

ARTIGO

A FÍSICA PRODUZIDA NO BRASIL NAS COLEÇÕES DIDÁTICAS DO PROGRAMA NACIONAL DO LIVRO DIDÁTICO (2018-2020)

WILLIAN HENRIQUE DA SILVA PEREIRA^{1*}
<https://orcid.org/0000-0002-4366-8129>

LEANDRO LONDERO^{1**}
<https://orcid.org/0000-0002-2400-1847>

RESUMO: Apresentamos os resultados de uma pesquisa que analisou a apresentação da produção científica da física, desenvolvida no Brasil, nas coleções didáticas de física do Programa Nacional do Livro Didático do governo federal brasileiro, triênio 2018-2020. Identificamos 17 citações a renomados físicos e cientistas brasileiros. Os resultados indicam que os físicos brasileiros e as instituições de pesquisa/ensino são apresentados de maneira coadjuvante. Argumentamos a respeito da necessidade da divulgação e valorização da produção Física desenvolvida em âmbito nacional. Isso tem se mostrado ausente nas coleções analisadas. Defendemos que uma possibilidade de divulgação e valorização dessa produção é a presença/inserção de discussões da história e do desenvolvimento científico nacional nos textos das obras didáticas que compõem o referido programa.

Palavras-chave: Física Brasileira. Coleções Didáticas. Programa Nacional do Livro Didático.

LA FÍSICA DESARROLLADA EN BRASIL EN LAS COLECCIONES DIDÁCTICAS DEL PROGRAMA NACIONAL DEL LIBRO DIDÁCTICO (2018-2020)

RESUMEN: Presentamos los resultados de una investigación que analizó la presentación de la producción científica de la física, desarrollada en Brasil, en las colecciones didácticas de física del Programa Nacional del Libro Didáctico del gobierno federal brasileño, trienio 2018-2020. Identificamos 17 citas a renombrados físicos y científicos brasileños. Los resultados indican que los físicos brasileños y las instituciones de investigación/enseñanza son presentados de modo coadjuvante. Argumentamos sobre

*Licenciado em Física
(IBILCE/UNESP) e Mestre em
Educação para a Ciência
(Unesp/Bauru)

E-mail: <willianjb2007@gmail.com> .

**Licenciado em Física,
Doutor em Educação (Unicamp/
Campinas). Grupo de pesquisa:
Equipe de Educação em Física
“Susana Lehrer de Souza Barros”
Link: [dgp.cnpq.br/dgp/espelhogrupo/6653313052377548](http://dgp.espelhogrupo/6653313052377548)
E-mail: <leandro.londero@unesp.br> .

1 Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas, Campus de São José do Rio Preto, São José do Rio Preto, SP - Brasil.

la necesidad de la divulgación y valoración de la producción Física desarrollada en ámbito nacional. Eso se ha demostrado ausente en las colecciones analizadas. Defendemos que una posibilidad de divulgación y valoración de esa producción es la presencia/inserción de discusiones de la historia y del desarrollo científico nacional en los textos de las obras didácticas que componen dicho programa.

Palabras clave: Física Brasileña. Colecciones Didácticas. Programa Nacional del Libro Didáctico

PHYSICS PRODUCED IN BRAZIL: DIDACTICS COLLECTIONS OF THE BRAZILIAN NATIONAL PROGRAM OF TEXTBOOKS (2018-2020)

ABSTRACT: We present the results of a research that analyzed the presentation of the Physics scientific production developed in Brazil, in the Physics didactics books from the Brazilian National Program of Textbooks in the years of 2018-2020. It was identified 17 citations of renowned Brazilian physicists and scientists. The results show that Brazilian physicists and the research/teaching institutions are presented in a supporting way. We discuss the need for dissemination and valorization of the Physics production developed at national level. This is absent in the analyzed books. We defend that a possible dissemination and valorization of such production could be in the presence/introduction of discussions about the history and national scientific development in the books belonging to the national program.

Keywords: Brazilian Physics. Didactics Book Collections. Brazilian National Program of Textbooks.

BREVE HISTÓRICO DO DESENVOLVIMENTO DA FÍSICA NO BRASIL

A ciência brasileira teve berço europeu, durante o período colonial. Os primeiros intelectuais brasileiros formaram-se na Universidade de Coimbra, instituição que recebeu cerca de 2500 brasileiros entre 1550 e 1808. Em 1772, criaram o Gabinete de física da Universidade de Coimbra e a Sociedade Científica do Rio de Janeiro. Vieira e Videira (2007) relatam que “nesse período, porém, a história da física confunde-se com a da astronomia, com a da medicina e com alguns outros ramos da ciência”.

Com a transferência da sede do reino português para o Brasil, em 1808, surgiu a necessidade do ensino da engenharia militar, mas o período não trouxe considerável estímulo à produção de um conhecimento novo. A elite intelectual ainda era formada no estrangeiro e o que era ensinado vinha de manuais oriundos da Europa.

Aos poucos, a física foi ganhando espaço e autonomia. Somente em meados da década de 1870 até o final do século XIX começou a se estabelecer a prática laboratorial nas escolas de engenharia brasileiras. Este padrão manteve-se por algumas décadas.

Em 1919, houve no Brasil, e simultaneamente na África, a observação de um eclipse total do sol, com objetivo de contribuir com a corroboração da proposta apresentada por Einstein, ou seja, a Teoria da Relatividade Geral. O evento histórico revolucionou a física moderna e teve participação brasileira.

Rodrigues (2001) relata que “a observação em Sobral contou com uma expedição brasileira composta por Domingos da Costa e Allyrio de Mattos, engenheiros assistentes no Observatório Nacional do Rio, por Th. H. Lee, do Serviço Geológico e especialista em espectroscopia, pelo meteorologista Luiz Rodrigues e pelo técnico Artur de Castro Almeida, todos eles chefiados por Henrique Morize”. Morize viria a publicar um relato do eclipse no ano de 1920.

Mais adiante, já no século XX, Amoroso Costa – professor da Politécnica do Rio de Janeiro é considerado por muitos um precursor da física no Brasil - publicou em 1922 um livro sobre Relatividade, época na qual surgiram os primeiros livros acerca deste tema.

Parafraçando Correia (2004), alguns historiadores da ciência costumam fixar o início da física no Brasil em 1934, com a criação da Universidade de São Paulo (USP) quando a elite paulista trouxe físicos da Europa, como o ítalo-russo Gleb Wataghin, cujas especialidades eram a Física de Raios Cósmicos e a Física Nuclear.

Wataghin motivou a pesquisa na recém fundada USP, onde se formou a primeira geração de físicos. Falamos aqui de nomes como Cesar Lattes, José Leite Lopes, Moises Nussenzweig, Mário Schenberg, Jayme Tiomno, Roberto Salmeron, considerados por muitos, ícones da física brasileira.

Na década de 1940-1950, cerca de cinco anos depois de se iniciar a pesquisa formal em física no Brasil, começaram a aparecer os primeiros resultados de relevância. Devido ao trabalho de César Lattes em Bristol (Inglaterra) e Berkeley (Estados Unidos), que tiveram grande repercussão internacional, houve um grande movimento no sentido da criação de um centro de pesquisas no Brasil.

Vieira e Videira (2007) ressaltam que o lugar apropriado para a criação desse centro seria a Universidade do Brasil, mas não oferecia uma base sólida para

a prática científica. Então, optou-se por criar o Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas (CBPF), em 1949, instituição privada. Ressaltam, ainda, que outras instituições foram criadas na inércia deste movimento, como o Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPQ), em 1951, com a qual passou a haver concessão de bolsas de estudo, aperfeiçoamento e doutorado, bem como verba para a contratação de técnicos e compra de equipamentos. Segundo Videira (2016, p. 13), esse desenvolvimento foi possível devido a uma mobilização dos físicos com diversos setores da sociedade, almejando serem percebidos como parceiros essenciais do desenvolvimento nacional.

A repercussão na imprensa nacional e estrangeira dos feitos de Lattes, as alianças dos físicos com setores sociais, o reconhecimento de que conhecimento científico era uma forma de poder, a redemocratização do país e os ideais de desenvolvimento, estes foram alguns dos fatores que pavimentaram o caminho para que, no início da década de 1950, surgisse no país uma estrutura político-administrativa para a ciência. (VIDEIRA, 2016, p. 13)

A década de 1950 trouxe um grande avanço, com a chamada “era das máquinas”. Segundo Correia (2004), após os resultados das pesquisas de Lattes e Gardner em 1948, a pesquisa em física de partículas avançou no sentido de buscar resultados nos aceleradores. No exato ano de 1950, sob a supervisão de Marcelo Damy, o primeiro acelerador, um betatron (capaz de acelerar elétrons a energia de 22Mev) foi instalado no Brasil. Sob a supervisão de Oscar Sala, anos depois, foi instalado um acelerador de Van der Graaff que acelerava prótons a energias de 3,5MeV. Ambas máquinas foram instaladas em São Paulo. Correia (2004) ressalta, ainda, que nas duas décadas seguintes, o CBPF abrigou quatro aceleradores lineares com energias de 4MeV à 20Mev.

Com a explosão das bombas atômicas durante a segunda guerra, eclodiu em diversos países uma mobilização na obtenção da tecnologia nuclear. No Brasil não foi diferente. Em 1950, por exemplo, foi criado o Instituto de Física Teórica, em cooperação com o alto escalão militar da época, devido a interesses na tecnologia nuclear (VIDEIRA, 2016, p. 13).

Em 1966, foi fundada a Sociedade Brasileira de Física (SBF) e também o instituto de física da Unicamp, batizado em homenagem a Wataghin com seu nome. Esse instituto veio a ser muito ativo e produtor na pesquisa em física.

Neste período, alguns trabalhos merecem destaque, como a pesquisa de Lattes com raios cósmicos, que culminou na sua posição de codescobridor do méson pi. Destaca-se também Leite Lopes pelas suas contribuições para o estabelecimento do modelo padrão; Mário Schenberg pelo desenvolvimento do efeito Urca (efeito este que descrevia o processo de explosão das estrelas) e Marcelo Damy de Souza Santos e Paulus Aulus Pompeia pelo aperfeiçoamento de detectores de Raios Cósmicos. Estes são apenas alguns exemplos. O trabalho destes cientistas inseriu o Brasil no cenário internacional.

Com o golpe militar de 1964 houve uma mudança de paradigma no país. Passados alguns anos de regime militar, iniciou-se a perseguição aos professores universitários e cientistas brasileiros.

Nestes anos, o ambiente, no país, tornou-se árido para a prática da pesquisa científica, dada a intervenção nas universidades, as perseguições de pesquisadores e o constante clima de repressão e controle. Entre os físicos, os teóricos parecem ter sido os mais prejudicados, por causa das cassações de lideranças históricas, como Schenberg, Leite Lopes e Tiomno. (VIDEIRA, 2016, p. 15).

Por outro lado, os militares tinham consciência da importância do desenvolvimento da física, tanto para maior emancipação bélica do país, quanto para questões de segurança nacional e avanços tecnológicos de outras naturezas. Sendo assim, apesar da perseguição de uns, houve também investimentos. Ainda, segundo Videira (2016)

Os físicos, de sua parte, souberam (ou tiveram que) se adaptar a este cenário. E, a ele, responderam com uma atitude igualmente ambígua: com oposição ao regime e às perseguições, mas também com a aceitação de verbas estatais e o apoio tanto à pós-graduação quanto à expansão do sistema nacional de universidades federais. E vale lembrar que parte dos físicos brasileiros participou – direta ou indiretamente – dos então grandes projetos de segurança nacional (energia, telecomunicações, armamentos, entre outros) (p. 15).

A segunda metade do século passado foi marcada por uma significativa ampliação na formação de físicos e da pesquisa no Brasil. Atualmente temos físicos brasileiros e centros de pesquisa com forte atuação em áreas como física de altas energias, física teórica, cosmologia, relatividade, astrofísica, diversas aplicações à tecnologia e à engenharia, dentre outras. O Brasil conta com inúmeras participações internacionais, bem como trabalhos conjuntos entre universidades brasileiras e estrangeiras.

Segundo relatório comemorativo dos 50 anos da SBF, organizado por GALVÃO (2016), temos atualmente cerca de 4,5 mil doutores em física atuando no Brasil, concentrados em 150 instituições de pesquisa e Universidades. As divisões por área são aproximadamente: 49% em matéria condensada e óptica, 13% em partículas elementares, campos e altas energias; 12% em cosmologia e astrofísica, 8% em física atômica e molecular, 7% em física computacional, 6% em física nuclear, 2% em física de plasmas, dinâmica não linear e fluidos; 2% em física biológica e 1% em outras áreas.

Ainda, consta no referido relatório que essa diferença é consoante com o cenário internacional, porém há uma discrepância na proporção entre teóricos e experimentais. Os primeiros são cerca de 30% nos países desenvolvidos enquanto que no Brasil representam 50%. Isso se justificaria no fato de que, no Brasil, 90% dos físicos trabalham em universidades e centros públicos, enquanto que no estrangeiro a média é de 30% a 50% trabalhando em empresas.

No relatório organizado por Galvão (2016) é apresentado um panorama amplo da pesquisa em cada área da física no Brasil. Por exemplo, no capítulo destinado a área de física nuclear, escrito por Lépine-szil e Hussein (2016) consta que:

No Brasil, há em torno de 180 doutores trabalhando na área da física nuclear. Esse número é igualmente dividido entre físicos experimentais e teóricos. [...] A pesquisa nessa área no Brasil, é bem conhecida internacionalmente, com um número razoável de físicos nucleares que recebem convites regularmente para apresentar palestras em congressos internacionais; que compõe comitês internacionais para a organização de conferências; e que atuam como consultores científicos das revistas mais importantes da área. (LÉPINE-SZIL e HUSSEIN, 2016, p. 51)

Já no que diz respeito à física de partículas e campos, o relatório afirma que o Brasil possui um futuro promissor. Cita as participações no LHC (Large Hadron Collider) e no CTA (sigla Rede de Telescópios Cherenkov), este último ainda em fase de pré-construção. Destaca ainda os esforços a construção de um detector de matéria escura na América do Sul, na cordilheira dos Andes e ressalta a recém acordada participação brasileira no LSST (Telescópio de Grande Levantamento Sinóptico), cuja construção, no observatório Internacional de Cerro Tololo (Chile) começou em 2018, com objetivo de estudar a energia escura. O relatório aponta, ainda, uma colaboração entre Brasil e Espanha, o projeto J-PAS (Levantamento astrofísico Javalambre da Física do Universo Acelerada) que deverá entrar em funcionamento (p. 59).

Sobre a física de plasmas, o relatório demonstra a presença de laboratórios importantes, na subárea de fusão, em três localidades: no Instituto de Física da Universidade de São Paulo; no Instituto Nacional de Pesquisas espaciais, em São José dos Campos (SP); e no Instituto de Física da Universidade Estadual de Campinas. Destaca ainda, na subárea de plasmas espaciais e astrofísicos, a existência de grupos bem estabelecidos pesquisando diversos fenômenos como a evolução e dinâmica estelar, nuvens interestelares, buracos negros, pulsares, supernovas, discos de acreção, dentre outros (p. 64).

Além disso, na área de física atômica e molecular, ressalta-se a participação brasileira em uma recente medição precisa da neutralidade da carga de um anti-hidrogênio, trabalho este publicado no periódico Nature, em 2016. Ressalta, ainda, que este resultado possibilita abrir caminho para explicar o que houve com a antimatéria depois do Big Bang (p. 77).

No capítulo da área da física médica, escrito por Silva (2016), consta que o Brasil atua principalmente na dosimetria de radiações.

Nesse campo desenvolvem-se pesquisas experimentais e teóricas na produção de medidores de radiação (dosímetros) para uso pessoal e ambiental; na investigação de novos materiais para a medição da radiação (por exemplo, cristais naturais brasileiros e gel polimérico); e na simulação de processos de interação da radiação com tecidos biológicos por meio de simulações computacionais (SILVA, 2016, p. 84).

Na área de física da matéria condensada, é dado destaque à interdisciplinaridade com a química. A físicoquímica de fluidos complexos é presente em diversos estados brasileiros, bem como coloides magnéticos que também são bem difundidos no Brasil (apesar de mais recente). Já a físicoquímica de polímeros possui trabalhos da década de 1940 e grupos de pesquisa consolidados no país. Atualmente, trabalha-se por todo o Brasil, tanto com problemas fundamentais (como efeitos da radiação ionizante em

polímeros, estrutura eletrônica, propriedades eletrônicas de polímeros conjugados), quanto com aplicações à tecnologia e desenvolvimento de novos materiais (p. 91).

Uma segunda situação na qual a interdisciplinaridade é mencionada no relatório diz respeito à área de física matemática. Citada como uma área bem estabelecida no país, apresenta igualitária divisão entre pesquisadores físicos e matemáticos. Por ser uma atividade predominantemente teórica, esta área acaba por contornar determinados problemas com financiamento, sendo estes mais restritos a questões de bolsas de estudos e recursos para intercâmbios.

Uma terceira situação interdisciplinar é a Física Biológica. Nesta área, o Diretório de Grupos de Pesquisa do CNPq possui cerca de 370 doutores de 56 grupos de pesquisa em 15 estados brasileiros atuando. Em termos de produção científica, ainda estamos abaixo da média mundial (quantitativamente) e precisamos avançar ainda um longo caminho (p. 111).

Apesar de termos avançado muito, há um longo caminho a percorrer para toda a ciência no Brasil. Comparando entre áreas, no nosso país, a física é a única área da ciência brasileira cujas publicações têm impacto maior que a média mundial. Os físicos brasileiros somam mais de 4,5 mil doutores em mais de 150 instituições, número este crescente ao longo dos anos (p. 140).

Por sua vez, a área da pesquisa em Ensino de Física começou a ganhar corpo na década de 70 do século passado, e busca estudar o fenômeno de produção e uso do conhecimento físico pelos seres humanos (p. 69). Parafraseando o relatório, este tipo de investigação é interdisciplinar, inserida no contexto da produção do conhecimento associada à área de Ciências Humanas Aplicadas; e dado o caráter educativo, seu ambiente de estudo vai do sistema de ensino ao cotidiano das pessoas (p. 68).

Uma das linhas de investigação dessa área é a de análise de livros didáticos/materiais instrucionais, com inúmeras publicações. O trabalho aqui relatado vem somar com tal linha da área de Ensino de Física.

A área de ensino, apesar de nova, tem ganhado corpo nas universidades em todo país, ampliando e se alinhando com a pesquisa em ensino em todo o mundo. Novas tendências e referenciais de pesquisa têm surgido, abrindo a necessidade e a possibilidade de ampliação da pesquisa no ensino, paralelamente com todo o novo conhecimento científico das últimas décadas.

O PROGRAMA NACIONAL DO LIVRO DIDÁTICO E ESTUDOS ACERCA DOS MANUAIS ESCOLARES DE FÍSICA

O Programa Nacional do Livro Didático (PNLD) é o mais antigo programa de distribuição de material didático impresso aos alunos das escolas públicas do Brasil. Ele teve início em 1937, por meio do Decreto-Lei n. 93, de 21 de dezembro de 1937 que criou o Instituto Nacional do Livro (INL).

Em 1971, o INL passou a desenvolver o Programa do Livro Didático para o Ensino Fundamental (Plidef). Já em 1985, com o Decreto n. 91.542, de 19 de agosto de 1985, o Plidef deu lugar ao Programa Nacional do Livro Didático (PNLD).

No que diz respeito ao Ensino Médio, em 2003 ocorreu a publicação da Resolução CD FNDE n. 38, que instituiu o Programa Nacional do Livro Didático para o Ensino Médio (PNLEM). O atendimento ao Ensino Médio aconteceu de

maneira progressiva. Em 2004 foram adquiridos livros de matemática e português para os alunos do 1º ano do Norte e do Nordeste.

A inclusão dos livros didáticos de física ocorreu em 2008, e a primeira distribuição para as escolas em 2009. Na primeira edição, foram contempladas seis obras, sendo três delas compostas por três volumes e as outras três por volumes únicos.

Na segunda edição, triênio 2012-2014, foram aprovadas um conjunto de dez obras, todas compostas por três volumes. Por sua vez, na terceira edição, que corresponde ao triênio 2015-2017, foram aprovadas quatorze obras, com três volumes cada uma.

A última edição teve início em 2018, com um conjunto de doze obras aprovadas, todas compostas de três volumes. Ao final de cada edital de seleção, o Ministério da Educação divulga, aos professores, o Guia de Livros Didáticos de cada componente curricular. O guia das coleções aprovadas apresenta importantes informações como: os critérios de avaliação e seu embasamento, as resenhas de cada coleção e considerações gerais sobre a edição vigente.

Uma crítica recorrente ao PNLD é que, apesar dos professores terem participação na escolha do livro, muitas vezes acabam influenciados pelas editoras que levam material de divulgação às escolas, produzem eventos para o mesmo fim e tentam manter correspondentes em contato direto com os professores. Este problema é consequência do impacto do programa no mercado editorial. O governo federal brasileiro tornou-se um dos maiores (se não o maior) comprador de livro didático do mundo. Isso atraiu, como ressalta Cassiano (2013), editoras espanholas, e a competição acabou por monopolizar a venda às grandes editoras, que de maneira desigual, favorece aquelas que tem mais poder no mercado.

Zambom e Terrazzan (2013), após realizarem uma pesquisa com a equipe gestora de 15 escolas públicas do município de Santa Maria (RS), destacaram que:

Ainda em relação ao envio das obras aprovadas para as escolas, podemos afirmar que algumas editoras, em geral, continuam realizando a divulgação das obras diretamente nas Escolas de Educação Básica, durante o período destinado ao processo de escolha. Isso ficou evidenciado tanto nas falas de muitas coordenadoras, como também pelo fato de, durante as visitas às escolas para realizar nossa pesquisa, termos encontrado muitos representantes de editoras em algumas dessas escolas. Vale lembrar que essa ação está proibida desde a publicação da Portaria Normativa n° 7, de 2007, que dispõe sobre as normas de conduta no âmbito da execução dos Programas do Livro, em especial, aquela que proíbe a realização da divulgação pessoalmente nas escolas, conforme item VIII, do parágrafo 2º, do artigo 3º. [...] Em relação à organização da escolha dos livros nas escolas, podemos afirmar que esse processo iniciou efetivamente a partir da chegada dos livros na escola, os quais em alguns casos foram entregues pessoalmente por representantes de editoras, usualmente daquelas já tradicionais, com forte presença no meio escolar. (ZAMBOM e TERRAZZAN, 2013)

Em 18 de julho de 2017 foi publicado o mais recente decreto (n° 9.099) que dispõe sobre o Programa Nacional do Livro e do Material Didático. Nesse decreto consta que o PNLD obedecerá as seguintes etapas e procedimentos: 1) inscrição das obras no edital de seleção; 2) avaliação pedagógica das obras inscritas;

3) habilitação das obras selecionadas; 4) escolha das obras pelos professores e escolas; 5) negociação com as editoras; 6) aquisição das obras; 7) distribuição às escolas; e 8) monitoramento e avaliação do programa.

A partir da presença da física no PNLD, iniciaram-se estudos com foco nas coleções didáticas aprovadas neste componente curricular. Os estudos contemplam diferentes objetivos e metodologias.

Artuso *et al.* (2019), por exemplo, buscaram identificar, na opinião de estudantes brasileiros de Ensino Médio, as características consideradas mais e menos importantes em um livro didático de física. Os autores constataram que o desejo dos estudantes é por um livro sem erros conceituais, com resumos e esquemas que permitam a fácil identificação dos pontos-chaves. Ainda, os estudantes destacaram como importante a presença de temas e abordagens que despertem o interesse e exemplifiquem em abundância o conteúdo tratado.

Figueiredo e Silva (2017) analisaram a presença de imagens em um livro didático de física do Ensino Médio, a partir das relações de gênero e de “raça”. Os resultados obtidos apontaram para uma apresentação implícita no que se refere à figura do negro, o qual é associado às atividades econômicas primitivas, ligadas ao uso de força física, distante do saber-fazer das práticas científicas (FIGUEIREDO e SILVA, 2017).

A análise de imagens, presentes em livros didáticos de Física, também foi o foco do estudo desenvolvido por Santana (2018). O objetivo do estudo foi o de compreender as possibilidades didáticas das imagens que acompanham os textos e as respectivas legendas. Os autores partem do argumento que a compreensão de alguns conceitos é fortemente influenciada pela visualização de imagens. Como exemplos, eles citam o campo elétrico e o campo magnético. Perante isso, investigaram as características das imagens que acompanham os textos das áreas de eletricidade e magnetismo em livros didáticos de física do ensino médio e superior.

Os autores concluíram que as imagens utilizadas em livros destinados ao Ensino Médio são ilustrações mais realistas e híbridas. Já as imagens utilizadas em livros do Ensino Superior são abstratas, esquemáticas e convencionais. Concluíram, também, que a frequência de uso de imagens é maior nos livros de Ensino Médio.

Por sua vez, Calvalcante (2013) investigou como a Energia Nuclear é apresentada nos livros didáticos de Física do PNLD 2007 e 2012. A análise possibilitou inferir que as obras diferem, entre si, na maneira de abordar o assunto. De acordo com o autor, há obras que destinam um capítulo para o estudo do assunto, com tratamento aprofundado dele. Em outras, o assunto é apresentado em um pequeno texto, no formato de nota. Há, ainda, obras que não abordam o estudo da Energia Nuclear. Por fim, o autor relata a existência de lacunas nos livros, no que diz respeito às informações sobre o desenvolvimento histórico da Energia Nuclear, sua produção e aplicações, a cerca da biografia dos cientistas e da Energia Nuclear no Brasil.

Os estudos de Artuso *et al.* (2019), Figueiredo e Silva (2017), Santana (2018) e Calvalcante (2013) são uma pequena amostra do que vem sendo produzido nas investigações cujo foco é o livro didático de física.

A pesquisa que relatamos neste manuscrito soma-se ao conjunto de estudos que centram atenção na análise das coleções didáticas de Física integrantes

do PNLD. Especificamente, nossa atenção foi direcionada para a presença da história e do desenvolvimento da Física Brasileira nas referidas coleções.

A PESQUISA E OS PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Nosso trabalho parte da necessidade de uma valorização da produção Física que é desenvolvida em âmbito nacional. Perante isso, investigamos se a história e desenvolvimento da Física Brasileira são contemplados, especificamente, nas Coleções Didáticas de Física pertencentes ao Programa Nacional do Livro Didático do governo federal brasileiro.

Procuramos responder o seguinte problema: Como a produção científica da física, desenvolvida no Brasil, é apresentada/discutida nas Coleções Didáticas de Física pertencentes ao PNLD (2018-2020)?

Das possíveis questões que seriam relevantes responder, nos parece significativo e propomos para este estudo:

- a) Quais cientistas e instituições de pesquisa são citados nas coleções didáticas?
- b) Em que tópicos conceituais as citações aparecem?
- c) As alusões aos cientistas e suas pesquisas são utilizadas para introduzir um conteúdo conceitual, contextualizá-lo ou ilustrar/aplicar o assunto exposto?

As questões apresentadas indicam a necessidade de investigação e reflexão para respondê-las. Para tanto, realizamos ações investigativas a fim de responder às questões de nosso estudo. Assim, passamos a explicitar comentários sobre o desenvolvimento do estudo, ações realizadas e os instrumentos de coleta de informações (usos e funções).

Para respondermos ao problema de pesquisa, analisamos as 12 Coleções Didáticas de Física aprovadas no Programa Nacional do Livro Didático do governo federal, do triênio 2018-2020, estabelecido pelo Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação (FNDE). Analisamos, especificamente, o material destinado aos alunos, ou seja, não contemplamos em nossa análise o suplemento ao professor.

A escolha das obras do PNLD se justifica no fato de o programa ser de abrangência nacional, com distribuição integral e individual de livros para os estudantes. Por isso, reconhecer e apontar as possibilidades de se trabalhar a ciência brasileira a partir deste material é de suma relevância.

As coleções que compõem o PNLD foram codificadas como consta na tabela 1.

Tabela 1. Coleções Didáticas analisadas

| Código | Obra | Número de páginas por volume | | | Total |
|--------|------------------------------------|------------------------------|-----|-----|-------|
| | | 1 | 2 | 3 | |
| CD 01 | Fukui, Molina e Venê (2016) | 288 | 288 | 288 | 864 |
| CD 02 | Bonjorno et al. (2016) | 288 | 288 | 272 | 848 |
| CD 03 | Doca, Biscuola, Villas Bôas (2016) | 288 | 288 | 288 | 864 |
| CD 04 | Luz, Álvares e Guimarães (2016) | 288 | 256 | 280 | 824 |
| CD 05 | Pietrocola et al. (2016) | 288 | 288 | 288 | 864 |
| CD 06 | Gaspar (2016) | 288 | 288 | 288 | 864 |
| CD 07 | Gonçalves Filho e Toscano (2016) | 288 | 240 | 240 | 768 |
| CD 08 | Kazuhito e Fuke (2016) | 288 | 288 | 288 | 864 |
| CD 09 | Guimarães, Piqueira, Carron (2016) | 288 | 280 | 288 | 864 |
| CD 10 | Torres et al. (2016) | 288 | 288 | 288 | 864 |
| CD 11 | Martini et al. (2016) | 288 | 287 | 280 | 855 |
| CD 12 | Barreto e Xavier (2016) | 288 | 288 | 256 | 832 |

Fonte: elaborado pelos autores.

Para a realização da análise, primeiramente, foram identificadas as pesquisas citadas e os físicos brasileiros mencionados em cada um dos volumes que compõem cada coleção. A identificação foi realizada mediante a leitura integral dos textos que compõem os volumes.

Tendo em vista o objetivo para esta etapa e os critérios estabelecidos para a seleção das coleções, as informações registradas foram separadas em Unidades de Análise (UA), a saber:

UA 1 - Físico citado: quando ocorre uma citação a um físico (ou inventor) brasileiro associado à sua pesquisa e/ou sua carreira.

UA 2 - Instituição de pesquisa citada: instituição de pesquisa brasileira (centro de pesquisa e/ou universidade) citada associada à sua pesquisa, mesmo que, só para fins de demonstração de dados ou quando aponta um texto de divulgação científica.

UA 3 - Outras ocorrências relevantes: quaisquer outras citações relevantes sobre ciência brasileira.

Na primeira unidade são contemplados os físicos que surgem em destaque, por sua relevância e notoriedade. A segunda unidade abarca as instituições de pesquisa

citadas quando associadas à sua pesquisa - não entram aqui instituições citadas apenas para dizer qual o ambiente acadêmico de algum cientista. Já a terceira unidade aborda uma série de outras citações como, por exemplo, cientistas ou pesquisadores de outras áreas das ciências humanas ou naturais, cientistas citados apenas como autor de um determinado texto que é apresentado nas coleções (desde que seu nome seja explicitado na coleção e não apenas nas referências bibliográficas ou recomendações de leitura), ou pesquisadores não consultados apenas como especialistas em determinados textos (no qual o foco não seja sua carreira ou pesquisa, mas apenas um determinado assunto sobre o qual este é consultado). Entram aqui também acontecimentos históricos relevantes para a ciência local ou mundial, bem como desastres ambientais que tenham alguma ligação com atividades científicas.

Esta divisão foi feita pensando na relevância atribuída à participação do cientista ou instituição brasileira na coleção. Desta maneira, as citações das duas primeiras categorias tiveram maior destaque do que as citações da terceira categoria.

Na sequência, as pesquisas citadas e os físicos mencionados foram unitarizados por volume, coleção e tópico conceitual (Mecânica, Física Térmica, Óptica, Ondulatória, Eletromagnetismo, Física Moderna e Contemporânea (FMC)).

Após, analisamos em que momento os autores mencionam as pesquisas nacionais e citam os cientistas brasileiros. Buscamos identificar se as pesquisas foram utilizadas para introduzir um assunto desejado, para auxiliar numa explicação conceitual, para “enriquecer” uma explicação conceitual ou, ainda, após a explicação, com a finalidade de aplicar o conceito estudado. Diante dos dados, cada UA foi dividida em unidades menores, seguindo regularidades que foram identificadas em cada uma.

Com as ações desenvolvidas, procuramos identificar se autores de livros didáticos fazem referência às pesquisas desenvolvidas por físicos brasileiros em laboratórios nacionais, para abordar conteúdos de física e a maneira pela qual abordam.

Para analisarmos os dados obtidos usamos a Análise de Conteúdo (AC) proposta por Laurence Bardin. Essa autora define AC como:

Um conjunto de técnicas de análise das comunicações visando obter, por procedimentos sistemáticos e objetivos de descrição do conteúdo das mensagens, indicadores (quantitativos ou não) que permitam a inferência de conhecimentos relativos às condições de produção/recepção (variáveis inferidas) destas mensagens. (BARDIN, 1995, p. 42)

Bardin (1995) organiza em três etapas a técnica da AC. A primeira etapa é a **pré-análise**, na qual se organiza o material a ser analisado com o intuito de torná-lo operacional. Essa etapa é organizada por meio de quatro etapas: (a) leitura flutuante, cujo objetivo é o contato com os documentos da coleta de dados; (b) escolha dos documentos, cuja finalidade é a demarcação do que será analisado; (c) formulação das hipóteses e dos objetivos; (d) referenciação dos índices e elaboração de indicadores, o que envolve a determinação de indicadores por meio de recortes de texto nos documentos de análise.

A segunda etapa é a **Exploração do material**, na qual ocorre a definição de categorias e a identificação das unidades de registro e das unidades de contexto nos documentos.

Por sua vez, a terceira etapa é o **Tratamento dos resultados, inferência e interpretação**. Ela diz respeito ao tratamento dos resultados, na qual ocorre a condensação e o destaque das informações para análise com interpretações inferenciais.

Em nosso estudo, partimos da perspectiva apontada por Vala (1986). Segundo ele, a análise de conteúdo estuda os conteúdos em comunicação e textos numa perspectiva quantitativa e qualitativa, analisando numericamente a frequência de ocorrência de determinados termos, construções e referências em um dado texto e a interpretação do sentido das palavras.

Especificamente, utilizamos em nosso estudo a Análise Temática/Categorial proposta por Bardin (1995). De acordo com a autora, essa análise é uma das técnicas mais antigas e mais utilizada na AC, além de ser fácil e eficaz de análise de conteúdos. A Análise Temática ou Categorial é realizada por meio do desmembramento do texto em unidades de registro, segundo um agrupamento por temas. As categorias podem ser definidas antecipadamente, posteriormente ou uma combinação destas duas.

Nas próximas seções apresentamos os quantitativos referentes a cada uma das unidades de registro utilizadas em nosso estudo.

FÍSICOS CITADOS

Na tabela 2 estão listados os físicos (e inventores) citados nas coleções, com os respectivos índices absolutos e percentuais de citação.

Tabela 2. Físicos (e inventores) citados nas coleções

| Físico/Cientista | Índices | |
|-----------------------------|-----------|------------|
| | Absoluto | Percentual |
| César Lattes | 6 | 35 |
| Landell de Moura | 5 | 29 |
| José Leite Lopes | 2 | 12 |
| Mário Schenberg | 1 | 6 |
| Santos Dumont | 1 | 6 |
| Bartolomeu Gusmão | 1 | 6 |
| Cândido Batista de Oliveira | 1 | 6 |
| Total | 17 | 100 |

Fonte: elaborado pelos autores

O mapeamento indicou que César Lattes é o físico mais citado nas coleções, seguido de Landell de Moura e José Leite Lopes. As citações à Lattes, Leite Lopes e Mário Schenberg referem-se, em geral, as suas biografias.

No entanto, há momentos nos quais César Lattes é mencionado na apresentação das discussões do méson- π , juntamente com alusões à Hideky

Yukawa, Giuseppe Occhialini, Cecil Powell ou Gleb Wataghin. Um exemplo representativo desta ocorrência pode ser encontrado na CD 06, cujo trecho é reproduzido a seguir.

A partícula de Yukawa, chamada inicialmente meson π , atualmente pión, só foi descoberta em 1947, quando se aperfeiçoou a tecnologia das emulsões fotográficas, tornando-as capazes de detectar partículas com velocidades próximas à da luz. Para os brasileiros, foi uma descoberta particularmente significativa, pois dela participou o físico **César Lattes**. (GASPAR, 2016, v.3, p. 265)

Landell de Moura, Santos Dumont e Bartolomeu Gusmão apareceram associados às suas invenções, mas com participações mais discretas, ocupando boxes menores, e sem biografias de página completa, como podemos observar na reprodução feita na figura 1.

Figura 1. Referência à Landell de Moura no volume 3 da CD 10

De maneira independente e na mesma época que Marconi, o padre brasileiro Roberto Landell de Moura (fig. 8.11) construiu aparelhos que utilizavam ondas de rádio para comunicação. Nascido em 21 de janeiro de 1861, em Porto Alegre, no Rio Grande do Sul, foi ordenado sacerdote em 1886, estudou em Roma, no Colégio Pio Americano, e, posteriormente, na Universidade Gregoriana.

Em 3 de junho de 1900, Landell de Moura realizou uma demonstração pública de telegrafia e telefonia sem fio entre o alto da Avenida Paulista e o bairro de Santana, em São Paulo, distantes 8 km em linha reta. Embora não oficial, foi a primeira transmissão de ondas de rádio.

Em 1904, depois de inúmeros contratemplos, Landell de Moura conseguiu patentear nos Estados Unidos três de seus inventos: o telégrafo sem fio, o telefone sem fio e o transmissor de ondas de rádio. Retornou ao Brasil em 1905, onde pretendia ficar alguns meses para depois retornar aos Estados Unidos. Desestimulado pela falta de apoio das autoridades brasileiras, permaneceu no Brasil, abandonando suas pesquisas e invenções e dedicando-se somente às causas religiosas. Considerado o maior inventor brasileiro na área das telecomunicações, o padre Roberto Landell de Moura faleceu em 30 de julho de 1928, em Porto Alegre.



Figura 8.11 Retrato de Roberto Landell de Moura (1861-1928).

Fonte: Torres *et al.* (2016, v.3, p. 266).

Landell ocupa o segundo lugar no total de citações. Este cientista teria feito transmissões de rádio antes do italiano Marconi, ao qual se atribui a invenção do rádio. Por sua vez, Bartolomeu Gusmão realizou um experimento com um protótipo que antecedeu o balão de ar quente. Já Santos Dumont é mais conhecido, especialmente no Brasil, como o pai da aviação com seu 14-Bis.

Por sua vez, Cândido Batista de Oliveira é citado por ter realizado o primeiro experimento científico feito no Brasil, mais especificamente a instalação de um pêndulo de Foucault, em 1851, com objetivo de demonstrar que a Terra gira.

Na tabela 3 apresentamos a frequência de aparição por tópico conceitual.

Tabela 3. Frequência de aparição por tópico

| Tópico | Índices | |
|--------------------------------|-----------|-------------|
| | Absoluto | Percentual |
| Introdução | 3 | 18% |
| Física Moderna e Contemporânea | 6 | 35% |
| Ondas | 6 | 35% |
| Mecânica | 2 | 12% |
| Total | 17 | 100% |

Fonte: elaborado pelos autores.

Em relação ao tópico conceitual no qual as citações aparecem, verificamos uma predominância nos tópicos de Física Moderna e Contemporânea, o que era esperado, já que a física brasileira pode ser considerada recente quando comparada ao cenário mundial. Outro fator que pode justificar a predominância é as citações à Lattes, mencionado nos subtópicos de Partículas Elementares e/ou Física Nuclear.

A seguir, temos as citações nos *capítulos introdutórios*. Estes capítulos são, em geral, responsáveis por explicar como a física funciona e o que será apresentado no volume. Percebemos que não há uma regularidade entre as coleções, ou seja, cada autor contempla uma discussão diferente no capítulo introdutório. As três citações em capítulos de introdução ocorrem na CD 12, na qual o autor utilizou três biografias, uma em cada volume, de José Leite Lopes no volume 1, Mário Schenberg no volume 2 e, César Lattes no volume 3. Na figura 2 reproduzimos a biografia utilizada no volume 2.

Figura 2. Biografia utilizada no volume 2 da CD 12

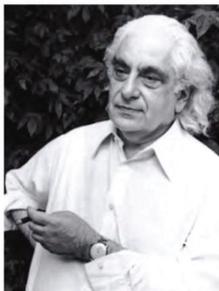
Você sabia?

Conhecendo um físico brasileiro – Mário Schenberg

O talento de Mário Schenberg (1914-1990) não se limita à Física, apesar de ele ter sido considerado por Einstein um dos dez mais importantes físicos do mundo. Ele também deixou evidente seu conhecimento e sua sensibilidade a respeito da pintura e das artes plásticas. Manteve um olhar crítico sobre os movimentos sociais, foi militante do Partido Comunista Brasileiro e deputado estadual em São Paulo. Físico e matemático de formação, Schenberg, como ele gostava de assinar seus artigos, era reconhecido por seus alunos como exímio professor. Pernambucano nascido no Recife, chegou ao curso de Engenharia levado pelo talento em lidar com a Matemática. Migrou para São Paulo em 1933 e, em 1935, formou-se engenheiro eletrônico pela Escola Politécnica. No ano seguinte, convivendo com o físico naturalizado italiano Gleb Wataghin (1899-1986) na recém-fundada Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras da Universidade de São Paulo, concluiu o bacharelado em Matemática.

Atendendo à orientação de Wataghin, Schenberg não demorou a procurar em outros países novas possibilidades de pesquisa. No exterior, teve a oportunidade de trabalhar ao lado de físicos reconhecidos, como Enrico Fermi (1901-1954), Wolfgang Pauli (1900-1958) e Georg Gamow (1904-1968). Com este último propôs um processo no interior das estrelas que levaria à compreensão da ocorrência de colapsos e explosões nucleares dentro das supernovas. Seu processo foi batizado de processo Urca, em homenagem a um famoso cassino do Rio de Janeiro.

Mário Schenberg faleceu em novembro de 1990, por causa de uma doença degenerativa, mas sua obra permanece como uma produção exemplar, que conta com uma linguagem clara e precisa.



Mário Schenberg (imagem de 1978).

Fonte: Barreto e Xavier (2016, v.2, p. 19).

Landell de Moura e Cândido Batista de Oliveira foram os únicos cientistas citados no tópico de Ondas. Landell obteve cinco citações e Cândido Batista apenas uma. Os índices de citações por volume são apresentados na tabela 4.

Tabela 4. Frequência de aparição no conjunto de volumes

| Físico/Cientista | Índice absoluto por volume | | |
|-----------------------------|----------------------------|----------|----------|
| | 1 | 2 | 3 |
| César Lattes | 0 | 0 | 6 |
| Landell de Moura | 0 | 3 | 2 |
| José Leite Lopes | 1 | 0 | 1 |
| Mário Schenberg | 0 | 1 | 0 |
| Santos Dumont | 1 | 0 | 0 |
| Bartolomeu Gusmão | 1 | 0 | 0 |
| Cândido Batista de Oliveira | 0 | 1 | 0 |
| Total | 3 | 5 | 9 |

Fonte: elaborado pelos autores.

Em relação ao número de citações por volume, constatamos a predominância delas nos terceiros volumes, seguido dos segundos e dos primeiros, os quais tiveram quantidades muito próximas.

Podemos afirmar que o propósito e o contexto de uso da citação depende da natureza do conteúdo e do cientista a ser citado. Por exemplo, Lattes, em geral, aparece com destaque em biografias ou em fotografias, as quais ressaltam sua importância e sua notoriedade.

Landell de Moura, bem como Gusmão, aparecem unicamente associados às suas invenções, como uma “curiosidade” ou informação extra, usadas para ilustrar o conteúdo, após a exposição desse no decorrer do texto.

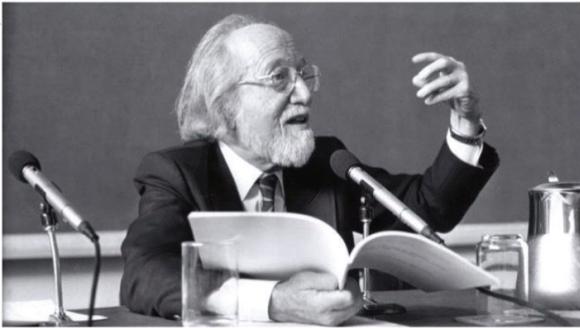
Já Santos Dumont é citado em um box que trata da invenção do avião, no que parece ser para fins ilustrativos/exemplificativos. Por sua vez, Leite Lopes é aludido em uma entrevista a respeito da bomba atômica, como pode ser observado na reprodução presente na figura 3, extraída do volume 3 da CD 02.

Figura 3. Entrevista com José Leite Lopes presente na CD 02

Entrevista com o físico José Leite Lopes

Para comemorar seu 50º aniversário, a Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência (SBPC) publicou o livro **Cientistas do Brasil: depoimentos** com entrevistas e depoimentos de pesquisadores que contribuíram para o desenvolvimento científico e tecnológico do nosso país.

Entre tantas pessoas importantes, como Simão Mathias, Mario Schenberg, Marcelo Damy de Souza Santos, Aziz Nacib Ab'Saber, César Lattes e Oscar Sala, destacamos a entrevista do pernambucano Prof. José Leite Lopes (1918-2006) a Ennio Candoti, do Instituto de Física da Universidade Federal do Rio de Janeiro, publicada entre setembro/outubro de 1985.



Nasceu em Recife. Foi o primeiro brasileiro a conquistar no exterior o título de doutor (Ph.D.) em Física. Foi professor de Física Teórica da Faculdade Nacional de Filosofia desde 1946 e só deixou o cargo quando foi cassado pelo regime militar em 1969. Foi convidado para dar aulas na Universidade Louis Pasteur, em Estrasburgo, na França, onde permaneceu até 1986. Entre seus trabalhos está o que predisse a existência do bóson Z0 e a unificação das forças eletromagnéticas e as forças fracas.

Luz Carlos Muraukas/Folhapress

Fonte: Bonjorno *et al.* (2016, v.3, p. 260).

Vale a pena destacar que a CD 12, a qual inseriu três biografias - de Lattes, Leite Lopes e Schenberg – cada uma no capítulo de introdução aos volumes, sugere que os estudantes entrevistem um cientista brasileiro. A título de exemplo, reproduzimos para o leitor a tarefa presente no volume 1, a qual se repete na página 20 do volume 3.

Nesta coleção aprenderemos bastante sobre diversos filósofos, cientistas e físicos que contribuíram com o desenvolvimento da ciência. Apesar de a maioria deles não ser brasileira, o país tem pesquisadores que também deram sua contribuição. Entre em *sites* de universidades brasileiras e encontre o contato de algum físico. Faça uma entrevista, pode ser por correio eletrônico, telefone ou pessoalmente, para saber sobre seu trabalho de pesquisa ou sobre seu trajeto acadêmico. (BARRETO e XAVIER, 2016, v.1, p. 22)

Além disso, a CD 12 apresenta a física brasileira no terceiro volume, por meio de um texto de uma página, no qual é relatado a história da nossa ciência.

Ao compararmos o número de citações realizadas com o volume de material analisado, é possível afirmar que a presença dos brasileiros nas coleções didáticas é bastante discreta e secundária.

INSTITUIÇÕES DE PESQUISA/ENSINO

Na tabela 5 estão listadas as instituições citadas, com os respectivos índices absolutos e percentuais de citação.

Tabela 5. Instituições citadas nas coleções

| Instituição | Índices | |
|-----------------------|-----------|-------------|
| | Absoluto | Percentual |
| INPE | 6 | 20 |
| USP | 6 | 20 |
| UFRJ | 4 | 13,4 |
| LNLS | 4 | 13,4 |
| Observatório Nacional | 2 | 6,7 |
| UFMG | 1 | 3,3 |
| IPEN | 1 | 3,3 |
| Embrapa | 1 | 3,3 |
| UFPR | 1 | 3,3 |
| IEN | 1 | 3,3 |
| Fiocruz | 1 | 3,3 |
| CBPF | 1 | 3,3 |
| UFP (RS) | 1 | 3,3 |
| Total | 30 | 100% |

Fonte: elaborado pelos autores

As instituições mais citadas são o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) e a Universidade de São Paulo (USP), com um quinto das citações cada uma delas, seguidas da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) e do Laboratório de Luz e Síncronon (LNLS), bem como do Observatório Nacional.

Em levantamento semelhante que realizamos nas coleções do PNLD (2015-2017) obtivemos o total de 41 citações. A redução de 41 para 30 se mostra como uma evidência que vai na contramão de uma valorização da pesquisa nacional, ao contrário das nossas expectativas mais otimistas, de uma maior valorização pelos autores das coleções, sendo alguns deles, inclusive, pesquisadores da área de Ensino de Física. Na tabela 6 apresentamos a frequência de aparição das Instituições de Pesquisa por tópico conceitual.

Tabela 6. Frequência de aparição das Instituições por tópico conceitual

| Tópico | Índices | |
|--------------------------------|-----------|------------|
| | Absoluto | Percentual |
| Eletromagnetismo | 12 | 41 |
| Termodinâmica | 7 | 24 |
| Mecânica | 2 | 7 |
| Física Moderna e Contemporânea | 5 | 17 |
| Óptica | 1 | 3 |
| Ondas | 1 | 3 |
| Introdução | 1 | 3 |
| Total | 30 | 100 |

Fonte: elaborado pelos autores.

Identificamos o maior número de referências às instituições de pesquisa/ ensino no tópico de Eletromagnetismo (com o INPE e a UFRJ protagonizando), seguido de Termodinâmica, Mecânica e Física Moderna e Contemporânea, respectivamente. As citações predominam nos terceiros volumes, com mais da metade das ocorrências, seguidas dos segundos e dos primeiros volumes, como pode ser observado na tabela 7.

Tabela 7. Frequência de aparição das Instituições no conjunto de volumes

| Instituição | Índice absoluto por volume | | |
|-----------------------|----------------------------|----------|-----------|
| | 1 | 2 | 3 |
| INPE | 1 | 1 | 4 |
| USP | 0 | 2 | 4 |
| UFRJ | 0 | 1 | 3 |
| LNLS | 1 | 0 | 3 |
| Observatório Nacional | 0 | 1 | 1 |
| UFMG | 0 | 0 | 1 |
| IPEN | 0 | 0 | 1 |
| Embrapa | 0 | 1 | 0 |
| UFPR | 0 | 1 | 0 |
| IEN | 0 | 0 | 1 |
| Fiocruz | 0 | 1 | 0 |
| CBPF | 0 | 0 | 1 |
| UFP (RS) | 0 | 0 | 1 |
| Total | 2 | 8 | 20 |

Fonte: elaborado pelos autores.

Como observado, o INPE é a única instituição presente nos três volumes. Na figura 4 ilustramos um exemplo de citação de Instituição extraído do volume 3 da CD 02. Neste caso, o INPE é citado em um texto que trata de raios e o cuidado que devemos ter com eles.

Figura 4. Exemplo de citação de Instituição extraído do volume 3 da CD 02

PENSANDO AS CIÊNCIAS: Física e Meteorologia

Os raios e os cuidados que devemos ter

O Brasil é o país campeão mundial em incidência de raios. Segundo o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (Inpe), foram cerca de 57 milhões de descargas na última década, que fizeram 1 321 vítimas fatais. O atrito entre minúsculas partículas de gelo no interior das nuvens gera eletrização. Nesse processo, normalmente as cargas negativas se concentram na parte de baixo da nuvem, enquanto as cargas positivas ficam na parte de cima.

O aparecimento de campos elétricos é determinado pelas cargas elétricas distribuídas no interior da nuvem e entre a nuvem e o solo. Quando esses campos se tornam suficientemente intensos, ionizam o ar, tornando-o condutor. Ocorrem então descargas elétricas (raios) dentro da nuvem, entre nuvens, entre nuvem e ar, ou entre nuvem e superfície terrestre.



Descarga elétrica.

Fonte: Bonjorno *et al.* (2016, v.3, p. 56).

No que diz respeito ao contexto no qual as citações aparecem, foi possível distribuir elas de acordo com as Unidades de Registro mostradas na tabela 8, a qual apresenta a frequência absoluta e percentual.

Tabela 8. Frequência de aparição das Instituições por tópico conceitual

| Contexto de uso | Índices | |
|----------------------------------|-----------|------------|
| | Absoluto | Percentual |
| Aplicação tecnológica/científica | 15 | 50 |
| Fonte de dados | 11 | 37 |
| Texto de divulgação | 4 | 13 |
| Total | 30 | 100 |

Fonte: elaborado pelos autores.

A leitura da tabela 8 permite afirmar que, na maioria dos casos, as instituições de pesquisa aparecem em aplicações tecnológicas, ou seja, quando os autores buscam ilustrar alguma aplicação do conhecimento associado à tecnologia. Em 37% dos casos as instituições são citadas como fonte de dados para algum argumento ou informação exposta no texto, em sua maioria sobre o clima, incidência de raios no Brasil ou mudanças climáticas. Em 13% aparecem os textos de divulgação científica, redigidos pelas instituições e publicados em seus *websites*, utilizados pelos autores em suas obras didáticas.

De maneira geral, podemos afirmar que os autores citam as instituições de pesquisa brasileiras de maneira “coadjuvante”, como: a) auxiliar para apresentar dados e estatísticas coletadas no Brasil; b) texto complementar, com algum tipo de pesquisa aplicada; e c) uso de algum material de divulgação, os quais são redigidos pelas instituições.

OUTRAS CITAÇÕES

Nesta unidade de registro encontramos uma grande quantidade de citações. Elas foram registradas segundo os seguintes contextos: a) Consulta à especialista (CEsp); b) Acontecimento histórico (AHis); c) Autor de texto (ATex); d) Invenção brasileira (IBra); e) Acadêmico de outra área (AA); e f) Aplicação tecnológica (ATec).

As citações se constituem em menções às aplicações tecnológicas, opiniões de especialistas a textos midiáticos, cientistas como autores de texto, cientistas de outras áreas (os quais não são físicos), invenções brasileiras (não desenvolvidas por cientistas), e acontecimentos históricos relevantes no (ou para) o Brasil, bem como acidentes ou catástrofes que envolvam a temática científica. Na tabela 9 apresentamos estas ocorrências.

Tabela 9. Demais ocorrências relevantes

| Coleção | Ocorrência / Profissão | Contexto | Volume |
|---------------------------|--|-----------------|---------------|
| 01 | Aziz Ab'Saber / Geólogo | AA | 1 |
| | Odilon Camargo / Engenheiro | CEsp | 1 |
| | Luiz Carlos Molion / Geógrafo | CEsp | 2 |
| | Ricardo Felício / Geógrafo | CEsp | 2 |
| | Furukawa / Físico | CEsp | 2 |
| | Eclipse de Sobral | AHis | 3 |
| 02 | Sebastião Alberto de Oliveira / Engenheiro | IBra | 1 |
| | Cândido Mariano da Silva Rondon / Engenheiro | AA | 1 |
| | Clayton Lino / Espeleólogo | AA | 1 |
| | Kepler de Oliveira / Astrofísico | CEsp | 2 |
| | Roque de Barros Laraia / Antropólogo | AA | 2 |
| | Eclipse de Sobral | AHis | 3 |
| 03 | Marcelo Gleiser / Físico | ATex | 2 |
| | Felipe A. Pinheiro / Físico | ATex | 2 |
| | Wailã de Souza Cruz / Astrônomo | ATex | 2 |
| | Eclipse de Sobral | AHis | 2 |
| | Marcelo Gleiser / Físico | ATex | 3 |
| | Adilson de Oliveira / Físico | ATex | 3 |
| 05 | Acidente de Goiânia | AHis | 3 |
| 06 | Eclipse de Sobral | AHis | 1 |
| 07 | Mário Leite Pereira Filho/ Engenheiro | CEsp | 3 |
| 8 | Gil Costa Marques e Nobuko Ueta / Físicos | CEsp | 1 |
| | Antônio Pires / Físico | ATex | 1 |
| | Marcos César Pontes / Engenheiro | AHis | 1 |
| | Luiz Barco / Matemático | ATex | 1 |
| | Tarley Ferreira de Souza Junior / Engenheiro | ATex | 2 |
| | Adilson de Oliveira / Físico | ATex | 2 |
| | Marcelo Gleiser / Físico | ATex | 2 |
| | Ronaldo Rogério de Freitas Mourão / Astrônomo | ATex | 2 |
| | Fernando Pimentel de Souza / Engenheiro | ATex | 2 |
| | José Miguel Wisnik / Letras | ATex | 2 |
| | Henrique G. P. Lins de Barros e Darci M. S. Esquivel / Físicos | ATex | 3 |
| Antonio S. Pires / Físico | ATex | 3 | |

| | | | |
|----|---|------|---|
| 9 | Ronaldo Rogério de Freitas Mourão / Astrônomo | ATex | 2 |
| | Rosa Maria Affonso Moysés / Médica | AA | 3 |
| | Melissa O. Premaor e Tania W Furlanetto / Médicas | AA | 3 |
| | Eclipse de Sobral | AHis | 3 |
| | Luis Pingueli Rosa / Físico | CEsp | 3 |
| | Sylvio Mello / Astrônomo | CEsp | 3 |
| 10 | João Carlos Pinheiro Beck / Engenheiro | CEsp | 1 |
| | Gustavo Rojas / Astrônomo | CEsp | 2 |
| | José Ricardo Sabino / Físico | CEsp | 3 |
| | Nilton Oliveira Moraes / Meteorologista | CEsp | 3 |
| | Simone Costa / | CEsp | 3 |
| | José Goldenberg / Físico | CEsp | 3 |
| | Eclipse de Sobral | AHis | 3 |
| 11 | Eclipse de Sobral | AHis | 2 |
| 12 | Desastre de Mariana | AHis | 1 |
| | Marcos César Pontes / Engenheiro | AHis | 1 |
| | Jaques Suchodolski / Arquiteto | AA | 1 |
| | Desastre de Mariana | AHis | 2 |
| | Acidente de Goiânia | AHis | 3 |

Fonte: elaborado pelos autores.

É possível observar que os autores das coleções preocuparam-se em trazer informações mais recentes, é o caso, por exemplo, do desastre de Mariana, no qual ocorreu o rompimento de uma barragem, que acarretou num enorme impacto ambiental e social.

Na última unidade de registro temos o total de 53 citações. No entanto, estas são mais breves se comparadas com aquelas da unidade de registro anterior. Em índices percentuais, as citações da última unidade de registro ocorrem 26% no primeiro volume, 36% no segundo e 38% no terceiro, respectivamente. É possível afirmar que as citações estão distribuídas uniformemente entre os três volumes.

Olhando as citações por “contexto”, verificamos que os autores utilizaram “Consultas a Especialistas” e citações a “Acadêmicos de outras áreas” que não os da física, com uma gama de especialidades que vão desde antropólogos e arquitetos, professores, até geógrafos e engenheiros. Além destes especialistas, identificamos citações a tecnologias desenvolvidas no Brasil, sem mencionar diretamente um pesquisador ou universidade responsável, e invenções feitas por sujeitos que não são cientistas.

A “Consulta a especialistas” aparece na liderança com 28% dos casos, seguida de “Acontecimentos históricos” com 25%, cientistas citados como “Autores de textos” com 32%. Em menor destaque aparecem as citações a “Acadêmicos

de outras áreas” e “Invenções brasileiras” com 13% e 2%, respectivamente. Não mapeamos nenhuma referência a “Aplicações Tecnológicas”.

Na figura 5 reproduzimos, do volume 2 da CD 11, a título de exemplo, uma aparição classificada como “Acontecimento histórico”. Optamos por este exemplo uma vez que ele foi recorrente entre as coleções, com um total de sete aparições.

Figura 5. Trecho reproduzido do volume 2 da CD 11 abordando o Eclipse de Sobral

Para saber mais
Diálogos com a Física Moderna

A luz se propaga sempre em linha reta?

Nesta unidade, vimos que a luz pode ser representada por um elemento geométrico, um segmento de reta orientado, que denominamos raio de luz. Essa representação é adequada, pois, a partir da análise de diversos fenômenos envolvendo a luz (formação de sombras, eclipses etc.), podemos verificar que sua propagação ocorre em linha reta.

No entanto, a luz pode se curvar! Campos gravitacionais muito intensos são capazes de afetar a propagação da luz. Para introduzir o conceito de espaço-tempo, vamos utilizar o exemplo de um lençol esticado com uma bola de boliche sobre ele, para ilustrar a origem da força gravitacional: a deformação do espaço-tempo (lençol) por um objeto de grande massa (a bola de boliche). Em nosso exemplo, a luz se propaga sobre o tecido do lençol. Como ele é deformado pela bola de boliche (uma estrela como o Sol, por exemplo), a trajetória da luz é encurvada por essa deformação (ver figura a seguir).

Albert Einstein previu o desvio da luz de uma estrela pela ação da gravidade de um corpo de grande massa. Esse desvio foi observado em um eclipse geral de 1919, na cidade de Sobral, no Ceará, comprovando a validade da teoria geral da relatividade, proposta por Einstein em 1916.

Para verificar o desvio da luz causado por um campo gravitacional, era preciso obter duas fotografias: uma em que a luz proveniente das estrelas não tivesse sofrido influência do campo gravitacional do Sol, e outra em que a luz tivesse sofrido influência desse campo. Comparando duas fotografias, os observadores perceberam que a luz das estrelas havia sido desviada pelo Sol. As condições ideais para obter tais fotografias ocorreram durante o eclipse total do Sol na cidade de Sobral.

Fonte: Sant’anna et al. (2016, v.2, p. 176).

Por fim, nossa última unidade de registro foi a que apresentou o maior número de ocorrências. Porém, consideramos que estas ocorrências são menos relevantes, mais ilustrativas e exemplificativas, muitas vezes associadas a textos midiáticos e pouco associadas à história e ao desenvolvimento da física brasileira. São citações que aparecem ao final dos conteúdos, como um complemento, ou no início dos conteúdos, para introduzir o tema que será abordado, ficando sempre em segundo plano.

Para finalizar, destacamos que a análise das coleções didáticas possibilitou identificarmos material textual disponível nos livros de física utilizados nas escolas públicas do Brasil. Essa identificação poderá balizar a elaboração de propostas de ensino que contemplem o desenvolvimento da Ciência Brasileira.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Partimos da premissa de ser fundamental a valorização da produção científica brasileira. Posto isso, procuramos investigar como a história e o desenvolvimento da física, produzida no Brasil, são apresentados/discutidos nas Coleções Didáticas de Física pertencentes ao PNLD (2018-2020).

Os resultados de nossa pesquisa indicam que os físicos brasileiros e as instituições brasileiras de pesquisa/ensino são apresentados de maneira muito vaga e coadjuvante nas coleções analisadas. Conforme informado anteriormente, identificamos apenas 17 citações a renomados físicos e cientistas brasileiros.

Já no que diz respeito às instituições de pesquisa/ensino, a quantidade de citações é um pouco maior (30), em números absolutos, em comparação com o quantitativo de citações de cientistas. Porém, consideramos que as citações de instituições de pesquisa/ensino tiveram menor protagonismo do que aquelas destinadas aos cientistas, e são perfeitamente dispensáveis para o entendimento do assunto tratado no texto, já que em quase todos os casos elas estão presentes em boxes, como uma curiosidade ou algo complementar e totalmente secundário.

Na unidade de registro “Outras Citações” há um conjunto grande de menções a cientistas que forneceram entrevistas para reportagens ou são citados por serem autores de textos utilizados pelas coleções. Por um lado, estes casos são pontuais, mas contabilizam para o quantitativo de presença da física brasileira nos materiais impressos analisados. Por vezes, eles são muito breves e passam quase despercebidos.

Consideramos significativa a divulgação e valorização da produção Física desenvolvida em âmbito nacional. Isso se mostrou ausente nas coleções analisadas. A física no Brasil pode ser considerada como recente, mas cresceu e amadureceu muito nas últimas décadas. Há muita pesquisa de ponta sendo realizada, em diversas áreas, e isso tem sido negligenciado pelos produtores de manuais escolares, os quais se restringem a apresentar poucos físicos e textos meramente informativos. Inferimos ser essencial um maior protagonismo da ciência nacional nas coleções didáticas do PNLD.

Defendemos que uma possibilidade de divulgação e valorização da produção nacional é a presença/inserção de discussões da história e do desenvolvimento científico nacional nos textos das obras didáticas que compõem o referido programa.

Por outro lado, sabemos que o processo de produção de uma obra é complexo e atende a múltiplos interesses (autores, editais, editoras, políticas públicas, etc.) e que muitas das decisões tomadas não são feitas com base primordialmente pedagógica. O que está na obra leva o nome dos autores, mas não necessariamente reflete o que eles pensam, escreveram e gostariam de apresentar/discutir. Materiais/informações/dados/discussões pensadas para serem inseridas podem ter ficado de fora das coleções em razão da limitação de páginas atribuída pelo Ministério da Educação do governo federal brasileiro.

Para finalizar, apontamos a necessidade de estudos que investiguem as potencialidades e delimitações de discussões da física produzida no Brasil em aulas do Ensino Médio, não só no que tange ao material didático utilizado, mas também a outros aspectos como, por exemplo, a discussão na formação inicial de professores sobre a História da Ciência de seu país. Esta não é uma tarefa trivial, mas necessária para uma maior valorização da ciência nacional.

AGRADECIMENTOS

À CAPES, Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, pelo apoio financeiro ao primeiro autor (Bolsa Demanda Social) e ao CNPq, Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, pelo apoio financeiro ao segundo autor (Processo n. 402596/2016-1).

REFERÊNCIAS

ARTUSO, *et al.* Livro didático de física – quais características os estudantes mais valorizam? **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 41, n. 4, p. e20180292, 2019.

BARDIN, L. **Análise de Conteúdo**. Lisboa: Edições 70, 1995.

CAVALCANTE, A. B. S. **Energia nuclear no ensino médio: uma análise dos livros didáticos de Física dos programas PNLEM 2007 e PNLD 2012**. 237 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Física e Matemática) – Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física e Matemática. Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2013.

CASSIANO, C. **O mercado do livro didático no Brasil do século XXI: a entrada do capital espanhol na educação nacional**. 1ª ed. São Paulo: Editora da Unesp, 2013.

CORREIA, N. S. A História da Física na Educação Brasileira. **Revista HISTEDBR**, v. 14, n. 14, p. 1-9, 2004.

FIGUEIREDO, G. A.; SILVA, J. A. N. A presença de imagens no livro didático de física do ensino médio: uma análise do discurso a partir das relações de gênero e de “raça”. In: **IV Simpósio Nacional de Linguagens e Gêneros Textuais**. Campina Grande, 2017. Disponível em: https://www.editorarealize.com.br/revistas/sinalge/trabalhos/TRABALHO_EV066_MD1_SA6_ID76_10022017175604.pdf. Acesso em: 20 jun. 2019.

GALVÃO, R. (org.). **Sociedade Brasileira de Física: 50 anos**. São Paulo: SBF, 2016. 142 f. Disponível em: <http://www.sbfisica.org.br/arquivos/SBF-50-anos.pdf>. Acesso em: 21 out. 2016.

LÉPINE-SZIL, A.; HUSSEIN, M. S. Física nuclear e aplicações: desafios e perspectivas do conhecimento sobre o núcleo atômico. In: GALVÃO, R. **Sociedade Brasileira de Física: 50 anos**. São Paulo: SBF, 2016. 142 f.

RODRIGUES, C. **Inserção da Teoria da Relatividade no ensino médio: uma nova porposta**. 173 f. Dissertação (Mestrado em Educação) – Programa de Pós-Graduação em Educação. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2001.

SANTANA, S. J. **Imagens em livros didáticos de física: uma análise semiótica**. 161 f. Dissertação (Mestrado em Educação) – Programa de Pós-Graduação em Educação. Pontifícia Universidade Metodista de Piracicaba, Piracicaba, 2018.

SILVA, A. M. M. Física médica: na interface de uma ciência da natureza com suas aplicações à saúde. In: GALVÃO, R. **Sociedade Brasileira de Física: 50 anos**. São Paulo: SBF, 2016. 142 f.

VIDEIRA, A. A. P. A física no Brasil de 1934 a 1966: dos alicerces da pesquisa à congregação da comunidade em uma sociedade. In: GALVÃO, R. **Sociedade Brasileira de Física: 50 anos**. São Paulo: SBF, 2016. 142 f.

VIEIRA, C.; VIDEIRA, A. História e Historiografia da Física no Brasil. **Fênix Revista de História e Estudos Culturais**, v. 4, n. 3, p. 1-27, 2007.

VALA, J. A. Análise de Conteúdo. In: SILVA, A. S.; PINTO, J. M. **Metodologia das ciências sociais**. Porto: Edições Afrontamento, 1986.

ZAMBON, L. B.; TERRAZZAN, E. A. Políticas de material didático no Brasil: organização dos processos de escolha de livros didáticos em escolas públicas de educação básica. **Revista Brasileira de Estudos Pedagógicos**, v. 94, n. 237, p. 585-602, 2013.

ANEXO

OBRAS ANALISADAS

BARRETO FILHO, B.; SILVA, C. X. **Física aula por aula**. São Paulo: FTD, 2016. v. 1, 2 e 3.

BONJORNO, J. R. *et al.* **Física**. São Paulo: FTD, 2016. v. 1, 2 e 3.

DOCA, R. H.; BISCUOLA, G. J.; BÔAS, N. V. **Física**. São Paulo: Saraiva, 2016. v. 1, 2 e 3.

FUKUI, A.; MOLINA, M. M.; VÊNE. **Ser Protagonista: Física**. São Paulo: Edições SM, 2016. v. 1, 2 e 3.

GASPAR, A. **Compreendendo a física**. São Paulo: Ática, 2016. v. 1, 2 e 3.

GONÇALVES FILHO, A.; TOSCANO, C. **Física: interação e tecnologia**. São Paulo: Leya, 2016. v. 1, 2 e 3.

GUIMARÃES, O.; PIQUEIRA, J. R.; CARRON, W. **Física**. São Paulo: Ática, 2016. v. 1, 2 e 3.

LUZ, A. M. R.; ÁLVARES, B. A.; GUIMARÃES, C. C. **Física: Contexto e aplicações**. São Paulo: Spicione, 2016. v. 1, 2 e 3.

MARTINI, G. *et al.* **Conexões com a Física**. São Paulo: Moderna, 2016. v. 1, 2 e 3.

PIETROCOLA, M. *et al.* **Física em contextos**. São Paulo: Editora do Brasil, 2016. v. 1, 2 e 3.

TORRES, C. M. A.; FERRARO, N. G.; SOARES, P. A. T.; PENTEADO, P. C. M. **Física: ciência e tecnologia**. São Paulo: Moderna, 2016. v. 1, 2 e 3.

YAMAMOTO, K.; FUKU, L. F. **Física para o ensino médio**. São Paulo: Saraiva, 2016. v. 1, 2 e 3.

Submetido em 21/05/2019

Aprovado em 10/10/2019

Contato:

Leandro Londero

Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas

Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" - UNESP

Campus de São José do Rio Preto

Rua Cristóvão Colombo, 2265 - Jardim Nazareth

CEP 15054-000 - São José do Rio Preto, SP - Brasil