

Ensino de Física no Brasil: Retrospectiva e Perspectivas*

Marco Antonio Moreira

Instituto de Física, UFRGS

Caixa Postal 15051, Campus

91501-970 Porto Alegre, RS

moreira@if.ufrgs.br

Recebido em 4 de Abril, 2000

Após uma breve retrospectiva do ensino de Física no Brasil, desde os anos sessenta até a atualidade, fala-se de perspectivas desse ensino, destacando-se a necessidade de profundas mudanças curriculares, tanto no nível médio como no superior. Esta segunda parte está referenciada pelos *Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio* e pelas *Diretrizes Curriculares para Cursos de Graduação em Física*, ambos recentemente divulgados pelo Ministério da Educação.

After a brief retrospective of the teaching of physics in Brazil, from the sixties up to present times, this paper deals with perspectives regarding this teaching, emphasizing the need of deep curriculum changes both at high school and college levels. This second part is guided by the *National Curriculum Standards for Secondary School* and by the *Curriculum Guidelines for Undergraduate Courses in Physics*, both recently disclosed by the Brazilian Ministry of Education.

I Retrospectiva

Falar sobre ensino de Física no Brasil é falar também sobre ensino de Física em nível internacional. As tendências passadas e futuras desse ensino em nosso país são, guardadas as proporções e respeitadas as peculiaridades nacionais, as mesmas de muitos outros países.

Embora tenha sido desenvolvido nos Estados Unidos, o curso de Física do PSSC (Physical Science Study Committee) é um bom ponto de partida para uma breve análise retrospectiva do ensino de Física, no ensino médio, em nível internacional. Trata-se de um projeto de renovação do currículo de Física no ensino médio, iniciado em 1956, no M.I.T., com apoio da N.S.F., fruto de uma grande insatisfação, particularmente entre os físicos, com o ensino da Física, naquela época, nas escolas secundárias norte-americanas.

A primeira edição do *PSSC Physics* foi publicada em 1960, pela D.C. Heath & Co., e sua tradução para o português, em 1963, pela Editora Universidade de Brasília. Não era, simplesmente, um novo livro de Física para a escola média. Era um projeto curricular completo, com materiais instrucionais educativos inovadores e uma filosofia de ensino de Física, destacando procedimentos físicos e a estrutura da Física.

Até essa época, o ensino de Física era baseado, ou referenciado, por livros de texto, dentre os quais destaco três com os quais tive familiaridade como aluno e,

mais tarde, como professor de ensino médio nos anos sessenta: *Introdução à Física*, de Maiztegui & Sábato (1951), *Física na Escola Secundária*, de Blackwood, Herron & Kelly (1958) e *Introdução à Eletricidade, ao Magnetismo e à Ótica*, de R.A. Salmeron (1961). A atividade experimental desenvolvida pelo aluno já era considerada importante no ensino de Física, mas o referencial era o livro de texto.

Eram bons livros, sem dúvida, mas, hoje, podem ser considerados exemplares de um paradigma, o dos livros, que foi substituído por outro, o dos projetos. Por representar uma mudança de paradigma, é que a Física do PSSC é um bom referencial para início de conversa em relação ao ensino de Física no Brasil.

Nessa mesma época, ou um pouco depois e, provavelmente, por influência do PSSC surgiram outros grandes projetos curriculares para o ensino médio como o Nuffield, na Inglaterra, o *Harvard Physics Project*, também nos Estados Unidos, e o *Projeto de Ensino de Física*, na Universidade de São Paulo, Brasil.

No entanto, o paradigma dos projetos não durou muito. É pouco provável que grandes projetos curriculares estejam, atualmente, em uso, em sua plenitude, em escolas de ensino médio, mesmo no país onde foi criado o PSSC. A análise de por que foi relativamente efêmera a época dos projetos foge ao escopo desta apresentação, porém, parece-me que um motivo que não pode ser ignorado é a falta de uma concepção de apren-

*Apresentação feita na mesa redonda "Retrospectiva e Perspectivas de Ensino e Pesquisa" integrante do seminário "Ciências Exatas no Brasil: Retrospectiva e Perspectivas de Ensino, Pesquisa e Fomento", Universidade de Brasília, 9 e 10 de novembro de 1999.

dizagem. Quer dizer, os projetos foram muito claros em dizer como se deveria ensinar a Física (experimentos, demonstrações, projetos, “hands on”, história da Física, ...), mas pouco ou nada disseram sobre como aprender-se-ia esta mesma Física. Ensino e aprendizagem são interdependentes; por melhor que sejam os materiais instrucionais, do ponto de vista de quem os elabora, a aprendizagem não é uma consequência natural.

A questão da aprendizagem nos leva a outro paradigma, o da pesquisa em ensino de Física, que começou a emergir com mais clareza nos anos setenta, com o estudo das chamadas concepções alternativas, consolidou-se na década de oitenta, com as pesquisas sobre a mudança conceitual, e encontra-se em plena “ciência normal”, neste fim de século, com investigações bastante diversificadas, incluindo, por exemplo, resolução de problemas, representações mentais dos alunos, concepções epistemológicas dos professores e formação inicial e permanente de professores.

Ao longo dos cinquenta anos, enfocados nesta rápida retrospectiva sobre o ensino de Física em escolas de nível médio, não se pode deixar de mencionar iniciativas e contribuições importantes como “Física do cotidiano”, “equipamento de baixo custo”, “ciência, tecnologia e sociedade”, “história e filosofia da ciência” e, recentemente, “Física Contemporânea” e “novas tecnologias”.

Creio que cada uma destas vertentes tem seu valor, mas também suas limitações e, até mesmo, prejuízos para o ensino da Física, na medida que forem exclusivas. Julgo que é um erro ensinar Física sob um único enfoque, por mais atraente e moderno que seja. Por exemplo, ensinar Física somente sob a ótica da Física do cotidiano é uma distorção porque, em boa medida, aprender Física é, justamente, libertar-se do dia-a-dia. De modo semelhante, ensinar Física apenas sob a perspectiva histórica, também não me parece uma boa metodologia porque para adquirir/construir conhecimentos o ser humano, normalmente, não precisa descobri-los, nem passar pelo processo histórico de sua construção. Tampouco o microcomputador será um bom recurso metodológico, se for usado com exclusividade, dispensando a interação pessoal, a troca, ou negociação, de significados que é fundamental para um bom ensino de Física.

Analogamente, a pesquisa em ensino de Física tem seus méritos e limitações. Não se pode esperar que aponte soluções milagrosas, ou panacéias, para o ensino em sala de aula, mesmo porque boa parte dela é básica e não visa a aplicabilidade imediata em sala de aula.

Voltando à questão dos paradigmas, embora tenha dito que a pesquisa em ensino de Física é um paradigma, a existência de todas as correntes apontadas anteriormente, muitas das quais estão em pleno vigor, sugere que estamos em uma época multiparadigmática, bem mais difícil do que aquelas em que havia um livro

ou um projeto a seguir. Por falar em livros, é claro que eles sempre existiram e cabe destacar, entre os atuais, pela ótima qualidade, o *Curso de Física*, de Alvarenga e Máximo (1997) e o *Física do GREF* (Grupo de Reelaboração do Ensino de Física, 1993). Mas, definitivamente, não é, ou não deveria ser, época de ensinar Física sob a abordagem de um único texto.

Digo “não deveria”, porque, agora me referindo apenas à realidade brasileira, muito do ensino de Física em nossas escolas secundárias está, atualmente, outra vez referenciado por livros porém de má qualidade – com muitas cores, figuras e fórmulas – e distorcido pelos programas de vestibular; ensina-se o que cai no vestibular e adota-se o livro com menos texto para ler.

Passemos ao ensino de Graduação em Física. Aí parece que nunca saímos do paradigma do livro. Em nosso ensino de graduação, tanto nas disciplinas de Física Geral como nas avançadas, é o livro de texto que determina o nível do curso, a ementa, o programa, a seqüência das aulas, enfim, o plano de ensino da disciplina. O laboratório parece ser uma obrigação incômoda para muitos professores; o ideal aparenta ser explicar, ou simplesmente repetir, o que está no livro e dar uma lista de problemas aos alunos.

Infelizmente, nosso ensino de graduação em Física é muito ruim. A evasão em nossos cursos de Física é enorme. Possivelmente, os estudantes que sobrevivem e acabam saindo bacharéis ou licenciados em Física nem precisassem ter tido o ensino que tiveram. Trata-se muito mais de seleção natural do que de aprender em função do ensino.

É verdade que no ensino de Física Geral há, pelo menos, uma conscientização do problema. As dificuldades naturais de um ensino massificado, a integração (ou desintegração) teoria e laboratório, o despreparo dos alunos em Matemática, têm gerado preocupações e ações visando à melhoria do ensino de Física Geral nas universidades. Dentre tais ações destaca-se, certamente, mudar o livro de texto.

Em um artigo recente, Charles Holbrow (1999) faz uma análise, ou uma arqueologia como ele mesmo diz, de livros introdutórios de Física nos últimos 150 anos. A história, segundo ele, começa com o *Tratado de Física* de Adolphe Ganot (1868), passa pelos livros didáticos de Robert A. Milikan (1902, 1920), pelos imensamente bem sucedidos textos de Francis W. Sears e Mark Zemansky (1948) e chega ao conhecidíssimo, e ainda mais exitoso, *Física para Estudantes de Ciências e Engenharia*, de David Halliday e Robert Resnick (1960).

Segundo Holbrow (ibid.), a Física de Ganot era descritiva e enciclopédica, dentro de uma tradição de aprendizagem passiva. Contudo, somente após décadas e muitas edições do tratado de Ganot é que esta tradição foi superada por outra, a de que a atividade de laboratório, exercida pelo aluno, deve ser parte integrante do ensino de Física. Esta nova tradição aparece claramente nas obras de Milikan. A Física de Sears

e, mais tarde, Sears & Zemansky publicada na década de quarenta, embora mais ou menos com os mesmos tópicos encontrados nos livros de décadas anteriores, veio com um novo e atual estilo, uma apresentação gráfica diferente e sem muita descrição de aparelhos. Foi um êxito no ensino da Física introdutória, embora, a rigor, não trouxesse nenhuma inovação pedagógica. A este sucesso seguiu-se outro, ainda maior, o da Física de Halliday & Resnick, sobre o qual não é preciso acrescentar nada de tão conhecido que é. Quem dos atuais professores de Física nunca estudou ou deu aulas pelo Halliday & Resnick?

No dizer de Holbrow, este livro, além de extremamente utilizado, tornou-se o patriarca de uma família de textos de Física Geral produzidos desde 1960 quando foi publicado pela primeira vez.

Esta família é grande e continua aumentando, mas o ensino da Física introdutória segue problemático e, provavelmente, persistirá assim, na medida que nos mantivermos exclusivamente no paradigma do livro de texto, como se faz há, pelo menos, 150 anos.

II Perspectivas

Obviamente, é muito mais fácil fazer uma retrospectiva - ainda mais se ela abrange um período de tempo vivido como estudante e professor de Física, pesquisador em ensino de Física, orientador de dissertações e teses nesta área, coordenador de cursos de graduação em Física e membro de comissões nacionais e internacionais em ensino de Física - do que tentar traçar perspectivas. Por isso, nesta segunda parte de minha apresentação farei uso de dois recentes, e importantes, documentos sobre ensino de Física no Brasil: as Diretrizes Curriculares para os Cursos de Graduação (1999) e os Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (1999). Acredito que tais documentos definem, sem dúvida, novas perspectivas para o ensino de Física, no país, nestes dois níveis.

Para o ensino de graduação, as Diretrizes Curriculares, recentemente elaboradas pela Comissão de Especialistas em Ensino de Física da SESU/MEC¹, após ampla discussão com a comunidade, e atualmente em análise no Conselho Nacional de Educação, são claras no sentido de que:

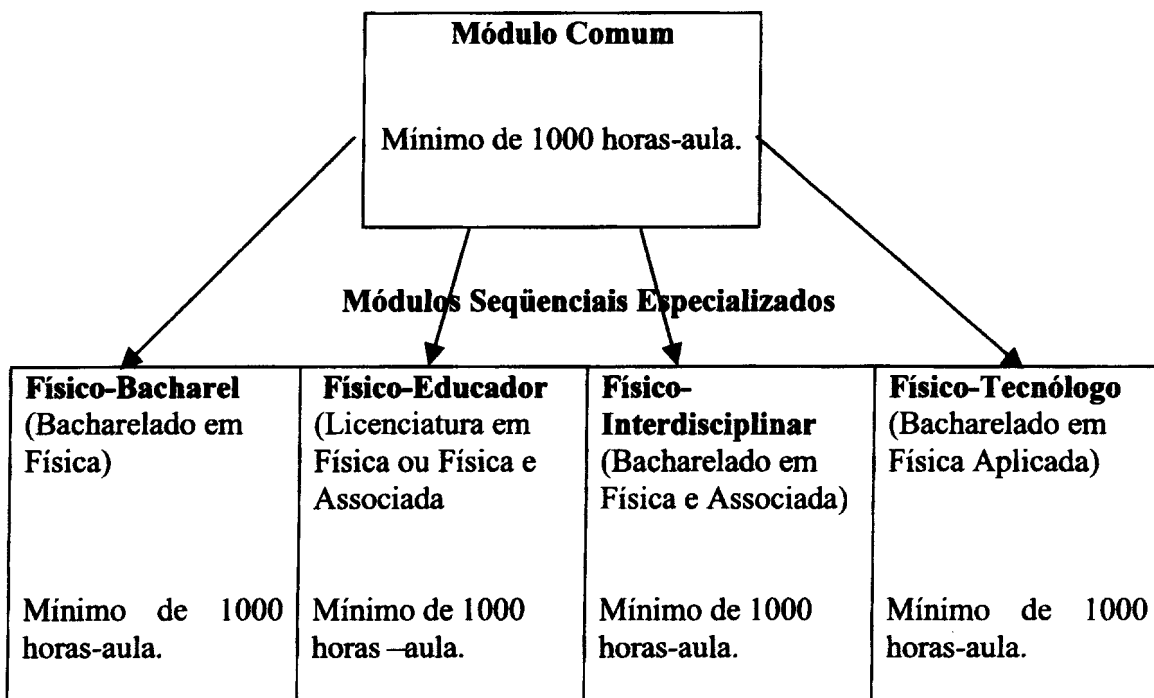
- 1. A formação em Física, na sociedade contemporânea, deve se caracterizar pela flexibilidade do currículo de modo a oferecer alternativas aos egressos.
- 2. O físico, seja qual for sua área de atuação, deve

ser um profissional que, apoiado em conhecimentos sólidos e atualizados em Física, deve ser capaz de abordar e tratar problemas novos e tradicionais e deve estar sempre preocupado em buscar novas formas do saber científico ou tecnológico. Em todas suas atividades, a atitude de investigação deve estar sempre presente, embora associada a diferentes formas e objetivos de trabalho.

- 3. Dentro deste perfil geral, pode-se distinguir perfis específicos que podem ser tomados como referenciais para o delineamento de perfis desejáveis dos formandos em Física:
 - *Físico-bacharel*; ocupar-se-á preferencialmente da pesquisa básica ou aplicada em universidades ou centros de pesquisa.
 - *Físico-educador*; dedicar-se-á, preferentemente, à formação e à disseminação do saber científico no ensino formal ou através de novas formas de educação científica.
 - *Físico-tecnólogo*; destinar-se-á, predominantemente, ao desenvolvimento de equipamentos e processos, trabalhando, em geral, de forma associada a engenheiros e outros profissionais.
 - *Físico-interdisciplinar*; utilizar-se-á, prioritariamente, do instrumental teórico e/ou experimental da Física em conexão com outras áreas do saber.
- 4. Para atingir uma formação que contemple os perfis, competências e habilidades desejáveis e, ao mesmo tempo, flexibilize a inserção do formando em um mercado de trabalho diversificado, os currículos podem ser divididos em duas partes:
 - Um *módulo comum* a todas as modalidades dos cursos de Física, não divisível em submódulos, apresentando, aproximadamente, metade da carga horária necessária para a obtenção do diploma em Física. Este módulo deve ter um mínimo de 1000 horas de atividades de sala de aula, ou de estudos programados supervisionados, e de laboratório.
 - *Módulos seqüenciais especializados*, nos quais será dada a orientação final do curso. Este módulos, que poderão conter submódulos na forma de cursos seqüenciais previstos na legislação, também devem totalizar um mínimo de 1000 horas-aula de atividades.

O esquema geral desta estrutura modular é o seguinte:

¹ Esta Comissão é atualmente constituída pelo autor desta apresentação e pelos professores José David Vianna, da UFBA, e Fernando Cerdeira, da UNICAMP.



- 5. Os currículos plenos de formação em Física devem incluir estágios em instituições de pesquisa, universidades, indústrias, empresas ou escolas e uma monografia (ou trabalho equivalente) de final de curso, associada, ou não, aos estágios.

Estas diretrizes apontam, de modo inequívoco, para a necessidade de mudar radicalmente a formação em Física no Brasil. Não podemos mais ficar somente mudando de livro. É preciso que o egresso do curso de Física tenha outras saídas além da pós-graduação em Física ou o ensino médio. Não devemos continuar mantendo um bacharelado em Física que forma um reduzido número de alunos apenas para alimentar a pós-graduação. Também não devemos seguir com uma licenciatura em Física que forma um número igualmente reduzido de professores que são preparados apenas para dar aulas em uma escola que não conhecem.

A perspectiva para a graduação em Física é de mudança curricular. Mudança urgente e significativa. Uma questão de sobrevivência, provavelmente.

No ensino de Física Geral, creio que a perspectiva é, antes, a de dar mais atenção a este ensino do que a de grandes mudanças. Se continuarmos fazendo um mau ensino nas disciplinas de Física Geral acabaremos perdendo-as e, com elas, perderemos vagas de professores em nossos departamentos de Física e, conseqüentemente, vagas para pesquisadores. Mas não só isso. A Física introdutória universitária é importante na formação de engenheiros e profissionais de áreas afins. É também importante no núcleo comum proposto nas diretrizes curriculares para a formação em

Física.

Não adianta argumentar que os altos índices de reprovação nas primeiras disciplinas de Física Geral são conseqüência de falta de base dos alunos. É preciso enfrentar esta situação recuperando os alunos.

É preciso dar muita atenção ao ensino nas disciplinas de Física Geral. Por atenção quero dizer que é necessário adotar uma postura de que esse ensino é importante. Desta postura sairá a busca de novas soluções e a conscientização de que não basta mudar de livro ou, para ser atual, colocar as listas de problemas na internet.

Em relação ao ensino médio, me parece apropriado tomar como perspectiva o que está proposto para a Física, em termos de competências e habilidades, nos recém divulgados *Parâmetros Curriculares Nacionais*:

Competências e habilidades a serem desenvolvidas em Física²

Representação e comunicação

- Compreender enunciados que envolvam códigos e símbolos físicos. Compreender manuais de instalação e utilização de aparelhos.
- Utilizar e compreender tabelas, gráficos e relações matemáticas gráficas para a expressão do saber físico. Ser capaz de discriminar e traduzir as linguagens matemática e discursiva entre si.

²Extraído da Parte III dos PCN, "Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias", área coordenada por Luís Carlos Menezes.

- Expressar-se corretamente utilizando a linguagem física adequada e elementos de sua representação simbólica. Apresentar de forma clara e objetiva o conhecimento aprendido, através de tal linguagem.
- Conhecer fontes de informações e formas de obter informações relevantes, sabendo interpretar notícias científicas.
- Elaborar sínteses ou esquemas estruturados dos temas físicos trabalhados.

Investigação e compreensão

- Desenvolver a capacidade de investigação física. Classificar, organizar, sistematizar. Identificar regularidades. Observar, estimar ordens de grandeza, compreender o conceito de medir, fazer hipóteses, testar.
- Conhecer e utilizar conceitos físicos. Relacionar grandezas, quantificar, identificar parâmetros relevantes. Compreender e utilizar leis e teorias físicas.
- Compreender a Física presente no mundo vivencial e nos equipamentos e procedimentos tecnológicos. Descobrir o “como funciona” de aparelhos.
- Construir e investigar situações-problema, identificar a situação física, utilizar modelos físicos, generalizar de uma a outra situação, prever, avaliar, analisar previsões.
- Articular o conhecimento físico com conhecimentos de outras áreas do saber científico.

Contextualização sócio-cultural

- Reconhecer a Física enquanto construção humana, aspectos de sua história e relações com o contexto cultural, social, político e econômico.
- Reconhecer o papel da Física no sistema produtivo, compreendendo a evolução dos meios tecnológicos e sua relação dinâmica com a evolução do conhecimento científico.
- Dimensionar a capacidade crescente do homem propiciada pela tecnologia.
- Estabelecer relações entre o conhecimento físico e outras formas de expressão da cultura humana.
- Ser capaz de emitir juízos de valor em relação a situações sociais que envolvam aspectos físicos e/ou tecnológicos relevantes.

Trata-se, pois, de ensinar Física como construção, modelagem, de significados. Física para a cidadania. Física significativa.

A grande maioria dos alunos do ensino médio não vai estudar Física mais tarde. Por isso, não tem sentido ensinar-lhes Física como se fossem físicos em potencial. (Aliás, este talvez tenha sido um grande erro do PSSC e de outros projetos curriculares.) Eles serão, sobretudo, cidadãos e, como tal, a Física que lhes for ensinada deve servir para a vida, possibilitando-lhes melhor compreensão do mundo e da tecnologia.

Os PCN recomendam também que a apropriação dos conhecimentos físicos deve ser desenvolvida passo a passo, a partir dos elementos próximos, práticos e vivenciais do aluno, reconhecendo-se a necessidade de que o abstrato seja construído “concretamente”, a partir de situações reais, sem que se faça apelo a definições dogmáticas ou a tratamentos impropriamente triviais. Sugerem, igualmente, que é essencial trabalhar com modelos, introduzindo-se a própria idéia de modelo através da discussão de modelos microscópicos, e que tais modelos devem ser construídos a partir da necessidade explicativa dos fatos, em correlação direta com os fenômenos macroscópicos que se quer explicar.

Estes novos parâmetros apontam também para a necessidade de atualização dos conteúdos enfatizando a Física Contemporânea ao longo de todo o curso, em cada tópico, como um desdobramento de outros conhecimentos e não necessariamente como um tópico a mais no fim do curso.

Portanto, no ensino médio a perspectiva é também de mudança radical: Física não dogmática, construtivista, para a cidadania, ênfase em modelos, situações reais, elementos próximos, práticos e vivenciais do aluno, do concreto para o abstrato, atualização de conteúdos, Física Contemporânea.

Certamente, uma Física muito diferente daquela que não passa de treinamento para o vestibular. Um enorme desafio, com grandes implicações para a formação inicial e continuada de professores de Física.

Resumindo, as perspectivas para o ensino de Física no Brasil são de grandes, e necessárias, mudanças no ensino de graduação e no ensino médio e de, também grande e indispensável, atenção ao ensino de Física Geral. Possivelmente, o ensino de pós-graduação também careça de reformulação, mas isso já foge do escopo desta limitada apresentação.

Não falei das novas tecnologias, mas é óbvio que elas terão um papel muito relevante nas mudanças que estão acontecendo e que ainda virão.

References

- [1] Alvarenga, B. & Máximo, A. (1997). *Curso de Física*. São Paulo: Scipione. 3v.
- [2] Blackwood, O.H., Herron, W.B. & Kelly, W.C. (1958). *Física na escola secundária*. Rio de Janeiro: INEP. (1a ed. bras.). 2v. Tradução de José Leite Lopes e Jayme Tiomno do original *High School Physics*.
- [3] GREF (1993). *Física*. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo. 3v.
- [4] Halliday, D. & Resnick, R. (1960). *Physics for students of science and engineering*. New York: Wiley.
- [5] *Harvard Project Physics* (1968). New York: Holt, Rinehart, and Winston. 6 v.
- [6] Holbrow, C.H. (1999). Archaeology of a bookstack: some major introductory physics texts of the last 150 years. *Physics Today*, **52**(3):50-56.
- [7] Maiztegui, A.P. & Sábato, J.A. (1951). *Introducción a la Física*. Buenos Aires: Kapeluz. 2v.
- [8] Millikan, R.A. & Gale, H.G. (1920). *Practical physics*. Boston: Ginn.
- [9] Millikan, R.A. (1902). *Mechanics, molecular physics and heat*. Chicago: Scott, Foresman.
- [10] Salmeron, R.A. (1961). *Introdução à Eletricidade e ao Magnetismo*. São Paulo: D. Salmeron C. Gomes Editora.
- [11] Salmeron, R.A. (1961). *Introdução à Ótica*. São Paulo: D. Salmeron C. Gomes Editora.
- [12] Sears, F.W. & Zemansky, M.W. (1948). *College Physics*. Cambridge, MA: Addison-Wesley.