Só é válido definir uma grandeza se ao mesmo tempo fornecermos o procedimento experimental para medi-la” ?
- 22) A Física de Estado Sólido se reduz à Física de Partículas?
- 23) Quais são os tipos de dúvidas que lhe acompanham em seu trabalho científico?
- 24) Em sua área há alguma grande controvérsia científica, e como você lida com isso?

Apêndice IV

Questionário “Concepções sobre a ciência”

- 1) A verdade, com relação ao mundo da física, muda de época para época, ou ela é sempre a mesma, mesmo que a desconheçamos?
- 2) O que é uma lei científica? Qual é na sua opinião a diferença entre lei e teoria científica?
- 3) Quais dos seguintes conceitos correspondem a uma entidade real? Corrente elétrica. Campo elétrico. Potencial elétrico escalar. Potencial vetor. Campo magnético. Linhas de força magnética.
- 4) O que é a luz?
- 5) É satisfatório que a teoria quântica não descreva uma realidade independente do observador, mas apenas a realidade enquanto ela é observada?
- 6) Quais das seguintes entidades postuladas são reais? Elétron. Neutrino. Quark. Partículas virtuais (que seriam emitidas e absorvidas sem serem detectada). Cordas.
- 7) Se toda a humanidade morresse, Se toda a humanidade morresse, juntamente com todos os seres pensantes do universo, e não houvesse condições de uma nova civilização pensante jamais evoluir, o mundo continuaria existindo?
- 8) Considere um acontecimento (como a queda de uma rocha) que tenha ocorrido em um planeta sem vida, nos confins de nossa galáxia, logo antes de uma supernova destruir o planeta. Nenhum ser vivo estava presente para perceber o ocorrido, e qualquer informação sobre o ocorrido se perdeu. Tal acontecimento de fato ocorreu?
- 9) O futuro já está pré-determinado?
- 10) O tempo teve um início?
- 11) Qual a diferença entre um robô, que distingue diferentes comprimentos de onda da luz, e um ser humano que percebe cores?
- 12) Pensando em como algumas grandezas matemáticas se relacionam com a física, você diria que os números naturais existem, têm realidade física? E os números reais? E os números complexos?
- 13) Qual o objetivo da ciência?
- 14) Em que medida você acha que posições morais, religiosas ou políticas, influenciam o processo de investigação científica?
- 15) Qual é sua visão religiosa?

- 16) Qual é a sua opinião sobre as tentativas de se relacionar a física quântica com a psicologia, ou com a espiritualidade?
- 17) No contexto da física, você concorda com a seguinte afirmação: “Só é válido definir uma grandeza se ao mesmo tempo fornecermos o procedimento experimental para medi-la”?
- 18) A física de Estado Sólido (ou a Química) se reduz à Física de Partículas?
- 19) Quais são os tipos de dúvidas que lhe acompanham em seu trabalho científico?
- 20) Em sua área há alguma grande controvérsia científica, e como você lida com isso?