

# Uma proposta inovadora de ensino de física experimental no início do Século XX

(A novel proposal for teaching experimental physics in the beginning of the XXth Century)

Júlio Carlos Afonso<sup>1</sup>, Francisco Artur Braun Chaves

<sup>1</sup>*Departamento de Química Analítica, Instituto de Química,  
Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, Brasil*  
<sup>2</sup>*Departamento de Física da Matéria Condensada, Instituto de Física,  
Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, Brasil*

Recebido em 31/7/2014; Aceito em 13/10/2014; Publicado em 31/3/2015

Este trabalho analisa os três volumes da obra *Problemas Práticos de Physica Elementar*, de Heitor Lyra da Silva, editada entre 1916 e 1929, destinada a alunos dos então cursos regulares (primário e secundário) e profissional. Rompendo com os padrões de ensino da época, sua didática pretendia ser a mais simples e objetiva possível. O instrumental proposto foi concebido para que fosse acessível a todas as regiões do país. A metodologia de ensino é de aprendizado direto, por repetição e análise crítica dos resultados experimentais. A estrutura e a finalidade da obra se inseriam no contexto do chamado Movimento Renovador, consolidado na década de 1920, que visava uma educação individualizada que respeitasse as diferenças no desenvolvimento de cada estudante. No entanto, as ideias inovadoras da educação sob princípios liberais não conseguiram se impor às correntes conservadoras que dominavam o cenário educacional brasileiro, sendo a nova proposta didática relegada ao esquecimento.

**Palavras-chave:** ensino de física, física experimental.

This work analyses the book *Practical Problems of Elemental Physics*, written by Heitor Lyra da Silva and published between 1916 and 1929. It was written to students of the elementary and high schools, and technical courses. Unlike the current teaching methods, didactics intended to be as simple and objective as possible. The proposed instruments are of a basic conception and can be easily assembled by teachers and students anywhere in the country. The teaching method is direct learning, based on repetition of the experiments and a critical analysis of experimental data. The structure and the objective of the book show characteristics of the so called Renovation Movement, consolidated in the 1920s, whose objective was to establish an individual education, respecting the differences of the development of each student. However, the new educational ideas under liberal principles have failed to overcome the conservative currents that dominated the Brazilian educational scenario. This new didactic proposal was later abandoned.

**Keywords:** physics teaching, experimental physics.

## 1. Introdução

O inventário do acervo bibliográfico doado ao Museu da Química Professor Athos da Silveira Ramos (1906-2002), instalado no Instituto de Química da Universidade Federal do Rio de Janeiro, revelou uma coletânea de livros de ensino de física que pertenceram a Anníbal Cardoso Bittencourt (1900-1985), diretor da antiga Escola Nacional de Química da Universidade do Brasil (atual Escola de Química da Universidade Federal do Rio de Janeiro) entre 1951 e 1962, e professor da cadeira (disciplina) de física industrial (operações unitárias da

indústria). Dentre esses livros, notou-se que havia uma coleção que se diferenciava das demais obras pelo sua estrutura didática, essencialmente experimental e objetiva dirigida a aluno de qualquer condição social ou região do Brasil. Ao consultar o quadro docente dos Institutos de Física e de Química da Universidade Federal do Rio de Janeiro, ninguém desses institutos havia ouvido falar tanto da obra como de seu autor. Tal fato suscitou o nosso interesse nesta pesquisa.

Neste trabalho, apresentaremos inicialmente um resumo biográfico do autor para facilitar o entendimento de seu trabalho, colocando-o no seu contexto

<sup>1</sup>E-mail: [julio@iq.ufrj.br](mailto:julio@iq.ufrj.br).

histórico. Procuraremos indicar que seu trabalho não foi uma criação de um visionário completamente fora de seu tempo, mas alguém que estava inserido e participando da grande atividade criadora-renovadora da época. Usaremos as declarações documentadas de seus colegas, amigos e simpatizantes da Associação Brasileira de Educação, da qual o autor liderou sua fundação.

A seguir apresentaremos a sua obra, sua estrutura e metodologia, chamando a atenção para a atualidade de suas propostas. Neste ponto, procuraremos sugerir respostas à pergunta que o leitor com certeza já se fez: porque esta proposta que é tão atual ainda hoje não foi adiante, e porque as ideias de aprendizado que permitam ao estudante usar o conhecimento em outros contextos, não permearam a cultura educacional no Brasil daquela época.

## 2. A figura de Heitor Lyra da Silva

Heitor Lyra da Silva (1879-1926), nasceu no Rio de Janeiro, e iniciou sua educação no seio da própria família. Em 1890 ingressou no Ginásio Nacional, e seis anos depois tornou-se bacharel em Ciências e Letras [1]. Em 1907, o engenheiro e urbanista Aarão Leal de Carvalho Reis (1853-1935) convidou-o para ajudar no projeto de eletrificação da Estrada de Ferro Central do Brasil [2]. A serviço desse projeto, viajou à Europa no ano seguinte [3]. O projeto de eletrificação não vingou (em 1922 recebeu novo convite, também sem resultado prático), mas essa viagem à Europa foi muito importante para a formação de seu pensamento sobre educação pois o colocou em contato com as ideias em prática nas escolas daquele continente [3].

Formou-se na então Escola Politécnica do Rio de Janeiro (localizada no Largo de São Francisco de Paula, no centro da cidade) em Engenharia Civil em 1911 [1]. Logo depois, trabalhou nas oficinas de Jundiaí da Companhia Paulista de Vias Férreas. Mais tarde, foi diretor dos serviços elétricos da usina de Barra do Pirajá [2]. A partir de 1912, regeu por mais de dez anos a disciplina de resistência de materiais e estabilidade das construções do Curso de Arquitetura da Escola Nacional de Belas-Artes. Ainda no magistério, lecionou no Colégio Jacobina (1907-1926) e em outras instituições como a Escola Profissional Souza Aguiar [1].

Ele criticava a visão de que a instrução era apenas uma virtude natural do aluno. Para ele, uma instrução bem direcionada poderia transformar “cada indivíduo em fator social útil, de elevá-lo moralmente, de fornecer-lhe melhores elementos de conforto e felicidade [3, p. 168; 4, p. 65], “aperfeiçoar o meio/região onde se localizada a escola e a nação brasileira” [3, p. 168].

Provavelmente, a maior contribuição de Heitor à educação brasileira foi atuar decisivamente na fundação da Associação Brasileira de Educação (ABE), em 15 de outubro de 1924, no anfiteatro de física da Escola Politécnica da Universidade do Rio de Janeiro. Sob sua

liderança, um grupo de engenheiros, médicos, advogados, políticos e professores se propunham a desenvolver objetivos pedagógicos a fim de promover no Brasil a difusão da educação em todos os ramos e cooperar em todas as iniciativas que tendam, direta ou indiretamente, a esse objetivo. Para eles, a importância de uma reforma educacional, sem menosprezar outros problemas do país, era fundamental para a construção política do Brasil, pois a educação da população era fator e não resultado de reformas políticas [5,6].

Naquela época, Heitor Lyra da Silva era respeitado e considerado um grande educador nacional. O conjunto de aparelhagens para o ensino de física experimental que ele preparou (Fig. 1) mereceu prêmio na Exposição do Centenário da Independência (1922). Fernando Magalhães (1878-1944), médico e obstetra, em seu discurso em reunião da ABE em dezembro de 1926, cerca de um mês depois da morte de Heitor, afirmava [7]:

Não há ainda 2 anos, quatro sonhadores resolveram enfrentar a solução dos graves problemas do país em crise, pela educação nacional. (...) em pouco tempo, os quatro eram quatrocentos companheiros de uma empresa cheia de imprevistos e de alegrias. (...). A ideia de se fundar a Associação Brasileira de Educação, com um programa que é um apostolado, só podia brotar de uma alma cheia de esplendores. E porque a tenacidade sagrada de Heitor Lyra da Silva comandou o movimento de ressurreição cívica, cresceram os entusiasmos, e seguindo bonanzosamente, entre boas ideias e melhores esforços, a iniciativa venceu os limites de um desejo íntimo para tornar-se a energia de uma coletividade prestante. (...) Nós, Associação Brasileira de Educação, somos a criação de um criador predestinado, pelo seu feitio fomos plasmados, corre-nos pela estrutura a seiva de seu exemplo, enrija-nos a vontade a força de seus propósitos, vencemos o desânimo a robustez de sua crença [7, p. 15-16].

Heitor publicou duas obras didáticas: *Problemas Práticos de Física Elementar* (1ª edição, 1916), e *Geometria* (1923). Outros trabalhos de sua autoria são [7]: conferência sobre a oportunidade da introdução de manual de treinamento no ensino secundário do Brasil (1922); tese apresentada ao Congresso de Ensino no Centenário da Independência, sobre problemas do ensino (1922); texto sobre método de ensino e norma de exame de matemática, subsídio à Reforma do Ensino (1923); programa da Biblioteca de Educação Ativa (1924); discurso de inauguração (1926) e de encerramento (1926) de série de conferências no Curso Jacobina; discurso na inauguração da Escola Regional de Meriti (1923); programa de ABE (1924).

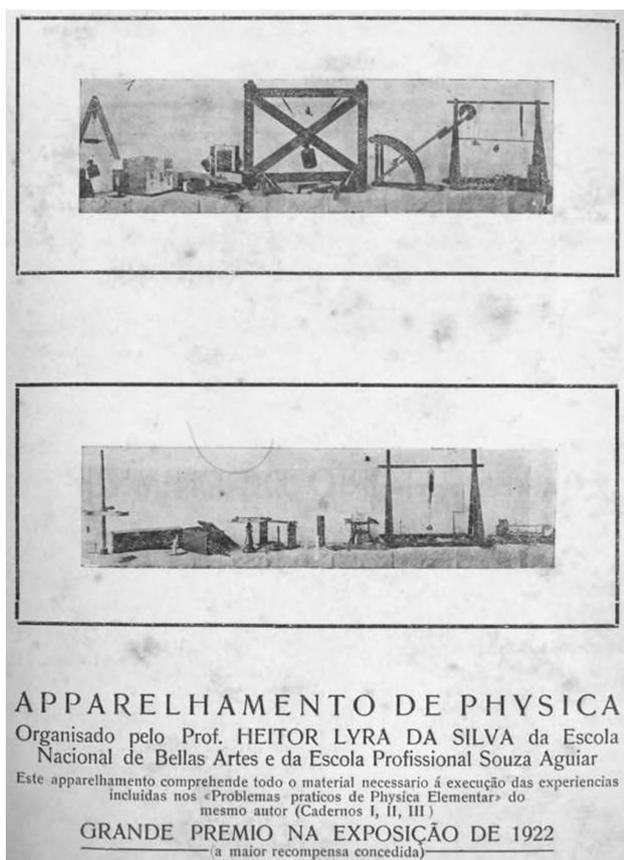


Figura 1 - Propaganda referente a um conjunto de instrumentos destinados ao ensino de física experimental, preparado por Heitor Lyra da Silva, e premiado na Exposição do Centenário da Independência de 1922 [12, p. 85].

### 3. Contexto em que se insere a obra

Historicamente, o Brasil mantinha uma longa tradição de pouco apreço por profissões técnicas, não somente por conta de raízes que remontavam à sociedade portuguesa colonizadora, mas também da presença do trabalho escravo (trabalho servil). Para a elite intelectual do século XIX trabalhos manuais, servis e técnicos eram considerados ocupações inferiores [8]. Naquela época o ensino no Brasil segundo Fernando de Azevedo (1894-1974), educador e sociólogo, “era quase exclusivamente literário, livresco e retórico” [8, p. 584; 9, p. 393], ou “de cultura científica pura” [8, p. 490; 9, p. 394], situação que não estimulava o desenvolvimento técnico ou científico [8,9]. Em termos de nível superior, havia pouco ensino prático (experimental) e, quando havia, era totalmente dirigido, sem uma liberdade criadora. Tratava-se de um ensino acadêmico e de memorização.

Em contraste a essa situação, na virada do Século XIX para o XX, havia um esforço de setores políticos e da elite intelectual e burguesa de promover no país o mesmo impulso de modernidade que já estava em curso na Europa e nos Estados Unidos [10]. A ideia era vei-

cular a imagem de um país tropical em modernização, com o concurso da ciência e da tecnologia [10].

As raízes da implementação do ensino experimental no então ensino secundário (atual ensino médio) brasileiro remontam ao final do século XIX. Mais especificamente, na física iniciou-se a utilização de experimentos de caráter demonstrativo, ou seja, para ilustração da teoria, onde apenas o professor manuseava os equipamentos sem a participação direta do aluno [11]. Esse quadro era uma reprodução do que se via no ensino superior.

No início do Século XX, o ensino experimental das ciências físicas “era uma louvável preocupação pela emergência de um senso natural que possibilitasse a formação básica de consciência científica e, em segunda instância, o incremento da física tendo em vista a perspectiva de industrialização (...) e o fortalecimento de uma tecnologia nacional que tirasse o país do subdesenvolvimento” [11, p. 59; 12, p. 5]. Nessa época, o pesamento positivista,<sup>2</sup> presente em grande parte da intelectualidade brasileira, buscava um ensino mais prático, objetivo e imediatista [8]. Apesar desse interesse em tornar o ensino de física mais experimental isso não se concretizou efetivamente principalmente “pela carência de recursos nas escolas, baixo nível do professorado, inexistência de faculdades de licenciatura, fiscalização deficiente (omissa ou cúmplice) e, sobretudo, pela mentalidade vigente de intelectuais orientadores de ensino que, formados na tradição escolástica, acadêmica e sem vida, se opunham a quaisquer transformações mais profundas no sistema de ensino” [11, p. 59].

Considerando-se a cidade em que Heitor Lyra da Silva nasceu e desenvolveu seu trabalho (Rio de Janeiro), símbolo das transformações por que passava o país no início do Século XX [10], após as reformas curriculares de 1896, 1904, 1911 e 1915, o ensino de física sempre se situava no 1º ano do curso geral de formação de engenheiros, bacharéis e técnicos da Escola Politécnica (atual Escola Politécnica da Universidade Federal do Rio de Janeiro). Esse ensino de física era um reflexo da situação vigente no país: era pouco objetivo e prático. Apesar de ter sido menos intensa em relação a outras instituições de ensino, a penetração do pensamento positivista na Escola Politécnica não conseguiu modificar a estrutura dos ensinamentos práticos de física [8] e de química [13] então ministrados.

Após a I Guerra Mundial iniciou-se um movimento político-social pela reforma da educação no país, baseado na crença segundo a qual a multiplicação das instituições escolares poderia incorporar amplas camadas da população ao desenvolvimento nacional, particularmente em atividades industriais. Considerava-se que a escolarização era a chave para a resolução dos problemas da nacionalidade. O “entusiasmo pela educação e o otimismo pedagógico” caracterizaram a década de

<sup>2</sup>O pensamento positivista defende a ideia de que somente pode-se afirmar que uma teoria é correta ou não se ela for avaliada através de métodos científicos válidos. Para os positivistas, o progresso da humanidade depende apenas dos avanços científicos [11, p. 55-56].

1920, difundindo-se a ideologia de que a escolarização constituía o motor do progresso brasileiro. É o chamado “Movimento Renovador”. Tratava-se de reestruturar os padrões de educação e cultura existentes, a começar com o combate ao analfabetismo, que atingia cerca de 80% da população, como indicava o recenseamento de 1920, além de repensar o papel do ensino secundário (atual médio), onde era necessário ressaltar “a formação científica, concebida como o meio mais eficaz de contribuir para o progresso cultural e econômico do país” [14, p. 101-124].

O “Movimento Renovador”, encabeçado por intelectuais e educadores, se consolidou na década de 1920. Nessa ocasião, formou-se em torno da figura de Heitor Lyra da Silva um numeroso grupo de intelectuais e profissionais do ensino, inicialmente com predominância de engenheiros vinculados à Escola Politécnica da Universidade do Rio de Janeiro (atual Escola Politécnica da UFRJ) e ao então existente Instituto Politécnico de Engenharia [6, 8, 14]. Todos eles buscavam aglutinar os esforços daqueles que acreditavam ser possível transformar o país pela educação. A institucionalização deste ideário se efetivou com a fundação da ABE. Com o apoio de outras entidades, notadamente a Academia Brasileira de Letras (ABL) e a Academia Brasileira de Ciências (ABC), a ABE realizou cursos, palestras e, especialmente, conferências nacionais. Além de promover a articulação política e os debates entre os educadores profissionais, as conferências elaboraram propostas que foram incorporadas, ainda durante a década de 1920, a políticas públicas colocadas em prática em alguns dos mais importantes estados da federação – São Paulo, Minas Gerais, Ceará, Bahia – e no Distrito Federal, focadas nas então escolas primárias e secundárias [6].

Um dos mais importantes frutos da ABE [14-17], por ocasião da IV Conferência Nacional de Educação, no Rio de Janeiro em 1932, foi a redação do Manifesto dos Pioneiros da Educação Nova, que defendia a criação de um sistema nacional de educação que correspondesse às necessidades do desenvolvimento econômico, sobretudo as geradas pelo setor industrial. Os renovadores propunham uma escola pública, gratuita, universal, laica, reconhecendo que a mesma deveria ser de responsabilidade do Estado, mas sem defender o monopólio estatal. Fundamentados na Psicologia, defendiam uma educação individualizada que respeitasse as diferenças no desenvolvimento de cada estudante. Redigido por Fernando de Azevedo, dada a repercussão alcançada nos meios educacionais e culturais da época, constituiu-se num acontecimento marcante na história da educação brasileira.

#### 4. Apresentação da obra

A obra *Problemas Práticos de Physica Elementar* foi adotada pela Diretoria Geral de Instrução Pública do Distrito Federal em 22/04/1916, e pela Secretaria Ge-

ral do Estado do Rio em 21/11/1923. Teve 4 edições: 1916, 1919, 1922 e 1929 (esta última póstuma, três anos após a morte do autor), e se compõe de três volumes [12, 18, 19].

A 3ª edição da obra era parte integrante da chamada Biblioteca de Educação Geral (BEG), enquanto que a 4ª edição fazia parte integrante de um projeto mais amplo, denominado Biblioteca de Educação Ativa (BEA, Fig. 2), voltada para o ensino nos segmentos primário, secundário e profissional, e ainda cursos de instrução de adultos. Além dos livros teóricos, cadernos de práticas experimentais compunham o conjunto dessa biblioteca.

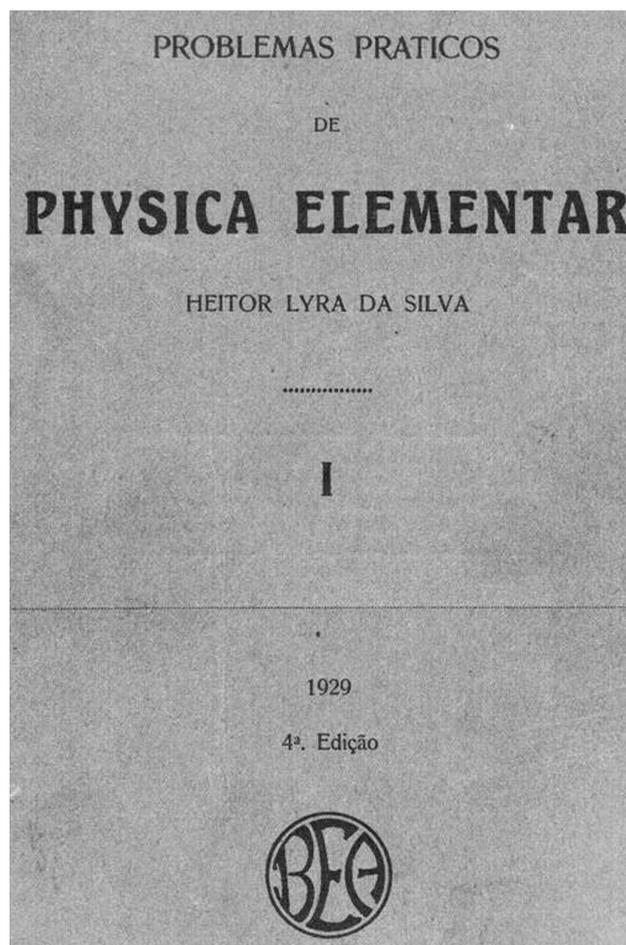


Figura 2 - Frontispício do volume I (edição de 1929) [12] de *Problemas Práticos de Physica Elementar*. Observa-se o símbolo da Biblioteca de Educação Ativa.

O texto introdutório, que aparece no volume I, de autoria de Agostinho de Campos (professor, jornalista e escritor português, 1870-1944), justificava a existência desta obra: “Todos os fatos e todos os esforços tendentes a desenvolver nos alunos das nossas escolas o espírito de observação e de experiência são outros tantos passos andados no bom caminho donde este país se encontra secularmente afastado. E esse afastamento explica muito sintomas da doença nacional (...) que vão desde a instrução excessivamente verbal até os er-

ros e as falhas da direção política” [12, p. 3]. Ao final, acrescenta-se um frase, provavelmente devida a Heitor Lyra da Silva: “Já é tempo de substituir no Brasil o ensino morto dos livros pelo ensino vivo das causas” [12, p. 8].

A obra passou por uma análise crítica de eminentes educadores e pensadores brasileiros daquele tempo e de diferentes estados: Afonso D’Escragolle Taunay (1876-1958, carta de São Paulo datada de 03/04/1916) [12, p. 9]; Aprígio Gonzaga (1882-1954, carta de São Paulo datada de 05/07/1918) [12, p. 9-10]; Arnaldo de Oliveira Barreto (1869-1925, carta do Rio de Janeiro datada de 13/03/1920) [12, p. 10]; Lysimaco Ferreira da Costa (1881-1943, carta de Curitiba datada de 27/06/1923) [12, p. 10-11]. Todos, em seus pareceres, elogiavam e destacavam a preocupação em fazer do ensino de física algo prático e acessível a todos os alunos, associando os fatos experimentais com a interpretação dos fenômenos associados.

No prefácio do volume II (edição de 1922), Rui Barbosa (1849-1923, diplomata, jurista, escritor, orador, filólogo) dizia:

“deve-se produzir no conhecimento das crianças o conhecimento não dos nomes das coisas, não do que se diz delas, mas dos fenômenos e obras da natureza, tais quais se revelam imediatamente aos olhos dos alunos, desenvolver as faculdades de observação, de assimilação, de invenção, de produção, formar o juízo, a independência de espírito (...) estabelecer o ensino experimental que fecunda os ‘órgãos do pensamento’, organizar a inteligência e não mobilizar a memória (...), eis o plano, o alvo da instrução científica (...)... na escola popular” [18, p. 3].

No volume III (edição de 1922), Afrânio Peixoto (1876-1947, médico, professor e historiador) dizia: “Aprende-se pouco lendo e menos ainda, ouvindo; só se aprende bem – aprender vem de apreender – só se aprende fazendo” [19, p. 3].

## 5. Estrutura da obra

A redação seguia os princípios estabelecidos nos títulos integrantes da Biblioteca de Educação Ativa: simplificar o conteúdo programático, dando a ele objetividade, usar de linguagem acessível ao aluno, focar a realidade nacional e do cotidiano deixando de se espelhar unicamente nas experiências do estrangeiro, privilegiar a indução sobre a dedução, privilegiar a interpretação dos fatos experimentais e não a memorização dos mesmos. Por isso, o método de ensino era denominado “método experimental e indutivo”. O autor desejava com isso que os alunos tivessem um conhecimento mais bem em-

basado e vivenciado, tendo melhores chances de qualidade de vida.

Cabe salientar que a 1ª edição desta obra já trazia consigo os elementos que norteariam toda a luta de Heitor por um novo paradigma de ensino no país (calculada no Movimento Renovador), vários anos antes da criação da ABE.

As aparelhagens são de concepção a mais simples possível, visando facilitar a aquisição dos mesmos, ou até mesmo a construção deles com materiais simples e de baixo custo em qualquer escola do território nacional, permitindo com isso a disseminação do conteúdo programático. Restringindo essas aparelhagens ao seu princípio, facilita-se a ministração do conteúdo de física a ser abordado. Segundo o autor, “o emprego de aparelhos de precisão que, na melhor hipótese, ele deve limitar-se a ‘ver’ manejar e cuja complexidade só servirá para mascarar aos seus olhos a singeleza com que deve compreender os fenômenos naturais” [12, p. 7]. Para cada segmento do ensino da época, os experimentos e as aparelhagens são programados para o nível de conhecimento que os alunos já dispunham e que podiam assimilar com aquelas práticas. O próprio Heitor elaborou um kit de aparelhagens para os experimentos descritos nos três volumes, conforme mostrado na Fig. 1.

A maioria dos experimentos foi concebida para um aluno, que por repetições dos mesmos, desenvolve a habilidade e a destreza em manipular os instrumentos, fazer as medidas necessárias, criticá-las, interpretá-las, refazê-las e dar a ele a convicção de que está dominando o experimento e o(s) fenômeno(s) associado(s). Não se trata, portanto, de simplesmente executar um procedimento pré-estabelecido e de apenas se preocupar com um resultado. A metodologia de ensino, portanto, é de aprendizado ativo [12].

O ambiente de laboratório é onde o aluno desenvolve habilidades específicas relacionadas ao manuseio de equipamentos, obtenção e análise de dados, verificando leis ou fenômenos, etc. O roteiro prático, estruturado e organizado, introduz ao método científico baseado na observação do fenômeno, para obtenção de dados a partir de um determinado arranjo experimental com análise desses dados e elaboração de conclusões. O aluno desenvolve uma sequência pré-estabelecida de instruções, em que cada passo é previamente planejado para permitir, no final, o estabelecimento de uma dada conclusão específica dentro do tempo disponível de aula [20-22].

As Tabelas 1 a 3 resumem o conteúdo programático da obra. Os experimentos possuem um título, seguido de quatro comandos: problema, material, instruções e perguntas. De uma a três figuras acompanham o texto do experimento. Talvez a principal característica desses volumes seja a amplitude de assuntos abordados em livros destinados a práticas experimentais. De acordo com os próprios organizadores da Biblioteca de

Educação Ativa, as obras pertencentes a ela “se contêm um uma novidade em relação ao nosso meio” [12, p. 5]. A consulta a livros de física usados no Brasil entre 1897 e 1925, mostra, de fato, que não se encontra em livros teóricos, uma abordagem prática como a verificada na obra sob análise. Contudo, deve-se citar que *Problemas Práticos de Physica Elementar* não tinha como objetivo substituir os livros teóricos, mas sim de servir como um “elemento a facilitar e estimular o esforço pessoal dos estudantes dessa matéria [física] nas escolas primárias, secundárias e profissionais” [12, p. 7]. Era, pois, um material de apoio ao ensino regular da disciplina.

Tabela 1 - Conteúdo programático do volume I de *Problemas Práticos de Physica Elementar* [12].

Assunto	Área da física	
1 – medida de um volume ocupado por um corpo sólido irregular	Propriedades gerais da matéria	
2 – impenetrabilidade		
3 – porosidade		
4 – compressibilidade e expansividade		
5 – peso específico de um sólido		
6 – peso específico de um líquido		
7 – pressão de líquidos sobre paredes sólidas (2 experimentos)	Hidrostática	
8 – equilíbrio entre líquidos imiscíveis e diferentes densidades		
9 – vasos comunicantes		
10 – corpos mergulhados (empuxo)		
11 – corpos mergulhados em líquidos de densidades diferentes		
12 – demonstração da pressão atmosférica (2 experimentos)		
13 – pressão do ar		
14 – propagação do calor (condução – sólidos)	Termologia	
15 – propagação do calor (convecção – líquidos)		
16 – propagação do calor (convecção – gases)		
17 – dilatação (sólidos)		
18 – dilatação (líquidos)		
19 – dilatação (gases)		
20 – mudança de estado físico (fusão e solidificação)		
21 – mudança de estado físico (evaporação)		
22 – mudança de estado físico (dissolução de soluto em água)		
23 – mudança de estado físico (destilação e condensação)		
24 – propagação da luz		Óptica
25 – formação de sombras		
26 – produção de som		Acústica
27 – transmissão do som		
28 – propriedades dos ímãs	Magnetismo	
29 – ação recíproca dos ímãs		
30 – eletricidade estática	Eletricidade	
31 – corrente elétrica		

O volume I [12], com 84 páginas, era destinado ao 1º ano do ensino profissional, ao último ano do segmento primário (equivalente ao atual 9º ano do ensino fundamental) ou o 1º ano do ensino secundário (atual 1º ano do ensino médio). Contém 33 experimentos destinados a um ano letivo (Tabela 1). Todos eles têm um caráter essencialmente qualitativo, em que a percepção das grandezas fundamentais da física e a descrição de fenômenos são as metas prioritárias. Um exemplo desses experimentos está na Fig. 3. Nesse particular, o volume I difere bastante dos demais, em que aspectos qualitativos são apenas introdutórios à abordagem quantitativa que se segue. Ao final dele, há uma tabela de pesos específicos (densidades) aproximados para diversos materiais (metais, não metais, líquidos orgânicos, materiais do cotidiano como leite, água, porcelana).

Tabela 2 - Conteúdo programático do volume II de *Problemas Práticos de Physica Elementar* [18].

Assunto	Área da física	
1 – forças paralelas (determinação da força resultante)	Estática	
2 – forças paralelas (força peso e normal)		
3 – alavanca (interfixa) – equilíbrio estático de uma barra horizontal e dois pesos		
4 – equilíbrio de uma barra horizontal e duas forças verticais e um dinamômetro		
5 – equilíbrio de uma barra (alavanca inter-resistente)	Alavanca (uma das máquinas fundamentais da física)	
6 – alavancas interfixa, inter-resistente e interpotente		
7 – tração e compressão	Forças	
8 – inércia		
9 – ação e reação		
10 – força centrífuga		
11 – empuxo	Hidrostática	
12 – peso específico		
13 – densidade		
14 – força ascensorial	Hidrostática	
15 – vasos comunicantes		
16 – pressão do ar		
17 – centro de gravidade	Estática, forças	
18 – estabilidade de corpos suspensos		
19 – estabilidade de corpos apoiados		
20 – corpos flutuantes	Hidrostática	
21 – medição de temperatura		
22 – congelamento da água	Termologia	
23 – ebulição da água		
24 – destilação da água		
25 – absorção de calor (condutividade dos corpos)		
26 – reflexão da luz		Óptica
27 – reflexão da luz		
28 – intensidade do som		Acústica
29 – linhas de força magnética		
30 – intensidade de corrente elétrica	Eletricidade	
31 – eletromagnetismo (eletroíma)		
32 – eletromagnetismo (campainha)	Eletromagnetismo	
33 – eletromagnetismo (telégrafo)		

Tabela 3 - Conteúdo programático do volume III de *Problemas Práticos de Physica Elementar* [18].

Assunto	Área da física
1 - forças concorrentes (determinação gráfica da resultante)	Forças
2 - forças concorrentes (decomposição da resultante em seus componentes)	
3 - forças concorrentes (decomposição pelo plano inclinado)	
4 - forças concorrentes (equilíbrio de um corpo rígido suspenso)	
5 - forças concorrentes (componentes de um corpo rígido suspenso)	
6 - elasticidade (deformação por flexão)	
7 - força de atrito	
8 - polias	Máquinas fundamentais da física
9 - moitões (roldanas)	
10 - plano inclinado	
11 - pêndulo (3 experiências)	
12 - capilaridade	Hidrostatica
13 - tensão superficial	
14 - princípio de Pascal (pressões de líquidos)	
15 - capacidade calorífica de líquidos	
16 - quantidade de calor trocada	Termologia
17 - capacidade calorífica de sólidos	
18 - calor latente de vaporização	
19 - calor latente de fusão	
20 - grau (intensidade) de eliminação	Óptica
21 - intensidade da luz	
22 - refração da luz (2 experiências)	
23 - distância focal de uma lente biconvexa	
24 - imagem de uma lente convexa	
25 - cores e sua formação	
26 - tubos sonoros	
27 - vibração das cordas	
28 - resistência elétrica	Eletricidade



Figura 3 - Exemplos de experimento do volume I [12, p. 34], mostrando uma abordagem qualitativa: os vasos comunicantes.

É interessante também citar que não havia uma preocupação em inter-relacionar a física e as demais ciências naturais (química, matemática, biologia, geociências). Ou seja, o estudo era fechado em si. Um exemplo (Tabela 1) é o experimento “mudança de estado físico (dissolução de soluto em água)”, em que aspectos relativos à natureza química do soluto e do solvente (expressos na famosa expressão “semelhante dissolve semelhante”) não são abordados.

A inserção do cotidiano em algumas abordagens dos experimentos visava mostrar ao aluno a importância do estudo daqueles experimentos para a vida diária das pessoas, como por exemplo: “por que os trilhos dos trens e dos bondes possuem um pequeno espaço entre eles?” (experimento de dilatação dos sólidos) [12, p. 52]; “por que recipientes com gases não devem ficar expostos ao sol?” (compressibilidade e expansividade) [12, p. 56].

A Tabela 2 esquematiza o conteúdo abordado no volume II (que contém 76 páginas) [18]. Como no volume I [12], existem 33 experimentos concebidos para um ano letivo de turmas de alunos do 2º ano do ensino secundário (ensino médio) e do então 2º ano do ensino profissional. A lista de dados ao final deste volume é mais diversificada: coeficientes de dilatação linear, pontos de fusão, pontos de ebulição.

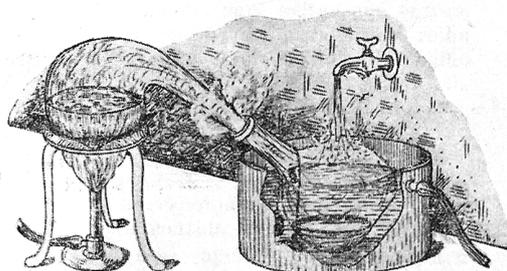
O volume II é bem mais elaborado na concepção dos experimentos que o volume I. Aparece em alguns casos a necessidade de aplicar fórmulas de leis e deduções teóricas para poder chegar a conclusões. O aspecto puramente qualitativo dava lugar agora a uma abordagem mais quantitativa. Mesmo quando não havia cálculos envolvidos, a interpretação do fenômeno físico era mais aprofundada do que no volume I. Essa conclusão advém da análise dos experimentos do mesmo assunto, como no caso da ebulição e destilação da água (volume II), da mudança de estado físico (destilação e condensação – volume I), dos vasos comunicantes e da pressão do ar. A Fig. 4 mostra um dos experimentos do volume II.

O volume III [19] contém 28 experimentos em 84 páginas (Tabela 3). Em termos de complexidade, ele se assemelha ao volume II [18]. Contudo, o concurso de conhecimentos das relações trigonométricas (apresentado no início do volume) é essencial para resolver problemas referentes a forças e máquinas fundamentais (polia, roldana, plano inclinado). No final, a lista de dados para a resolução de alguns problemas é mais numerosa: coeficientes de atrito, calor específico, calor latente, índices de refração e resistências elétricas. Na obra como um todo, observa-se uma gradação crescente de complexidade dos experimentos face ao ganho de conhecimento que os alunos adquirem ao longo dos anos escolares. A Fig. 5 mostra um exemplo de experimento do volume III.

## DISTILAÇÃO

**24** PROBLEMA — Estudar o processo de purificar a agua pelo calor.

MATERIAL — Tripé. Phosphoros. Bico de gaz ou lampada de alcool. Tela de amiantho. Retorta. Balão. Banheira ou vaso de folha. Tinta. Tubo de borracha.



INSTRUÇÕES — Disponha a aparelhagem como indica a figura, collocando a tela de amiantho sobre a chamma e pondo na retorta uma certa porção de agua com um pouco de tinta. Abra a torneira e accenda o bico de gaz. E' necessario collocar pesos, presos por um arame passado sobre o gargalo do balão, para obrigá-lo a ficar mergu-

lhado. Observe se o gargalo da retorta se conserva bem secco. Quando a agua da retorta estiver muito reduzida, apague a chamma e observe o que se acha no balão.

PERGUNTAS — 1.<sup>a</sup> Que phenomeno se produziu com a agua da retorta? — 2.<sup>a</sup> Que phenomeno se produziu com o vapor que chegou ao balão? — 3.<sup>a</sup> A agua que se acha no balão no fim da experiencia, é colorida ou limpida? — 4.<sup>a</sup> Sabendo-se que cada corpo tem uma temperatura determinada para a ebulição, como se póde, por meio da combinação de ebulição e de condensação, purificar a agua, separando-a de outros corpos que ella contenha em dissolução?

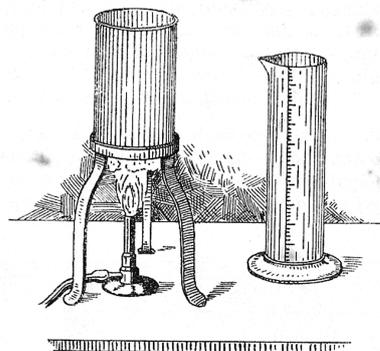
Figura 4 - Exemplo de experimento do volume II [18, p. 56] relativo à mudança de estado físico por meio de um procedimento mais elaborado que os experimentos do volume I.

## CALOR LATENTE

**20** PROBLEMA — Determinar a quantidade de calor consumido na vaporisação.

MATERIAL — Tripé. Têla. Bico de gaz ou lampada de alcool. Phosphoros. Vasilha de folha de ferro. Thermometro. Relogio de segundos.

INSTRUÇÕES — A experiencia deve ser feita por duas pessoas. Determine como no problema 17, o numero de calorías por segundo fornecidas pela chamma. Ponha na vasilha um certo peso de agua, 100 g. por ex. Aqueça essa agua determinando o momento exacto em que começa a ebulição (100°), agitando sempre o thermometro. Tome nota do tempo em minutos e segundos decorrido desde esse momento até aquelle em que o liquido desaparece totalmente.



PERGUNTAS — 1.<sup>a</sup> Qual o peso da agua com que se deve entrar no calculo do calor fornecido pela chamma, sabendo que a vasilha de folha de ferro pesa 100 g. ? — 2.<sup>a</sup> Que valor achou para o numero de calorías fornecidas pela chamma em cada segundo ? — 3.<sup>a</sup> Que se observa no thermometro ao attingir elle 100° ? — 4.<sup>a</sup> Qual foi o tempo observado do principio ao fim da vaporisação da agua ? — 5.<sup>a</sup> Por que se diz que o calor empregado para fazer a vaporisação é *latente* ou *oculto* ? — 6.<sup>a</sup> Sabendo que o calor latente de vaporisação da agua é 36 cal., calcule o tempo que deveria ser gasto para vaporisar 100 g. de agua. — 7.<sup>a</sup> Aponte causas para a discordancia entre a observação e o calculo.

Figura 5 - Experimento do volume III [19, p. 52] relativo a um experimento de determinação de calor latente de vaporização da água.

## 6. Metodologia e filosofia de ensino

O volume I contém as diretrizes essenciais para o bom aproveitamento do curso de física experimental [12, p. 13-14]:

- a) se possível, a aula prática precede a teórica sobre o determinado assunto da física – visando facilitar a consolidação do conteúdo programático abordado;
- b) os alunos executam os experimentos, sempre que possível em caráter individual; o professor (e/ou o monitor) devem ajudar em caso de acidente, enguiço ou inabilidade do aluno em manusear aparelhagens e instrumentos que nunca manejara antes;
- c) experiências demoradas ou que demandem manipulação de vários objetos podem ser feitas por grupos de 2 a 4 alunos. É desejável que o número de kits experimentais seja pelo menos a metade do número de alunos presentes;
- d) experiências de nível mais avançado devem ser demonstradas pelo professor antes de os alunos as realizarem;
- e) as turmas devem ter não mais de 16 alunos, mas o ideal é que sejam de 8 a 12. A partir de 12 alunos é recomendável a presença de um monitor para auxiliar o professor;
- f) o laboratório deve ser provido de gás, pias com água, cortinas para escurecer o local (no caso de experiências de óptica);
- g) as mesas ou bancadas de trabalho dos alunos devem ter dimensões mínimas de 0,8 x 1,0 m para o caso de 2 alunos;
- h) a duração da aula deve ser superior a 1 h. O tempo disponível deve ser compatível com a complexidade do experimento;
- i) o preenchimento dos relatórios segue um formato livre, orientado apenas quanto ao que se pede nos enunciados.

Em termos de objetivos a serem alcançados, o autor arrola os seguintes:

- a) desenvolver a iniciativa, aperfeiçoar a destreza e a habilidade manual dos alunos por meio de um trabalho prático;
- b) incultar neles a confiança na realidade dos fenômenos físicos e a imutabilidade das leis que os regem;
- c) despertar o gosto e a vocação de futuros especialistas e técnicos de que o progresso econômico do Brasil exige cada vez mais;
- d) incrementar a educação das classes populares.

Não há um estrutura específica para o local das práticas experimentais, sugerindo que qualquer ambiente, desde que dispusesse dos atributos básicos necessários, poderia servir como local para a realização dos experimentos.

O professor e, eventualmente, também o monitor, tem uma tarefa de primordial importância na metodologia de ensino: incentivar os alunos, a partir dos resultados, a evocar as leis da física para exprimir de

modo lógico e conclusivo as observações que acabou de fazer. “A boa vontade e a colaboração inteligente dos professores são indispensáveis para que se alcance o êxito que dela esperam os organizadores da Biblioteca de Educação Ativa” [18, p. 8]. O aluno preenche um relatório e o entrega ao professor ao final da aula experimental.

Uma das mais interessantes características dos conteúdos dos três volumes é que muitos dos experimentos listados são parecidos ou mesmo idênticos a muitos dos que são hoje propostos aos alunos em práticas de física experimental, encontrados em apostilas, em roteiros vistos na Internet ou mesmo em artigos [23-28]. As maiores diferenças estão nas aparelhagens usadas nos experimentos: o concurso do plástico e de outros materiais (como ligas metálicas), inexistentes no tempo de Heitor Lyra da Silva; o concurso da eletrônica, da computação e do sistema digital nos instrumentos atuais.

## 7. Considerações finais: por que a nova proposta didática não foi adiante?

As ideias de Heitor Lyra da Silva sobre o ensino de física a alunos do ensino fundamental e médio parecem ser bem diferentes dos padrões de ensino da época em que foram propostas. No entanto, devemos nos perguntar porque depois de quase 100 anos pouco se avançou na construção e no uso de laboratórios e/ou experiências nesses segmentos do ensino, pois já naquele tempo havia, como vimos, ideias consolidadas, métodos desenvolvidos e publicados, e o “como fazer” para equipamentos de laboratório.

Apesar da repercussão do Manifesto dos Pioneiros da Educação Nova, espelhada pela participação de intelectuais liberais na Assembleia Constituinte de 1933, e da inclusão de vários preceitos liberais no texto final da Constituição de 1934, a proposta de organização da educação nacional sob princípios liberais perdeu espaço para posições mais conservadoras. Os grupos que mantinham o controle da política nacional teceram severas críticas ao liberalismo, que estaria levando o país à desagregação política e propiciando práticas “desnacionalizantes” [29, p. 28]. O golpe do Estado Novo (1937) impôs uma nova Constituição, a qual conservava o princípio de atuação do Estado no desenvolvimento das artes, ciências e educação, e impunha medidas para massificação do ensino (sem espaço para uma educação individualizada). Ao mesmo tempo, explicitava a dualidade do sistema educacional: tanto ao manter alguns dos fundamentos ligados à distinção entre ensino popular e educação de elite, quanto ao atribuir à escola a função de preparar indivíduos para o exercício de determinados papéis sociais, tendo em vista suas “aptidões”, seu “talento”, seu “interesse pessoal” [30, p. 30].

Assim, as reformas do então ensino secundário (atual médio) feitas em 1937 por Francisco Campos (1891-1968), e no início da década de 1940 por Gustavo

Capanema (1900-1985), não romperam com a tradição de uma educação voltada à preparação das elites e setores da classe média para ingresso em cursos superiores que os preparasse para a liderança política e administrativa do país. O ensino secundário profissional continuava voltado aos contextos da economia industrial e do crescimento urbano enquanto superação das características arcaicas do início do Século XX [9, 10, 31]. A massa de trabalhadores formada para operação de máquinas industriais não necessitava de um senso crítico e de aprender a aprender. E as elites não necessitavam de formação com elementos que as preparassem para o questionamento do saber tradicional.

Essa situação da educação brasileira teve consequências práticas, como percebeu Richard P. Feynman (1918-1988, Prêmio Nobel de Física de 1965), em sua estada no Brasil (Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas, em 1951). Ele fez uma crítica ao método de aprendizado por meio da memorização mecânica em vez de usar o raciocínio, não capacitando o estudante para reproduzir experimentalmente o que aprendeu, mas simplesmente falar sobre isso:

Após muita investigação, eu finalmente percebi que os alunos haviam memorizado tudo, mas não sabiam o significado daquilo. Quando eles ouviam “a luz que é refletida por um meio com índice”, eles não sabiam que isso significava um material como a água. Eles não sabiam que “a direção da luz” é a direção na qual você vê alguma coisa quando você está olhando diretamente para ela, e assim por diante. Tudo era completamente memorizado, mas nada era traduzido em palavras com real significado [32, p. 82].

Os anos 1960 a 1980 instituíram práticas pedagógicas espelhadas em métodos de transmissão de conteúdos superficiais, fragmentados e descontextualizados, de formas de avaliação que objetivavam a reprodução dos saberes estabelecidos, sem espaço para o exercício de questionamentos, dúvidas e formação de uma consciência crítica. O ensino experimental de física (e das ciências em geral) ganhou impulso no Brasil na década de 1960 [28] na ausência de sistemas de ensino que contemplassem uma metodologia que favorecesse a reflexão e o questionamento pelo aluno sobre a realidade em que estava inserido e nela se situasse e intervisse [31].

## Referências

- [1] M.L. Fávero e J. Britto, *Dicionário de Educadores no Brasil* (Rio de Janeiro, UFRJ/MEC-INEP, 2002), 2ª ed.
- [2] A.C. Mignot, *Baú de Memórias, Bastidores de Histórias: O Legado Pioneiro de Armanda Álvaro Alberto* (EDUSF, Bragança Paulista, 2002) .
- [3] J.C.P. Santos, *Cuidando do Corpo e do Espírito num Sertão Próximo: A Experiência e o Exemplo da Escola Regional de Meriti (1921-1932)*. Dissertação de Mestrado Fundação Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, 2008.
- [4] P.N.G. Silva, *A Cultura Corporal Burguesa: Seu Contexto Histórico e suas Primeiras Sistematizações Pedagógicas*. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 1998.
- [5] M.M.C. Carvalho, *Molde Nacional e Fôrma Cívica: Higiene, Moral e Trabalho no Projeto da Associação Brasileira de Educação (1924-1932)*. (EDUSF, Bragança Paulista, 1998).
- [6] A.C.S. Abrantes e N. Azevedo, *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi, Ciências Humanas* **5**, 469 (2010).
- [7] C.A.B. Oliveira, *In Memoriam de Heitor Lira da Silva* (Associação Brasileira de Educação, Rio de Janeiro, 1972).
- [8] P.C.S. Telles, *História da engenharia no Brasil – Séculos XVI a XIX* (Clube de Engenharia, Rio de Janeiro, 1994), cap. X, XI e XIII, 2ª ed.
- [9] F. Azevedo, *A Cultura Brasileira: Introdução ao Estudo da Cultura no Brasil* (Edições Melhoramentos, São Paulo, 1964), 4ª ed.
- [10] B.M. Zeferino, *A INVENTIVA BRASILEIRA: Modernidade, Saúde e Ciência na Virada do Século XIX para o XX*. Dissertação de Mestrado, Fundação Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, 2007.
- [11] S. Klajn, *Física: A Vilã da Escola* (UFP, Passo Fundo, 2002).
- [12] H.L. Silva, *Problemas Práticos de Physica Elementar* (Biblioteca de Educação Ativa, Rio de Janeiro, 1929, 4ª ed.; Biblioteca de Educação Geral, Livraria Editora Leite Ribeiro, Rio de Janeiro, 1922, 3ª ed.; Livraria Editora Leite Ribeiro, Rio de Janeiro, 1919, 2ª ed.), v. I.
- [13] J.C. Afonso e N.P. dos Santos, *Instituto de Química da UFRJ – 50 anos* (Instituto de Química da UFRJ, Rio de Janeiro, 2009), cap. I e II.
- [14] J. Nagle, *Educação e Sociedade na Primeira República* (Editora Pedagógica e Universitária, São Paulo, 1974).
- [15] L. Xavier, in: M.C. Xavier (org) *Manifesto dos Pioneiros da Educação: Um Legado Educacional em Debate* (Editora da Fundação Getúlio Vargas, Rio de Janeiro, 2004), p. 21-38.
- [16] A. Paim, in: S. Schwartzman (org) *Universidades e Instituições Científicas no Rio de Janeiro* (CNPq, Brasília, 1982), p. 17-96.
- [17] M.C.M. Oliveira, *Educar em Revista* **18**, 143 (2001).
- [18] H.L. Silva, *Problemas Práticos de Physica Elementar* (Biblioteca de Educação Ativa, Rio de Janeiro, 1929, 4ª ed.; Biblioteca de Educação Geral, Livraria Editora Leite Ribeiro, Rio de Janeiro, 1922, 3ª ed.; Livraria Editora Leite Ribeiro, Rio de Janeiro, 1919, 2ª ed.), v. II.

- [19] H.L. Silva, *Problemas Práticos de Physica Elementar* (Biblioteca de Educação Ativa, Rio de Janeiro, 1929, 4<sup>a</sup> ed.; Biblioteca de Educação Geral, Livraria Editora Leite Ribeiro, Rio de Janeiro, 1922, 3<sup>a</sup> ed.; Livraria Editora Leite Ribeiro, Rio de Janeiro, 1919, 2<sup>a</sup> ed.), v. III.
- [20] N.C. Ferreira, *As Diferentes Formas de Atuação no Laboratório*. Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1985.
- [21] J.P. Alves, Caderno Catarinense de Ensino de Física **17**, 174 (2000).
- [22] M.A. Moreira e C.E. Levandowski, *Diferentes Abordagens ao Ensino de Laboratório* (Editora da UFRGS, Porto Alegre, 1983).
- [23] D.P.L. Pires, J.C. Afonso e F.A.B. Chaves, Revista Brasileira de Ensino de Física **28**, 101 (2006).
- [24] V.L.B. Jesus e D.A. Palma, Revista Brasileira de Ensino de Física **30**, 3302 (2008).
- [25] J.P. Donoso, A. Tannus, F. Guimarães e T.C. Freitas, Revista Brasileira de Ensino de Física **30**, 2305 (2008).
- [26] J.P.M.C. Chaib e A.K.T. Assis, Revista Brasileira de Ensino de Física **29**, 41 (2007).
- [27] V.C. Barbosa e A.M.S. Breitschaft, Revista Brasileira de Ensino de Física **28**, 115 (2006).
- [28] R.R. Soares e P.F. Borges, Revista Brasileira de Ensino de Física **32**, 1 (2010).
- [29] M.S. Silva, *A Educação Brasileira no Estado Novo: 1937/1945* (Panorama, Niterói, 1980).
- [30] F. Campos, *O Espírito do Estado Novo* (Serviço de Divulgação da Polícia Civil, Rio de Janeiro, 1937).
- [31] J.A.Q. Jélvez, in: J.C. Azevedo e J.T. Reis (eds) *Reestruturação no Ensino Médio – Pressupostos Teóricos e Desafios da Prática* (Fundação Santillana, São Paulo, 2013), p. 118-126.
- [32] R.P. Feynman, *Surely You're Joking, Mr. Feynman!: Adventures of a Curious Character* (W.W. Norton & Company, Nova Iorque, 1985).