



Ensino de Física

Reflexões, abordagens & práticas







Álvaro Santos Alves
José Carlos O. de Jesus
Gustavo Rodrigues Rocha (Orgs.)

Ensino de Física

Reflexões, abordagens & práticas





Copyright © 2012 Editora Livraria da Física
1ª Edição
Direção Editorial: José Roberto Marinho
Projeto gráfico e diagramação: quantumwebs
Capa: Antonio Manuel Alves Morais

Texto em conformidade com as novas regras ortográficas do Acordo da Língua Portuguesa.

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
(Câmara Brasileira do Livro, SP, Brasil)**

Ensino de física: reflexões, abordagens e práticas / Alvaro Santos Alves José Carlos O. de Jesus, Gustavo Rodrigues Rocha (orgs.) .

--

São Paulo : Editora Livraria da Física, 2012.

ISBN 978-85-7861-161-3

1. Física - Estudo e ensino

I. Jesus, Alvaro Santos Alves José Carlos O. de. II. Rocha, Gustavo Rodrigues.

12-10588

CDD-530.07

Índices para catálogo sistemático:

1. Física: Estudo e ensino 530.07

ISBN: 978-85-7861-161-3

Todos os direitos reservados. Nenhuma parte desta obra poderá ser reproduzida sejam quais forem os meios empregados sem a permissão da Editora. Aos infratores aplicam-se as sanções previstas nos artigos 102, 104, 106 e 107 da Lei n. 9.610, de 19 de fevereiro de 1998.



*Impresso no Brasil
Printed in Brazil*
Editora Livraria da Física
Tel./Fax: +55 11 3459-4327 / 3936-3413
www.livrariadafisica.com.br





Capítulo 1

Apresentação

As primeiras páginas deste livro foram esboçadas há quase duas décadas. A sua escrita começou antes mesmo do surgimento do Departamento de Física da Universidade Estadual de Feira de Santana, na Bahia, pelas mãos dos colegas que, àquela época, lançaram as bases do curso de Licenciatura Plena em Física. Uma pesquisa realizada em Feira de Santana, concluída em 1993, revelou que apenas 5 de 41 docentes de Física que atuavam no Ensino Médio no Município eram formados na área. Entre os professores entrevistados havia também 19 de Licenciatura curta em Ciências, 11 de Biologia, 4 de Licenciatura em Matemática, 5 de Engenharias, 1 de Agronomia e 1 de Odontologia. A situação era ainda pior quando se considerava o semiárido baiano, região de influência da cidade de Feira de Santana. Esse quadro justificou a necessidade de criação de mais um curso de graduação em Física no Estado da Bahia. A universidade reagiu prontamente e o curso de Licenciatura Plena em Física foi implantado em 1997. Logo depois da implantação da Licenciatura, seguiu-se o Bacharelado em Física, autorizado a funcionar desde 1999. Esses esforços culminaram na criação do Departamento de Física, em março de 2000. Desde então, o Departamento experimentou um rápido crescimento, organizando-se em áreas de conhecimento. Nesse período, a Área de Ensino de Física qualificou seu quadro, promovendo a saída de docentes para a pós-graduação, realizando concursos públicos para atrair pesquisadores e se organizou internamente para oferecer à comunidade universitária espaços e opções de estudos e pesquisas em Ensino de Ciências. Algumas dessas atividades se desdobraram em orientações acadêmicas, projetos de iniciação científica e ações extensionistas. Este livro traz à luz alguns resultados das reflexões, abordagens e práticas da Área de Ensino de Física da UEFS ao longo desses anos.

O Capítulo I trata do duelo entre duas culturas – ciências naturais versus humanidades – e começa pela retomada dos diálogos de Einstein e Bergson sobre a natureza do tempo. Depois, avançando para o campo da ressignificação de conceitos de uma





cultura por outra, retoma-se o devastador debate iniciado por Sokal e Bricmont, autores de "Imposturas intelectuais", com os pós-modernos. Segue-se uma análise dos excessos e equívocos, de parte a parte, sustentada por reflexões sobre os trabalhos de Heisenberg, Bohr, Pauli e Born, potencialmente favorável às humanidades.

O Capítulo II discute a divulgação científica e a natureza da ciência e apresenta uma sugestão de diálogo entre duas áreas de pesquisa: i) História, Filosofia e Ensino de Ciências; e ii) Divulgação Científica, assumindo como pressupostos i) que a primeira área de pesquisa pode contribuir positivamente para a segunda; e ii) que as duas comunidades não têm avançado muito neste diálogo. Tomando como exemplo a divulgação científica sobre o modelo padrão da cosmologia, faz-se uma crítica ao estágio atual da área de divulgação científica e mostra-se como um diálogo com a História, Filosofia e Ensino de Ciências poderia potencializar o crescimento e a integração de ambas as áreas.

O Capítulo III é dedicado à investigação das características que devem ser observadas ao avaliar a qualidade da produção em História e Filosofia da Ciência (HFC) voltada para o ensino e divulgação das ideias da Física, a partir dos aspectos positivos e negativos, apontados por autores de resenhas acerca de livros didáticos, paradidáticos, de divulgação científica e/ou de livros que reúnem artigos com foco nas dimensões histórica e filosófica, que estão publicadas na literatura nacional de pesquisa em Ensino de Física. O estudo conclui que, além de atender às recomendações existentes nas diferentes propostas curriculares em vigor e aos requisitos do PNLEM, quaisquer critérios avaliativos do livro didático de Física com enfoque na abordagem histórico-filosófica devem atender também outros critérios mais específicos da área, sobretudo a clareza e precisão na linguagem, a análise de fontes primárias e a consideração do contexto de produção do conhecimento da época.

O Capítulo IV apresentam-se os resultados de um estudo exploratório, no qual se buscou conhecer as concepções de estudantes e professores de Física, sobre o papel das equações matemáticas no ensino e aprendizagem da Física, no nível médio. Com esta finalidade foram aplicados questionários e realizadas entrevistas em uma amostra de docentes e estudantes em centros de Ensino Médio na cidade de Feira de Santana, Bahia, Brasil. A Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel e a Teoria dos Campos Conceituais de Vergnaud constituíram-se os principais referenciais deste estudo. Com base na análise dos resultados, num enfoque predominantemente qualitativo, conclui-se que as equações matemáticas são de fundamental importância para o ensino da Física, por serem usadas pelos estudantes como representações simbólicas que dão significado aos conceitos.

O Capítulo V relata uma experiência didática estruturada segundo a metodologia de Aprendizagem Baseada em Projetos (PBL). Inspirado na disciplina Instrumentação





para o Ensino de Física, que aborda os fundamentos teórico-epistemológicos da organização e realização do trabalho pedagógico, bem como seus desdobramentos técnicos e metodológicos, o Projeto Física no Campus é um espaço de formação para futuros professores de Física do Ensino Médio. Esse projeto surgiu em estreita ligação com os aspectos experimentais do trabalho pedagógico em Física, propondo experimentos didáticos ou a atualização tecnológica de experimentos clássicos. Alguns desses experimentos serão relatados nesse capítulo. Pensado inicialmente como um espaço de formação para estudantes alijados do sistema de bolsas de estudos, por repetência, esse projeto promoveu a realização de estudos que culminaram em apresentações em eventos regionais e nacionais, e na elaboração de monografias de conclusão de curso.

O Capítulo VI apresenta parte de uma pesquisa que analise as concepções teórico-epistemológicas de estudantes de Graduação em Física a partir da análise discursiva das monografias de conclusão de curso. Para este texto, tomou-se um caso exemplar, analisado em profundidade, de uma monografia de final de curso de Graduação em Física, modalidade Licenciatura, na perspectiva do discurso científico e das instituições imaginárias e sociais subjacentes. O referencial teórico-metodológico dessa investigação é a análise do discurso de linha franco-brasileira. O *corpus* da pesquisa é construído pela dessuperficialização de enunciados extraídos do Trabalho Acadêmico de Final de Curso (monografia), exigido curricularmente como requisito de Grau. O dispositivo analítico da pesquisa está referenciado em Thomas Kuhn, com as noções de paradigma, ciência normal, ciência revolucionária e comunidades científicas, e em Gaston Bachelard, com as noções de obstáculo, perfil e ato epistemológicos, bem como a noção seminal de ruptura, contribuindo em um denso diálogo sobre Formação. Metodologicamente, buscou-se explicitar como os pressupostos teóricos e epistemológicos dos estudantes contribuem para a definição, a caracterização e a resolução do problema de pesquisa implicado na Monografia. Os resultados obtidos foram analisados a partir das noções de autoria, texto, discurso, comunidades e práticas discursivas, e condições de produção (de escrita). No trabalho analisado, encontrou-se uma predominância do racionalismo clássico no processo de racionalização/interpretação do estudante, fruto da emergência do pré-construído nas formações discursivas dominantes. Encontrou-se também o fenômeno de dispersão teórico-epistemológica dos sujeitos. A teorização por repetição e por citação são os processos determinantes e estão ligados à ideia de formação como treinamento.

O Capítulo VII revisita a história do ensino de Física no Ensino Médio, no Brasil. Em particular, relata-se criticamente o debate entre duas tendências ou abordagens ao ensino de Física: uma que se propunha formar jovens cientistas e outra que se propunha inserir o jovem em sua contemporaneidade, dando-lhe ferramentas conceituais





e práticas para compreender o mundo. Alguns projetos de grande vulto, a exemplo do PSSC e do GREF são postos em contraste e analisados a partir de posicionamentos de eminentes cientistas como Jayme Tiomno e José Leite Lopes. O debate entre uma abordagem relacionada à “ciência do cotidiano” e abordagem pautada em memorização para um vestibular marca a análise apresentada no texto e conclui assinalando a importância de um movimento internacional em favor da abordagem Ciência do Cotidiano, retomada no Brasil em 1985 com o projeto GREF.

O Capítulo VIII discute os debates acerca das abordagens didáticas referentes à educação de surdos no contexto da inclusão em algumas escolas públicas. A discussão se pauta em posturas metodológicas tomadas em sala de aula que partiram da observação do autor em uma longa e significativa convivência com alunos surdos e a partir do diálogo com alguns estudos publicados no Brasil. O texto dirige-se especialmente aos professores e educadores de Ciências Naturais, particularmente a Física. As reflexões e sugestões circunscrevem sujeitos não alfabetizados em língua portuguesa, imersos em uma cultura da comunidade de usuários da Língua Brasileira de Sinais (LIBRAS). Pretende-se também levar informações básicas e esclarecedoras ao professor que ainda não tem muita familiaridade com as particularidades do mundo da surdez. Para tanto, discute-se as razões de se pensar uma abordagem didática especial baseada nas relações de significação que emergem do contato com a cultura surda, apresentando-se brevemente o que se entende por cultura surda e parte do contexto de onde ela emerge.

O Capítulo IX apresenta um diagnóstico do Estágio Supervisionado na UEFS, pondo em relevo as relações institucionais e as práticas concretas de estágio, tanto na literatura quanto no bacharelado. As questões expostas por esse diagnóstico são discutidas e analisadas desde as bases legais que regulam o estágio curricular obrigatório no país, observadas as especificidades da licenciatura e do bacharelado.

O Capítulo X apresenta uma discussão sobre o papel do Ensino de Física na Educação do Campo e aponta para possibilidades de intervenção a partir de experiências de formação no Ensino de Astronomia. Diferentes concepções de educação e distintas abordagens dos processos formativos de camponeses são postas em contraste. Como referenciais teóricos para as atividades pedagógicas, adota-se a Pedagogia da Terra e a Pedagogia da Alternância.

O Capítulo XI trata do Ensino de Astronomia tanto como atividade formal quanto atividade de extensão. A importância da Astronomia na compreensão de conceitos físicos e na motivação para o processo ensino-aprendizagem em Física são apresentados e discutidos. A avaliação dessa aprendizagem está referenciada nos modelos mentais e na utilização de mapas conceituais. O capítulo se encerra trazendo uma análise de atividades de práticas de ensino de astronomia em campo.





O Capítulo XII discute os desafios ao Ensino de Física em diferentes níveis de escolaridade, objetivando a aprendizagem significativa. Para além das propostas curriculares formalistas, traz-se nesse trabalho uma justificativa da utilização de espaços não formais para possibilitar uma maneira interativa de divulgar, popularizar, produzir conhecimentos e de discutir a Física de forma tal que seja mais interessante e atraente. O teatro é utilizado como uma forma de despertar o interesse por temas científicos e motivar os estudantes para o estudo de Física, por meio da interpretação de personagens importantes na História da Ciência, permitindo aos estudantes compreender certos fatos proeminentes que ocorreram na evolução do pensamento científico e da atividade científica.

São muitos os interesses de pesquisa, diferentes perspectivas, motivando uma grande variedade de práticas. Uma mostra da importância e da efervescência do Ensino de Física no semiárido baiano.

Julho de 2012

Álvaro Santos Alves
José Carlos O. de Jesus







Sumário

1 Apresentação	5
2 Uma visão interdisciplinar entre as ciências exatas e humanas: superando o conflito entre as duas culturas	
Roberto Leon Ponczek	13
3 Divulgação Científica e Natureza da Ciência	
Gustavo Rodrigues Rocha	27
4 Critérios para avaliar a qualidade dos livros de Física com enfoque na abordagem histórico- filosófica	
Fábio Luís Alves Pena	
Elder Sales Teixeira	39
5 As equações matemáticas no ensino e aprendizagem da Física: o ponto de vista de professores e estudantes	
Antonio Jorge S. dos Anjos	
Concesa Caballero	
Marco Antonio Moreira	59
6 Práticas formativas no Ensino de Física: a experiência do Projeto Física no Campus	
Álvaro Santos Alves	
José Carlos O. de Jesus	79
7 Formação Inicial Docente: uma análise a partir de monografias de conclusão de curso	
José Carlos O. de Jesus	
José Luís Michinel	
Teresinha Fróes Burnham	103





8 A Tendência Curricular “Ciência do Cotidiano” e os Primeiros Esforços na Renovação do Ensino Médio de Física.

Colbert São Paulo 119

9 - Reflexões Sobre o Ensino de Física a Alunos Surdos no Contexto da Educação Inclusiva: Propostas e Direcionamentos

Frederik Moreira dos Santos..... 133

10 - Estágio Supervisionado em Física na UEFS: uma reflexão a partir das bases legais

Jeová Lacerda Calhau..... 151

11 O Ensino de Física e a Educação do Campo: uma relação que precisa ser efetivada

Milton Souza Ribeiro Miltão

Carla Suely Correia Santana

Ana Lúcia Vilaronga Barreto

Geny Kelly Ramos Cardoso..... 167

12 - Ensino de Astronomia: motivação para se compreender a Física

Milton Souza Ribeiro Miltão

Tamila Marques Silveira

Antonio Vieira de Andrade Neto

Rainer Karl Madejsky..... 197

13 Ensino de Física em Espaços Não Formais: relatos de experiências com Teatro e visitas a pontos turísticos

Juan Alberto L. Cruz

Milton S. R. Miltão

Tamila M. Silveira

Vanessa Santos Teles da Silva

Antônio V. de Andrade Neto 213

14 Sobre os autores 235





Capítulo 2

Uma visão interdisciplinar entre as ciências exatas e humanas: superando o conflito entre as duas culturas

Roberto Leon Ponczek¹

Constatei pelo meu longo périplo de quatro décadas por várias universidades, congressos, encontros, simpósios de Filosofia, Educação e Física, que filósofos, educadores e cientistas das áreas humanas, desconhecem as Ciências Exatas na mesma proporção que os cientistas exatos desconhecem as Ciências Humanas. Os “cientistas humanos” alegam que as Ciências Exatas enveredaram por técnicas e matemáticas muito especializadas tornando-as de difícil compreensão para quem não tiver um longo adestramento nos métodos matemáticos e experimentais utilizados. Com poucas e honrosas exceções, não conhecem os recursos matemáticos necessários para uma descrição quantitativa. Já os “duros”, ainda mais limitados, alegam que a Filosofia, as Ciências Humanas e a cultura em geral, pouca utilidade para eles terá. Alguns mais radicais chegam a dizer de alto e bom tom que “a Filosofia é pura perda de tempo”. Criou-se até um jargão para distinguir as Ciências da Natureza das Ciências Humanas: enquanto que as primeiras são chamadas de ciências “duras” as segundas seriam as ciências “moles”. Estabelece-se assim entre cientistas “duros” e “moles” uma espécie de duelo verbal entre surdos e mudos. Alguns o chamam de “guerra das ciências” ou “conflito de duas das culturas”. Tenho por objetivo mostrar que esse é um grande equívoco no qual todos estão equivocados.

¹ Professor Permanente do Doutorado Multiinstitucional Multidisciplinar em Difusão do Conhecimento (DMMDC- UFBA - UEFS – CIMATEC- UNEB –IFBA).





2.1 O conflito entre Einstein e Bergson envolvendo a questão do tempo

Um exemplo histórico envolvendo dois grandes pensadores dos quilates de Albert Einstein e Henri Bergson revela bem o divórcio que se estabeleceu entre as comunidades dos cientistas da natureza e das humanidades, ainda que nesta famosa polêmica nem um dos dois possa ser considerado um ignorante da disciplina do outro.

Einstein foi um estudioso de Filosofia, sendo um atento leitor de Spinoza e Hume e um crítico contumaz de Kant, enquanto que Bergson estudou a teoria da relatividade, sem, contudo jamais compreendê-la a fundo. A essência da teoria da relatividade especial (t.r.e) consiste em seus dois postulados: a) dois observadores em movimento relativo uniforme devem escrever as mesmas leis da física (conjuntamente leis do eletromagnetismo e da mecânica) e b) a velocidade da luz é a mesma para ambos. Como consequência eles estarão relacionados por transformações de coordenadas (espaço e tempo) chamadas de Lorentz, muito distintas das transformações de Galileo que relacionam as coordenadas de dois observadores na Física clássica. E finalmente como consequência das transformações de Lorentz, os dois observadores medirão tempos e comprimentos realmente distintos para um mesmo objeto observado: na t.r.e o que se ganhou com a invariância das leis se perdeu com a relatividade do espaço-tempo. Einstein sacrifica o absoluto do espaço e do tempo, para resgatá-lo nas leis da natureza.

Bergson por sua vez, considerava que a relatividade do tempo prevista pela teoria da relatividade era fictícia, pois apenas um sistema de referência mede o tempo real enquanto que outro, que se move em relação ao primeiro, mediria um tempo fictício, matematicamente calculado apenas para manter a velocidade da luz invariante. Segundo Bergson, este segundo tempo seria desprovido de uma realidade objetiva e seria apenas “o tempo que o primeiro calcula que o segundo mede”. Ele estava enganado, pois observadores que se movem relativamente medem tempos objetivamente distintos, através de relógios reais cujos ponteiros avançam com ritmos distintos, exatamente como previu Einstein. Se os dois observadores fossem gêmeos e um deles fizesse uma viagem, voltaria mais jovem que o que permaneceu.

A simultaneidade absoluta de dois eventos é outra quimera, desfeita pela teoria da relatividade especial. Um evento futuro para um dos observadores poderia já ter ocorrido para o outro, e Bergson jamais pôde aceitar essas conclusões contra-intuitivas da t.r.e., pois necessitava de um tempo absoluto e universal para justificar





um devir único em sua filosofia da Evolução Criadora². A teoria da relatividade destroça qualquer possibilidade de um devir, bem como de um “agora” universais. Einstein saiu-se vencedor desse famoso debate, mas, ao contrário da maioria dos físicos, não era um “duro”, pois tinha a seu favor um considerável conhecimento filosófico que certamente o ajudou a fundamentar as estranhas consequências de sua teoria, pouco entendidas em sua época até por pensadores do porte de Bergson.

No Brasil, e acredito que no mundo todo, a falta de comunicação entre as várias comunidades científicas dá-se em parte pela forma pontual, a - histórica e antifilosófica como são ensinadas e divulgadas as Ciências Exatas nas academias científicas. Os “duros”, em sua maioria, arrogantes, acham que qualquer pesquisa científica deve se submeter a um rigor metodológico do tipo positivista-indutivo que culmine com um verificacionismo numérico ou estatístico: só é ciência aquilo que pode ser inferido diretamente de fenômenos que podem se traduzir em números, e que depois sejam submetidos à indução para formulação de uma lei.

Tomando a Física, disciplina que leciono há quatro décadas como exemplo, vejamos o que nos ensinam algumas vulgatas do ensino desta disciplina, adotadas até hoje:

Tudo que sabemos do mundo físico e sobre os princípios que governam seu comportamento foi aprendido da observação dos fenômenos da natureza³

As leis da física são generalizações de observações e de resultados experimentais⁴.

As leis da física são generalizações de observações e de resultados experimentais. A física, como ciência natural, parte de dados experimentais (...)através de um processo indutivo, formular leis fenomenológicas, ou seja, obtidas diretamente dos fenômenos observados⁵.

Pressupostos metafísicos, concepções religiosas e crenças extra-científicas devem ser exorcizadas para o bem da ciência e a filosofia, bem como outras Ciências Humanas são para eles, irrelevantes senão até prejudiciais, pois só acrescentam um discurso metafórico onde as palavras são deslocadas de seus significados científicos.

² vide Bergson, Henri, *Correspondências, obras e outros escritos*, São Paulo, Abril Cultural, 1974. ou Vaughan, Michael, *Introduction: Henri Bergson's Creative Evolution*, ed. SubStance, 114 (Vol 36, n 3), 2007, p. 7-24

³ Sears, F. *Física I*, Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1983, p.3.

⁴ Tipler, P.A., *Física I*, Rio de Janeiro: Guanabara Dois, 1978, p.3.

⁵ Nussenzveig, H. M., *Curso de Física Básica*, São Paulo, Edgard Blücher, 1981, p.5.



2.2 O conflito de Sokal & Bricmont e os pós-modernos.

Alan Sokal e Jean Bricmont⁶ são exemplos da postura contrária a uma intersecção entre as Ciências Humanas e da natureza, e segundo eles muitos cientistas das humanidades, notadamente os da corrente pós-moderna da filosofia francófona, se apropriam das Ciências Exatas de forma imprecisa para produzir nada mais que metáforas ou palavras vãs, senão simplesmente “delirantes”. Estes dois autores tentam mostrar (algumas vezes com razão, outras, com boa dose de implicância e até de preconceito), que sob um jargão pseudocientífico, acobertados por uma falsa erudição científica, além de uma retórica barroca plena de filigranas, “se esconde um rei completamente nu” ... Suas críticas são asperamente voltadas principalmente contra os psicanalistas Jacques Lacan e Felix Guattari, a crítica literária Julia Kristeva, a linguista belga Luce Irigaray, o urbanista Paul Virilio, e filósofos pós-modernos Bruno Latour, Jean Baudrillard, Gilles Deleuze, François Lyotard, dentre outros. Os autores alegam que eles se apropriam de uma falsa matemática e de um jargão pseudocientífico, para produzir uma poética filosófica que fala absolutamente nada sobre tudo, deslocando o sentido dos termos científicos a fim de produzir apenas metáforas que a belíssima língua francesa permite fazer.

Em alguns casos, especialmente de Lacan, Guattari, Deleuze e Irigaray devo reconhecer que seus discursos são de fato muitas vezes vazios de sentido matemático ou físico, parecendo textos escritos na areia na beira da praia: são apagados pela primeira onda que quebra. Como exemplo da crítica a Lacan, transcrevemos um trecho de 1972 do psicanalista francês no qual ele enuncia seu famoso teorema “não existe relação sexual” com suas “fórmulas de sexuação”:

Tudo pode ser sustentado para se desenvolver em torno daquilo que eu apresento sobre a correlação lógica de duas fórmulas matemáticas que, ao serem indicadas matematicamente $\forall x. \phi(\xi)$ e $\exists x. \phi(\xi)$ assim se enunciam: a primeira, $\forall x. \phi(x)$ (é satisfeito, o que pode ser traduzido por um V denotando valor de verdade. Isto, traduzido ao discurso analítico que é a prática de fazer sentido, “quer dizer” que todo sujeito como tal, porquanto aí reside o desafio desse discurso, se inscreve da relação na função fálica de modo a precaver-se da ausência do relacionamento sexual (sic!) (a prática de fazer sentido [sens], é justamente para se referir a esta ausência [ab sense]⁷).

Em seguida o comentário de Sokal & Bricmont

(...) ele se excede (se é que podemos usar essa palavra) no segundo tipo de abuso relacionado em nossa introdução: suas analogias entre psicanálise e matemática são as

⁶ Alan Sokal e Jean Bricmont, *Imposturas Intelectuais, o abuso da ciência pelos filósofos pós-modernos*: R.J., Eldorado, 1999.

⁷ Lacan J., citado por Sokal A., Bricmont J., op.cit., p.45.





mais arbitrárias que se possam imaginar, e delas não oferece absolutamente nenhuma justificação empírica ou conceitual (...) como ostentação de uma erudição superficial e manipulação de sentenças sem sentido, o texto acima citado seguramente fala por si só.⁸

A crítica a Deleuze & Guattari segue no mesmo tom: termos emprestados da Física e Matemática, sem quaisquer significados mais concretos:

Ora, a filosofia quer saber como manter as velocidades infinitas, ganhando, ao mesmo tempo, consistência dando ao virtual uma consistência própria. O crivo filosófico como plano de imanência que corta através do caos, seleciona infinitos movimentos do pensamento e é plena de conceitos formados como partículas consistentes deslocando-se tão rápido quanto o pensamento. A ciência aborda o caos de maneira inteiramente diferente, quase oposta: ela renuncia ao infinito, à velocidade infinita, para ganhar uma referência capaz de atualizar o virtual (...). No caso da ciência é como uma imagem congelada. É uma fantástica desaceleração e é por desaceleração que a matéria, bem como o pensamento científico capaz de penetrá-la por proposições, é atualizada. Uma função é um movimento em câmera lenta. Claro, a ciência não cessa de promover desacelerações, não só nas catálises, como também nos aceleradores de partículas e nas expansões que distanciam as galáxias (...) (Deleuze & Guattari 1991, p. 112-113)

Sokal & Bricmont comentam:

Estas passagens contêm pelo menos uma dúzia de termos científicos utilizados sem pé nem cabeça (sic!), e o discurso oscila entre o disparate (uma função é um movimento em câmera lenta) e a banalidade (a ciência não cessa de promover desacelerações (...)).⁹

Embora possa concordar que os discursos lacaniano e deleuziano pareçam estranhos para matemáticos e para nós físicos, (e o feminismo de Luce Irigaray, injustificável através da física) acredito, no entanto, que a crítica generalizada a vários outros pensadores, é muitas vezes mal-humorada, senão abertamente preconceituosa.

Além dos pós-modernos, Sokal & Bricmont criticam, de forma bastante radical, epistemólogos pesos-pesados do porte de Thomas Kuhn e Paul Feyerabend. Condenam em Kuhn o relativismo ou a incomensurabilidade com as quais o epistemólogo norte-americano acena para a possibilidade de se pensar a evolução das ciências, a partir de uma sociologia da ciência. Negam que o poder de persuasão, com a conseqüente conversão de um cientista a um novo paradigma, obedece a uma dinâmica próxima da conversão religiosa e, portanto, exorcizam a ideia de que as Ciências Exatas poderiam conter, na sua gênese, elementos fortemente humanísticos. Com relação a

⁸ id, ibidem, p. 46.

⁹ Sokal & Bricmont, op. cit., p.80.



Feyerabend são ainda mais ásperos, fazendo o famoso epistemólogo “do tudo vale na ciência” parecer uma espécie de *clown* anarquista.

Sokal & Bricmont parecem positivistas ortodoxos, para os quais existe um mundo externo factual, absolutamente neutro e apartado dos fenômenos socioculturais que envolvem a prática dos cientistas. Eles decretam uma espécie de apartheid separando as Ciências Exatas das Humanidades, como se as primeiras pairassem acima das limitações humanas, representando um mundo etéreo e angelical.

2.3 O conflito dos “duros” com a humanização da filosofia quântica.

Assim como Sokal & Bricmont o fizeram, é comum ver-se na academia os físicos criticarem asperamente quaisquer tentativas de se entender as relações humanas a partir de uma filosofia da ciência contemporânea. Tornou-se uma heresia condenável, senão pura impostura intelectual, comparar as indeterminações e complementaridades que habitam o mundo microscópico composto de átomos e elétrons com as que pontificam no comportamento humano ou nas relações sociais e intersubjetivas. Também é vedado a qualquer pensador humanista importar da filosofia relativística, que domina o cenário macroscópico das grandes massas e velocidades, os conceitos mais relevantes como de invariância das leis da natureza e do limite da velocidade da luz, que têm, como vimos, a dramática conseqüência da relatividade e a curvatura do espaço-tempo.

Os “duros” se baseiam em uma tríplice demarcação de territorial do espaço físico na qual cada teoria tem seu domínio restrito de validade:

Mundo microscópico (partículas subatômicas) \iff Teoria quântica
(complementaridade e indeterminação)

Mundo cotidiano mesoscópico \iff Teoria newtoniana (determinismo)

Mundo macroscópico (estrelas, galáxias) \iff Teoria da relatividade (espaços não-euclidianos, contrações e dilatações espaço-temporais)

Desta forma, segundo o raciocínio “duro”, como habitamos com nossos corpos o mundo mesoscópico dos objetos mezinhos do cotidiano (mesas, cadeiras, carros,





aviões, outros humanos e até a própria Terra), os nossos sentidos, bem como a experiência humana direta, encontram-se situadas em uma escala intermediária entre o mundo do muito pequeno e o do muito grande. Somos muito lentos, se comparados à luz, muito grandes, se comparados a um elétron, e muito pequenos, se comparados às estrelas. Pertencemos e experimentamos um mundo intermediário, mensurado pelo sistema métrico (kg, metro, segundo), que tem nítida referência ao corpo humano, pois que este raramente tem mais de 2,0 m em qualquer das suas dimensões espaciais, raramente ultrapassa 100 kg de massa e a pulsação cardíaca tem período da ordem de 1 seg., delimitando a região espaço-temporal com a qual estamos em interação imediata. Para o conhecimento de outras regiões, situadas em distintas escalas métricas, a experiência deve ser mediada por instrumentos de medida que nem sempre podem ser considerados extensões imediatas dos sentidos, pois podem produzir grandes perturbações em objetos de escala subatômica.

Desta forma, é vedado pensar que as atividades humanas possam ter referências tanto em relação à teoria quântica (objetos nanoscópicos) quanto em relação à teoria da relatividade (massas macroscópicas e velocidades próximas da luz), pois que estas só são relevantes em seus domínios.

Por exemplo, qualquer um que tente imaginar um princípio de indeterminação restando o comportamento humano será considerado pelos “duros” como um impostor, ou na melhor das hipóteses como ignorante. O primeiro grande erro dos “duros” consiste em pensar que esta demarcação territorial que, de fato, se aplica rigidamente aos objetos físicos mediados por interações de campos físicos (gravitacionais, eletromagnéticos, nucleares etc.) seja também verdadeira para as interações humanas, fortemente mediadas pela cultura, comunicação e linguagem.

Em parte, essas acusações podem ser consideradas procedentes, e em parte demasiadamente radicais, senão deliberadamente preconceituosas. De fato, a teoria quântica gerou uma profusão de livros de auto-ajuda com títulos sugestivos tais como “sociologia quântica”, “farmácia quântica”, “cura quântica”, “direito quântico”, além de filmes sensacionalistas do tipo “Quem somos nós” ou “*The turning point*”, peças de teatro e até coreografias, que são produtos de um modismo holístico e contracultural da “geração new age” pós hippie, resultantes, em sua maioria, de leituras apressadas ou romanceadas da complexa filosofia da teoria quântica. Predomina nessa literatura a falsa ideia de que a teoria quântica autoriza a se pensar que “a mente humana cria a realidade” e, portanto, “tudo podemos com o poder irrestrito de nossa mente”.

Entretanto, as críticas dos “duros” (como Sokal e Bricmont) aos humanistas ultrapassa em muito as fronteiras dessa precária literatura e filmografia “quânticas”, visando uma rígida demarcação de território com estabelecimento tácito de uma hierarquia acadêmica na qual os “duros” sejam a classe dominante da academia.





Deliberadamente ou não, eles não separam o joio do trigo, ou seja, a boa da má filosofia da ciência. É exatamente isso que é necessário perceber: *é possível estabelecer interfaces entre a fenomenologia que permeia o microscópico mundo subatômico com o mesoscópico mundo das relações humanas.*

Não defendo, entretanto, essas apressadas adaptações de moda, dando pano à manga a novas críticas, mas, sim, que se deve esquadrihar com muito cuidado o que é essencial da filosofia quântica, tentando desta essência, extrair-lhe uma fenomenologia generalizável a outras áreas de saber para além da física microscópica. Se, de um lado, é fato que a teoria quântica só dá resultados relevantes no mundo da microfísica, de outro lado, a sua filosofia abre-se a uma construção de mão dupla, entre o sujeito observador e o objeto observado (onde impera um limite intransponível de conhecimento sensível), que é muito próxima de uma fenomenologia filosófica. De forma análoga, a teoria da relatividade só produz resultados distintos da Física newtoniana no limite das grandes velocidades e massas estelares, e nem por isso sua filosofia, (que tem como essência a invariância das leis da natureza, bem como o limite de propagação dos processos causais, através de sinais luminosos) deixa de formar o núcleo duro de um novo paradigma, onde impera a desconstrução do espaço-tempo absoluto e o estabelecimento da unidade da ciência.

Portanto, o argumento principal dos “duros” contra generalizações humanísticas das teorias quântica e relativística é fundamentalmente falso. Embora essas duas teorias tenham um domínio de relevância centrados respectivamente no mundo micro e macroscópico, suas filosofias se abrem a preciosas reflexões que se aplicam a muitas outras áreas de conhecimento. Da mesma forma que, a partir do sec. XVIII, o triunfante paradigma newtoniano-laplaceano foi generalizado a ponto de ser aplicado às Ciências Humanas, servindo até de sustentáculo filosófico para o Iluminismo¹⁰, a filosofia da teoria quântica pode se abrir para interpretações relevantes nas Ciências Humanas, especialmente quando estas lidam com relações intersubjetivas, que envolvam questões de construção, difusão, aprendizagem e avaliação de conhecimento, isto é Educação.

Mara Beller, física, filósofa e historiadora russo-israelense, considerada uma das maiores experts em filosofia e história da teoria quântica (TQ), questiona Sokal, no famoso artigo *The Sokal Hoax: At Whom Are We Laughing? (A farsa de Sokal: de quem nós estamos rindo?)*¹¹, mostrando claramente que os fundadores da teoria quântica moderna, pertencentes à chamada Escola de Copenhague tais como Niels

¹⁰ vide Voltaire, *Elementos da Filosofia de Newton*, trad. M.G.S. do Nascimento, Campinas: Unicamp, 1996. e WESTFALL, R. S. *A vida de Isaac Newton*. Tradução V. Ribeiro. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1995.

¹¹ Beller, M., *The Sokal Hoax: At Whom Are We Laughing?* *Physics Today*, vol 51-8, p. 29, 1991.

