

MATERIAIS E MÉTODOS

revista de ensino de física vol. 7 nº 1 jun/1985

A EVOLUÇÃO DOS LIVROS-TEXTOS DE FÍSICA MODERNA*

RICARDO A. SCARICABAROZZI e JOSÉ M. GONÇALVES VIANA

Departamento de Física, UFPb, Campina Grande

1. INTRODUÇÃO

Como indicado pelo título, é nossa intenção dizer alguma coisa sobre a evolução das características dos textos de física moderna.

Esse "gênero" surge na primeira metade da década de trinta quando foram publicadas, entre outras, algumas obras (depois frequentemente reeditadas) hoje consideradas como clássicas⁽¹⁾⁽²⁾.

O campo abordado por esses livros foi, com o decorrer do tempo, delimitando-se de forma mais precisa (Figura 1). Por um lado, diferencia-se dos textos de física clássica (elementares (introduções) ou superiores (mecânica ou teoria de campos)), por outro, dos livros de divulgação e, ainda, dos livros superiores que tratam das novas teorias (mecânica quântica, estatística, etc.). Mas, mesmo no interior deste terreno, ocorrem modificações consideráveis, como se mostrará posteriormente.

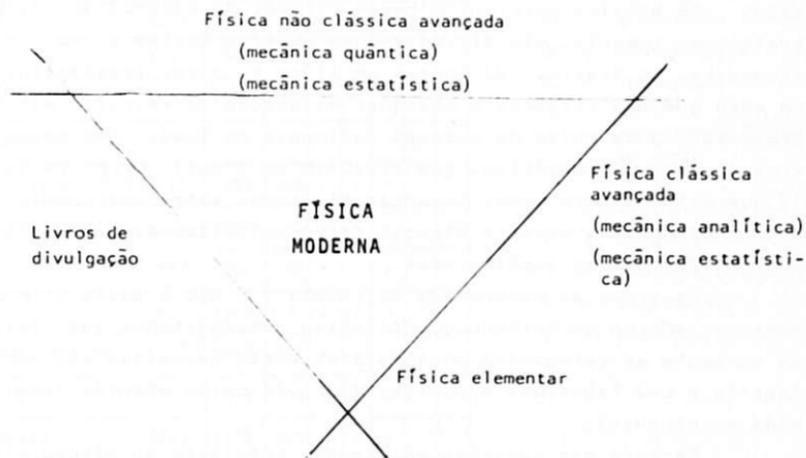


Figura 1 - Delimitação dos livros de "física moderna".

*Este trabalho tem o apoio do NENPPO - Núcleo de Ensino e Pesquisa em Política Tecnológica e Científica da UFPb.

Afastemos, para começar, um possível erro: esta evolução tem pouco a ver com os avanços da pesquisa. Quando nossa história começa, os conhecimentos que esses textos queriam transmitir eram quase completos e bem organizados (só algumas aplicações como a física do sólido recebiam apertes de importância especial). Basta ler o livro de Ruark Urey⁽¹⁾ ou a quântica de Condon e Morse⁽³⁾ para se convencer disto. Não são os conhecimentos a transmitir nem o seu enfoque pedagógico, senão a valorização que vai lhes dar a sociedade e o seu uso, o que vai variar. Isto soa abstrato e dogmático, mas esperamos que mais adiante possa ser melhor entendido.

Assinalamos desde o início que neste trabalho, assim como no dedicado aos textos elementares⁽⁴⁾, (o que nos interessa prioritariamente) é a atitude com respeito ao método da ciência. Em (4) era possível penetrar na questão relevando um só elemento: a forma de introduzir o conceito de carga elétrica tanto a nível fenomenológico como microfísico. Aqui as coisas são mais complicadas, pois são analisados seis aspectos de cada texto. É importante observar, porém, que, salvo na caracterização do público, a resposta às questões é bipolar, o que facilita o manuseio dos dados.

2. O UNIVERSO (CONSIDERAÇÕES DE MÉTODO, QUESTÕES RELEVANTES)

A semelhança do que foi feito anteriormente⁽⁴⁾, não adotamos nenhum critério especial para construir a amostra dos livros analisados. De maneira geral escolhemos títulos de autores de países centrais que, todavia, são difundidos na América Latina e, mais especificamente, no Brasil. Há apenas um livro de autor brasileiro, número este que não responde a qualquer exigência de critério mas é representativo da falta de autores nacionais no tema. Uns poucos livros de autores soviéticos que circulam no Brasil foram excluídos, já que mais adiante vamos levantar hipóteses sobre correlações entre o conteúdo destas obras e algumas características econômicas e ideológicas dos países capitalistas.

Reunimos as observações na Tabela 1. Não é nossa intenção, no momento, adotar um enfoque quantitativo. Acreditamos que, levando-se em conta as categorias consideradas nesta pesquisa, tal abordagem levaria a uma laboriosa exposição do óbvio ou ao absurdo (uma opção nada empolgante).

Nenhuma das questões analisadas refere-se ao método científico. Poucos textos falam dele explicitamente. Achamos, porém, que as questões levantadas fornecem elementos a esse respeito.

Essas questões são as seguintes:

TÍTULO	ANO	QUESTÕES						
		2	3	4	5	6	7	
RICHTMAYER et al (47)	1928	*	+	+	+	-	+	
RUARK UREY (1)	1930	*	+	+	+	+	+	
JAUNEY (5)	1932	*	+	+	-	+	+	
MILLIKAN (6)	1934	*	+	+	-	+	+	
BORN (2)	1935	C4	-	+	-	+	+	
SEMAT (7)	1939	A14	-	+	-	+	+	
CASTELFRANCHI (8)	1945	*	+	+	-	+	-	
BLACKWOOD et al (9)	1947	A35	+	+	-	+	+	
HULL (10)	1949	*	-	+	-	+	+	
VAN NAME (11)	1952	*	-	+	-	+	+	
RIDENOUR (12)	1954	C4	-	-	-	+	-	
SLATER (13)	1955	*	+	+	-	+	+	
E. de ANDRADE (14)	1956	*	+	+	-	+	-	
SPROULL e PHILLIPS (15)	1956	A14	-	+	+	-	-	
LEIGHTON (16)	1959	A14	-	-	+	-	-	
FRENCH (17)	1959	*	-	+	-	-	+	
LEITE LOPES (18)	1959	A12 C1	-	+	+	-	-	
EISBERG (20)	1961	A1 C4	-	+	+	-	+	
BUSH (19)	1962	C4	-	+	-	+	-	
KERWIN (48)	1963	A4	-	+	-	-	-	
FEYNMAN et al (49)	1963	A1	-	-	+	-	-	
CHRISTIE e PYTTE (21)	1965	A14	-	+	-	-	-	
OLDENBERG (22)	1966	A4	-	+	-	-	+	
BERKELEY (50)	1967	A1	-	-	+	-	-	
BEISER (23)	1968	*	+	+	-	-	+	
ALLONSO e FINN (24)	1968	A14	-	-	+	-	-	
McGERVEY (25)	1971	A14	-	+	+	-	+	
BLANPIED (26)	1971	A14	-	-	+	-	-	
FORD (27)	1974	A14	-	-	-	-	-	
KIM STREIT (28)	1978	A14	-	-	-	-	-	

As questões de 1 a 7 significam:

- 1 - ano da 1ª edição
- 2 - Público
- 3 - Público "não científico"
- 4 - Temas "limítrofes"
- 5 - Equação de Schroedinger
- 6 - Peso experimental
- 7 - Enfoque histórico

Os sinais + e - correspondem respectivamente a respostas afirmativas ou negativas aos itens-questões.

Para a questão 2 foi utilizada a seguinte convenção:

- | código | destinação |
|--------|-------------------------------------|
| A | - graduação |
| B | - pós-graduação |
| C | - formação profissional |
| * | - indefinição - <u>cam</u> po amplo |

- 1 - físicos
- 2 - químicos
- 3 - biólogos e médicos
- 4 - engenheiros
- 5 - outros

TABELA 1 - Tendências cronológicas dos livros-textos de Física Moderna.

- (1) Ano da primeira edição.
- (2) Público a que está destinado o livro
 - (2.a) nível: graduação, pós-graduação, capacitação de profissionais;
 - (2.b) campo profissional: físicos, químicos, engenheiros, biólogos, etc..
- (3) Intenção de atingir um público "não científico", ou seja, pretender atingir estudantes de outras áreas (não exatas), ou mesmo não estudantes ou autodidatas. Esse ítem poderia ser incluído no anterior mas, por razões que veremos depois, é de suficiente interesse para ser examinado à parte.
- (4) Presença de certos temas "limítrofes". Consideramos temas "limítrofes" aqueles que, mesmo subentendendo modelos microfísicos, não pressupõem para sua apresentação, ao menos a nível introdutório, o uso da mecânica quântica e, efetivamente, desenvolveram-se antes que esta. É o caso, por exemplo, da teoria cinética, das experiências sobre elétron (Millikan, Thompson), dos modelos atômicos, etc..
- (5) Papel atribuído à Equação de Schroedinger. Esse tema, como nos tratamentos quânticos, pode constituir-se numa ferramenta utilizada ao longo de toda a exposição ou ser apenas apresentado sem que se faça dele uso posterior.
- (6) Peso da exposição de temas experimentais.
- (7) Enfoque histórico ou ordenação cronológica.

3. RESULTADOS

Os resultados obtidos são apresentados na Tabela 1. Uma análise detalhada, com citações, etc. seria, sem dúvida, mais rica porém excessivamente longa.

Na medida em que os textos estão colocados por ordem cronológica da primeira edição, a posição dos sinais + e -, especificados na tabela, dá uma visão impressionista das tendências temporais que passaremos a discutir.

4. TENDÊNCIAS TEMPORAIS NOS RESULTADOS

4.1. PÚBLICO

As respostas ao ítem 2 mostram como a física vai se profissionalizando e até mesmo fechando-se. O público a quem é destinado

cada livro fica melhor caracterizado. Os cursos ou os textos dedicados à capacitação de profissionais tendem a diminuir. O número de livros pensados para a formação de físicos aumenta.

Mas, se relacionarmos essas conclusões com as do ítem 3, podemos concluir que a física, ao mesmo tempo em que se profissionaliza, perde irradiação. Esse é um aspecto que necessita maior discussão.

4.2. INTENÇÃO DE ATINGIR UM PÚBLICO "NÃO CIENTÍFICO"

Mesmo que alguns textos não contenham elementos suficientes para responder à questão 3, os resultados são suficientes para perceber que ocorre um decréscimo desse interesse.

Se os cursos para "liberal-arts" continuam existindo e sua problemática interessando a muitos professores, como se pode ver pelos artigos publicados no *American Journal of Physics*, esse interesse, no entanto, não parece ter a força suficiente para gerar novos textos.

Slater⁽¹³⁾ começa com um entusiasmo de missionário "Em todos estes campos os físicos são pioneiros... se os engenheiros do futuro querem dominar a sua profissão, devem também seguir os avanços da física moderna" ... "um estudo da natureza vital e confiável do pensamento em física não pode deixar de produzir um contraste resplandecente em relação ao pessimismo e à incerteza do pensamento em muitos outros campos. Física moderna é realmente um ramo da cultura liberal que deve ser de absorvente interesse para os estudiosos da história do pensamento e da civilização... escrevendo este livro eu tive em mente este grupo de estudiosos a quem desejo convocar".

Se a física tinha um interesse tão amplo, isto pode ser atribuído ao fato de a mesma ser mais do que uma ciência particular. Já na revolução científica do século XVII, o desenvolvimento da mecânica a converteu na ciência por excelência. A revolução do começo do século XX e logo as "conquistas" tecnológicas, como a bomba atômica e o desenvolvimento da astronáutica, a conservam nesta posição.

Em torno do fim da década de sessenta, o interesse pela física começa a declinar. Isto se traduz em orçamentos decrescentes e na migração de físicos para outros campos.

O fenômeno que discutimos é um pouco diferente. Não é uma declinação da física como tal, senão uma diminuição do interesse que gera em quem não é físico. Na medida em que a física era identificada como a ciência por excelência, esta situação transparece em uma perda de interesse pela ciência em geral. Tudo se passa como se a confiança sobre "a ciência" e o seu método, que influencia todo pen

samento ocidental desde o século XVII, fosse substituída por uma vontade de limitar-se a tirar os benefícios concretos que proporcionam cada ciência particular. Voltaremos ao tema.

4.3. PRESENÇA DE TEMAS "LIMÍTROFES"

A evolução mostra que esses temas vão desaparecendo dos livros analisados.

Tudo se passa como se estivéssemos na presença de um conflito de fronteiras: os textos de física moderna cedem um terreno que vai ser ocupado pela física clássica. A relatividade, a teoria cinética e boa parte da física atômica hoje pertencem a ela. É suficiente olhar algumas obras que tem no seu título a palavra "clássica" para convencer-se (29)(30)(31).

Mas nas décadas de trinta e quarenta as coisas se passavam numa forma diferente. Em livros como o de Bruhat, a física clássica chega só até as equações de Maxwell.

Temas como descargas em gases estão compreendidos sob o título de "bases experimentais da física moderna"⁽³²⁾. Aparentemente, procurava-se restringir o terreno clássico à região "segura" da física macroscópica. As teorias atômicas eram rejeitadas por alguns cientistas do fim do século XIX como G. Kirchhoff, W. Ostwald e P. Duhem⁽³³⁾. Mesmo aqueles que as aceitavam, acreditavam ser necessário tratá-las com considerações diferentes das usadas nos enfoques fenomenológicos. Esta posição se traduzia ao nível didático numa autonomia da "Física Moderna", com um conteúdo tal como o que possui o livro de M. Born.

Esta orientação é alterada em torno dos anos sessenta. O campo da física moderna se reduz aos mesmos limites da mecânica quântica e parte da relatividade, limitando-se a uma introdução elementar desta, semelhante à que os cursos de "Eletricidade e magnetismo" são para a "Teoria clássica de campos".

O terreno cedido não parece, todavia, bem ocupado por ninguém. Alguns autores parecem ter dúvidas sobre onde procurar os alicerces de sua exposição; "espera-se que o estudante tenha ao menos um pequeno contato com os fatos da física moderna, a teoria atômica da matéria, os espectros atômicos, radiação térmica, teoria cinética e outros temas, pelo menos a nível do segundo ano de um curso de física ou química"⁽¹⁶⁾.

Os temas citados figuram nos textos de introdução em forma ocasional e dispersa. Em artigo anterior⁽⁴⁾ analisamos, a esse respeito, como exemplo o caso do elétron. Mesmo os tratamentos mais ordenados parecem basear-se em idéias que já teriam sido previamente ad

quiridas (veja-se como exemplo Sears⁽³⁴⁾). Adquiridas onde? Linus Pauling nos dá a resposta: "qualquer menino sabe da existência de átomos e os aceita como parte de seu mundo, eles são desintegrados na bomba atômica, nas histórias em quadrinhos e até mesmo podem ser vistos frequentemente em anúncios"⁽³⁵⁾. Esse aspecto foi tratado também anteriormente⁽⁴⁾ quando se procurou mostrar como os modelos microfísicos apareciam nos textos elementares de forma didática, tentando tornar mais simples e cotidiana a exposição. Só que que nesta volta ao útero, perdem-se as considerações metodológicas que acompanhavam a introdução de conceitos não observáveis.

4.4. FUNÇÃO CENTRAL DA EQUAÇÃO DE SCHROEDINGER

Na medida em que os temas "limítrofes" vão sendo abandonados, e a parte experimental perde peso (vide mais adiante respostas ao item 6), resta mais lugar para desenvolver os tratamentos teóricos. Porém, centrar a exposição no emprego da equação de Schroedinger, não só necessita um background matemático que frequentemente os alunos não possuem, como significa invadir o terreno dos cursos de mecânica quântica. Daí, este é um passo que aparentemente muitos autores atuais têm hesitado em dar. Assim o deslocamento temporal das respostas afirmativas (+), nesse caso, é menos acentuado.

4.5. MÉTODOS EXPERIMENTAIS

Da mesma forma, à medida que os temas "limítrofes" vão desaparecendo, desaparece também a possibilidade de relacionar os modelos microfísicos aos fatos observáveis, e a exposição experimental perde peso. Mas os cursos de física moderna são geralmente considerados de física experimental, e por isso surgem livros de experiências de física moderna⁽³⁶⁾⁽³⁷⁾. Como se pode ver pela referência seguinte, nesses casos os objetivos não parecem exageradamente ambiciosos: "familiarizar o estudante com os métodos e processos de física experimental" ... "convencer o estudante de que o material do curso... pode realmente ser testado" ... "o treinamento profissional real dos estudantes que se tornarão físicos experimentais se fará durante seu trabalho de tese"^(36 p.VII).

4.6. ENFOQUE HISTÓRICO

Ao procurar-se de alguma forma, preencher o vazio entre as formulações quânticas ou relativísticas e a experiência, um enfoque histórico seria útil porque permitiria conhecer o fracasso das explicações que partiam do bom senso e olhar como as dificuldades ter

minam, bem ou mal, solucionadas por modelos aparentemente estranhos como os operadores, etc. Mas ao supor que o aluno vai achar natural aceitar que um impulso é um operador de derivação, a história da quântica se converte num tema de interesse só para historiadores.

Zemansky, numa listagem de concepções que ele entende como erradas, afirma⁽³⁸⁾:

"Concepção errada nº 4: A inclusão de quantidade significativa de história e filosofia nos cursos introdutórios é valiosa para o ensino da física. Não há dúvida de que a menção a fatos históricos ou a narração de anedotas históricas pode servir ocasionalmente como estímulo ou inspiração ao estudante de introdução à física, mas este material não deve ser confundido com a própria física.

Concordaria que estes temas podem ser usados para motivar e estimular a aprendizagem da física. Mas não só "tricks" podem servir a esse propósito. Se uma imagem de Marilyn Monroe pulando no ar, ou de um físico teórico tocando o tambor, ajuda a ensinar física, eu sou seguramente a favor dessas coisas". Mais adiante agradece condescendente que "o estudo cuidadoso da história das idéias em física pode ser valioso..., porém consome muito tempo".

É evidente que para Zemansky a história só serve para amenizar o ensino. Nesse caso, parece lógico preferir o retrato de Marilyn Monroe aos bem penteados buclês de Newton, que os livros de 29 grau de nosso tempo exibiam impressos em papel brilhante...

Mais equilibrada parece a seguinte afirmação de Mc Gervey⁽²⁵⁾ no prólogo de seu texto "frequentemente o enfoque histórico é usado para introduzir muitos temas. Mas tem sido feito um esforço para evitar o tratamento pseudo histórico que elimina as dificuldades, e onde de uma descoberta segue-se a outra num processo regular... em alguns casos enfoques errados são discutidos".

5. INTERPRETAÇÕES DAS TENDÊNCIAS

As tendências assinaladas no parágrafo anterior parecem apresentar um aspecto comum: a vontade de ganhar espaço para o desenvolvimento da mecânica quântica e suas aplicações (física do sólido, etc), renunciando a certos temas. Estes outros temas podem ser abandonados na medida em que considerações metodológicas ou de "rigor" na exposição são também abandonadas. Assim, é possível prescindir do que chamamos temas "limítrofes", com o que a introdução de conceitos microfísicos fica ao "deus dará" e suprimir exposições experimentais, com o que certos modelos ficam desvinculados de qualquer ligação fenomenológica. Além disso, renuncia-se a atingir um público

mais amplo significando que não se atribui mais à física o papel central que Slater (vide acima) atribua. E esta troca não se deve, possivelmente, à modéstia senão ao abandono da preocupação pelo método que dava à física e mais genericamente às ciências naturais, interesse universal. Reciprocamente, este desinteresse pelo método ou pelo "poder de convicção" facilita o abandono da exposição histórica. Daí julgarmos interessante aprofundar dois pontos: a posição em enfoque fenomenológico e enfoque microfísico e a função do método científico.

5.1. ENFOQUE FENOMENOLÓGICO x ENFOQUE MICROFÍSICO

Esta distinção, esquecida nos livros elementares, é simplesmente jogada fora nos livros de Física Moderna, na medida em que todo o tratamento fenomenológico desaparece.

Certas transformações na ciência e na filosofia podem, aparentemente, ligar-se com esta tendência. Como já se tem assinalado, a atitude de prevenção contra a hipótese atômica, forte no começo do século XX, vai desaparecendo com o avanço da física. Simultaneamente, o positivismo lógico enfraquece e nos últimos anos vem sendo fortalecida uma linha anti-empirista (Kuhn, Feyerabend). Esta atmosfera pode sem dúvida ter alguma relação com o desinteresse pelas exposições fenomenológicas relacionadas às aquisições da física moderna. Porém, não acreditamos que a explicação se localize neste aspecto (4).

Para começar, a maioria dos textos de física elementar tem um conteúdo alinhado com o positivismo lógico. Essa é, pelo menos, a opinião de Marquit (39) que nós consideramos, em princípio, acertada. Em segundo lugar, pode-se procurar inutilmente qualquer rasgo de crítica anti-empirista na literatura que estamos examinando; o desinteresse pela história da ciência é uma prova suplementar.

5.2. O MÉTODO DA CIÊNCIA

Martin Eger (40) formulou uma explicação sobre as variações de interesse quanto ao método científico, e, em geral, quanto aos problemas de fundamentos da ciência, onde é clara a influência de Kuhn. Esse interesse torna-se mais agudo nos momentos de crise. Em outras épocas "a ciência normal" prevalece; as posições críticas, as preocupações de amplo domínio diminuem e desvanecem-se no "background". Na medida em que a maioria conserva sua fé na validade essencial dos paradigmas predominantes, e estão mais interessados em descobrir do que em entender ou questionar seus fundamentos, aprender o paradigma permanece como a soma total da educação científica e nenhuma ou-

tra necessidade é abertamente reconhecida. M. Eger não é muito explícito sobre as características das crises. Afirma, por exemplo, que no século XX, em quase todas as ciências tornou-se um ponto de honra conservar a filosofia separada do "trabalho real". Em outro momento, afirma que a ênfase no método "pode ser interpretada como um retorno parcial à tradição dos séculos XVII e XVIII, quando essas questões eram centrais e na física mesma... à tradição da filosofia natural". Não parece classificar entre as situações excepcionais aquelas discussões que, provindas do século XIX, multiplicaram-se no século XX com a crise da física clássica. Mais interessante é que Eger considera o momento em que escreve o citado artigo (1972) como de crise.

Para ouvir uma opinião acerca desses "tempos normais" damos de novo a palavra a Zemansky que em sua lista de concepções erradas acrescenta: "concepção errada nº 5: é menos importante para o estudante conhecer os fatos da física do que o método científico. Bridgman disse certa vez que o povo que mais fala de método científico é o que não o usa. O cientista praticante está preocupado demais com a solução de problemas experimentais ou teóricos para pensar em método e não tem claro o que ele significa. É certo que não há um conjunto claro de regras que um físico segue no exercício de sua profissão... Tomemos, como exemplo, a afirmação de que quando o experimento não concorda com a teoria, a teoria é alterada ou abandonada... A última coisa que um físico vai abandonar é sua teoria. Outro exemplo provem da afirmação feita frequentemente por não físicos de que todo conceito deve ser definido rigorosamente antes de poder dizer algo com significado: nenhum físico vai permitir ser freído pela falta de uma definição correta"⁽³⁸⁾.

Como se vê, nos dois exemplos Zemansky confunde o contexto da descoberta com o contexto da justificativa; também é espantoso criticar o ensino do método científico com uma referência a Bridgman que acreditava que o "pensamento operacional" reformaria não só a "arte da conversão" senão todas as relações sociais⁽⁴¹⁾.

6. CONCLUSÕES

6.1. O NÍVEL IDEOLÓGICO-FILOSÓFICO

Parece chegado o momento de dizer alguma coisa sobre ideologia, ou se preferirem, sobre a filosofia implícita ou subjacente nos textos de física. Duas respostas parecem possíveis:

1) De acordo com o que dissemos aqui e anteriormente⁽⁴⁾, esses textos não se interessam pelos problemas de metodologia e em ge

ral pelas questões de fundamentos. Seria possível dizer, como Eger, que eles ensinam uma "ciência normal" e portanto só se detêm no paradigma e não nas questões de fundamentos; ou, numa forma bem mais vulgar como Zemansky, que os docentes e pesquisadores atarefados não têm tempo de averiguar o que é o método científico.

2) A outra alternativa é afirmar como Marquit "que o ponto de vista filosófico mais comumente encontrado nos textos usados nos Estados Unidos é o positivismo lógico e que mesmo os autores versados em filosofia da ciência não comunicam aos alunos o caráter controvertido de alguns tópicos e a existência de visões alternativas"⁽³⁹⁾.

Acreditamos que a verdade mistura elementos das duas análises. Se o positivismo lógico era a filosofia predominante, a partir dos anos cinquenta ela fica, cada vez mais, subjacente e inarticulada. A análise de Marquit percebe o positivismo lógico só na utilização de definições operacionais.

Assim, quando este autor fala em uma "tensão em vez na física uma procura de correlações fenomenológicas ao invés das propriedades essenciais da matéria", faz uma descrição que não corresponde à desajeitada análise da carga elétrica e do elétron já apresentada⁽⁴⁾.

O mesmo Marquit assinala um exemplo do texto de Tipler, onde o próprio método de definições operacionais a que o autor declara aderir é mal empregado. Outras referências dele fazem alusão aos casos onde as posições ficam implícitas, "os textos de física têm sempre um conteúdo filosófico, quer os autores sejam ou não conscientes dele", ou são ecléticas, "tem-se desenvolvido recentemente entre os filósofos da ciência uma marcada tendência em afastar-se do positivismo lógico até outras formas de empirismo e este deslocamento se registra nos livros recentes mas frequentemente numa maneira eclética". Mas Marquit não aprofunda essas questões.

Passemos a um nível mais geral; hoje as ciências naturais são culpadas não só por seus produtos nefastos (bombas, poluição; etc), como também pela atmosfera cultural que desenvolvem. É neste ponto onde confluem Marcuse, Munford, Habermas, etc. Marcuse, por exemplo, afirma "a ciência em virtude de seu próprio método e de seus conhecimentos, projetou e promoveu um universo no qual a dominação da natureza permanece vinculada à dominação do homem"⁽⁴²⁾. Certas análises enfatizam ainda o fato dessa ciência maldosa levar como acompanhante indispensável o positivismo lógico. A este nível as acusações principais são o reducionismo, a destruição da totalidade mediante uma análise insuperável, estímulo ao behaviorismo nas ciências humanas, etc. Não entraremos na polêmica mas assinalaremos um fato:

certas posições ligadas ao positivismo lógico, como a idéia de definições operacionais, são susceptíveis de evolução. Assim, as formulações simples de Bridgman foram modificadas através dos desenvolvimentos feitos por Carnap e Kemeny até constituir um sistema integrado, onde sentenças interpretativas e postulados se identificam e mesmo a velha diferença entre sentenças analíticas e sintéticas é questionada⁽⁴³⁾. Isto nos leva a adiantar um juízo de valor que não tentaremos provar: não são as práticas lógicas mais ou menos ligadas ao positivismo lógico, o que frequentemente tornam nocivas e reacionárias as conseqüências e as sugestões tomadas nas ciências exatas, senão a ausência de considerações metodológicas, discussões dos critérios de validade, de autocríticas, etc.

Desta ciência natural toda poderosa (para o bem ou para o mal) em suas conquistas, mas avarenta na revelação de seus métodos, nascem todos os mitos que passam a infectar as ciências humanas: o caráter mágico das observações, das estatísticas, dos computadores, etc.

Vale salientar que esta desconfiança em relação ao método da ciência aparece nos anos 60/70. Anteriormente só tinha se manifestado de forma ocasional, ligada a um romantismo reacionário. Outras críticas temiam as ciências por seus resultados, sobretudo quando explorados por capitalistas ou governantes poderosos. Assim, por exemplo, o herói de "O Admirável Mundo Novo" é Ford e não Einstein, e mesmo A. Huxley considera possível uma ciência e uma técnica a serviço do homem⁽⁴⁴⁾.

Mas a força predominante desde o século XVII é a fé na ciência, uma fé que compartilham, "inter alia", os "whigs" Jefferson e os radicais americanos, os positivistas brasileiros, quase todas as correntes do humanismo burguês e que é retomada pelo marxismo.

Esta ciência devia iluminar toda a vida do homem. Para Descartes, ela não existia para "resolver uma ou outra dificuldade de tipo escolástica, senão para que o entendimento humano, possa fazer sua escolha e sua vontade em todas as contingências de vida". Por outro lado, essa tarefa podia ser realizada na medida em que a ciência possuía um método pelo qual mesmo Descartes, e sobretudo Bacon, haviam se interessado. Constatando uma carência que era já um programa, este último afirma: "Mesmo os resultados até agora alcançados devem-se muito mais ao acaso, com efeito, (do que às ciências). Não constituem novos métodos de descoberta nem esquemas para novas operações"⁽⁴⁵⁾. Também um filósofo da ciência contemporâneo mostra uma fé parecida. Mario Bunge afirma⁽³³⁾: "Importantes transformações de visão e conduta tanto individual como coletiva podem ser esperadas

da ampla difusão de uma atitude científica - não da popularização de alguns resultados da pesquisa científica. A adoção universal de uma atitude científica pode tornar - nos mais sábios, mais cuidadosos ao receber informações ao aceitar crenças ou fazer prognósticos, tornar-nos mais severos ao testar nossas opiniões e mais tolerantes com as opiniões dos outros, mais empolgados em procurar novas possibilidades e prontos a rejeitar mitos consagrados, ... estimular-nos a procurar normas de conduta baseadas em conhecimentos disponíveis em lugar das que são baseadas no hábito ou autoridade, etc".

6.2. O NÍVEL ECONÔMICO-POLÍTICO

Recapitulemos: As considerações metodológicas desaparecem no ensino de física. Simultaneamente, a fê humanista na ciência, que era fundamentalmente uma fê em seu método, retrocede. A desconfiança ocupa o seu lugar, uma desconfiança que em certo momento se torna massiva. O que há por trás desse processo?

Em primeiro lugar um deslocamento na função da ciência. Nasceu fundamentalmente da filosofia natural, a ciência moderna, mesmo tendo efeitos tecnológicos, era parte da cultura em sentido restrito, ou seja, parte da superestrutura. Mas, à partir de fins do século XIX e especialmente depois da segunda guerra, a história mudou; a ciência se transforma numa força produtiva e a pesquisa numa atividade econômica planejada, como a produção ou as vendas. Isto rege tanto os laboratórios estatais quanto os privados; a pesquisa das empresas como das universidades trabalham sob contrato. Como um trabalhador mais inserido no capitalismo, o cientista vai ser um trabalhador parcelado. Dito em outros termos, necessitam-se especialistas em sólidos, partículas, etc ..., mas poucos físicos e praticamente nenhum homem com mentalidade científica. Ainda mais, o complexo militar-industrial que tem exigências muito especiais, pede a estes cientistas que desenvolvam armas que permitam matar a cada ser humano umas dez vezes, ou bem detectem ou cacem nas florestas todos os camponeses rebeldes. E se a formação científica desenvolve de fato nos homens as condições que prevê M. Bunge na citação acima transcrita, o conflito é inevitável.

Ainda, a ciência tem um papel novo a cumprir no capitalismo atual: assegurar a legitimação da tecnocracia. J. Habermas afirma: "A racionalidade da dominação se mede pela manutenção de um sistema que pode se dar à liberdade de promover um crescimento das forças produtivas ligadas ao processo técnico-científico como fundamento de sua legitimação"⁽⁴²⁾. E, novamente, a ciência mais adequada a este papel é uma ciência instrumental, parcelada, desprovida de ferramen

tas críticas.

Linhas mais acima lembramos que a função do pensamento influenciado pelas ciências naturais foi objeto de críticas. Basta lembrar o nome de alguns críticos (Marcuse, Mumford) para compreender que estas críticas se integram num processo muito mais geral de contestação da sociedade neo-capitalista que em fins da década de 60 e começo da de 70 se somou aos movimentos estudantis de quase todos os países centrais e alguns semi-industrializados. Mesmo na França e na Itália, a classe operária jogou um papel central no processo. Se relacionarmos estes fatos com a descrição sobre as novas funções econômicas e políticas da ciência, o quebra-cabeça fica resolvido. Lembremos ainda que a contestação chegou ao nível do ensino de Física nos Estados Unidos, como registra M. Eger no seu interessante artigo⁽⁴⁰⁾. Para canalizá-lo, organizou-se na City University of New York um curso onde se discutiam, essencialmente, os problemas da metodologia da física e a sua relação com a filosofia e a cultura da época. Não existe, porém, indício algum de que a contestação tenha promovido qualquer reforma ou discussão sobre o conteúdo dos livros-textos.

7. CONCLUSÕES PARA PAÍSES SUBDESENVOLVIDOS

Há uma objeção que desde o início pode ser levantada neste trabalho. Os textos analisados e a problemática discutida em torno deles estão localizados nos países centrais. Qual é o significado desta discussão para o Terceiro Mundo e mais especificamente para o Brasil?

Os textos são usados no Terceiro Mundo e, mais concretamente, no Nordeste brasileiro (foram consultados nas bibliotecas da Universidade da Paraíba (Campina Grande) e Universidade de Pernambuco).

Sobre seus efeitos podem levantar-se duas possibilidades extremas:

a) Que as circunstâncias que condicionaram o seu conteúdo nos países centrais existam também nos periféricos (ou ao menos em alguns deles); e que isso os tornam de algum modo funcionais (aqui funcional pode querer dizer que satisfaz às necessidades de interesses reacionários).

b) Que as citadas circunstâncias diferem completamente, então esses conteúdos não-funcionais, efeitos carentes de causa no contexto local, se convertem eles mesmos em causas cujos efeitos não podemos ainda detetar.

Há, sem dúvida, outras possibilidades mais complicadas. Por exemplo, de que os textos usados sofram algum processo implícito de filtragem. A detecção e o estudo desse processo, exigirá, naturalmente, informações sobre a difusão dos diversos textos.

Uma análise grosseira nos dirá, sem dúvida, que na medida em que os países do Terceiro Mundo são dependentes, a ciência não tem neles caráter de força produtiva. O outro aspecto assinalado função da ciência como legitimadora das tecnocracias (46) - alcança, ao contrário, uma importância relativa possivelmente maior, ao menos na América do Sul, já que as tecnocracias civis ou militares, em aliança com outras classes dominantes têm levado o processo de destruição das instituições democráticas muito mais adiante do que nos países centrais.

Este último parágrafo não passa, sem dúvida, de um catálogo de ignorâncias, mas temos alguma esperança de que os anteriores possam dar subsídio para algumas reflexões; por exemplo, saber se usamos fundamentalmente textos importados, estamos só introduzindo os avanços da ciência de países mais desenvolvidos do que nós, ou estamos também importando problemas e conflitos, um ítem onde não padecemos escassez.

REFERÊNCIAS

- (1) A. Ruark & H.C. Urey, "Atoms, Molecules, and Quanta", ed. McGraw-Hill, N. York, 1930.
- (2) M. Born, "Física Atômica", ed. Espasa Calpe, Buenos Aires, 1952.
- (3) E. Condon & Ph.M. Morse, "Quantum Mechanics", ed. McGraw-Hill, N. York, 1929.
- (4) R. Scaricabarozzi, "Microfísica, Macrofísica e Livros-Textos", Rev. Ens. Fís., Vol. 5, nº 1, pg. 3 (1983).
- (5) C.E. Jauney, "Modern Physics", ed. Van Nostrand, N. York, 1948.
- (6) R.A. Millikan, "Electrones (γ -), Protones, Fotonos, Neutrones y Rayos Cósmicos", ed. Espasa Calpe, Buenos Aires, 1952.
- (7) H. Semat, "Física Atômica y Nuclear", ed. Aguilar, Madrid, 1957.
- (8) C. Castelfranchi, "Física Moderna", ed. G. Gil, Madrid, 1945.
- (9) S. Blackwood et al, "Introdução à Física Moderna", ed. Globo, Porto Alegre, 1960.
- (10) G.F. Hull, "Elementary Modern Physics", McMillan, N. York, 1960.
- (11) F.W. Van Name, "Modern Physics", Prentice Hall, Englewood Cliffs, 1957.
- (12) L. Ridenour, "Modern Physics for the Engineer", ed. McGraw-Hill, N. York, 1954.

- (13) J.C. Slater, "Modern Physics", ed. McGraw-Hill, N. York, 1955.
- (14) E.N. da C. Andrade, "An Approach to Modern Physics", G. Bell and Sons, London, 1956.
- (15) R.L. Sproull & W.A. Phillips, "Modern Physics (The quantum physics of atom solids and nuclei)", Wiley, N. York, 1956.
- (16) R. Leighton, "Principles in Modern Physics", ed. McGraw-Hill, N. York, 1959.
- (17) A.P. French, "Principles in Modern Physics", Wiley, N. York, 1967.
- (18) J. Leite Lopes, "Introdução à Teoria Atômica da Matéria", ed. Ao Livro Técnico, Rio de Janeiro, 1959.
- (19) H.D. Bush, "Atomic and Nuclear Physics", Prentice Hall, Englewood Cliffs, N.J., 1962.
- (20) Eisberg, "Fundamental of Modern Physics", Wiley, N. York, 1965.
- (21) R.W. Christy & A. Pytte, "The Structure of Matter, an Introduction to Modern Physics", W.A. Benjamin, N. York, 1965.
- (22) O. Oldenberg & N. Rasmussen, "Modern Physics for Engineers", ed. McGraw-Hill, Tokyo, 1966.
- (23) A. Beiser, "Modern Physics, an Introductory Survey", Addison Wesley, Reading, Mass., 1968.
- (24) M. Alonso & E.J. Finn, "University Physics, tomo III, ed. Addison Wesley, Reading, Mass., 1968.
- (25) J. McGarvey, "Introduction to Modern Physics", Academic Press, N. York, 1971.
- (26) W.A. Blanpied, "Modern Physics (an introduction to mathematical language)", ed. Holt Reinhart, N. York, 1971.
- (27) K.W. Ford, "Classical and Modern Physics", ed. Wiley, N. York, 1974.
- (28) S.K. Kim & N. Strait, "Modern Physics for Scientists and Engineers", McMillan, N. York, 1978.
- (29) H. Goldstein, "Classical Mechanics", Addison Wesley, Reading, Mass., 1959.
- (30) W.K. Panofsky & M. Phillips, "Classical Electricity and Magnetism", Addison Wesley, Reading, Mass., 1955.
- (31) L. Landau & E. Lifschitz, "Classical Theory of Fields", Addison Wesley, Reading, Mass., 1960.
- (32) G. Bruhat, "Cours de Physique General, Électricité", ed. Masson, Paris, 1947.
- (33) M. Bunge, "Scientific Research", ed. Springer-Verlag, Berlin, 1967, Vol. 1, p. 422, 493.
- (34) F. Sears, "Física, Vol. II - Eletricidade", ed. Ao Livro Técnico, Rio de Janeiro, 1956, p. 1.

- (35) L. Pauling, "Química Geral", ed. Ao Livro Técnico, Rio de Janeiro, 1963, p. VII.
- (36) A.C. Melissinos, "Experiments in Modern Physics", Academic Press, N. York, 1966.
- (37) M. Mark & N.T. Olson, "Experiences in Modern Physics", McGraw-Hill, N. York, 1966.
- (38) M.W. Zemansky, "Introductory Courses in Physics Major Curricula", Am. J. Phys. 30, 163 (1962).
- (39) E. Marquit, "Philosophy of Physics in General Physics Courses", Am. J. Phys. 46(8), 784 (1978).
- (40) M. Eger, "Physics and Philosophy: a Problem for Education Today", Am. J. Phys. 40(3), 484 (1972).
- (41) P.W. Bridgman, "The Logic of Modern Physics", McMillan, N. York, 1927, p. 31.
- (42) B. Habermas, "Técnica e Ciência enquanto Ideologia", em "Os Pensadores", "Textos Escolhidos", ed. Abril, S. Paulo, 1980.
- (43) C.G. Hempel, "A Logical Appraisal of Operationism", em B.A. Brody (ed. "Readings in the Philosophy of Science"), Prentice Hall, Englewood Cliffs, N.J., 97.
- (44) A. Huxley, "Admirável Mundo Novo", Abril Cultural, São Paulo, 1980.
- (45) L. Bacon, "Novum Organum", ed. Abril, S. Paulo, 1973.
- (46) R.L. de Moraes Morel, "Ciência e Estado: a Política Científica no Brasil", ed. T.A. Queiroz, S. Paulo, 1979.
- (47) Richtmayer et al, "Introduction to Modern Physics", ed. McGraw-Hill, N. Delhi, 1978.
- (48) L. Kerwin, "Atomic Physics, an Introduction", Holt Reinhart Winston, N. York, 1963.
- (49) Feynman et al, "The Feynman Lectures in Physics", Addison Wesley, Reading, Mass., 1965, Vol. III.
- (50) Berkeley, "Curso de Física de Berkeley", ed. Edgar Blucher, Vol. III.