



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE - UFCG
CENTRO DE FORMAÇÃO DE PROFESSORES - CFP
UNIDADE ACADÊMICA DE CIÊNCIAS EXATAS E DA NATUREZA- UACEN
CURSO DE LICENCIATURA EM FÍSICA**

ANA KARLA CLAUDINO DUARTE

**TEXTOS DE DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA NO ENSINO DE CIÊNCIAS: UMA
INVESTIGAÇÃO DO LIVRO DIDÁTICO DE FÍSICA DA TERCEIRA SÉRIE DO
ENSINO MÉDIO**

**CAJAZEIRAS - PB
2023**

ANA KARLA CLAUDINO DUARTE

**TEXTOS DE DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA NO ENSINO DE CIÊNCIAS: UMA
INVESTIGAÇÃO DO LIVRO DIDÁTICO DE FÍSICA DA TERCEIRA SÉRIE DO
ENSINO MÉDIO**

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) apresentado ao Curso de Licenciatura em Física do Centro de Formação de Professores da Universidade Federal de Campina Grande - *Campus* de Cajazeiras-PB, como requisito para obtenção do título de Licenciada em Física.

Orientador: Prof. Dr. Douglas Fregolente

CAJAZEIRAS –PB

2023

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação - (CIP)

D812t	Duarte, Ana Karla Claudino Textos de divulgação científica no ensino de ciências: uma investigação do livro didático de física da terceira série do ensino médio / Ana Karla Claudino Duarte. - Cajazeiras, 2023. 85f. : il. - Bibliografia. Orientador: Prof. Dr. Douglas Fregolente. Monografia (Licenciatura em Física) UFCG/CFP, 2022. 1. Ensino de física. 2. Divulgação científica. 3. Livro didático de física. 4. Ensino de ciências. I. Fregolente, Douglas. II. Título. UFCG/CFP/BS CDU – 53 : 37
-------	--

Ficha catalográfica elaborada pela Bibliotecária Denize Santos Saraiva Lourenço CRB/15-046

FICHA DE AVALIAÇÃO FINAL DE MONOGRAFIA

Aluna: Ana Karla Claudino Duarte

Título do Trabalho: Textos de Divulgação Científica no Ensino de Ciências: uma investigação do livro didático de Física da terceira série do Ensino Médio

Orientador: Prof. Dr. Douglas Fregolente

Membro 1 da Banca Examinadora: Prof. Dr. Diego Marcelli Rocha


Membro 2 da Banca Examinadora: Prof. Dr. João Maria da Silva

Itens avaliados	Orientador(a)	Membro 1	Membro 2
Trabalho escrito (Nota de 0,0 a 10,0 -Peso 5)	10,0	9,0	9,4
Apresentação oral (Nota de 0,0 a 10,0 -Peso 3)	10,0	10,0	9,4
Desempenho na Arguição (Nota de 0,0 a 10,0 – Peso 2)	10,0	9,5	9,5

NOTA FINAL: A nota final será calculada pela média aritmética das notas finais de cada membro da banca.

Observações: A aluna foi aprovada com média final igual a 9,6.

BANCA EXAMINADORA:



(Orientador e presidente)



(Membro da Banca 01)



(Membro da Banca 02)

Cajazeiras/PB, 10 de fevereiro de 2023.

Dedico este trabalho aos meus pais,
Risolene Duarte e João Bosco Claudino (*in memoriam*)
e aos meus irmãos, Ana Cláudia e João Carlos.

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer inicialmente a minha mãe, Risolene Duarte, ao meu padrasto, Oriel Franscisco, e aos meus irmãos, Ana Cláudia e João Carlos, por todo apoio e compreensão durante os momentos em que me ausentei em virtude das atividades exigidas. Por toda força e motivação que investiram para que chegássemos até aqui.

Mais uma vez agradeço a minha irmã, Ana Cláudia, minha querida revisora textual, pela correção feita da escrita da língua portuguesa e da formatação. Bem como sou grata pelas diversas experiências compartilhadas, em relação à confecção da escrita acadêmica, que acrescentaram muito para a construção dessa pesquisa.

Agradeço também ao meu namorado, Jazon Heberthy Pereira, que em muitos momentos me ajudou e me acolheu. Agradeço por todo carinho. Ademais, também sou grata pelas experiências acadêmicas compartilhadas e pela sua contribuição em parte das revisões textuais feitas da escrita desse trabalho.

Referente às amizades feitas durante a jornada desse curso, agradeço aos amigos que tive a honra de conhecer ao longo do curso, sou grata pelos momentos felizes que compartilhamos, e por assim, amenizar parte das dificuldades enfrentadas ao longo desse percurso. Agradeço muito a vocês: George Dias, Graziela Ribeiro, Guilherme Ângelo, Jefferson Santana, Jucilane Alves e Thatiane Nunes.

Ao meu orientador, Dr. Douglas Fregolente, agradeço imensamente por ter aceitado me orientar neste trabalho e, efetivamente, por todas as contribuições valiosas conferidas para que este trabalho pudesse ser construído. Agradeço por todas as palavras de incentivo que dirigiu a mim em diversos momentos ao longo da escrita desse trabalho e nos períodos das atividades e provas das disciplinas. Muito obrigada por acreditar em mim em todos esses momentos.

A minha banca examinadora, Dr. Diego Marcelli Rocha e Dr. João Maria da Silva, minha gratidão por aceitarem fazer parte dessa banca e pelas contribuições feitas a esta pesquisa.

Aos meus professores, agradeço por todos os ensinamentos e valores que transmitiram ao longo de todos esses anos. Em especial agradeço à professora Me. Jaene Guimarães, que, no pouco tempo que permaneceu nesse curso, ajudou-me a superar diversas dificuldades durante as atividades do curso, como também, agradeço pelas experiências compartilhadas que sempre inspiraram com sua confiança, força e animação.

A Deus, agradeço por toda a força para continuar e pela proteção divina.

RESUMO

A pesquisa ora apresentada tem como objetivo geral analisar a introdução de textos de Divulgação Científica (DC) em Livros Didáticos (LD) de Física. Para esse fim, foi escolhida a obra *Física: interação e tecnologia*, Volume 3, de autoria de Aurelio Gonçalves Filho e Carlos Toscano, publicado pela editora Leya no ano de 2016, uma vez que este apresenta em seus capítulos, textos de divulgação da ciência. Este trabalho deve ser inserido na área de ensino de ciências e tem como objetivos específicos conceituar o termo Divulgação Científica, por meio do levantamento da literatura disponível a respeito do assunto. Nesse sentido, remonta-se inicialmente aspectos e momentos históricos referentes ao desenvolvimento da divulgação da ciência ao público não especialista; elucida-se a importância da inserção da DC nos LDs de ciências, especificamente em LDs de Física, no presente caso. Finalmente, identificamos a relevância de associar a DC, principalmente por meio de textos, ao ensino de ciências. As categorias de análise foram desenvolvidas com base nos trabalhos de Martins e Damasceno (2002) e Vieira (2006), além de considerarmos orientações dadas pela Base Nacional Comum Curricular (BNCC) (BRASIL, 2017). Essa escolha é justificada uma vez que entendemos que o mero apresentar textos de DC não é o mais importante, mas sim entender o como esses textos são apresentados, bem como quais contribuições podem trazer ao ensino-aprendizagem de Física. Ademais, as regras definidas para criar categorias de análise de conteúdo de Carlomagno e Rocha (2016) foram nossa referência para elaborar as nossas categorias de análise, as quais são: categoria (1) *Exploração de recursos e técnicas apropriadas para textos de DC* e categoria (2) *Perspectivas pedagógicas associadas à leitura*. Caracterizou-se a pesquisa como descritiva e bibliográfica, considerando os métodos de coleta de dados e dada a intenção de observar e correlacionar fatos, buscando a frequência de observação do fenômeno. Nesse cenário, a abordagem do problema é então classificada como qualitativa. Dessa maneira, de acordo com as categorias de análise criadas, investigamos os capítulos do manual didático mencionado e constatamos a presença de textos de DC nos cinco capítulos do livro, inseridos em alguns casos com certas modificações, adequando os textos às eventuais perspectivas didáticas e pedagógicas. Logo, os resultados obtidos apontam para uma diversificação dos textos de DC presentes no LD e, pode-se destacar que existe uma preocupação em trazer textos de DC que estimulam o hábito da leitura e a criticidade, na medida em que dialogam com os alunos sobre temas de interesse atual, possibilitando uma maior conexão destes com a ciência e tecnologia. Assim sendo, a inserção de DC em LD pode ser considerada uma importante aliada ao ensino desde que sejam feitas verificações e adequações de textos ou outro recurso da DC, de modo a atender as perspectivas pedagógicas do docente, tendo em vista que permite conectar alunos, professores e sociedade, ao trabalhar com temas de natureza cultural, histórica, política e tecnológicas.

Palavras-chave: Divulgação Científica; Ensino de Física; Livro Didático.

ABSTRACT

The research presented here has the general objective of analyzing the introduction of Popularization of Science (PS) texts in Physics Textbooks (PT). For this purpose, the book *Physics: Interaction and Technology, Volume 3*, by Aurelio Gonçalves Filho and Carlos Toscano, published by Leya in 2016, was chosen, once it presents science popularization texts in its chapters. This work must be inserted in the science teaching area and has the specific objectives of conceptualizing the term Popularization of Science through a survey of the available literature on the subject. In this regard, one initially goes back to aspects and historical moments referring to the development of the dissemination of science to the non-specialist public. The importance of inserting PS in Science textbooks is then elucidated, specifically in Physics textbooks in the present case. Finally we identified the relevance of associating PS, mainly through texts, with science teaching. The analysis categories were developed based on the works of Martins and Damasceno (2002) and Vieira (2006), in addition to considering guidelines given by the National Common Curricular Base (BNCC) (BRAZIL, 2017). This choice is justified since we understand that merely presenting PS texts is not the most important thing, but understanding how these texts are presented, as well as what kind of contributions they can bring to the teaching-learning of Physics. Furthermore, the rules defined to create content analysis categories by Carlomagno and Rocha (2016) were our reference to elaborate our analysis categories, namely: category (1) *Exploration of resources and techniques appropriate for PS texts* and category (2) *Pedagogical perspectives associated with reading*. The research was characterized as descriptive and bibliographical, considering the methods of data collection and given the intention of observing and correlating facts, seeking the frequency of observation of the phenomenon. In this scenario, the approach to the problem is then classified as qualitative. In this way, according to the categories of analysis created, we investigated the chapters of the aforementioned didactic manual and found the presence of PS texts in the five chapters of the book, inserted in some cases with certain modifications, aiming to adapt the texts to any eventual didactic and pedagogical perspective. Therefore, the results obtained point to a diversification of the texts present in the PT and, it can be highlighted that there is a concern in bringing PS texts that stimulate the habit of reading and criticality, insofar as they dialogue with students on themes of current interest, enabling a greater connection of these with science and technology. Therefore, the insertion of DC in textbooks can be considered as an important ally to teaching, provided that checks and adaptations of texts or other DC resources are carried out, in order to meet the pedagogical perspectives of the teacher, considering that it allows connecting students, teachers and society, when working with themes of a cultural, historical, political and technological nature.

Key-words: Scientific Dissemination; Physics Education; Textbook.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – As abordagens textuais nos LDs	27
Figura 2 – Tipos textuais que se interseccionam no LD	30
Figura 3 – Capa do livro <i>Física: interação e tecnologia</i>	39
Figura 4 – Esquema de apresentação do livro	45
Figura 5 – Capa do Capítulo 1 intitulado Eletrodinâmica: aparelhos e circuitos elétricos	46
Figura 6 – Primeiro texto de DC da análise, intitulado “Eletricidade que dá vida”	47
Figura 7 – Imagens presentes no texto “Eletricidade que dá vida”	48
Figura 8 – Imagens presentes no texto “Eletricidade que dá vida”	48
Figura 9 – Capa do Capítulo 2 intitulado Campo elétrico, tensão e modelo de corrente elétrica	50
Figura 10 – Segundo texto de DC da análise, intitulado “A centenária e misteriosa condutividade” ..	51
Figura 11 – Figura presente no texto “A centenária e misteriosa condutividade”	52
Figura 12 – Capa do Capítulo 3 intitulado Magnetismo e eletricidade	53
Figura 13 – Terceiro texto de DC da análise, intitulado “Aceleradores de Partículas”	54
Figura 14 – Figura presente no texto “Aceleradores de Partículas”	55
Figura 15 – Figura presente no texto “Aceleradores de Partículas”	55
Figura 16 – Capa do Capítulo 4 intitulado <i>Energia elétrica: produção e distribuição</i>	56
Figura 17 – Quarto texto de DC da análise, intitulado “O envio de som e imagem a grandes distâncias: as radiações eletromagnéticas”	57
Figura 18 – Figura presente no texto “O envio de som e imagem a grandes distâncias: as radiações eletromagnéticas”	58
Figura 19 – Capa do Capítulo 5 intitulado <i>Tópicos de física moderna</i>	59
Figura 20 – Quinto texto de DC da análise, intitulado “O Higgs, a massa e a ciência que prossegue”	60
Figura 21 – Imagens presentes no texto “O Higgs, a massa e a ciência que prossegue”	61
Figura 22 – Imagens presentes no texto “O Higgs, a massa e a ciência que prossegue”	61

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Capítulos do livro didático <i>Física: interação e tecnologia</i> (2016)	40
Quadro 2 - Categorias de Análise	41
Quadro 3 – Categoria 1: Exploração de recursos e técnicas apropriadas para textos de DC	42
Quadro 4 – Categoria 2: Perspectivas pedagógicas associada à leitura	43
Quadro 5 – Categoria 1: Exploração de recursos e técnicas apropriadas para textos de DC	47
Quadro 6 – Categoria 2: Perspectivas pedagógicas associada à leitura	49
Quadro 7 – Categoria 1: Exploração de recursos e técnicas apropriadas para textos de DC	50
Quadro 8 – Categoria 2: Perspectivas pedagógicas associada à leitura	52
Quadro 9 – Categoria 1: Exploração de recursos e técnicas apropriadas para textos de DC	53
Quadro 10 – Categoria 2: Perspectivas pedagógicas associada à leitura	55
Quadro 11 – Categoria 1: Exploração de recursos e técnicas apropriadas para textos de DC	57
Quadro 12 – Categoria 2: Perspectivas pedagógicas associada à leitura	58
Quadro 13 – Categoria 1: Exploração de recursos e técnicas apropriadas para textos de DC	60
Quadro 14 – Categoria 2: Perspectivas pedagógicas associada à leitura	62

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

- BINGO - *Baryon Acoustic Oscillations from Integrated Neutral Gas Observations*
- BNCC - Base Nacional Comum Curricular
- CFP - Centro de Formação de Professores
- DC - Divulgação Científica
- LDB - Lei de Diretrizes e Bases da Educação
- MEC - Ministério da Educação
- PCN + - Orientações Curriculares Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais
- PNLD - Programa Nacional do Livro e do Material Didático
- PROBEX - Programa de Bolsa de Extensão
- TICs - Tecnologias da Informação e Comunicação
- UACEN - Unidade Acadêmica de Ciências Exatas e da Natureza
- UFCG - Universidade Federal de Campina Grande

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
2	A DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA	18
2.1	DEFINIÇÕES DE DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA	18
2.2	BREVE CONTEXTUALIZAÇÃO HISTÓRICA DA DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA	21
2.3	A DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA E O LIVRO DIDÁTICO	25
2.4	PAPEL DA DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA NO ENSINO DE CIÊNCIAS	31
3	METODOLOGIA	36
3.1	CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA	36
3.2	UNIVERSO E CORPUS DA PESQUISA	38
3.3	MÉTODOS DE ANÁLISE DE DADOS.....	40
4	ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS DADOS	44
4.1	CAPÍTULO 1: <i>ELETRODINÂMICA: APARELHOS E CIRCUITOS ELÉTRICOS</i>	45
4.2	CAPÍTULO 2: <i>CAMPO ELÉTRICO, TENSÃO E MODELO DE CORRENTE ELÉTRICA</i>	49
4.3	CAPÍTULO 3: <i>MAGNETISMO E ELETRICIDADE</i>	53
4.4	CAPÍTULO 4: <i>ENERGIA ELÉTRICA: PRODUÇÃO E DISTRIBUIÇÃO</i>	56
4.5	CAPÍTULO 5: <i>TÓPICOS DE FÍSICA MODERNA</i>	59
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	64
	REFERÊNCIAS	66
	ANEXOS	69
	ANEXO 1 – Versão integral do primeiro texto de DC analisado, intitulado “Eletricidade que dá vida”	70
	ANEXO 2 – Versão integral do segundo texto de DC analisado, intitulado “A centenária e misteriosa supercondutividade”	73
	ANEXO 3 – Versão integral do terceiro texto de DC analisado, intitulado “Aceleradores de Partículas”	76
	ANEXO 4 – Versão integral do quarto texto de DC analisado, intitulado “O envio de som e imagem a grandes distâncias: as radiações eletromagnéticas”	78
	ANEXO 5 – Versão integral do quinto texto de DC analisado, intitulado “O Higgs, a massa e a ciência que prossegue”	83

1 INTRODUÇÃO

O interesse em assuntos científicos frequentemente é ampliado em face de momentos históricos marcados pela necessidade de instruir a população sobre os problemas e sobre a seriedade de acontecimentos provocados pelos produtos da ciência. A exemplo disso, recentemente perceberam-se, com a pandemia da COVID-19, conversas que englobam questões sobre vacinação, imunidade, institutos de pesquisa científica e produção de remédios, entre outros tópicos que, no Brasil, não eram corriqueiros entre camadas não especializadas na área.

Diante dessa situação, é quase impossível impedir que, entre a população leiga, sejam propagadas informações imprecisas ou mal interpretadas, até mesmo desinformações e outros problemas que comprometem a credibilidade científica. Nesse sentido, como uma forma de evitar debates sem fundamentos na sociedade e instruí-la a entender como a ciência e a tecnologia impactam em suas vidas, o papel da Divulgação Científica (doravante, DC) torna-se relevante no sentido de aproximar as pessoas da ciência, diminuindo as chances desse público ficar “vulnerável à pseudociência, à manipulação e ao artificialismo político”. (TOSTES, 2006).

Recentemente, a construção do Radiotelescópio BINGO (abreviação para *Baryon Acoustic Oscillations from Integrated Neutral Gas Observations*¹), na cidade de Aguiar no interior da Paraíba, possibilitou a realização de diversas atividades de DC (AVELINO, 2021). Tais atividades, conforme o autor, promoveram diversos momentos de difusão científica ao público leigo sobre métodos de ciência e cosmologia. O BINGO é um radiotelescópio que fará um tipo de medida bastante específica através da observação de um conjunto particular de sinais de rádio. O diálogo de especialistas com a população local e regional sobre os benefícios e os impactos da instalação do radiotelescópio fez-se necessário, na medida que evita percepções distorcidas e aponta os benefícios proporcionados pela pesquisa científica à sociedade.

Há de se notar que, nas aulas de ciências, começamos a perceber o ambiente científico, por exemplo, aprendendo sobre elementos da linguagem científica, através da escrita, de tabelas, de gráficos, de unidades de medidas e de equações matemáticas. Esse envolvimento inicial com a ciência, segundo Chassot (2002), denomina-se alfabetização científica, pois, quando desenvolvida no trabalho educacional, prepara o estudante quanto à compreensão da leitura da “linguagem em que está escrita a natureza” e, dessa maneira, conforme o autor, “é

¹ Do inglês, oscilações acústicas bariônicas através de observações integradas de gás neutro.

um analfabeto científico aquele incapaz de uma leitura do universo” (CHASSOT, 2002, p. 91). Logo, em consonância com as perspectivas do autor, ser alfabetizado cientificamente possibilita construir uma visão mais completa sobre os aspectos do cotidiano que nos cercam, tendo em vista a imersão em elementos da cultura científica que tomamos parte em atividades e tarefas diárias.

Para Lorenzetti e Delizoicov (2001, p. 52), a alfabetização científica no ensino de ciências vincula-se ao “processo pelo qual a linguagem das Ciências Naturais adquire significados, constituindo-se um meio para o indivíduo ampliar o seu universo de conhecimento, a sua cultura, como cidadão inserido na sociedade”. Desse modo, conforme os autores, a alfabetização científica preocupa-se em incentivar a compreensão dos conhecimentos científicos e tecnológicos por meio de uma aliança com o ensino de ciências, que permitam que os alunos possam fazer uma leitura da realidade social, política e cultural da qual fazem parte.

Tão importante quanto a alfabetização científica, temos a DC nos ambientes escolares, que permite aos alunos acesso a informações sobre trabalhos científicos já desenvolvidos, geralmente, por meio de “textos do jornalismo científico publicados em jornais e revistas sobre assuntos atuais de Ciência e Tecnologia” (CUNHA, 2019, p. 55). Além disso, segundo Albagli (1996), a DC, numa perspectiva educacional, tem o objetivo de despertar o interesse nos alunos pelos assuntos científicos e entender melhor os métodos empregados e soluções encontradas para problemas no campo da ciência.

O emprego da DC na escola beneficia, portanto, o desenvolvimento social dos jovens, pois, por meio do acesso ao conhecimento produzido pela ciência, possibilita às pessoas fazer parte de diversos debates em sociedade, possibilitando interagir e intervir em pautas sociais de maneira consciente. Outrossim, sem o acesso ao conhecimento científico, como aponta Tostes (2006), não temos condições de participar de discussões específicas e, assim, ficamos sujeitos a acreditar em pseudociências e em outros tipos de manipulações. Desse modo, faz-se inevitável reconhecer a importância da ciência para a transformação da sociedade e buscar entendê-la, pois “renunciar ao entendimento da ciência é aceitar que outros pensem, deliberem e ajam por nós” (TOSTES, 2006, p. 97).

Além disso, discussões na literatura vêm sendo desenvolvidas em favor da inserção da DC no ensino formal, de maneira a implementá-lo. Neste sentido, Rocha (2012), como um dos defensores da utilização de textos de DC no ensino, pontua as seguintes contribuições acerca dessa inserção:

o acesso à informação, a possibilidade de contextualização de conteúdos e a ampliação da discussão sobre questões atuais dentro da sala de aula. Vale ressaltar ainda, o desenvolvimento de habilidades de leitura, o domínio de conceitos, de formas de argumentação e a familiarização de certos termos científicos, tais como clonagem, radicais livres, camada de ozônio, ultravioleta, efeito estufa entre outros. (ROCHA, 2012, p. 50).

Para mais, Pin, Farias e Gimenes (2015) comentam que a divulgação da ciência tem a função de aproximar a escola, quando dispomos de questões que envolvem o “cotidiano dos alunos e apontam para um problema social que, ao ser abordado neste espaço, contribui para levar o educando a conhecer o mundo que o cerca e a entender que faz parte deste mundo” (PIN; FARIAS; GIMENES, 2015, p. 24). Assim, de acordo com os autores, na educação formal a DC pode estimular a discussão de situações-problemas relacionadas aos interesses dos alunos, buscando torná-los bem informados, críticos e aptos a interagir socialmente, assim, exercendo sua cidadania.

Entretanto, a inserção de tópicos atuais nas aulas de Física dificilmente sucede, apesar das orientações dispostas na BNCC (BRASIL, 2017b) e nos PCN+ (BRASIL, 2002). Com isto, discussões sobre a produção científica hodierna, como átomo de Bohr, efeito fotoelétrico, fibras ópticas, fissão e fusão nuclear, forças fundamentais, origem do universo, laser, partículas elementares, radioatividade, entre outros, distanciam-se, pois, do ensino dos avanços contemporâneos da sociedade como produtora de conhecimentos. Como apontam Oliveira, Vianna e Gerbassi (2007), existe uma deficiência de inserção de tópicos atualizados sobre a produção científica no currículo. Nas palavras dos autores, esse déficit

[...] resulta numa prática pedagógica desvinculada e descontextualizada da realidade do aluno. Isso não permite que ele compreenda qual a necessidade de se estudar essa disciplina que, na maioria dos casos, se resume em aulas baseadas em fórmulas e equações matemáticas, excluindo o papel histórico, cultural e social que a física desempenha no mundo em que vive. (OLIVEIRA; VIANNA; GERBASSI, 2007, p. 448)

Outrossim, com frequência, os tópicos mais atuais sobre Física ficam reservados unicamente ao último ano do Ensino Médio, em que assuntos sobre a Física Moderna geralmente são trabalhados (OLIVEIRA; VIANNA; GERBASSI, 2007). Desse modo, a luz dos autores, muitas vezes, os alunos têm a ideia de que a Física é unicamente o estudo de conhecimentos lineares e imutáveis e memorização de cálculos. Assim, a desmistificação dessa premissa é uma urgência nas salas de aula brasileiras, mostrando que o conhecimento científico avança todos os dias e, portanto, não é uma fórmula pronta e acabada, o que pode ser demonstrado através da DC.

Neste viés, associar os conteúdos curriculares aos conhecimentos contemporâneos por meio de textos de divulgação da ciência seria uma estratégia pertinente. Assim, conforme Rocha (2012), esses textos funcionam como “pontes” entre os saberes escolares e os temas científicos contemporâneos. Assim, acredita-se que com a implementação desses textos nas práticas docentes, os estudantes teriam acesso às discussões atuais e/ou associadas ao cotidiano, de maneira a mobilizar desde assuntos curriculares até tópicos mais contextualizados com a vivência dos alunos.

Tendo isso em vista, o acesso ao conhecimento científico é garantido pelos documentos oficiais da educação - como a Base Nacional Comum Curricular (BNCC) e a Lei de Diretrizes e Bases da Educação (LDB), estabelecida pela Lei nº 9.394/96 - e é iniciado durante a fase escolar, em que os alunos têm contato com os saberes científicos. Por outro lado, entre os recursos que a escola dispõe para auxiliar a prática pedagógica nas aulas de ciências, temos o Livro Didático (LD). Segundo Pimentel (2006), o LD é um manual de apoio pedagógico aos professores que, por sua vez, deve atender aos objetivos formativos do ensino dos conteúdos propostos e, assim, incentive a interação e o desenvolvimento do aluno durante as aulas.

Em virtude disso, o Programa Nacional do Livro e do Material Didático (PNLD) (BRASIL, 2017a), uma política pública do Ministério da Educação (MEC), visa disponibilizar livros e materiais didáticos para as escolas públicas de ensino básico brasileiras gratuitamente. Desse modo, a produção das obras didáticas selecionadas por esse programa deve atender às condições estabelecidas, que prezam pela qualidade e adequação em relação aos objetivos da legislação da educação pública.

Surge, desse cenário, o nosso interesse em entender como o ensino de ciência e os LDs adotados pela escola se relacionam com a DC durante o ensino básico. A premissa adotada por Oliveira, Vianna e Gerbassi (2007) é que há uma desvinculação entre o trabalho recente científico e a escola, em especial nas aulas de Física. Os autores, apontam que os assuntos trabalhados no ambiente escolar, geralmente, contemplam assuntos da Física desatualizados, enquanto os trabalhos atuais da área dificilmente são priorizados. Essa ausência de conhecimentos atuais pode levar a um despreparo dos indivíduos em debates, intervenções e ações que necessitem de entendimentos básicos em ciência e tecnologia na sociedade.

Neste sentido, a justificativa do presente trabalho fundamenta-se no interesse em compreender e sugerir o preenchimento dessa lacuna no Ensino de Física ao abordar a importância da DC dentro do espaço escolar. Por essa razão, restringir a pesquisa à última série do EM nos parece o mais acertado, posto que as análises aqui visadas são mais condizentes –

mas não exclusivas – com os conteúdos programáticos dessa série. Dessa maneira, a escolha do LD referente à terceira série compõe o melhor universo de pesquisa para averiguar se e de que maneira o livro didático de Física envolve a DC. Essa escolha ainda enfatiza a relevância dos LDs como um instrumento de apoio ao planejamento das aulas dos professores e também da promoção do acesso do estudante a discussões científicas.

Nessa pesquisa, objetivamos analisar especificamente se o Livro Didático (LD), *Física: interação e tecnologia*, volume 3, de autoria de Aurelio Gonçalves Filho e Carlos Toscano publicado pela editora Leya no ano de 2016, que compõe o *corpus* deste estudo, apresenta em seus capítulos textos de divulgação da ciência. Para tanto, foram elaborados os critérios de análise para identificar quais os aspectos de DC são encontrados nas discussões propostas. Com esse intuito, os objetivos específicos traçados são: 1º Conceituar o termo Divulgação Científica, por meio do levantamento da literatura disponível a respeito do assunto; 2º Remontar aspectos e momentos da história referentes ao desenvolvimento da divulgação da ciência ao público não especialista; 3º Elucidar a importância da inserção da DC nos LDs de ciências, com olhar mais detido sobre os de Física; 4º Identificar a relevância de associar a DC, principalmente por meio de textos, ao ensino de ciências.

Destarte, esta pesquisa é composta, de modo geral, por uma análise do LD *Física: interação e tecnologia* (GONÇALVES FILHO; TOSCANO, 2016) a fim de averiguar como os textos de divulgação da ciência estão inseridos em seus capítulos. Para atingir os objetivos propostos, verificamos os capítulos por meio dos critérios de análise escolhidos para este fim, definidos com base na leitura de Carlomagno e Rocha (2016), Martins e Damasceno (2002), Vieira (2006) e Brasil (2017b). Desse modo, os resultados encontrados foram problematizados junto aos referenciais teóricos que fundamentam nosso trabalho.

À vista disso, para desenvolver este estudo, começamos pela definição do tema da pesquisa. Sobre isso, nosso interesse pela temática surgiu durante a participação voluntária no projeto de extensão *Uma Proposta de Divulgação Científica*, entre os anos de 2018 e de 2019, o qual era vinculado ao Programa de Bolsa de Extensão (PROBEX), no Centro de Formação de Professores (CFP) da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG).

Para organizar a pesquisa, o trabalho foi dividido em 4 capítulos. Neste primeiro capítulo, introduzimos as nossas expectativas sobre o trabalho com a DC no ambiente escolar, além de comentarmos sobre discussões que surgem nas pesquisas acadêmicas acerca da temática. Também, resumimos como a pesquisa será desenvolvida, destacamos os principais referenciais teóricos adotados e como será realizada a nossa análise.

No segundo capítulo, apresentamos o referencial teórico que norteia a pesquisa. Sendo este tópico dividido, ainda, em subseções: na primeira, conceituamos o termo DC de acordo com referenciais da literatura; na segunda subseção, apresentamos um recorte da história que contextualiza o desenvolvimento da divulgação da ciência; na terceira, discorremos sobre a inserção da divulgação da ciência no LD; na última subseção, discutimos sobre a importância da DC no ensino de ciências, em especial o de Física, por meio de referências da área.

Referente ao terceiro capítulo, detalhamos a metodologia definida para desenvolver este trabalho, utilizando como literatura base, principalmente, Gil (2010), Prodanov e Freitas (2013), Marconi e Lakatos (2005), entre outros. Caracterizamos a pesquisa como bibliográfica e descritiva, quanto à sua abordagem, dados os procedimentos adotados, e como qualitativa, devido à natureza da investigação ideal. Assim, no que tange às técnicas utilizadas para alcançar os objetivos propostos, a pesquisa descritiva é a mais condizente. Em sequência, ilustramos o universo que compõe a pesquisa: o LD *Física: interação e tecnologia* (GONÇALVES FILHO; TOSCANO, 2016), tendo como *corpus* de análise os capítulos do livro que compõem as necessidades de investigação almejadas. Por fim, definimos os critérios de análise de dados, tendo como principais referências Carlomagno e Rocha (2016), Martins e Damasceno (2002), Vieira (2006) e Brasil (2017b).

Já no quarto capítulo, apresentamos os resultados obtidos com os dados investigados pela pesquisa, juntamente com a análise e a discussão desses dados, a partir dos critérios de análise definidos previamente. E, para encerrar a pesquisa, apresentamos nossas considerações finais acerca do nosso estudo, destacando as perspectivas e as possíveis contribuições dos resultados obtidos neste trabalho para as práticas docentes e a educação de modo geral.

2 A DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA

Para iniciar este capítulo, tomaremos como partida a conceituação do termo Divulgação Científica (DC), a partir de pesquisadores que tratam desse assunto, além de apresentarmos algumas outras definições de termos que aparecem frequentemente na literatura, como disseminação científica, alfabetização científica e jornalismo científico. Logo após, apresentamos um breve apanhado histórico da literatura sobre o desenvolvimento da DC, a partir da progressão que a comunicação estabeleceu com o avanço e evolução da sociedade. Posteriormente, destacamos as concepções de autores da literatura recente que abordam sobre a inserção de textos da DC no LD. Por fim, trouxemos as perspectivas de alguns autores sobre a aproximação entre a DC e o ensino de ciências.

2.1 DEFINIÇÕES DE DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA

Dentro da temática da comunicação científica, circulam diferentes termos e conceitos atrelados ao processo de difusão de informações e de conhecimentos produzidos. No âmbito desse trabalho, a fim de que se estabeleça uma compreensão abrangente acerca do assunto, procedemos a uma breve conceituação sobre a Divulgação Científica (DC). Ao mesmo tempo em que introduzimos outros conceitos, como difusão científica, disseminação científica, alfabetização científica e jornalismo científico, os quais, muitas vezes, são também mencionados em pesquisas relacionadas ao assunto.

Inicialmente, na perspectiva de Cunha (2019), a DC é uma maneira de comunicar informações sobre ciência e tecnologia para um público não especialista. Segundo a autora, a DC, junto da disseminação científica, faz parte de um termo mais amplo que é conhecido por difusão científica. Estes tipos de difusão da ciência são diferidos pelos seus públicos específicos. Enquanto a DC corresponde a formas de difundir o conhecimento científico para não-especialistas, a segunda diz respeito à difusão científica dirigida para especialistas. Ademais, para Albagli (1996), o termo comunicação da ciência está relacionado à informação científica comunicada de especialista para especialista, em uma linguagem específica, portanto associando-se à disseminação científica.

Já na perspectiva de Fioresi (2020), a DC constitui uma das diferentes formas de circulação das informações científicas e tecnológicas na sociedade, sendo realizada por meio de recursos e de contextos, de acordo com finalidades específicas para alcançar o público não especialista. Assim, conforme a autora, a DC apresenta uma textualização própria que “está

intimamente ligada à sua forma de circulação, suas condições de produção e seu papel epistemológico na formação e manutenção dos fatos científicos”. (FIORESI, 2020, p. 34).

Sob esta mesma ótica, Silva (2006) salienta que a compreensão da DC se relaciona aos diversos aspectos que a constituem. Estes dizem respeito ao modo como os seus recursos e técnicas de divulgar a ciência são produzidos, além das suas características específicas de abordar um conhecimento científico para um determinado público, bem como a forma como estes textos circulam na sociedade.

Para Zamboni (2001), o ato de fazer circular os saberes científicos relaciona-se intrinsecamente à difusão de informações, notadamente caracterizando-se de acordo com objetivos e interlocutores – distinção que a autora estabelece com apoio nas definições de Bueno (1984), por ela referenciado, em *difusão para especialistas e difusão para o grande público em geral*, como já abordado. Pertencente ao segundo tipo, para Zamboni (2001, p. 45), a DC pode ser entendida, de modo geral, como

uma atividade de difusão, dirigida para fora de seu contexto originário, de conhecimentos científicos produzidos e circulantes no interior de uma comunidade de limites restritos, mobilizando diferentes recursos, técnicas e processos para a veiculação das informações científicas e tecnológicas ao público em geral.

Nesse ínterim, a autora afirma como uma das atribuições da DC a ação social de levar ao homem comum o conhecimento científico e tecnológico do qual ele, historicamente, acabou apartando-se conforme as ciências foram se desenvolvendo e especializando. Tal ruptura, adiante-se, deu-se em razão da elitização do saber, atrelada a uma linguagem específica para além do domínio da comunidade leiga. Isso posto, Zamboni (2001) identifica como uma dificuldade a ser vencida para o restabelecimento da conexão entre a produção científica e a sociedade o problema da comunicação. Em outras palavras, para a professora, é necessário desenvolver uma linguagem inteligível, que “traduza” a “língua” do cientista para a grande massa, tornando, dessa forma, acessível o saber produzido para o benefício da própria sociedade.

Nessa lógica, o papel da DC, como apontam Filho, Pinto e Sgarbi (2015), é imprescindível diante da emergente expansão científica e tecnológica observada contemporaneamente, que impacta os espaços sociais e influencia diretamente os hábitos da civilização. Neste sentido, os autores mencionam também que “a socialização do conhecimento, a popularização da ciência e o desenvolvimento da cidadania farão com que os indivíduos adquiram noção real do ambiente e do contexto histórico em que estão inseridos”

(FILHO; PINTO; SGARBI, 2015, p. 11). Diante da perspectiva dos autores, o acesso à informação científica torna uma população mais consciente e crítica, apta a compreender e/ou interagir em situações nos ambientes sociais em que convive. À vista disso, a DC busca informar as pessoas acerca dos assuntos científicos, com o objetivo de manter as pessoas bem instruídas, conscientes e atualizadas frente ao convívio social (FILHO; PINTO; SGARBI, 2015, p. 13).

Em uma perspectiva similar, enquanto a DC está associada com a popularização da ciência para o grande público, o termo alfabetização científica surge relacionado a aspectos de ensino-aprendizagem. Nas palavras de Sasseron (2015, p. 49), esse tipo de alfabetização se preocupa com o

[...] ensino das ciências na perspectiva de contato do estudante com os saberes provenientes de estudos da área e as relações e os condicionantes que afetam a construção de conhecimento científico em uma larga visão histórica e cultural.

A alfabetização científica é um termo traduzido do inglês, *scientific literacy*. A sua definição apresenta variações na literatura, não obstante, para as autoras, ela pode ser entendida como um processo ligado ao ensino-aprendizagem de conhecimentos científicos básicos, como por exemplo a escrita, a linguagem e a leitura de conhecimentos científicos. De tal forma, a alfabetização científica, por meio desses instrumentos e recursos, deve propor meios para que as pessoas possam desenvolver a lógica do pensamento e a consciência crítica de sua realidade, ao entender melhor itens básicos da ciência (SASSERON; CARVALHO, 2011).

Todavia, como salienta Cunha (2019, p. 59), “a transposição de textos de divulgação científica de forma direta para a sala de aula é [...] um equívoco”, pois, ainda que o tema, o estilo e a forma composicional não se alterem, a esfera de circulação é diferente. Tal mudança conecta-se, ademais, aos propósitos de cada situação. Ainda segundo Cunha (2019), uma das funções do jornalismo científico é a de informar sobre ciência e tecnologia, no entanto, isso não se confunde, nem se mescla com o ensino formal escolar.

Nesse sentido, a autora aponta que o tratamento de textos de DC em sala de aula deve passar pelo cuidado do professor em selecionar aqueles exemplares que sejam acessíveis aos alunos, em questões de linguagem, compreensão, etc. Dessa forma, pode-se instaurar debates genuínos a partir da leitura e da discussão dos textos, a fim de promover verdadeiramente o que constitui alguns dos objetivos da divulgação da ciência na escola: o desenvolvimento da criticidade, a contextualização e a atualização dos conteúdos curriculares.

De acordo com Bueno (2010), as atividades ligadas ao jornalismo científico estão ligadas à difusão de conhecimentos pela imprensa, com isso esta prática jornalística, difere-se das atividades de DC dado a amplitude que esta última assume, além dos jornais, televisão, rádio e revistas, podendo atingir também atividades como palestras, livros didáticos, folhetos informativos, museus, teatros, entre outros.

Além disso, segundo Bueno (2010), a prática do jornalismo científico inclui algumas interferências quanto a fonte de informações da produção científica. Assim, o autor explica que a fonte original dos conhecimentos sobre ciência e tecnologia é mediada por um jornalista ou divulgador e deve atender às estruturas e aos propósitos da mídia em questão. Dessa forma, essa interferência pode causar uma queda na qualidade das informações veiculadas, dado que “o processo de produção jornalística pode [...] privilegiar a espetacularização da notícia, buscando mais a ampliação da audiência do que a precisão ou a completude da informação” (BUENO, 2010, p. 4)

Tratando dos meios para realizar a divulgação da ciência ao público não especialista, é sabido que eles são diversos. Desse modo, estes meios podem variar entre impressos e digitais, como é o caso de revistas, jornais, livros, entre outros, assim como relacionam-se a espaços como museus, rádios, feiras de ciência e centros de ciência (CUNHA, 2019). Todavia, é preciso notar que a DC está associada com a veiculação de informações, caracterizando-a como um espaço informal para aprendizagem de conteúdo.

No próximo tópico apresentamos um breve recorte histórico de alguns dos fatos ocorridos na sociedade que conduziram à necessidade de divulgar a ciência para o público não especialista. Para tanto, apoiamo-nos em obras que tratam do assunto, como: Grillo (2013); Cunha (2019); Massarani e Dias (2018); Bezerra (2021); Albagli (1996); Silva (2006).

2.2 BREVE CONTEXTUALIZAÇÃO HISTÓRICA DA DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA

Desde a pré-história, a comunicação se fez presente nas interações humanas para expressar emoções, transmitir uma informação ou fazer um registro, ainda que em formas rudimentares. Em virtude do tempo e das necessidades que surgiram com o desenvolvimento das relações sociais humanas, a comunicação foi sendo ampliada e diversificada, passando do modo rudimentar a uma linguagem mais estruturada, com o domínio da escrita e com a invenção da gramática e, no início da idade moderna, a criação da imprensa de Gutenberg (BORDENAVE, 1997). Dessa forma, de acordo com Bordenave (1997), a comunicação sempre estabeleceu relação essencial com a sociedade, sendo essas indissociáveis, haja vista que a

comunicação está vinculada a todas as interações vivenciadas cotidianamente, sejam nas relações familiares, nos espaços frequentados socialmente ou mesmo nos hábitos que desenvolvemos culturalmente, como ler um livro, assistir à TV ou mesmo fazer um *post* nas redes sociais.

Da mesma forma que a comunicação é intrínseca a quaisquer atividades cotidianas, na ciência ela corresponde à importância de natureza similar, visto que possibilita a popularização de informações advindas das pesquisas feitas pelos cientistas para o público não-especialista (ALBAGLI, 1996). Portanto, para manter um diálogo com as pessoas, a comunicação de informações científicas para não-especialistas passou a ser estabelecida por meio da DC (SILVA, 2006). Como efeito, a ação de comunicar os produtos do trabalho científico aproxima a ciência da população, desconstruindo a segregação erroneamente idealizada entre a ciência e as demais interações sociais (LIMA, 2015).

Estima-se que os primeiros indícios de DC tenham ocorrido após o Renascimento cultural no século XV, em que uma série de academias de ciências surgiram secretamente. Nesta época, a Igreja detinha grande influência sobre a sociedade, incluindo sobre a circulação de informações, mantidas sob a imposição de seu poder através do controle e da repressão de atitudes contrárias aos dogmas católicos. A punição mais severa para censurar os hereges ficou conhecida como *Santa Inquisição*, que foi uma ação trágica em que várias pessoas foram queimadas vivas em decorrência de atitudes julgadas controversas ao catolicismo (BEZERRA, 2021).

A exemplo disso, lembramos de Giordano Bruno, monge que viveu na Itália no século XVI. Giordano Bruno foi o primeiro divulgador do *heliocentrismo*, uma teoria em defesa do movimento dos planetas em torno do Sol. Essa teoria, inicialmente, foi proposta por Nicolau Copérnico, no século XVI, porém, o heliocentrismo que Giordano Bruno pregava não era o mesmo idealizado por Copérnico. Entretanto, a Igreja apoiava uma teoria contrária: a teoria geocêntrica do universo, e, assim, qualquer contestação significava violar a sua influência e poder. Em virtude dessa situação, Giordano Bruno foi condenado, pelo Tribunal do Santo Ofício, a ser queimado em praça pública, o que exemplifica os desafios enfrentados por aqueles que, naquele momento, tentaram trazer à luz conhecimentos que desafiavam a ordem vigente em um momento em que toda a explicação do mundo era necessariamente ideológica (SAGAN, 2017).

Não obstante, alguns acontecimentos que ocorreram desde o século XV foram relevantes para o desenvolvimento da ciência e, alguns séculos depois, entre eles podemos destacar a criação da *Imprensa de Gutenberg*. Em face dessa invenção, os textos e obras, antes

de acesso restrito às pessoas da elite e ao clérigo católico, poderiam ser agilmente copiados, logo, facilitando a leitura para um público maior, embora ainda existissem restrições.

Dessa forma, a Igreja foi enfraquecendo, pois, com a imprensa e as publicações de obras, como a Bíblia, em línguas vernáculas, muitas pessoas puderam ler as escrituras sagradas e fazer as suas próprias interpretações, desse modo, enfrentando a Igreja que dominava o controle das interpretações das escrituras sagradas (BEZERRA, 2021). Ainda na perspectiva da autora, “a popularização para um maior público era também uma forma de proteção aos cientistas” (BEZERRA, 2021, p. 16), visto o apoio das pessoas leigas em credibilizar os benefícios oportunizados pelas descobertas científicas e, estrategicamente, diminuir a perseguição da Igreja, contrária, portanto, às teorias provindas da ciência.

Conforme Bezerra (2021), a comunicação entre os cientistas teve início com as correspondências sigilosas por meio de cartas, pois a perseguição da Igreja controlava todos os veículos de informações possíveis. Assim, as discussões científicas eram feitas entre os pares, a exemplo disso Galileu Galilei e Johannes Kepler mantinham correspondência sigilosa a partir de cartas, em que conversam a respeito de seus estudos sobre o universo, em apoio à teoria copernicana do heliocentrismo, no final do século XVI (SCOTT, 2019). Diante disso, as correspondências tiveram impacto significativo no desenvolvimento da DC, pois foi o “sistema de comunicação utilizado pelos cientistas, em forma de cartas pessoais, para relatar reuniões que ocorriam em sociedades e academias” (BEZERRA, 2021, p. 16). Assim, os resultados dos primeiros encontros desse nível foram difundidos para pessoas com os mesmos interesses e registradas em escritas que posteriormente viriam a ser conhecidas pela sociedade. Ainda conforme a autora, a criação das academias de ciência teve êxito, e

[...] se espalharam por toda a Europa, a exemplo da Royal Society for the Improvement of Natural Knowledge na Inglaterra, a Académie des Sciences na França, a Academia Prussiana de Ciências na Alemanha e a National Academy of Sciences nos Estados Unidos. Os encontros ocorriam secretamente, e a comunicação escrita entre os membros era feita por meio de cartas, pois por se tratar de correspondências pessoais não passavam por fiscalização do governo. O que era discutido ficava registrado e impresso para que pudesse posteriormente, servir de fonte de pesquisa, esses escritos eram chamados de anais ou Letters, os quais deram origem aos primeiros periódicos e revistas científicas. (BEZERRA, 2021, p. 16)

Ademais, como Grillo (2013) aponta, o Iluminismo também influenciou o desenvolvimento da ciência e, conseqüentemente, da DC, pois, nessa época, tal movimento incentivava a racionalização das ideias e a autonomia das pessoas diante das discussões que permeavam a sociedade, de modo a protestarem contra os poderes do absolutismo, que eram

dominantes na Europa. Nesse sentido, a autora defende que as ideias iluministas incentivaram discussões “entre pessoas privadas da época, que frequentavam alguns espaços urbanos de convivência e discussão [...] nos séculos XVII E XVIII: o salão francês, os cafés londrinos” (GRILLO, 2013, p. 58).

Dessa forma, essa busca pela racionalização e pela consciência das pessoas da época permitiu também que espaços culturais surgissem, oferecendo ao público acesso a discussões e a obras artísticas. Consonante a isto, segundo Silva (2006), os anfiteatros eram espaços de apresentações das descobertas científicas para o público, ocorrendo assim demonstrações de fenômenos, exibição de máquinas científicas, palestras sobre Física, química e medicina. Além disso, nessa época, os leigos começaram a ter acesso a livros escritos por cientistas, inclusive, sendo distribuídas versões específicas desses livros para crianças e para mulheres, como o livro “*A filosofia de Sir Isaac Newton explicada para o uso das damas*, do italiano Francesco Algarotti, traduzido na Inglaterra em 1739” (SILVA, 2006, p. 55).

Percebe-se, dessa maneira, que surge uma preocupação maior não só em desenvolver o pensamento científico, como também o de divulgar suas descobertas e avanços, isto é, ocorre a divulgação da ciência, ainda que, como aponta Albagli (1996), a real intenção fosse obter a aprovação do público, tendo em vista que desde o século XVII existia certa censura tanto da Igreja quanto do Estado à atividade científica.

Já no século XIX, de acordo com Grillo (2013), os caminhos da DC na sociedade foram reestruturados com as especializações e profissionalizações das áreas da ciência. Dessa maneira, a DC passou a ser estabelecida para informar os cientistas sobre outras especialidades, já que cada cientista passa a ter domínio de sua área. Logo, a disseminação entre os pares era uma das funções da DC, além do desafio da comunicação com o público em uma linguagem adaptada.

Ainda conforme o detalhamento da autora, os interesses com a DC sofreram modificações, entre elas havia um interesse lucrativo sobre a imprensa, que veiculou o caráter informativo aos anúncios publicitários. Desse modo, a imagem da ciência estava associada ao progresso, e os seus avanços visavam fascinar as pessoas devido aos benefícios que proporcionavam. Nas palavras de Grillo (2013, p. 61), “as descobertas científicas eram mais fáceis de apreender e tinham consequências mais tangíveis na vida cotidiana”.

No Brasil, os primeiros vestígios de uma comunicação do conhecimento científico para a população leiga ocorreram em meados de 1930, quando José Reis, um pesquisador bacteriologista, escreveu e publicou folhetos e artigos sobre doenças associadas à criação de aves com o propósito de educar trabalhadores rurais acerca das pesquisas e resultados obtidos

com seus estudos sobre a temática. Com esta ação, o pesquisador incentivou a democratização do acesso à ciência para pessoas não-cientistas, portanto, contribuindo para que essas pessoas se informassem acerca de conhecimentos úteis às suas práticas associadas à pecuária (MASSARANI; DIAS, 2018).

Conforme Massarani e Dias (2018), Reis foi pioneiro da divulgação da ciência no país, visto que ele incentivou o engajamento científico para a conscientização do público geral. Desse modo, tais propostas levaram o pesquisador a participar da redação da *Folha da Manhã*, atual *Folha de S. Paulo*, do Grupo Folha em 1947, em que escrevia artigos de DC, na coluna chamada *Periscópio*, sobre temas que envolviam a história da ciência, a política científica e a ciência brasileira (CUNHA, 2019; MASSARANI; DIAS, 2018).

Ademais, segundo os autores supracitados, Reis ganhou diversos prêmios devido a suas contribuições para o desenvolvimento das pesquisas científicas no país, entre elas, a sua participação como um dos fundadores da Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência (SBPC), do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (Fapesp) (CUNHA, 2019; MASSARANI; DIAS, 2018, p. 12). Indubitavelmente, segundo os autores, ele fez várias colaborações para que a ciência no país chegasse ao público, a exemplo da *Revista Ciência e Cultura* da SBPC e da Associação Brasileira de Jornalismo Científico (ABJC), dos quais foi um dos criadores.

Ademais, conforme Cunha (2019), a partir de 1970, o jornalismo científico ganhou mais espaço nos jornais renomados da época, já que era relevante tratar de tópicos associados à Ciência e à Tecnologia. O interesse em compartilhar a ciência para o público em geral pelos veículos de informação e pela comunidade científica aumentou nas décadas seguintes, o que incentivou a criação de periódicos e revistas científicas de divulgação, entre elas, a autora cita: *Ciência Hoje* (1982), *Revista Ciência Hoje das Crianças* (1986), *Revista Superinteressante* (1987), *Revista Galileu* (1991), *Revista Fapesp* (1995) e *Revista Scientific American do Brasil* (2001).

2.3 A DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA E O LIVRO DIDÁTICO

Tradicionalmente, o LD ocupa posição de destaque na educação brasileira, haja vista ser um material de apoio pedagógico de fácil manuseio pelo professor, além de ser um recurso a que os alunos podem recorrer para revisar conteúdos já sintetizados e organizados. Dessarte, Fredericks (2005 apud DEL CAMPO; MIRANDA, 2016, p. 326) assim o descreve:

Uma coleção do conhecimento, dos conceitos e dos princípios de determinado tema ou curso. Geralmente são escritos por um ou mais professores, acadêmicos ou especialistas em educação que são autoridades em um campo específico. A maioria dos livros didáticos vem acompanhada de guias do professor, que fornecem material didático complementar, ideias e atividades para serem usadas ao longo do ano acadêmico.

Depreende-se, pois, que seja um material de grande utilidade para a prática docente. No entanto, como Pimentel (2006) destaca, é consenso na atualidade que o professor não pode guiar-se somente pelo LD, pois é necessário amplificar as possibilidades de instrumentos para aulas, com fontes diversificadas, a exemplo de leituras, vídeos, jornais, etc., ou ainda incrementar suas aulas com o uso das Tecnologias da Informação e Comunicação (TICs), por exemplo. Tal postura encontra-se ancorada na leitura de documentos oficiais da educação, como os PCN+ (BRASIL, 2002), os quais preocupam-se em preparar os alunos quanto às mudanças na sociedade influenciadas pelo crescimento científico e tecnológico do novo contexto do século XXI.

Nesse sentido, o LD mantém sua posição de instrumento pedagógico, todavia, não mais de forma centralizadora. Tornou-se cada vez mais premente o seu uso como complementar às aulas, uma fonte organizada e prática, porém não única durante as práticas educativas. Para Verceze e Silvino (2008), sobre a questão, ao restringir-se ao uso do LD, o professor estaria incorrendo em uma prática de ensino-aprendizagem limitadora, dessa maneira, reduzindo as formas de acesso ao conhecimento disponíveis ao aluno.

Diante de tudo isso, no ponto de vista dos autores, o LD é entendido como um material de apoio ao desenvolvimento do ensino-aprendizagem. Como instrumento integrado aos ideais formativos escolares, o LD “[...] deve servir para a construção da ética necessária ao convívio social democrático” (VERCEZE; SILVINO, 2008, p. 85). Nessa perspectiva, as discussões presentes no LD devem contribuir para uma educação que oriente os alunos para a convivência na sociedade, de modo que eles reconheçam seus direitos e deveres, e somem ao desenvolvimento social.

Quanto às características pedagógicas que o LD deve atender para contribuir com os processos formativos escolares, Pimentel (2006) pontua que estas devem ser comuns com as atualizações das orientações curriculares de ensino. Conforme o autor, é necessário que os textos do LD considerem os seguintes itens em sua elaboração: sejam adequados à idade, estimulem a participação em sala de aula, considerem os conhecimentos prévios, façam uso

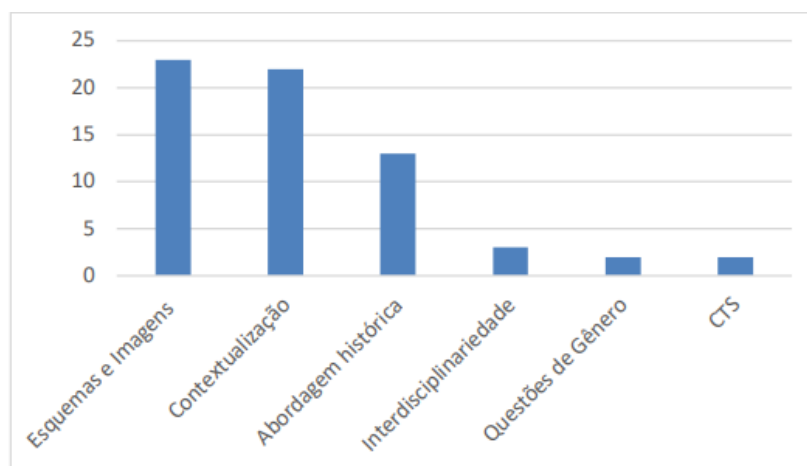
correto de imagens e de figuras atualizadas e conectem os temas trabalhados nos capítulos (PIMENTEL, 2006, p. 309).

Tais características corroboram com as orientações feitas pelo Programa Nacional do Livro e do Material Didático (PNLD), que é um programa destinado à Educação Básica, do Ministério da Educação (MEC), que avalia por meio de condições específicas e disponibiliza obras didáticas para as escolas públicas de ensino básico brasileiras (BRASIL, 2017a). Nas palavras de Fioresi (2020, p. 135), “este programa, pré-estabelece aos autores e editoras de LDs certos ‘padrões’ para se adequarem as exigências do mesmo”.

A autora evidenciou em sua pesquisa diferentes tipos de textos presentes no LD que são condizentes com os parâmetros do PNLD. Assim, a pesquisadora enfatizou que esses textos apareceram ao longo de “[...]explicações dos conceitos por meio de imagens e esquemas, em quadros chamados de Boxes como ‘Saiba Mais’, ‘Química e Física’, ‘Química e Biologia’ (remetendo a interdisciplinaridade), ‘Conexões’, ‘Química tem história’, entre outros.” (FIORESI, 2020, p. 135). Entre as abordagens dos textos presentes no LD encontradas pela autora em sua pesquisa, que por sua vez se adequam ao PNLD, temos os dados apresentados na

Figura 1:

Figura 1 – As abordagens textuais nos LDs



Fonte: Fioresi (2020, p. 136).

Portanto, segundo Fioresi (2020), há diferentes abordagens textuais inseridas no LD contemporâneo. Em virtude dessa inserção, conforme a autora, uma amplitude de discussões pertinentes ao contexto escolar faz-se possível, a fim de que haja uma conexão entre os alunos, os professores e as comunidades mediante as representações culturais, históricas, políticas, tecnológicas, entre outras, a elas associadas.

Além disso, em conformidade com Rocha (2012), as recomendações curriculares, impostas pelos documentos da educação, apontam a necessidade de diversificar as fontes de busca por informação, de maneira a incentivar a autonomia e o desenvolvimento pessoal dos alunos na busca por informações, durante o ensino e aprendizagem. Essa incorporação, por sua vez, propicia que os alunos ressignifiquem suas ideias e concepções sobre assuntos que contemplem o contexto que vivenciam contemporaneamente.

Entre as discussões inerentes ao espaço escolar, a compreensão da ciência e da tecnologia constitui foco de atenção, dado que os produtos gerados pelo progresso científico e tecnológico se tornaram parte do cotidiano do público em geral, uma vez que, como afirma Rocha (2012, p. 48), “A ciência é uma das maiores conquistas da nossa cultura e, portanto, todos os cidadãos deveriam ser capazes de compreender e apreciar as questões relacionadas ao conhecimento científico”. Diante disso, o autor aponta que há uma necessidade em entender os processos científicos e tecnológicos, como uma forma de inclusão social, pois essa percepção possibilita que o público não-especialista possa compartilhar e engajar discussões sobre ciência e tecnologia.

Ademais, Rocha (2012) reflete que atualmente há uma aproximação entre os conhecimentos científicos e o público em geral, mediada pelo grande fluxo de informações que estão dispostas nas mídias de comunicação, portanto, conferindo a essas pessoas entendimento sobre as produções científicas e tecnológicas. Porém, segundo o autor, é necessário que essas informações e conhecimentos sejam contextualizadas ao serem compartilhadas ao público. Caso contrário, à medida que os aspectos de contextualização não são feitos, a credibilidade da ciência pode ser comprometida, haja vista que, nessas ocasiões, abre-se espaço para interpretações errôneas e/ou negacionismo científico.

Em virtude disso e diante das concepções de ensino vigentes, com foco no desenvolvimento da criticidade e da consciência social, segundo Rocha (2012), os LDs podem ser completados com a inserção de textos de DC, desde que haja um direcionamento por parte dos professores para a seleção desse recurso para o ensino-aprendizagem, tendo em vista que os textos de DC não são desenvolvidos especialmente para o ambiente escolar. Neste sentido, o autor aponta que os textos de DC, quando aliados ao ensino, podem contribuir no desenvolvimento de aptidão à leitura, compreensão de termos e conceitos científicos, entre outros benefícios, todos eles com a perspectiva de formar cidadãos capacitados para argumentar, atuar e transformar a sociedade que participam.

Os textos de DC ao serem inseridos em LDs também podem desempenhar funções específicas quanto às perspectivas pedagógicas. Nos LDs de ciência, sugerem-se três maneiras de serem incluídos dentro dos capítulos:

[...] na introdução, no meio do capítulo e/ou na parte final do capítulo. Como texto introdutório pode auxiliar o professor na avaliação dos conhecimentos prévios do aluno. Um Texto de Divulgação Científica no meio de um capítulo pode ter a função de auxiliar na exploração de novos saberes ou informar. No caso da localização do texto no final do capítulo podemos ter um recurso didático que permite ao professor realizar uma avaliação dos conhecimentos aprendidos ou como complemento do tema abordado no capítulo (CARVALHO, 2017, p. 36).

Logo, a pertinência da DC em LD pode assumir diferentes papéis para serem explorados no ensino de acordo com as perspectivas pedagógicas do professor. Ademais, pode-se esperar, em razão da possibilidade de ensino com temas sociocientíficos, que além de complementarem o material didático, por exemplo por meio de revistas, jornais e internet, permitam que o ensino-aprendizagem de conteúdos se torne mais atrativo e contextualizado. Ademais, a autora sugere que a discussão em sala de aula com temas sociocientíficos, a exemplo de problemas associados ao meio ambiente, através da DC, assumam a importante função de mediar uma prática problematizadora e contextualizada sobre tal problemática.

Por outro lado, Carvalho (2017) comenta em seu estudo sobre a necessidade de incluir textos de DC no LD, enfatizando que aparentemente há uma desconexão entre ambos. No entanto, a autora ressalta que tal desconfiância se desfaz quando “[...] não há vigilância nas informações disponibilizadas pelo texto ou quando este é introduzido no livro didático sem a devida preocupação da sua função didática, apesar de sua relevância social, política e econômica” (CARVALHO, 2017, p. 32). Ou seja, quando os textos de DC cumprem uma função específica no ensino, sua inclusão é compreendida, pois ela atua no direcionamento adequado das informações, sendo que, atualmente, há uma crescente quantidade de conhecimentos difundidos nos meios de comunicação.

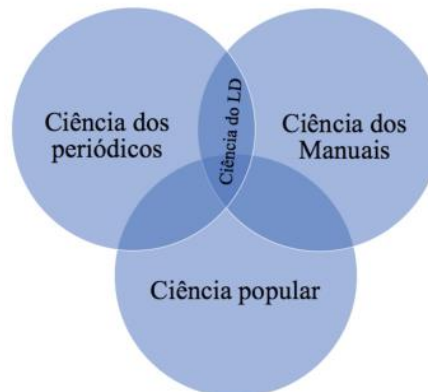
Assim sendo, Carvalho (2017) aponta alguns empecilhos ao associar a DC ao LD, de maneira a assumir um papel no ensino de ciências. Entre eles, a autora destaca a falta de observação sobre a seleção das informações referentes aos textos de DC disponíveis ao aluno e/ou a despreocupação quanto à atribuição didática na inserção destas no LD. Assim, segundo a autora, é necessária uma devida atenção em relação à função que a DC, por meio dos textos, deve assumir no LD, de tal modo, quando algum desses textos passa “pelo processo de transposição e integra um livro didático, seu público, objetivo e estrutura mudam”

(CARVALHO, 2017, p. 33). Dessa forma, a autora assume que essa transposição é necessária diante da mudança de ambiente em que os conhecimentos científicos circulam, logo os saberes científicos transformam-se em outros saberes, devendo assumir características próprias, referentes à reformulação do texto, de modo a atender aos propósitos destinados ao público específico.

Diante da pesquisa desenvolvida por Fioresi (2020), os textos de DC presentes em LDs também fazem parte da produção da ciência, e assim, conforme a autora, essa inclusão pode ser associada à teoria epistemológica de Ludwig Fleck. Com isso, a autora explica que, na teoria de Fleck, diferentes tipos de textos, a exemplo dos periódicos científicos, manuais de ciência, LDs e conhecimentos populares, constituem os fatos científicos. Destarte, tais formas de conhecimentos são dicotomizadas por essa teoria entre círculo esotérico, composto pelos especialistas em ciência, e círculo exotérico, representado pelos não-especialistas.

Dessa forma, de acordo com Fioresi (2020), os diferentes textos que constituem a ciência no LD sugerem um hibridismo textual que é dado pelo encontro da “ciência dos periódicos”, “ciência dos manuais” e “ciência popular”, conforme ilustrado na **Figura 2**.

Figura 2 – Tipos textuais que se interseccionam no LD



Fonte: Fioresi (2020, p. 141).

Sob tal ótica, a entrada de textos de DC no LD é investigada na pesquisa de Fioresi (2020), a respeito da presença diversificada de textualizações que compõem e estruturam os capítulos do LD. Assim, a autora associa que os textos de DC formam os fatos científicos, a sua defesa é introduzida pelos textos de DC sobre o tema da radioatividade. A radioatividade, conforme a autora, é um tema de relevância social, visto que oportunizou grandes avanços na área da química, da Física, com um melhor entendimento sobre o núcleo atômico, que, por sua vez, abriu espaço para o surgimento da Física Moderna e Contemporânea, da Física Nuclear e

de Partículas, além de no campo da biologia seguirem os estudos sobre a radiação no corpo humano (FIORESI, 2020).

Ademais, a abordagem ocasionada pela DC pode desfazer crenças equívocas sobre a ciência, segundo a autora, sobre o tópico da radioatividade. Entre a maioria das concepções, os principais aspectos apontados são de teor negativo, geralmente associado a desastres e a acidentes ocorridos com materiais radioativos em usinas nucleares ou atentados. Assim, faz-se necessário o diálogo sobre a temática na escola, de modo que tais aversões possam diminuir na sociedade, tomando, em seu lugar, posicionamentos mais conscientes com a compreensão sobre os conhecimentos básicos a respeito da estrutura atômica, seus efeitos, os procedimentos de obtenção de energia, entre outros (FIORESI, 2020).

Dessa forma, utilizando a defesa de Fioresi (2020) sobre a necessidade de entendimento público de conhecimentos básicos da radioatividade e ampliando para outros temas da área da ciência, conclui-se que discussões de tópicos científicos são pertinentes ao espaço escolar, pois é imprescindível que os alunos tomem consciência da importância da ciência nos aspectos cultural, social e tecnológico.

Quanto às pesquisas sobre o LD de Física com implementação de textos de DC, encontramos em nossa busca de referenciais apenas discussões que englobavam a Física entre as ciências naturais, não necessariamente discussões com esse foco em específico. Nota-se, portanto, uma certa carência quanto aos estudos sobre a inserção de textos de DC no LD de Física no ensino básico. Em obras como Rocha (2012) há diálogos sobre a importância da DC no ensino de Física, entretanto não mencionam o LD especificamente. Em seu lugar, incentivam a inserção de textos de DC como materiais didáticos de modo a possibilitar diferentes abordagens ao ensino, entre elas o ensino contextualizado por meio das aplicações da Física e da História e Filosofia da Ciência.

No tópico seguinte apresentamos algumas discussões presentes na literatura sobre a inserção da DC no ensino de ciências. Destacamos, ainda, os pontos relevantes quanto a esta abordagem na sala de aula, considerando as contribuições e os benefícios que a DC pode oportunizar para a formação dos jovens.

2.4 PAPEL DA DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA NO ENSINO DE CIÊNCIAS

Sabe-se que a pesquisa em ensino de ciência é considerada primordial para o progresso de uma educação básica que acompanhe o desenvolvimento social e forme cidadãos aptos a ingressarem na dinâmica dessa sociedade. Assim, no Brasil, as pesquisas acadêmicas em ensino

de ciências são consideradas bem estabelecidas, entretanto muito se questiona sobre a necessidade de aproximação entre os produtos dessas pesquisas com a realidade escolar. Conforme Silva (2010, p. 22) avalia, “quando se analisa a maneira como estas pesquisas se refletem no dia a dia das salas de aula, mais especificamente na reprodução e entendimento do saber científico, existe ainda uma grande lacuna a ser melhor compreendida”.

Segundo a autora, uma solução adequada para que as propostas das pesquisas cheguem às escolas seria por meio de formações continuadas, haja vista que, com isso, os professores se atualizariam em relação às pesquisas e discutiriam sobre elas. As pesquisas acadêmicas em ensino de ciências poderiam, portanto, conectar-se mais assiduamente às práticas de ensino, beneficiando-as, além de propagar-se nos espaços de divulgação mais comuns, como congressos e revistas científicas (SILVA, 2010).

Grande parte das pesquisas atuais direcionam o ensino de ciências, entre seus objetivos formativos, ao desenvolvimento da cidadania, diante das necessidades sociais proporcionadas pelos avanços científicos e tecnológicos. Logo, para atingir esses objetivos, os pesquisadores consideram como uma urgência a educação científica, de maneira que o público possa desenvolver-se tanto pessoal como coletivamente. Com o propósito de atender a essas inquietudes, a alfabetização científica pode contribuir numa formação que habilite as pessoas a participar de debates e de ações ocasionadas pelo cotidiano, relacionadas à ciência e à tecnologia, bem como permita compreender a natureza científica (CACHAPUZ *et al.*, 2005).

Concomitante a esta visão, Cunha (2019) aponta a necessidade de uma educação científica, segundo as pesquisas atuais, destinada ao desenvolvimento cívico, em razão da demanda crescente de informações disponíveis contemporaneamente. Conforme a autora, essa grande quantidade de conhecimentos dispostos pelos avanços da ciência e da tecnologia apresenta entraves na medida em que os leitores ou os consumidores desses produtos possuem pouca compreensão e/ou interpretação necessárias a discussões geradas acerca desses assuntos. Logo, essa posição valida-se pela imersão das pessoas em uma grande gama de conteúdos, inclusive facilitada pelas mídias digitais, posto que, muitas vezes, essas pessoas não possuem um direcionamento adequado para consumir esse conteúdo de maneira a estabelecer um aproveitamento visível, individual ou coletivo.

Portanto, na perspectiva de Cachapuz *et al.* (2005), como efeito de propulsionar o desenvolvimento da sociedade, os países devem investir em educação científica e tecnológica para potencializar a dinâmica social, o que resultaria em pessoas mais aptas para tomar decisões de cunho científico e tecnológico. Assim, cabe destacar a importância da inserção da cultura científica nos vários setores sociais, em especial na escola, que, por seu turno, pode contribuir

para uma renovação do currículo de ciência, em específico o currículo de Física. Afinal, na perspectiva de Oliveira, Vianna e Gerbassi (2007, p. 447), o currículo de ciências, em especial da Física, “não tem acompanhado esse desenvolvimento e cada vez mais se distancia das necessidades dos alunos no que diz respeito ao estudo de conhecimentos científicos mais atuais”, refletindo em um ensino descontextualizado da realidade que o aluno está inserido.

Nessa linha de raciocínio, os autores defendem que, ao longo de toda a formação escolar básica, o currículo de Física deva associar-se a um ensino vinculado à sociedade, que desperte o interesse em participar dela e transformá-la, pois há uma relação de influência mútua entre a sociedade e a educação.

De certo, é natural que a escola, assim como outros ambientes sociais, modifique-se e estruture-se de acordo com as mudanças ocorridas na sociedade de sua época. Tendo isto em vista, Cachapuz *et al.* (2005) apontam que a cultura científica, diante das contribuições da ciência e tecnologia dos últimos tempos, precisa fazer-se mais presente na escola, acompanhando o currículo escolar, haja vista ser imprescindível que as crianças e os adolescentes passem por uma formação pedagógica que se conecte com a atualidade e instrua-os a lidar e a agir nessa sociedade, conhecendo a linguagem científica e os conceitos básicos. Destarte, essa necessidade é confirmada pelos desafios que a escola apresenta atualmente, como a falta de motivação dos alunos, bem como as práticas pedagógicas desatualizadas dos professores e do currículo escolar.

De tal forma, Cunha (2019, p. 65) articula:

A educação formal deveria inserir atividades de promoção de uma cultura científica mais ampla, que inclui a discussão da divulgação da ciência e de suas práticas. Em geral, a educação científica escolar tem como alvo práticas pedagógicas utilitárias, as quais desconsideram o processo de construção do conhecimento científico, o que impossibilita reações críticas, tanto por parte de estudantes como por parte de professores. Para se consolidar uma verdadeira alfabetização científica é necessário, dentre outras ações, desenvolver competências de ler criticamente, analisar diferentes formas de divulgação, participar de debates e argumentar.

Parte das pesquisas em ensino de ciências apontam para a relevância da implementação de atividades que envolvam a DC nas práticas escolares (FIORESI, 2020), diante das necessidades impostas pelas mudanças sociais contemporâneas movidas pelo excesso de conhecimento e pelo declínio de entendimento para lidar com o fluxo de informações. Com efeito, a importância dessa inserção é expressiva em virtude dos benefícios que a DC oportuniza por meio de atividades que envolvam museus, feiras, jornais, revistas, entre outros. Logo,

aproximando a ciência da formação escolar, espera-se não apenas incentivar os jovens em carreiras científicas, mas despertar neles o prazer e a curiosidade pelos conhecimentos científicos e, ainda, reforçar a importância dessa busca no exercício como cidadão (LORDÊLO; PORTO, 2012).

Ademais, Lordêlo e Porto (2012, p. 28), defendem que

Para que a ciência seja transmitida e incorporada pela sociedade, a fim de se verificar a formação de uma cultura científica, é necessário que as ações sociais, políticas e institucionais não sejam isoladas e que a divulgação das informações opere de forma que se promova uma verdadeira cultura da divulgação científica.

No entanto, quando não se contempla a difusão da ciência na sociedade, em especial na escola, deixa-se de constituir no público uma cultura científica, de maneira que pautas atuais, como as problemáticas ambientais, deixam de receber o apoio necessário, afinal, para o engajamento da população, é cabível, antes de tudo, a conscientização e a atualização sobre assuntos dessa natureza, além de entender a importância de debater sobre tais tópicos. Consequentemente, Lordêlo e Porto (2012) alertam sobre a pouca mobilização efetiva da educação formal em contemplar uma educação científica, mediada pela DC, que incentive os alunos a uma formação mais consciente e adequada e que permita-os compreender a importância social de discussões desse nível.

Entre os vários recursos disponíveis de DC, como as revistas, os jornais, as mídias digitais, os documentários, entre outros, Schulz-Fontoura e Deccache-Maia (2019) comentam sobre os aspectos relevantes a serem analisados quanto à utilização de textos de DC, em especial as revistas, no contexto da sala de aula. Entre os apontados pelas autoras, temos:

[...] desenvolver o hábito de leitura em crianças e adolescentes; estimular a produção de trabalhos escolares interdisciplinares; auxiliar a formação continuada para professores; servir como estratégia pedagógica em sala de aula, usando-as como alternativas de ensino e ferramentas que estimulam o interesse e facilitam a aproximação à realidade (SCHULZ-FONTOURA; DECCACHE-MAIA, 2019, p. 52).

Dessa forma, os textos de DC, tanto em revistas como em outros materiais, têm como estratégia aproximar os alunos do conhecimento científico, de modo a aprimorar habilidades referentes à leitura e ao estímulo da criticidade. Assim, na prática da leitura de DC, o professor pode explorar esse aspecto quando desenvolver atividades que permitam que os alunos leiam e debatam sobre os assuntos presentes nos textos. De tal modo, poder-se-á superar no espaço escolar uma visão limitadora baseada no ensino de conteúdo descontextualizado e passivo,

substituindo-o por uma prática atualizada e informativa, que incentive a busca por outras fontes de informações e a construção de criticidade (ROCHA, 2012).

Dado isto, Rocha (2012) aponta que os textos de DC sugerem uma variedade de abordagens quando associados ao ensino de Física, entre as quais cita a História e Filosofia da Ciência e as aplicações da Física contemporânea. Ademais, essas abordagens podem conferir na prática um diálogo mais amplo sobre o trabalho científico com o aluno, de maneira que ele possa entender que a ciência faz parte do empreendimento humano, assim como acompanha as transformações sociais. O autor ainda reforça que os textos de DC mantêm os alunos animados no processo quando surgem dificuldades na leitura, pois, ao longo do texto, o autor dialoga com o leitor, estimulando a curiosidade, com o uso de analogias e de metáforas. Com tais estratégias, o autor pode persuadir o leitor a refletir diante de questionamento que o leva a concordar ou a discordar de ideias propostas, levando-o a sair da passividade promovida em outros textos didáticos (ROCHA, 2012).

Sobre a entrada de textos de DC no ambiente escolar, Cunha (2019) destaca que os materiais de DC surgem num contexto de educação informal, portanto, os seus objetivos são diferentes dos objetivos da educação formal de que a escola faz parte. Dessa forma, a autora comenta que é necessário considerar a mudança de espaço em que esses textos circulam, pois, ao serem introduzidos no ambiente escolar, esses textos não podem ter apenas a função informativa, sendo necessária a intervenção dos professores para selecionar e mediar as discussões que tais textos promovem.

Portanto, segundo Cunha (2019, p. 58), “[...] um texto de divulgação da ciência ao ser introduzido na sala de aula toma novo significado, entretanto não passa a ser um texto didático simplesmente por estar no espaço escolar”. E ainda, a autora enfatiza que a inserção desses textos não deve ter como intenção substituir os materiais didáticos, como o LD, pois não foram desenvolvidos especialmente para essa finalidade, e sim devem contribuir ou completar o ensino dos conteúdos trabalhados com discussões contextualizadas e conectadas com as pautas vigentes da sociedade.

3 METODOLOGIA

Neste capítulo, apresentaremos os procedimentos metodológicos utilizados para realizar esta pesquisa. Inicialmente, procedemos à sua caracterização quanto a sua natureza e a sua abordagem. No ponto seguinte, elucidamos o universo que compõe essa pesquisa, detalhando o instrumento utilizado para obter os dados necessários de análise. Por fim, descrevemos o método empregado para analisar esses dados, sendo definidos, portanto, os critérios de análise adequados ao *corpus* adotado.

3.1 CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA

Em resumo, a motivação em escolher a DC como tema de pesquisa surgiu durante a participação, entre os anos de 2018 e 2019, como voluntária no projeto de extensão *Uma proposta de divulgação científica*, vinculado ao Programa de Bolsa de Extensão (PROBEX), no Centro de Formação de Professores (CFP) da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG). Dessa experiência surgiu a ideia de considerar o presente problema de estudo, cujo foco é averiguar se textos de DC estão presentes em LDs. Para tanto, escolhemos realizar a análise a partir do LD adotado pela escola em que realizamos o Estágio Supervisionado Curricular IV, na Escola Cidadã Integral São José Operário, na cidade de Joca Claudino – PB, no ano de 2022.

Com efeito, nossa pesquisa objetiva analisar se o Livro Didático (LD), *Física: interação e tecnologia*, volume 3, de autoria de Aurelio Gonçalves Filho e Carlos Toscano publicado pela editora Leya no ano de 2016, que compõe o *corpus* deste estudo, apresenta em seus capítulos textos e outras formas de divulgação da ciência. Para tanto, definimos os critérios de análise baseados nas pesquisas de Martins e Damasceno (2002), Vieira (2006) e na BNCC (BRASIL, 2017b), além de atentar-nos às orientações para construção de categorias de análise de conteúdo de acordo com Carlomagno e Rocha (2016).

Em conformidade com as etapas para o desenvolvimento da pesquisa bibliográfica descritas por Gil (2010), o nosso problema de pesquisa foi formulado após a familiarização com o tema da pesquisa, mediante a leitura preliminar de publicações da literatura sobre divulgação da ciência associada ao ensino de ciência e à sua implementação em trechos do livro didático, a exemplo de Carvalho (2017), Fioresi (2020) e Rocha (2012)

Quanto à caracterização da área de estudo, nossa pesquisa se relaciona com o Ensino de Ciências, já que essa área de estudo também se preocupa em entender como a produção

científica é mencionada no livro didático, instrumento de apoio para o desenvolvimento das práticas de ensino, tanto para alunos quanto para os professores. Segundo Silva (2010), a pesquisa em Ensino de Ciências no Brasil possui tradição e consolidação no meio acadêmico, porém questiona-se como as pesquisas contribuem, de fato, para melhorar as práticas de ensino na escola. Ainda conforme a autora, a realização de encontros acadêmicos e publicações em revistas sobre o Ensino de Ciência são espaços que propiciam os compartilhamentos de ideias e propostas inovadoras, assim estabelecendo uma conexão entre os pesquisadores da área em questão. As discussões viabilizadas pelas pesquisas em Ensino de Ciências promovem uma “efetiva melhora da qualidade da Educação em Ciências em nosso país e seu contínuo aprimoramento” (SILVA, 2010, p. 23), além de aproximar a universidade e a escola.

Em relação aos objetivos mais gerais da pesquisa, conforme Gil (2010), nosso estudo caracteriza-se pela abordagem bibliográfica, visto que utilizamos o livro didático, que é um material já publicado, além de impresso, possuindo um fim específico - a educação -, e seus leitores também são um público especial: os alunos. Não obstante, Marconi e Lakatos (2005) definem o estudo bibliográfico para além da “mera repetição do que já foi dito ou escrito sobre certo assunto” (2005, p.185), pois o olhar de cada pesquisador é subjetivo, e assim o problema de um dado tema poderá ter novas interpretações e conclusões em benefício do avanço científico (MARCONI; LAKATOS, 2005).

Quanto à abordagem do problema, nossa pesquisa é encarada como qualitativa, de acordo com Prodanov e Freitas (2013). Segundo estes autores, essa abordagem é associada a trabalhos que utilizam a fonte de pesquisa diretamente para investigar e interpretar, desse modo o pesquisador fará uma análise dos dados de modo significativo, tendo em vista o objeto de estudo e o processo de coleta das informações. Ainda conforme os autores, essa natureza de investigação é apontada como descritiva, haja vista que não é necessário o emprego de técnicas estatísticas, nesse caso

Os pesquisadores tendem a analisar seus dados indutivamente. [...] O pesquisador mantém contato direto com o ambiente e o objeto de estudo em questão, necessitando de um trabalho mais intensivo de campo. Nesse caso, as questões são estudadas no ambiente em que elas se apresentam sem qualquer manipulação intencional do pesquisador. (PRODANOV; FREITAS, 2013, p. 70)

Assim, as pesquisas qualitativas são atribuídas de subjetividade, desse modo, à luz das ideias de Devecchi e Trevisan (2010), são uma “forma de evitar o tecnicismo e o reducionismo lógico formal nas investigações educacionais” (DEVECHI; TREVISAN, 2010, p. 150).

Portanto, as pesquisas qualitativas não podem se desassociar da relação entre o pesquisador e o campo de pesquisa, pois “não existe relato ou descrição da realidade que não se refira a um sujeito” (DEVECHI; TREVISAN, 2010, p. 150).

Por fim, quanto aos objetivos, nosso trabalho é considerado uma pesquisa descritiva. Sob a perspectiva de Gil (2010), a pesquisa descritiva requer o uso de técnicas padronizadas para realizar a coleta de dados de modo a descrever as características fatos, fenômenos ou populações e/ou criar relações entre variáveis dos problemas de estudo.

Dado o exposto, e conforme as orientações dos autores mencionados, tais são o arcabouço metodológico sob o qual esta pesquisa foi realizada. A seguir, discorreremos sobre o Universo, bem como sobre o *corpus* adotado para a confecção deste trabalho.

3.2 UNIVERSO E CORPUS DA PESQUISA

Conforme Verceze e Silvino (2008), o Livro Didático é um instrumento de apoio ao desenvolvimento das aulas e da didática-pedagógica empregada pelo docente, sendo assim, o conteúdo proposto pela obra deve ser adequado para este fim, auxiliando o trabalho do professor e contribuindo para aprendizagem do aluno. Contudo, as autoras destacam algumas ressalvas que devem estar claras quanto à adoção do LD para o planejamento pedagógico:

o livro não deve ser considerado como única fonte de conhecimento disponível para o educando, mesmo sendo utilizado didática e corretamente em sala de aula, pois o professor deve ter consciência da necessidade de um trabalho diversificado e, para tanto, é preciso buscar, em outras fontes, informações ou conteúdos que venham a complementar e enriquecer o livro didático. (VERCEZE; SILVINO, 2008, p. 85).

Dado isto, em relação ao universo envolvido nessa pesquisa, utilizamos o Livro Didático intitulado *Física: interação e tecnologia* (**Figura 3**), em específico o volume 3, sendo referente ao uso nas turmas concluintes do Ensino Médio. A obra é de autoria de Aurelio Gonçalves Filho e de Carlos Toscano e foi publicada pela editora Leya no ano de 2016. O manual didático tem o objetivo de associar tópicos da Física com elementos do cotidiano dos alunos, a partir das discussões com foco em ciência e tecnologia. Além disso, o Programa Nacional do Livro e do Material Didático (PNLD) estipulou a adoção do livro nas escolas para os anos de 2018, 2019, 2020+ (este sinal (+) indica que a obra pode ser utilizada por anos consecutivos).

Figura 3 – Capa do livro *Física: interação e tecnologia*



Fonte: Gonçalves Filho e Toscano (2016)

Quanto à amostra que compõe o *corpus* da pesquisa, o LD escolhido é composto por apenas 5 capítulos, ao final de cada um dos quais está presente um texto de DC. Desta feita, selecionamos os 5 capítulos que contemplavam textos de DC, porém a análise será focada nos aspectos do texto que estão inseridos no capítulo com base nos critérios previamente estabelecidos para esta análise de conteúdo.

Ademais, a escolha dessa obra ocorreu em consequência do desenvolvimento do Estágio Supervisionado IV em uma turma de 3ª série do Ensino Médio, que foi concluído em 2022. O estágio foi desenvolvido na Escola Cidadã Integral São José Operário, localizada em Joca Claudino, no interior Paraibano. Na ocasião, a professora responsável pela turma adotava o mencionado livro para auxiliar em suas práticas pedagógicas nessa série.

No subtópico a seguir apresentamos os métodos de análise de dados escolhidos para descrever os dados coletados e atingir os objetivos de nossa pesquisa, assim como também apresentamos os autores utilizados para estruturar os critérios de análise definidos, de modo a atender aos objetivos propostos de uma pesquisa científica.

3.3 MÉTODOS DE ANÁLISE DE DADOS

A metodologia de análise de conteúdo, na ótica de Carlomagno e Rocha (2016, p. 175), tem por objetivo “classificar e categorizar qualquer tipo de conteúdo, reduzindo suas características a elementos-chave, de modo com que sejam comparáveis a uma série de outros elementos”. Desse modo, faz-se necessário realizar uma seleção de critérios quando a intenção da pesquisa sugere uma análise do conteúdo.

Na presente pesquisa, o conteúdo analisado é parte integrante do livro *Física: interação e tecnologia* (2016), de Aurelio Gonçalves Filho e Carlos Toscano, posto que buscamos não apenas verificar a presença ou não de textos de DC, como também o como esses textos aparecem no manual didático. Portanto, nenhum capítulo foi excluído de nossa análise. Assim, apresentamos no **Quadro 1** os capítulos que compõe o *corpus* de análise do trabalho.

Quadro 1 - Capítulos do livro didático *Física: interação e tecnologia* (2016)

Capítulos analisados	Título do capítulo
Capítulo 1	Eletrodinâmica: aparelhos e circuitos elétricos
Capítulo 2	Campo elétrico, tensão e modelo de corrente elétrica
Capítulo 3	Magnetismo e eletricidade
Capítulo 4	Energia elétrica: produção e distribuição
Capítulo 5	Tópicos de Física Moderna

Fonte: Elaborado pela autora (2023).

Seguiremos agora com as regras definidas em Carlomagno e Rocha (2016) para análise de conteúdo. Consoante aos autores, em cada uma das categorias de análise deve haver clareza e objetividade, de modo a incluir ou excluir adequadamente elementos do conteúdo, evitando assim equívocos durante a seleção; além de necessitarem de exclusividade, pois cada conteúdo deve ser classificado em apenas uma categoria.

Ademais, as categorias não podem ser muito amplas, de modo a comportar conteúdos distintos, ou seja, é necessário delimitar os aspectos de classificação da categoria. Todo o conteúdo analisado precisa passar pelas categorias criadas, de maneira que, caso haja conteúdo que não se adeque a nenhuma categoria, cabe a criação de uma categoria residual, ou categoria “outro” que serve para comportar esse tipo de conteúdo. Por fim, as categorias devem ser objetivas, o conteúdo deve ser analisado de modo sistemático, assim, categorias de classificação subjetivas devem ser evitadas, a fim de manter a confiabilidade e reprodução da pesquisa por outros pesquisadores (CARLOMAGNO; ROCHA, 2016).

Portanto, para entender como os textos de DC estão colocados no livro *Física: interação e tecnologia* (2016), partimos de critérios de análise que investigassem características

associadas à presença desses textos, com enfoque nos aspectos intrínsecos ligados aos textos de DC e em objetivos pedagógicos baseados em habilidades listadas pela BNCC (BRASIL, 2017b), de modo a atender os objetivos da pesquisa. Desse modo, o **Quadro 2** descreve as categorias de análise desenvolvidas.

Quadro 2 - Categorias de Análise

Categorias	Descrição da categoria
Categoria 1: Exploração de recursos e técnicas apropriadas para textos de DC	Considera os aspectos que o texto de divulgação científica deve apresentar de modo a ser claro e coerente para o seu público-alvo, ou seja, pessoas leigas quanto a assuntos científicos e, no caso dos textos presentes em LD, alunos do Ensino Básico. Em outras palavras, aspectos atrativos e que favorecem a criação de um hábito de leitura sobre textos desse nicho.
Categoria 2: Perspectivas pedagógicas associada à leitura	Considera os aspectos do texto que se associam a situações-problemas que despertem nos alunos o engajamento com questões sociais relevantes, levando-os ao desenvolvimento de sua criticidade, criatividade e autonomia.

Fonte: Elaborado pela autora (2023).

Como se vê, as categorias desenvolvidas apresentam-se sob forma ampla, o que contraria o que Carlomagno e Rocha (2016) propõem. Por essa razão, definimos para cada categoria uma lista de itens/aspectos, isto é, critérios que norteiam nossa investigação e conferem maior objetividade quanto à análise dos dados.

Parte desses critérios foram desenvolvidos com base na investigação de Martins e Damasceno (2002) sobre a presença de textos de DC em LDs. Também nos baseamos no *Pequeno Manual de Divulgação Científica* de Vieira (2006), o qual oferece orientações para elaboração de textos de DC, a fim de criar os critérios da análise de nossa pesquisa. Com isso, o **Quadro 3** demonstra os critérios referentes à Categoria de análise 1:

Quadro 3 – Categoria 1: Exploração de recursos e técnicas apropriadas para textos de DC

Crítérios	Presença	Ausência
Indicação da fonte originais do texto		
Indicação de outras obras de DC, incentivando a leitura de textos científicos		
Textos adaptados do original		
Presença de recursos de imagens ou figuras		
Utilização de analogias		
Evita jargões técnicos da linguagem científica		

Fonte: Elaborado pela autora (2023) com base em Martins e Damasceno (2002) e Vieira (2006).

No que concerne à Categoria de análise 2, além dos autores supracitados, foram consideradas competências e habilidades previstas pela BNCC (BRASIL, 2017b). Tais competências e habilidades foram selecionadas neste trabalho de acordo com o que se espera ao trabalhar com textos de divulgação científica em sala de aula, em especial com relação à leitura. Em específico, citamos as habilidades EM13LP03 e EM13LP31, ambas da área de Linguagens, por estarem vinculadas, respectivamente, à intertextualidade, à interdiscursividade e à compreensão crítica dos textos de divulgação científica. Citamos, igualmente, as habilidades EM13CNT207, EM13CNT303 e EM13CNT306, da área de Ciências da Natureza, as quais referem-se à problematização de aspectos relevantes na sociedade, como vulnerabilidades associadas aos desafios e vivências da sociedade contemporânea, bem como a interpretações de textos de divulgação da ciência.

De modo a melhor visualização, citamos na íntegra a descrição das habilidades mencionadas:

(EM13LP03) Analisar relações de intertextualidade e interdiscursividade que permitam a explicitação de relações dialógicas, a identificação de posicionamentos ou de perspectivas, a compreensão de paráfrases, paródias e estilizações, entre outras possibilidades. (BRASIL, 2017b, p. 506)

(EM13LP31) Compreender criticamente textos de divulgação científica orais, escritos e multissemióticos de diferentes áreas do conhecimento, identificando sua organização tópica e a hierarquização das informações, identificando e descartando fontes não confiáveis e problematizando enfoques tendenciosos ou superficiais. (BRASIL, 2017b, p. 517)

(EM13CNT207) Identificar, analisar e discutir vulnerabilidades vinculadas às vivências e aos desafios contemporâneos aos quais as juventudes estão expostas, considerando os aspectos físico, psicoemocional e social, a fim de desenvolver e divulgar ações de prevenção e de promoção da saúde e do bem-estar. (BRASIL, 2017b, p. 557)

(EM13CNT303) Interpretar textos de divulgação científica que tratem de temáticas das Ciências da Natureza, disponíveis em diferentes mídias, considerando a apresentação dos dados, tanto na forma de textos como em equações, gráficos e/ou tabelas, a consistência dos argumentos e a coerência das conclusões, visando construir estratégias de seleção de fontes confiáveis de informações. (BRASIL, 2017b, p. 559)

(EM13CNT306) Avaliar os riscos envolvidos em atividades cotidianas, aplicando conhecimentos das Ciências da Natureza, para justificar o uso de equipamentos e recursos, bem como comportamentos de segurança, visando à integridade física, individual e coletiva, e socioambiental, podendo fazer uso de dispositivos e aplicativos digitais que viabilizem a estruturação de simulações de tais riscos. (BRASIL, 2017b, p. 559)

Dado o exposto, e de modo a sintetizar os principais aspectos envolvidos dentre as habilidades elencadas, elaboramos 03 (três) critérios de análise relativos à Categoria 2, conforme pode ser visto no **Quadro 4**:

Quadro 4 – Categoria 2: Perspectivas pedagógicas associada à leitura

Crítérios	Presença	Ausência
Exploração a problematização do tema		
Exploração de temas transversais de natureza: ética, meio ambiente, pluralidade cultural, trabalho e consumo, saúde e orientação sexual		
Diálogo com outras áreas do conhecimento		

Fonte: Elaborado pela autora (2023), com base em Martins e Damasceno (2002) e na BNCC (BRASIL, 2017b).

No capítulo seguinte dessa pesquisa, apresentamos os resultados obtidos após realizada a análise dos capítulos do livro *Física: interação e tecnologia* (2016), por meio das categorias de análise aqui definidas. Por seguinte, fazemos as discussões pertinentes aos dados encontrados.

4 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS DADOS

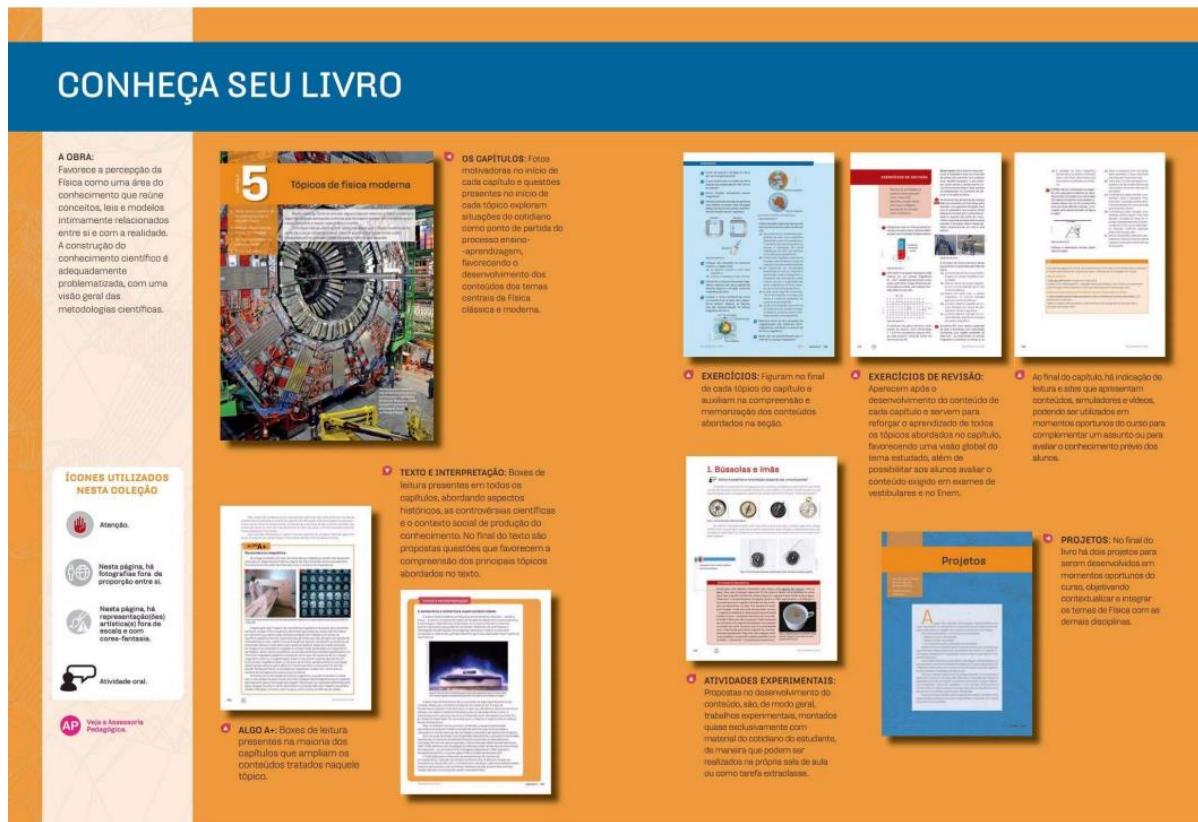
O livro *Física: interação e tecnologia* (2016) de Gonçalves Filho e Carlos Toscano é uma obra que condiz com as perspectivas de Fioresi (2020) e Rocha (2012) ao dispor de uma variedade de abordagens textuais em cada um de seus capítulos, de maneira a garantir uma amplitude de discussões que incentivem a conexão entre alunos e professores com questões pertinentes ao eixo social, cultural, histórico, tecnológico, entre outros. Desse modo, o referido livro apresenta diferentes abordagens as quais vamos comentar ao longo deste capítulo, dedicando especial atenção à presença ou não de textos de DC, que é o alvo principal dessa pesquisa.

A princípio, o referido manual, da editora LeYa, tem como fundamento relacionar conhecimentos sistematizados pela Física aos aspectos do cotidiano do discente, a fim de mostrar a ciência como parte das nossas vidas, tornando-a mais atrativa, para que o aluno se sinta estimulado a aprender aquele conteúdo. Desse modo, a diagramação do livro apresenta *design* convidativo, com cores fortes e imagens distribuídas ao longo das páginas de modo a ilustrar conteúdo e exemplos, favorecendo uma compreensão mais ampla e proficiência no aprendizado.

No que diz respeito à organização, o LD está dividido em 5 capítulos, além de uma seção destinada a **Projetos**, cujo objetivo seria contextualizar e integrar os temas da Física com as demais disciplinas. Ademais, cada capítulo é aberto com fotos motivadoras, objetivando ilustrar as aplicações tecnológicas contemporâneas associadas aos conhecimentos da Física como ponto de partida para o processo de ensino-aprendizagem; possuem, também, boxes de leitura, intitulados **Algo A+** e **Texto e Interpretação**, que buscam ampliar o assunto abordado no tópico, contando com questões que visam reforçar a compreensão daquilo que foi apresentado e instigar a curiosidade e o espírito investigativo. Não obstante, nossa atenção estará centrada na seção **Texto e Interpretação**, pois nela localizam-se os textos de DC sobre os quais buscamos fazer uma análise mais detalhada de seus aspectos.

Da mesma forma, os capítulos contam com listas de **Exercícios**, bem como **Exercícios de Revisão** e propostas de **Atividades Experimentais**, todos posicionados de modo a auxiliar na compreensão, reforçar o aprendizado ou favorecer uma visão global do assunto estudado. Por fim, ao final de cada capítulo, Gonçalves Filho e Toscano (2016) apresentam indicações de leituras e *sites* cujo conteúdo serve para complementação do estudo. A **Figura 4**, abaixo, mostra a seção de apresentação do LD, cujo intuito é dar ao aluno uma explicação sobre cada um dos elementos que listamos, como eles se dispõem ao longo do livro e a sua finalidade.

Figura 4 – Esquema de apresentação do livro



Fonte: Gonçalves Filho e Toscano (2016, p. 4-5)

A seguir apresentamos os resultados encontrados durante esta pesquisa e descrevemos os dados encontrados referentes aos aspectos dos textos de DC presentes no LD *Física: interação e tecnologia* (2016), quanto às categorias de análise e aos seus respectivos critérios.

4.1 CAPÍTULO 1: *ELETRODINÂMICA: APARELHOS E CIRCUITOS ELÉTRICOS*

No primeiro capítulo, intitulado *Eletrodinâmica: Aparelhos e Circuitos Elétricos*, os autores exploram o funcionamento de aparelhos elétricos, tais quais *notebooks* e lâmpadas, passam por explicações sobre como é feito o cálculo do consumo de energia e apresentam conceitos físicos relacionados, como o de Corrente Elétrica e o de Resistência Elétrica. Podemos visualizar na **Figura 5** a capa deste primeiro capítulo que apresenta como ilustração uma foto de satélite da América do Sul iluminada por luzes artificiais.

Figura 5 – Capa do Capítulo 1 intitulado Eletrodinâmica: aparelhos e circuitos elétricos

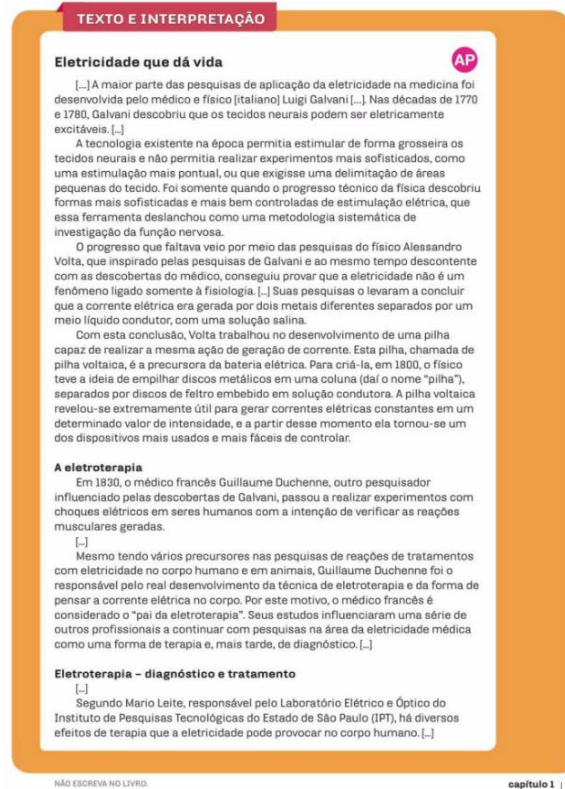


Fonte: Gonçalves Filho e Toscano (2016, p. 15)

Ao final deste capítulo, encontramos o box de incentivo à leitura **Texto e Interpretação** “Eletricidade que dá vida”² de autoria de Lucimara Mendonça, do qual parte nossa investigação nos textos de DC na obra, ilustrado na **Figura 6**, abaixo.

² Todos os textos analisados podem ser visualizados na íntegra nos **ANEXOS** deste trabalho, conforme aparecem no LD *Física: interação e tecnologia* (2016).

Figura 6 – Primeiro texto de DC da análise, intitulado “Eletricidade que dá vida”



Fonte: Gonçalves Filho e Toscano (2016, p. 53)

Desse modo podemos atentar-nos ao **Quadro 5** que esquematiza os dados encontrados nesse texto associados aos itens que especificam a categoria de análise 1:

Quadro 5 – Categoria 1: Exploração de recursos e técnicas apropriadas para textos de DC

Critérios	Presença	Ausência
Indicação da fonte originais do texto	Presente	-
Indicação de outras obras de DC, incentivando a leitura de textos científicos	-	Ausente
Textos adaptados do original	Presente	-
Presença de recursos de imagens ou figuras	Presente	-
Utilização de analogias	Presente	-
Evita jargões técnicos da linguagem científica	Presente	-

Fonte: Elaborado pela autora (2023) com base em Martins e Damasceno (2002) e Vieira (2006).

Desse modo, o texto apresenta os dados referentes ao acesso à leitura do original na descrição da fonte ao final da leitura. O link dá acesso ao site da revista *O setor elétrico*, que é uma revista especializada no setor de eletricidade com o foco de informar sobre esse tema pessoas interessadas no assunto, principalmente com formação na área de engenharia. Assim, a fonte mencionada na obra direciona o aluno/leitor para a obra original, possibilitando a continuação da leitura e acesso ao texto integral. Desse modo, podemos considerar que a presença de textos como este estimulam habilidades referentes à leitura e à criticidade dos

assuntos, de acordo com as perspectivas de Rocha (2012) e Schulz-Fontoura e Deccache-Maia (2019). Entretanto, o livro não faz menção a outros textos de DC sobre temas correlatos de modo a incentivar a leitura de textos de DC, além do texto já mencionado,

Concomitantemente, o texto se apresenta como uma adaptação do texto original, o que podemos considerar como uma forma de reduzir a obra para atender aos objetivos didáticos de leitura em sala de aula, para enquadrar-se no capítulo, ou para direcionar a discussão para os assuntos mais condizentes com o restante do capítulo.

Quanto à presença de imagens ou figuras, são dispostas duas figuras. A primeira diz respeito à realização de um exame de eletrocardiograma (**Figura 7**), e a segunda mostra um desfibrilador, equipamento comumente utilizado em paradas cardíacas (**Figura 8**). Desse modo, é notório que as imagens presentes no texto de DC exemplificam as descrições que são feitas ao longo do texto sobre o tema, servindo como um recurso para direcionar a atenção do aluno e despertar a curiosidade.

Figura 7 – Imagens presentes no texto “Eletricidade que dá vida”



Figura 56: Pessoa submetida a um exame de eletrocardiograma durante um teste de esforço. Os eletrodos ficam aderidos ao peito da pessoa.

Fonte: Gonçalves Filho e Toscano (2016, p. 54)

Figura 8 – Imagens presentes no texto “Eletricidade que dá vida”



Figura 57: Foto de desfibrilador.

Fonte: Gonçalves Filho e Toscano (2016, p. 55)

Quanto ao uso de analogias, é possível considerar que há menções no texto, por exemplo no trecho “a eletricidade pode ser pensada como um remédio” (vide **ANEXO 1**). Com isso, a analogia se refere à dosagem certa da eletricidade para ser benéfica tal qual um remédio, do contrário torna-se perigosa. Já quanto ao uso de jargões técnicos de cientistas, o autor não faz uso, de modo a tornar a leitura mais acessível e adequada ao público destinado.

Dando prosseguimento, podemos constatar no texto os seguintes dados referentes à Categoria de análise 2, observando o **Quadro 6**, abaixo:

Quadro 6 – Categoria 2: Perspectivas pedagógicas associada à leitura

Crítérios	Presença	Ausência
Exploração a problematização do tema	Presente	-
Exploração de temas transversais de natureza: ética, meio ambiente, pluralidade cultural, trabalho e consumo, saúde e orientação sexual	Presente	-
Diálogo com outras áreas do conhecimento	-	Ausente

Fonte: Criado pela autora (2023), com base em Martins e Damasceno (2002) e na BNCC (BRASIL, 2017b).

Esse texto de DC tem como objetivo informar e descrever sobre procedimentos realizados em exames e em situações de tratamento. Para tanto, é possível identificar que o autor problematiza a utilização adequada de equipamentos que envolvem a passagem de corrente elétrica, em alguns pontos, como quando menciona que situações em que o uso do desfibrilador é necessário e em seguida comenta que, ao passo que um choque dessa mesma natureza salva, ele também pode matar. Assim, é feita uma observação quanto à importância de profissionais bem preparados para realizar esses procedimentos e o cuidado das pessoas para evitar a exposição a equipamentos que possam causar choques elétricos. E ainda, ao final da leitura do texto estão disponíveis três questões, das quais duas problematizam as informações do texto, em especial enfatizam sobre a importância de profissionais com formação adequada para manusear equipamentos como o desfibrilador, ao questionarem os riscos que pessoas sem essa formação podem oferecer ao tentar manusear um equipamento desse ao socorrer uma pessoa. Em relação ao diálogo com outras áreas do conhecimento, o texto não incorpora outras áreas do conhecimento, de modo a estabelecer uma visão mais ampla do assunto ao conectar outras áreas do conhecimento relacionadas ao tema.

4.2 CAPÍTULO 2: *CAMPO ELÉTRICO, TENSÃO E MODELO DE CORRENTE ELÉTRICA*

Neste capítulo, os autores associam o estudo da constituição da matéria e os processos de eletrização a questões cotidianas como o funcionamento do sistema de proteção contra

descargas elétricas (os para-raios). Bem como, abordam sobre o que acontece no interior dos fios quando neles há a passagem de correntes elétricas ao conectarmos um aparelho eletrônico à tomada. A capa do capítulo 2 está ilustrada, abaixo, na **Figura 9**.

Figura 9 – Capa do Capítulo 2 intitulado Campo elétrico, tensão e modelo de corrente elétrica



Fonte: Gonçalves Filho e Toscano (2016, p. 67)

Assim, no **Quadro 7** esquematizamos os dados encontrados referente aos critérios que detalham a Categoria 1 de nossa análise.

Quadro 7 – Categoria 1: Exploração de recursos e técnicas apropriadas para textos de DC

Crítérios	Presença	Ausência
Indicação da fonte originais do texto	Presente	-
Indicação de outras obras de DC, incentivando a leitura de textos científicos	-	Ausente
Textos adaptados do original	-	Ausente
Presença de recursos de imagens ou figuras	Presente	-
Utilização de analogias	-	Ausente
Evita jargões técnicos da linguagem científica	-	Ausente

Fonte: Elaborado pela autora (2023) com base em Martins e Damasceno (2002) e Vieira (2006).

Assim como os demais capítulos, o texto de DC presente é localizado ao final do capítulo. O texto é intitulado “A centenária e misteriosa condutividade” (**Figura 10**) e tem como autor Carlos Alberto dos Santos. Este texto de divulgação está disponível eletronicamente na

Revista Ciência Hoje e sua fonte é indicada ao final da leitura, possibilitando que o aluno acesse o texto original. Não há menção a outras leituras como incentivo ao aluno ler mais matérias de divulgação.

Figura 10 – Segundo texto de DC da análise, intitulado “A centenária e misteriosa condutividade”



Fonte: Gonçalves Filho e Toscano (2016, p. 103)

O texto não sofreu adaptações do original disponível na revista eletrônica, mesmo que a obra seja originada de uma revista especializada em divulgação para o público não especializado. Relacionado ao próximo item, a seção contempla apenas a foto de um imã (**Figura 11**), objeto feito de um material supercondutor, de modo a explorar o fenômeno da supercondutividade de materiais já no início da leitura. Entretanto, durante o restante do texto o autor não retorna ao exemplo do imã, portanto, a interpretação desse exemplo fica retida na própria imagem e na descrição em sua legenda.

Figura 11 – Figura presente no texto “A centenária e misteriosa condutividade”

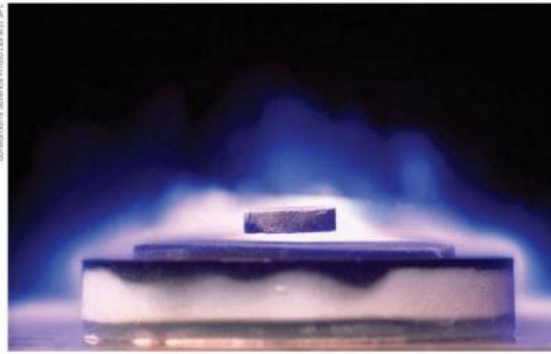


Figura 57: Foto de ímãs. Os materiais supercondutores são capazes de repelir as linhas de força de um campo magnético, característica que explica a levitação do ímã mostrada na imagem.

Fonte: Gonçalves Filho e Toscano (2016, p. 103)

O texto também não explora o uso de analogias para exemplificar ou esclarecer um conceito ou informação. Assim, conceitos sobre materiais supercondutores são esclarecidos, apesar de o autor não fazer uso desse tipo de recurso. Em alguns momentos o texto menciona elementos técnicos da linguagem científica, como por exemplo no trecho “[...] fios supercondutores de Nb₃Sn, NbZr e NbTi [...]” (ANEXO 2). Neste caso, foram citados nomes de compostos químicos que produzem os fios supercondutores, entretanto não se apresenta o significado deles, o que, segundo Vieira (2006), pode dificultar a leitura desse texto de DC.

Quadro 8 – Categoria 2: Perspectivas pedagógicas associada à leitura

Crítérios	Presença	Ausência
Exploração a problematização do tema	-	Ausente
Exploração de temas transversais de natureza: ética, meio ambiente, pluralidade cultural, trabalho e consumo, saúde e orientação sexual	-	Ausente
Diálogo com outras áreas do conhecimento	-	Ausente

Fonte: Criado pela autora (2023), com base em Martins; Damasceno (2002) e na BNCC (BRASIL, 2017b).

Esse texto de DC é basicamente informativo, não há aspectos de problematização ao longo da leitura, como também, as questões disponíveis ao final da leitura não apresentam problematizações sobre as informações levantadas no texto. De tal modo, esse texto busca, numa perspectiva histórica, descrever como a pesquisa sobre materiais supercondutores se desenvolveu e apresenta, ainda, as lacunas que atualmente existem sobre estes tipos de materiais, abrindo espaço para mais estudos e conhecimentos científicos sobre o tema. Também não há conexão com temas de natureza transversal ou diálogos com outras áreas do conhecimento.

4.3 CAPÍTULO 3: *MAGNETISMO E ELETRICIDADE*

No capítulo 3 são abordados os fenômenos magnéticos e os conceitos de força e campo magnéticos, o que envolve estudar, por exemplo, o funcionamento dos motores elétricos, bem como o dos ímãs, bússolas e o próprio magnetismo da Terra. Na **Figura 12** ilustramos a capa desse capítulo.

Figura 12 – Capa do Capítulo 3 intitulado Magnetismo e eletricidade



Fonte: Gonçalves Filho e Toscano (2016, p. 115)

Apresentamos no **Quadro 9** os dados obtidos por meio da análise desse capítulo referente à Categoria de análise 1.

Quadro 9 – Categoria 1: Exploração de recursos e técnicas apropriadas para textos de DC

Crítérios	Presença	Ausência
Indicação da fonte originais do texto	-	Ausente
Indicação de outras obras de DC, incentivando a leitura de textos científicos	Presente	-
Textos adaptados do original	-	-
Presença de recursos de imagens ou figuras	Presente	-
Utilização de analogias	-	Ausente
Evita jargões técnicos da linguagem científica	Presente	-

Fonte: Elaborado pela autora (2023) com base em Martins e Damasceno (2002) e Vieira (2006).

A localização desse texto de DC também se encontra disposta ao final do capítulo no box de leitura **Texto e Interpretação**, o qual recebe o nome de “Aceleradores de Partículas”, sendo apresentado na **Figura 13**. Contudo, ao final da leitura ou em outros pontos da seção não há menção à fonte desse texto. Portanto, não podemos realizar considerações sobre a adaptação ou não do texto. Já quanto à indicação de outras fontes, é sugerida a leitura sobre os estudos de um acelerador de partículas no Brasil que está disponível no *site* informativo *Olhar Digital*.

Figura 13 – Terceiro texto de DC da análise, intitulado “Aceleradores de Partículas”

TEXTO E INTERPRETAÇÃO

Aceleradores de Partículas

O estudo da constituição da matéria vem sendo realizado desde os tempos dos gregos, que nos apresentaram a palavra átomo.

Nos dias atuais, com todo o conhecimento acumulado sobre esse tema e apoiado no desenvolvimento de uma sofisticada tecnologia, os grandes laboratórios de estudos sobre a estrutura da matéria e da energia nela contida são os denominados aceleradores de partículas eletricamente carregadas. Existem vários deles construídos em diferentes partes do mundo (figura 48a).

Nesses equipamentos, partículas eletricamente carregadas como elétrons, prótons, íons e também partículas compostas como as partículas alfa, são lançadas em regiões onde é feito vácuo e aplicados campos elétricos intensos. O efeito da interação entre a carga elétrica e o campo elétrico é a aceleração de tais partículas, fazendo-as adquirir grande velocidade.

Os aceleradores de partículas apresentam o formato circular em sua construção (alguns chegam a ter um comprimento de mais de 20 km), o que indica que a trajetória do movimento das partículas eletrizadas que são aceleradas em seu interior também terão esta forma. Conforme discutimos no volume I desta coleção, para que uma partícula realize um movimento de trajetória curva, há necessidade da ação de uma força.

No caso dos aceleradores de partículas, a força que promoverá a alteração na direção de seu movimento será a força magnética. Para tanto, no interior dos aceleradores de partículas, por meio de eletroímãs (figura 48b) são produzidos intensos campos magnéticos que interagem com as partículas eletrizadas em movimento. Adequadamente localizados, esses eletroímãs produzem campos magnéticos em direções tais que a força magnética gerada desvia as partículas eletrizadas, fazendo-as percorrer todo o trajeto do acelerador até o local desejado.



Figura 48: (a) Vista de cima do acelerador de partículas do Laboratório MAX IV da Universidade de Lund, na Suécia, e (b) trecho do interior do acelerador, mostrando os eletroímãs em torno do tubo onde as partículas são aceleradas (2015).

Em alguns aceleradores de partículas, estudam-se as radiações emitidas pelas partículas quando estas sofrem abruptas mudanças em suas trajetórias. É denominada “luz de sincrotron”, que é utilizada para estudar as propriedades de materiais em nível microscópico.

Fonte: Gonçalves Filho e Toscano (2016, p. 144)

Relacionado ao próximo item, a seção contempla três imagens, sendo que a primeira e a segunda mostram um acelerador de partículas do Laboratório Max IV da Universidade de Lund, na Suécia, a partir de uma foto de cima do acelerador (**Figura 14**) e a outra mostra alguns detalhes do interior do acelerador (**Figura 15**).

Figura 14 – Figura presente no texto “Aceleradores de Partículas”



Figura 49: (a) Vista de cima do acelerador de partículas do Laboratório MAX IV da Universidade de Lund, na Suécia, e (b) trecho do interior do acelerador, mostrando os eletroímãs em torno do tubo onde as partículas são aceleradas (2015).

Fonte: Gonçalves Filho e Toscano (2016, p. 144)

Figura 15 – Figura presente no texto “Aceleradores de Partículas”



Figura 50: Foto do síncrotron e de parte da área onde são realizadas as pesquisas no Laboratório Nacional de Luz Síncrotron (LNLS), em Campinas, São Paulo (2009).

Fonte: Gonçalves Filho e Toscano (2016, p. 145)

Esse texto, de modo geral, tem o intuito de informar sobre aceleradores de partículas e como ocorre seu funcionamento, e não usa analogias para facilitar a compreensão de fatos e de termos técnicos. Entretanto, quanto à presença de jargões técnicos da linguagem científica, não identificamos trechos dessa natureza, todas as informações apresentadas foram esclarecidas ao longo da leitura.

Quadro 10 – Categoria 2: Perspectivas pedagógicas associada à leitura

Critérios	Presença	Ausência
Exploração a problematização do tema	-	Ausente
Exploração de temas transversais de natureza: ética, meio ambiente, pluralidade cultural, trabalho e consumo, saúde e orientação sexual	-	Ausente
Diálogo com outras áreas do conhecimento	-	Ausente

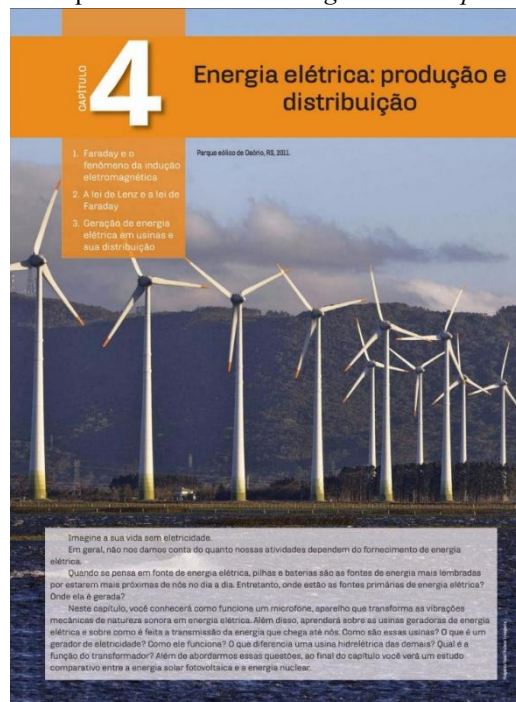
Fonte: Criado pela autora (2023), com base em Martins; Damasceno (2002) e na BNCC (BRASIL, 2017b).

Referente à Categoria 2, esquematizada no **Quadro 10**, consideramos a partir da análise que o texto não problematiza o assunto central, apenas traz informações sobre o papel dos aceleradores de partículas na pesquisa da constituição da matéria e aborda a respeito do funcionamento do acelerador de partículas. Também não há exploração de temas transversais ao longo do texto. Por fim, ao longo da leitura não identificamos diálogos com diferentes áreas do conhecimento além do tema principal sobre Física de Partículas.

4.4 CAPÍTULO 4: *ENERGIA ELÉTRICA: PRODUÇÃO E DISTRIBUIÇÃO*

No quarto capítulo, os autores apresentam o fenômeno da indução eletromagnética, observada por Faraday, assim como a Lei de Lenz e a de Faraday, a fim de chegar à explicação de como ocorre a geração de energia elétrica em usinas e a sua distribuição. Na **Figura 16** abaixo podemos visualizar a capa desse capítulo, que mostra um parque de energia eólica localizado em Osório no Rio Grande do Sul.

Figura 16 – Capa do Capítulo 4 intitulado *Energia elétrica: produção e distribuição*



Fonte: Gonçalves Filho e Toscano (2016, p. 155)

O texto de DC analisado neste tópico segue o mesmo esquema que os demais capítulos, localizando-se ao final do capítulo 4. Logo após, detalhamos no **Quadro 11** os dados obtidos depois da análise desse capítulo em relação à Categoria de análise 1.

Quadro 11 – Categoria 1: Exploração de recursos e técnicas apropriadas para textos de DC

Crítérios	Presença	Ausência
Indicação da fonte originais do texto	-	Ausente
Indicação de outras obras de DC, incentivando a leitura de textos científicos	-	Ausente
Textos adaptados do original	-	-
Presença de recursos de imagens ou figuras	Presente	-
Utilização de analogias	-	Ausente
Evita jargões técnicos da linguagem científica	Presente	-

Fonte: Elaborado pela autora (2023) com base em Martins e Damasceno (2002) e Vieira (2006).

Este texto de DC, disposto na **Figura 17** abaixo, é intitulado “O envio de som e imagem a grandes distâncias: as radiações eletromagnéticas”. Não foi citada a fonte dessa obra de divulgação ao final da leitura, assim como não há sugestão de outros textos de DC como indicação de leitura. Já em relação à integralidade do texto, não há indicação se foi adaptada ou se mantém a escrita original.

Figura 17 – Quarto texto de DC da análise, intitulado “O envio de som e imagem a grandes distâncias: as radiações eletromagnéticas”

TEXTO E INTERPRETAÇÃO

O envio de som e imagem a grandes distâncias: as radiações eletromagnéticas AP

A tecnologia desenvolvida no século XX tornou corriqueiro o uso de celulares, aparelhos de rádio ou TV, que nos permitem acompanhar uma guerra distante, um jogo de futebol ou um desenho animado. A transmissão de sons e imagens a distância parece uma complicada mágica. Com base no fenômeno da indução eletromagnética estudado por Faraday, podemos ter uma ideia geral dos processos físicos envolvidos nessa transmissão.

Retornemos o que se passa no transformador. A corrente elétrica alternada, aplicada no circuito primário, cria um campo magnético variável na região onde se encontra o circuito secundário. O núcleo de ferro do transformador, envolvido pelos dois circuitos, também se magnetiza, aumentando a intensidade do campo magnético no local.

Se o circuito secundário estiver aberto, uma força eletromotriz ou uma tensão será nele induzida. Caso esse circuito esteja fechado, uma corrente elétrica será induzida. Como o circuito secundário está em repouso em relação ao campo magnético, o movimento dos elétrons livres que formam a corrente elétrica induzida é explicado pela existência da ação da força elétrica sobre eles. O surgimento dessa força elétrica deve-se a um **campo elétrico** estabelecido no interior do fio.

Assim sendo, a existência de um **campo magnético variável** no local onde se encontra o circuito secundário acaba criando um campo elétrico nessa região. Este, agindo sobre as partículas carregadas eletricamente que formam o fio do circuito secundário, especialmente sobre os elétrons livres, induz uma corrente elétrica nesse circuito.

Doou ao físico escocês James Clerk Maxwell (1831-1879) elaborar uma teoria que englobou os fenômenos elétricos e magnéticos, incluindo a indução eletromagnética, e que ficou conhecida como **teoria do eletromagnetismo**. Estudando as relações existentes entre o campo magnético e o campo elétrico, Maxwell propôs que:

- um campo magnético variável cria, no espaço vazio de matéria, um campo elétrico cujas linhas de campo são fechadas e situam-se no plano perpendicular ao do campo magnético (figura 30). É esse processo que está presente no transformador.
- um campo elétrico variável também origina no espaço um campo magnético, cujas linhas de campo são fechadas e situam-se num plano perpendicular ao do campo elétrico (figura 31).

Utilizando a teoria de Maxwell, podemos interpretar o que ocorre com um capacitor, conectado a uma bobina, em seu processo de carga e descarga, e assim compreender como ocorrem a emissão e a captação de som e imagens através do espaço.

Durante o processo de carga de um capacitor, em que há acúmulo de cargas em suas placas, o campo elétrico existente entre elas aumenta de intensidade. Isso provoca o surgimento de um campo magnético, cujas linhas de campo são fechadas e estão contidas em planos perpendiculares às linhas do campo elétrico, conforme prevê o

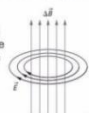
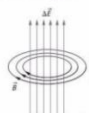



Figura 30: E gerado por dB. Figura 31: B gerado por dE.

NÃO ESCREVA NO LIVRO. capítulo 4 | 173

Fonte: Gonçalves Filho e Toscano (2016, p. 173)

Referente ao próximo critério, a seção contempla várias imagens e figuras, que exemplificam os conceitos abordados. A **Figura 18** presente no texto esquematiza o processo de transmissão do campo eletromagnético pela estação de rádio e captação desse sinal pelo aparelho, para depois ser convertido em ondas sonoras pelo alto-falante. Essas imagens

cumprem relevante papel dentro do texto, pois facilitam a compreensão dos conceitos e informações apresentadas sobre a relação entre o campo magnético e o campo elétrico que foram sendo aprimoradas por meio de estudos até chegar à teoria do eletromagnetismo.

Figura 18 – Figura presente no texto “O envio de som e imagem a grandes distâncias: as radiações eletromagnéticas”

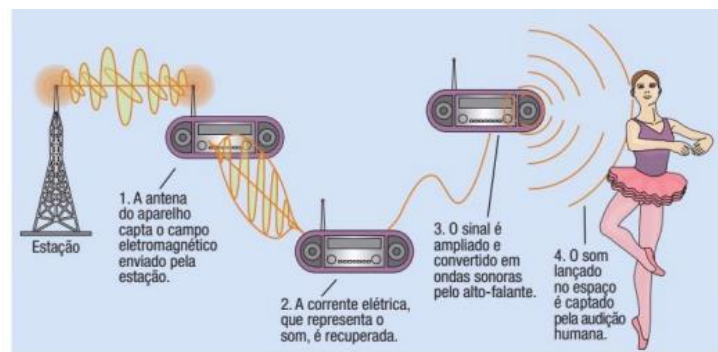


Figura 37: Representação de como acontece a recepção do som por rádio.

Fonte: Gonçalves Filho e Toscano (2016, p. 176)

Não identificamos no texto a presença de trechos com analogias, cuja utilização poderia vir a facilitar a compreensão de conceitos mais complexos e permitir que os leitores conseguissem interpretar da maneira correta de forma mais lúdica ou ilustrativa. De tal forma, acreditamos que a ausência de analogias, no texto, poderia levar o aluno a perder o interesse ao longo da leitura por se tornar um texto mais longo, com mais informações técnicas do que os demais textos.

Já quanto ao uso de jargões técnicos da linguagem científica, notamos que alguns são mencionados, como é o caso do trecho “[...] a corrente elétrica alternada, aplicada em um circuito primário, cria um campo elétrico variável na região onde se encontra o circuito secundário [...]” (ANEXO 4). Alguns desses termos podem não ser entendidos por um leitor leigo, causando incômodos para continuar a leitura, entretanto podemos considerar que nesse caso o uso de termos como “corrente alternada” ou “circuito primário” podem ser relevados, uma vez que eles são discutidos anteriormente no capítulo, portanto não trazendo prejuízos à leitura se forem estudados com antecedência.

Quadro 12 – Categoria 2: Perspectivas pedagógicas associada à leitura

Crítérios	Presença	Ausência
Exploração a problematização do tema	Presente	-
Exploração de temas transversais de natureza: ética, meio ambiente, pluralidade cultural, trabalho e consumo, saúde e orientação sexual	Presente	-
Diálogo com outras áreas do conhecimento	-	Ausente

Fonte: Criado pela autora (2023), com base em Martins; Damasceno (2002) e na BNCC (BRASIL, 2017b).

Referente à Categoria de análise 2, identificamos no início do texto que o autor realiza a problematização do tema tratado ao apontar sobre o mistério envolvido na transmissão de sons e imagens, de modo a explorar a curiosidade do aluno e levá-lo a questionar como ocorre esse processo tão comum do cotidiano. Além disso, notamos que o eixo transversal “trabalho e consumo” é conectado à dinâmica da leitura, por meio da exploração do funcionamento de antenas e aparelhos eletrônicos que fazem parte do consumo diário de tecnologias da sociedade atual. Contudo, não identificamos diálogos interdisciplinares ao longo da leitura.

4.5 CAPÍTULO 5: TÓPICOS DE FÍSICA MODERNA

Neste último capítulo, os autores exploram as aplicações tecnológicas da Física Moderna, aliando a Física Moderna, as novas tecnologias e a descoberta da radioatividade às radioterapias. O objetivo principal permanece o de demonstrar como a Física Moderna já faz parte da cultura contemporânea, por meio de exemplificações com suas aplicações práticas. Abaixo, na **Figura 19**, mostramos a capa do capítulo 5 que é intitulado *Tópicos de física moderna*.

Figura 19 – Capa do Capítulo 5 intitulado *Tópicos de física moderna*



Fonte: Gonçalves Filho e Toscano (2016, p. 185)

Analogamente aos demais capítulos, o texto de DC analisado neste último capítulo aparece no box de leitura **Texto e Interpretação** antecedendo apenas a seção de **Exercícios de**

Revisão e os **Projetos** integradores propostos. Ademais, esquematizamos no **Quadro 13** os resultados obtidos após feita análise desse capítulo referente à Categoria de análise 1.

Quadro 13 – Categoria 1: Exploração de recursos e técnicas apropriadas para textos de DC

Crítérios	Presença	Ausência
Indicação da fonte originais do texto	Presente	-
Indicação de outras obras de DC, incentivando a leitura de textos científicos	-	Ausente
Textos adaptados do original	Presente	-
Presença de recursos de imagens ou figuras	Presente	-
Utilização de analogias	-	Ausente
Evita jargões técnicos da linguagem científica	-	Ausente

Fonte: Elaborado pela autora (2023) com base em Martins e Damasceno (2002) e Vieira (2006).

Esse texto de DC (**Figura 20**), “O Higgs, a massa e a ciência que prossegue”, encontrado neste capítulo, tem como autor Adilson de Oliveira. A matéria está disponível eletronicamente na Revista Ciência Hoje, a qual foi indicada ao final da leitura do texto, possibilitando que o aluno acesse o *site* e leia o texto integral. Identificamos que foram feitas algumas adaptações do texto, as quais tiveram como objetivo, provavelmente, retirar discussões consideradas polêmicas, como falar de ciência e religião, relação presente no recorte do texto original. Não há indicação de outras obras de DC, de maneira a incentivar a leitura de textos científicos de natureza similar.

Figura 20 – Quinto texto de DC da análise, intitulado “O Higgs, a massa e a ciência que prossegue”

TEXTO E INTERPRETAÇÃO

O Higgs, a massa e a ciência que prossegue



Figura 27: Representação artística do bóson de Higgs. De acordo com o Modelo Padrão, o bóson de Higgs seria o responsável por dar de massa todas as partículas elementares do Universo. Embora sua existência esteja praticamente confirmada, ainda há muito a descobrir sobre ela.

No dia 4 de julho de 2012, foi divulgado pelo Cern, o Centro Europeu de Pesquisas Nucleares, a existência de uma partícula que pode ser o famoso bóson de Higgs, aquela que seria responsável pela massa de todas as partículas elementares. A existência de tal bóson foi prevista pelo físico britânico Peter Ware Higgs (1929-) em 1964.

Como manda a boa prática científica, não foi dito que a partícula descoberta é o bóson de Higgs, mas sim que existe uma grande probabilidade de que seja. Os resultados obtidos têm uma precisão de 99,9%, ou seja, muito provavelmente a nova partícula detectada é o bóson de Higgs. Na verdade, não se detecta uma partícula nos enormes equipamentos do LHC (sigla para Grande Colisor de Hádrons), mas os “traços” que elas deixam após trilhões de colisões.

A divulgação desse experimento foi extraordinária. Praticamente todos os veículos de comunicação apresentaram essa notícia, pois além de ser uma das descobertas científicas mais importantes dos últimos anos, o apelido dado ao bóson de Higgs é, por si só, chamativo: “partícula de Deus”. Trata-se de uma alusão à onipresença divina; assim como Deus, essa partícula estaria presente em toda parte.

[...]

Se por um lado o bóson de Higgs não pode explicar a existência ou não de Deus, por outro, pode explicar a existência da massa. Mas o que é a massa? Por que os cientistas divulgam que essa partícula tem massa de 125 (ou 126) GeV? Energia é uma unidade de massa?

Entendendo a massa

Em nosso cotidiano, a ideia de massa está normalmente associada à de peso. Nunca perguntamos para uma pessoa qual é a sua massa, mas, sim, o seu peso (que para muitos é uma pergunta indiscreta). Quando subimos em uma balança, ela nos informa que a nossa massa é x quilos [...]

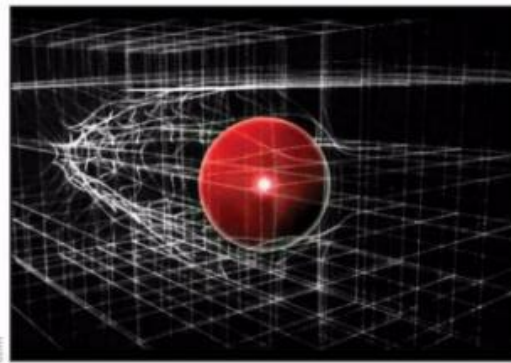
Peso é a força que a gravidade da Terra faz sobre os corpos próximos da superfície, sendo proporcional à aceleração da gravidade ($g = 9,8 \text{ m/s}^2$), que é o valor do campo gravitacional na superfície da Terra. Por isso, quem tem 100 kg de massa pesa 980 newtons (unidade correta para a força peso).

NÃO ESCREVA NO LIVRO. capítulo 5 | 207

Fonte: Gonçalves Filho e Toscano (2016, p. 207)

Os recursos imagéticos também foram explorados no texto, o qual conta com duas imagens. A primeira, **Figura 21**, foi inserida logo na abertura da leitura, sendo ela uma arte que representa o *bóson de Higgs*. Já a segunda aparece ao final da leitura, mostrando a região de Genebra, na Suíça, em que se localiza o Grande Colisor de Hádrons (do inglês *Large Hadron Collider* – LHC) aparente no ciclo maior, e já no ciclo menor se encontra o Super Síncrotron de Prótons (SPS, vindo do inglês *Super Proton Synchrotron* – SPS), ambos foram construídos no subterrâneo (**Figura 22**).

Figura 21 – Imagens presentes no texto “O Higgs, a massa e a ciência que prossegue”



Fonte: Gonçalves Filho e Toscano (2016, p. 207)

Figura 22 – Imagens presentes no texto “O Higgs, a massa e a ciência que prossegue”



Figura 22. Foto de vista aérea da região em Genebra (Suíça) onde se encontra o CERN, laboratório onde foi descoberto o bóson de Higgs. O anel maior com cerca de 7,5 km de diâmetro representa o Grande Colisor de Hádrons, e o menor, o Super Síncrotron de Prótons, com aproximadamente 2 km de diâmetro, ambos localizados no subsolo.

Fonte: Gonçalves Filho e Toscano (2016, p. 209)

Não foram utilizadas analogias como um recurso para facilitar a compreensão em trechos dos conhecimentos abordados. Além disso, o autor evita o uso de jargões técnicos da linguagem científica, e, de mesmo modo, quando faz uso de algumas equações matemáticas ou valores específicos, a explicação destas é feita logo em seguida, portanto não acarretando prejuízos na continuação da leitura.

Quadro 14 – Categoria 2: Perspectivas pedagógicas associada à leitura

Crítérios	Presença	Ausência
Exploração a problematização do tema	-	Ausente
Exploração de temas transversais de natureza: ética, meio ambiente, pluralidade cultural, trabalho e consumo, saúde e orientação sexual	-	Ausente
Diálogo com outras áreas do conhecimento	-	Ausente

Fonte: Criado pela autora (2023), com base em Martins; Damasceno (2002) e na BNCC (BRASIL, 2017b).

Já referente à Categoria 2, não identificamos no texto problematização da temática abordada durante a leitura, como também nas questões problematizadoras do assunto apresentadas ao final dessa seção. Esse texto de DC traz informações sobre as pesquisas em Física de Partículas, em especial sobre o *bóson de Higgs*, passando pelo conceito de massa e sua relação com a energia, até chegar à influência dos resultados dessa pesquisa para a ciência contemporânea, porém deixa claro que o conhecimento sobre esse assunto não se encerra com essa descoberta, pois há muitas perguntas não respondidas. Logo, podemos considerar que o texto busca desconstruir a ideia de ciência imutável e linear.

Não encontramos ligações ao longo do texto com discussões de temas transversais. Quanto ao último item, a interdisciplinaridade, não identificamos no texto diálogos com diferentes áreas do conhecimento, haja vista o texto ser centrado apenas nas informações sobre aspectos históricos e descobertas da área de Física de Partículas.

Dado o exposto, vimos que o LD analisado apresenta em cada um de seus capítulos um texto de DC, de modo que incentiva uma maior conexão entre alunos, professores e temas de interesse social por meio da leitura e a interpretação de assuntos de natureza histórica, cultural, tecnológica, entre outros, que condizem com as perspectivas de Fioresi (2020). Assim, como sugerem Rocha (2012) e Schulz-Fontoura e Deccache-Maia (2019), aliar textos de DC em sala de aula pode ser considerado uma estratégia de ensino, cujo objetivo seria aproximar os alunos dos conhecimentos científicos contemporâneos. Isto é possível, devido ao acesso a leituras de discussões sobre ciência e tecnologia, e sob a orientação dos docentes possibilita ao ensino contextualizações de discussões dos tópicos curriculares, além de uma formação que incentive os alunos a tornarem-se cidadãos atuantes e transformadores de uma sociedade mais justa e ética (ROCHA, 2012; SCHULZ-FONTOURA; DECCACHE-MAIA, 2019)

O livro *Física: interação e tecnologia* (2016) pode ser considerado um manual didático adequado no que se refere aos pontos que Pimentel (2006) destaca serem relevantes aos LDs. Destes, como pudemos comprovar, o livro utiliza imagens e figuras pertinentes às discussões dos textos de DC analisados, adequa a linguagem e os conceitos apresentados à idade dos

alunos, além de promover a conexão dos conhecimentos e conceitos abordados nos textos com as demais discussões do capítulo.

Em sequência, segundo Fioresi (2020) e Carvalho (2017), com a presença desses textos de DC, as formas de fonte de informação são diversificadas, podendo o aluno ser incentivado à busca de conhecimento. Por isso, na categoria de análise 1: *Exploração de recursos e técnicas apropriadas para textos de DC*, atentamo-nos à presença da fonte e de indicações de textos de DC. O que não foi identificado na maioria dos textos, posto que apenas em dois deles houve indicações de mais leituras.

Ademais, a maioria dos textos de DC evitaram o uso de linguagem específica científica, o que Vieira (2006) aponta como uma estratégia importante para construir textos de DC, de maneira a tornar a leitura mais fluída e convidativa para leitores do público em geral. Algumas ressalvas referentes à Categoria de análise 2: *Perspectivas pedagógicas associada à leitura do capítulo 2 Campo elétrico, tensão e modelo de corrente elétrica*, em que alguns termos de compostos químicos foram utilizados, afinal, muitas vezes, a não compreensão de termos como esses pode gerar desconfortos e desânimo durante a leitura.

Com efeito, a inserção dos textos de DC no LD pode estimular a curiosidade pelos conhecimentos da ciência pelos alunos, por meio do acesso a conhecimentos científicos e aplicações da ciência e tecnologia em matérias contemporâneas. Consequentemente, torna-se importante para estimular a autonomia e o desenvolvimento pessoal dos alunos, as quais são atingidas por meio da ressignificação de suas ideias durante as discussões e as problematizações que os textos de DC sugerem (LORDÊLO; PORTO 2012; ROCHA, 2012).

Dessa forma, como apontam Rocha (2012), Cunha (2019) e Fioresi (2020), ampliar a inserção dos textos de DC nos ambientes educacionais formais e não formais faz-se necessário diante dos benefícios visados, entre eles aos autores citam que esta implementação favorece a construção de uma consciência dos aspectos culturais, tecnológicos e sociais da ciência, de modo a permitir que os alunos se tornem cidadãos participativos e transformadores da realidade de que fazem parte.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A presente pesquisa teve como intenção analisar se o Livro Didático (LD), *Física: interação e tecnologia*, volume 3, de autoria de Aurelio Gonçalves Filho e Carlos Toscano publicado pela editora Leya no ano de 2016, que compõe o *corpus* deste estudo, apresenta em seus capítulos textos de divulgação da ciência. Para tanto, elaboramos categorias de análise, desenvolvidas sob as orientações de análise de conteúdo de Carlomagno e Rocha (2016) e baseadas nas pesquisas de Martins e Damasceno (2002) e Vieira (2006), além de pautarmos-nos em algumas competências e habilidades da BNCC (BRASIL, 2017b).

Sendo assim, de acordo com os objetivos específicos traçados para realizar este trabalho, iniciamos conceituando o termo Divulgação Científica, a partir das perspectivas de pesquisadores dessa área de estudo, bem como trouxemos aspectos e momentos históricos vinculados ao desenvolvimento da atividade de divulgar a ciência para o público não especialista. Adiante, averiguamos o que a literatura acadêmica discute sobre a inserção da DC nos LDs de ciências em especial de Física, os quais, por sua vez, não apresentaram discussões destinadas exclusivamente a área da Física. Além disso, também trouxemos as perspectivas de alguns autores sobre a relevância de associar a DC, principalmente por meio de textos, ao ensino de ciências.

Podemos considerar satisfatório o manual didático em análise nas perspectivas de nossa pesquisa referente à presença de textos de DC, uma vez que ele apresenta textos de DC que estimulam o hábito da leitura e a criticidade, na medida em que dialogam com os alunos sobre temas de interesse atual. Tal constatação vai ao encontro do que autores como Rocha (2012), Schulz-Fontoura e Deccache-Maia (2019), como visto, preconizam serem aspectos essenciais para esse tipo de abordagem pedagógica. Portanto, nos textos é possível estabelecer a conexão dos alunos e professores com a sociedade, ao trabalhar com temas de natureza cultural, histórica, política e tecnológica, apontado por Fioresi (2020) como pertinente na inserção desses textos no ambiente escolar.

Igualmente, consideramos o LD condizente com os itens que Pimentel (2006) destaca ser importantes em um manual didático. Entre eles, temos a presença de imagens e de figuras usadas adequadamente nos textos de DC encontrados, assim como a conexão com os conceitos e conhecimentos presentes no restante do capítulo. Acreditamos que as discussões também são condizentes com a idade dos alunos, tendo em vista a linguagem e os conceitos dispostos.

De acordo com os resultados encontrados e discutidos nessa pesquisa, identificamos que todos os capítulos apresentavam textos com a proposta de DC, o que mostra a intenção de

diversificar os textos que constituem o LD, e assim diversificar os tipos de materiais disponíveis para as aulas. Entretanto, apesar da presença destes textos, notamos que há pouco incentivo referente a outras leituras, pela pequena quantidade de recomendações a leituras de reportagens ou outra atividade de outra natureza de DC, o que consideramos importante pela possibilidade de direcionar o aluno a leituras de textos científicos sobre temas semelhantes ao livro, o que ampliaria as fontes de busca de leituras apropriadas da natureza científica.

Consideramos a presença dos textos de DC importante no livro analisado, dadas as possibilidades de aproximar a ciência dos estudantes e, assim, estabelecer uma relação mais conectada, de modo a possibilitar que o aluno tenha meios para se atualizar acerca das novidades da ciência e tecnologia, e possa perceber a importância de estar informado e consciente sobre as atividades e produtos gerados pela ciência para a realidade da qual fazemos parte.

Em suma, notamos, a partir desse estudo, que ainda há poucas pesquisas sobre a inserção de textos de divulgação da ciência em LD, tratando especificamente da área de Física. Portanto, acreditamos que as pesquisas nessa área devam se estender, tendo em vista a relevância de conectar as pessoas novamente à ciência, como idealiza Zamboni (2001). Além de considerarmos os propósitos da Educação que caminham para a diversificação do currículo escolar e o protagonismo dos alunos, em situações de participação e atuação na dinâmica de convivência na sociedade contemporânea, e, nesse sentido, os recursos disponíveis da DC podem ser aliados numa prática pedagógica que movimente estas ações.

REFERÊNCIAS

- ALBAGLI, S. Divulgação científica: informação científica para a cidadania? **Ci. Inf.**, Brasília, v. 25, n. 3, p. 396-404, set./dez. 1996.
- AVELINO, L. M. S. **Cosmologia no séc. XXI**: um estudo na linha de 21 cm via Ciência do Radiotelescópio BINGO. Dissertação (Mestrado). Campina Grande: Universidade Federal de Campina Grande, 2021.
- BEZERRA, K. S. **A divulgação científica como ferramenta educacional**. Monografia (Graduação). João Pessoa: Universidade Federal da Paraíba, 2021.
- BORDENAVE, J. E. D. **O que é comunicação**. Editora Brasiliense, ed. 22, v. 67, 1997. Coleção Primeiros Passos.
- BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília, 2017b.
- BRASIL. Ministério da Educação. PCN+ Ensino Médio: orientações curriculares complementares aos parâmetros curriculares nacionais. Física. Brasília: MEC/SEMTEC, 2002.
- BRASIL. Ministério da Educação. **PNLD 2018**: Física; guia de livros didáticos; ensino médio/ Ministério da Educação. Secretária de Educação Básica, SEB. Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação. Brasília, DF: Ministério da Educação, Secretária de Educação Básica, 2017a.
- BUENO, W. C. Comunicação científica e divulgação científica: aproximações e rupturas conceituais. **Inf. Inf.**, Londrina, v. 15, n. esp., p. 1-12, 2010.
- CACHAPUZ, A. C. *et al.* **A necessária renovação do ensino de ciências**. São Paulo: Cortez, 2005.
- CARLOMAGNO, M. C.; ROCHA, L. C. Como criar e classificar categorias para fazer análise de conteúdo: uma questão metodológica. **Revista Eletrônica de Ciência Política**. v. 7, n. 1, p. 173-188, 2016.
- CARVALHO, P. S. **Textos de divulgação científica em livros didáticos de ciências**: uma análise à luz da teoria da transposição didática. Dissertação (Mestrado). Foz do Iguaçu: Universidade Estadual do Oeste do Paraná, 2017.
- CHASSOT, A. Alfabetização científica: uma possibilidade para a inclusão social. II Cumbre Iberoamericana de Rectores de Universidades Públicas, 25 a 27 de abril de 2002. **Revista Brasileira de Educação**. n. 21, p. 157-158, set./dez. 2002.
- CUNHA, M. B. **Divulgação Científica**: diálogos com o ensino de Ciências. Curitiba: Appris, 2019.
- DEL CAMPO, R. M.; MIRANDA, M. B. Uma visão teórico-prática sobre como os livros didáticos são usados na formação de professores de inglês. **Revista Linhas**. Florianópolis, v. 17, n. 35, p. 323-345, set./dez. 2016.

DEVECHI, C. P. V.; TREVISAN, A. L. Sobre a proximidade do senso comum das pesquisas qualitativas em educação: positividade ou simples decadência. **Revista Brasileira de Educação**. v. 15, n. 43, p. 148-201, 2010.

FILHO, C. A. N.; PINTO, S. L.; SGARBI, A. D. Um Ensaio Sobre Divulgação Científica. *In*: CAMPOS, C. R. P. (Org.). **Divulgação científica e ensino de ciências**: debates preliminares. Vitória: Editora do IFES, 2015.

FIORESI, C. A. **Circulação da divulgação científica em livros didáticos de química**: a textualização da radioatividade enquanto fato científico. Tese (Doutorado). Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2020.

FRANÇA, A. A. **Divulgação científica no Brasil**: espaços de interatividade na Web. 2015. Dissertação (Mestrado). São Carlos: Universidade Federal de São Carlos, 2015.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2010.
GONÇALVES FILHO, A.; TOSCANO, C. **Física**: interação e tecnologia. vol. 3. 2. ed. São Paulo: Leya, 2016.

GRILLO, S. V. C. **Divulgação científica**: linguagens, esferas e gêneros. Tese (Doutorado). São Paulo: Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, 2013.

LIMA, G. S. **O professor e a divulgação científica**: apropriação e uso em situações formais de ensino. 2015. Tese (Doutorado). São Paulo: Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo, 2015.

LORDÊLO, F. S.; PORTO, C. M. Divulgação científica e cultura científica: Conceito e aplicabilidade. **Revista Ciência em Extensão**. v. 8, n. 1, p. 18-34, 2012.

LORENZETTI, L.; DELIZOICOV, D. Alfabetização científica no contexto das séries iniciais. **Revista Ensaio**. Belo Horizonte, v. 3, n. 1, p. 45-61, jan./ jun. 2001.

MARCONI, M. de A.; LAKATOS, E. M. **Fundamentos de metodologia científica**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2005.

MARTINS, I.; DAMASCENO, A. R. Uma análise das incorporações de textos de divulgação científica em livros didáticos de ciências. *In*: VIANNA, D. M.; *et al.* (Orgs.). **Atas do VIII Encontro de Pesquisa em Ensino de Física**. São Paulo: SBF. 2002. Disponível em: https://fep.if.usp.br/~profis/arquivos/viiiiepef/PDFs/CO18_1r. Acesso em: 28 nov. 2022.

MASSARANI, L.; DIAS, E. M. S. **José Reis**: reflexões sobre a divulgação científica. Rio de Janeiro: Fiocruz/COC, 2018.

OLIVEIRA, F. F.; VIANNA, D. M.; GERBASSI, R. S. Física moderna no ensino médio: o que dizem os professores. **Revista Brasileira de Ensino de Física**. v. 29, n. 3, p. 447-454, 2007.

PIMENTEL, J. R. Os livros didáticos de ciências: a física e alguns problemas. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**. v. 15, n. 3, p. 308-318, ago. 2006.

PIN, J. R. O.; FARIAS, R. S. F.; GIMENES, S. S. Divulgação Científica no contexto da Educação Básica. In: CAMPOS, C. R. P. (Org.) **Divulgação científica e ensino de ciências: debates preliminares**. Vitória: Editora do IFES, 2015.

PRODANOV, C. C.; FREITAS, E. C. **Metodologia do Trabalho Científico: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico**. 2. ed. Novo Hamburgo: Feevale, 2013.

ROCHA, M. B. O potencial didático dos textos de divulgação científica segundo professores de ciências. **Revista Brasileira de Ensino Ciência e Tecnologia**. v. 5, n. 2, p. 47-68, 2012.

SAGAN, C. **Cosmos**. São Paulo: Companhia das Letras, 2017.

SASSERON, L. H. Alfabetização científica, ensino por investigação e argumentação: relações entre ciências da natureza e escola. **Revista Ensaio**. Belo Horizonte, v.17, n. especial, p. 49-67. nov. 2015.

SASSERON, L. H.; CARVALHO, A. M. P. Alfabetização científica: uma revisão bibliográfica. **Investigações em Ensino de Ciências**. v. 16, p. 59-77, 2011.

SCHULZ-FONTOURA, M.; DECCACHE-MAIA, E. O uso didático de texto de Divulgação Científica nas escolas: discutindo o consumo de antibióticos. **Ensino, Saúde e Ambiente**. v. 12, p. 50-69, 2019.

SCOTT, P. **Galileu Galilei: a curiosa vida de um dos maiores gênios da história**. [S.l.] Book Brothers, 2019.

SILVA, A. **Introdução à pesquisa em ensino de ciências**. Florianópolis: Publicações do IF-SC, 2010.

SILVA, H. C. O que é divulgação científica? **Ciência & Ensino**. v. 1, n. 1, p. 53-59, 2006.

TOSTES, R. A. A importância da divulgação científica. **Revista Acadêmica**. Curitiba, v. 4, n. 4, p. 73-74, 2006.

VERCEZE, R. M. A. N.; SILVINO, E. F. M. O livro didático e suas implicações na prática do professor nas escolas públicas de Guajará-Mirim. **Práxis Educacional**. Vitória da Conquista, v.4, n. 4, p. 83-102, 2008.

VIEIRA, C. L. **Pequeno manual de divulgação científica: dicas para cientistas e divulgadores de ciência**. 3. ed. Rio de Janeiro: Instituto Ciência Hoje, 2006.

ZAMBONI, L. M. S. **Cientistas, jornalistas e a divulgação científica: subjetividade e heterogeneidade no discurso da divulgação científica**. Campinas, SP: Autores associados, 2001.

ANEXOS

ANEXO 1 – Versão integral do primeiro texto de DC analisado, intitulado “Eletricidade que dá vida”

TEXTO E INTERPRETAÇÃO

Eletricidade que dá vida



[...] A maior parte das pesquisas de aplicação da eletricidade na medicina foi desenvolvida pelo médico e físico [italiano] Luigi Galvani [...]. Nas décadas de 1770 e 1780, Galvani descobriu que os tecidos neurais podem ser eletricamente excitáveis. [...]

A tecnologia existente na época permitia estimular de forma grosseira os tecidos neurais e não permitia realizar experimentos mais sofisticados, como uma estimulação mais pontual, ou que exigisse uma delimitação de áreas pequenas do tecido. Foi somente quando o progresso técnico da física descobriu formas mais sofisticadas e mais bem controladas de estimulação elétrica, que essa ferramenta deslanchou como uma metodologia sistemática de investigação da função nervosa.

O progresso que faltava veio por meio das pesquisas do físico Alessandro Volta, que inspirado pelas pesquisas de Galvani e ao mesmo tempo descontente com as descobertas do médico, conseguiu provar que a eletricidade não é um fenômeno ligado somente à fisiologia. [...] Suas pesquisas o levaram a concluir que a corrente elétrica era gerada por dois metais diferentes separados por um meio líquido condutor, com uma solução salina.

Com esta conclusão, Volta trabalhou no desenvolvimento de uma pilha capaz de realizar a mesma ação de geração de corrente. Esta pilha, chamada de pilha voltaica, é a precursora da bateria elétrica. Para criá-la, em 1800, o físico teve a ideia de empilhar discos metálicos em uma coluna (daí o nome “pilha”), separados por discos de feltro embebido em solução condutora. A pilha voltaica revelou-se extremamente útil para gerar correntes elétricas constantes em um determinado valor de intensidade, e a partir desse momento ela tornou-se um dos dispositivos mais usados e mais fáceis de controlar.

A eletroterapia

Em 1830, o médico francês Guillaume Duchenne, outro pesquisador influenciado pelas descobertas de Galvani, passou a realizar experimentos com choques elétricos em seres humanos com a intenção de verificar as reações musculares geradas.

[...]

Mesmo tendo vários precursores nas pesquisas de reações de tratamentos com eletricidade no corpo humano e em animais, Guillaume Duchenne foi o responsável pelo real desenvolvimento da técnica de eletroterapia e da forma de pensar a corrente elétrica no corpo. Por este motivo, o médico francês é considerado o “pai da eletroterapia”. Seus estudos influenciaram uma série de outros profissionais a continuar com pesquisas na área da eletricidade médica como uma forma de terapia e, mais tarde, de diagnóstico. [...]

Eletroterapia – diagnóstico e tratamento

[...]

Segundo Mario Leite, responsável pelo Laboratório Elétrico e Óptico do Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo (IPT), há diversos efeitos de terapia que a eletricidade pode provocar no corpo humano. [...]

“A eletricidade pode ser pensada como um remédio. Ao tomar a dose correta, você terá benefícios, o contrário pode provocar problemas e até ser fatal. Um choque elétrico na tomada de casa, que demore alguns segundos, pode provocar uma parada cardíaca e, se não houver ajuda, a pessoa pode morrer.”

Dentre os exames diagnósticos mais conhecidos, cuja base é a eletricidade, estão o eletrocardiograma e o eletroencefalograma, exames que se destinam a verificar se os impulsos elétricos gerados pelo corpo estão corretos.

O eletrocardiograma mede os impulsos gerados para sincronizar os batimentos do coração. “São impulsos pequenos que, à medida que se faz algum esforço, o órgão altera o ritmo de batimento. Estes impulsos são da ordem de milivolts (mV). Os sinais são captados por meio de eletrodos fixados no peito do paciente para registrar a formação do sinal elétrico do coração (figura 56). O médico então pode fazer uma leitura das ondas características de sístole, diástole geradas pelo exame”, explica Leite.

O eletroencefalograma verifica a qualidade dos sinais elétricos emitidos pelo cérebro de forma contínua e, caso haja alguma arritmia, nome dado aos comportamentos irregulares do cérebro, o exame detecta o problema. “No caso do cérebro, são medidas bem mais difíceis de fazer porque as tensões são pequenas, da ordem de microvolts e com frequência bem baixa, da ordem de alguns hertz. Por isso se fazem salas blindadas nos laboratórios de diagnósticos para não haver interferência dos campos de rádio, televisão nos resultados”, afirma o professor do IPT.

No caso dos equipamentos para tratamento, o desfibrilador (figura 57) é um dos mais conhecidos e é utilizado basicamente quando o coração fibrila ou sofre uma parada. O desfibrilador é empregado basicamente quando o coração para de bater ou fica em estado de fibrilação – fora do ritmo. “O objetivo do desfibrilador é retomar os sinais elétricos do coração para que ele volte a pulsar corretamente. Para isso é aplicado um impulso elétrico diretamente no coração por meio de dois eletrodos. Este impulso é da ordem de 5 000 volts e dura alguns milésimos de segundos, o suficiente para que o órgão retorne à função de batimento normal. Este mesmo choque que serve para salvar uma vida pode tirá-la se uma pessoa for submetida a uma corrente desta mesma intensidade por apenas um segundo ou mais.”



Figura 56: Pessoa submetida a um exame de eletrocardiograma durante um teste de esforço. Os eletrodos ficam aderidos ao peito da pessoa.

O marcapasso é outro aparelho que funciona como um gerador de impulso elétrico para corrigir os batimentos, quando o paciente começa a ter problemas desta ordem. “Quando o coração não funciona com o batimento correto, ou sofre pequenas paradas, o marcapasso gera um sinal elétrico dentro do corpo, também aplicado diretamente no coração e garante seu batimento correto”, afirma Leite.

[...]



Figura 57: Foto de desfibrilador.

Mendonça, Lucimara. *Eletricidade que dá vida*. Disponível em: <www.asetoreletrico.com.br/web/component/content/article/57-artigos-e-materias/696-eletricidade-que-da-vida.html>. Acesso em: 8 abr. 2016.

- 1 Nos exames de eletrocardiograma e eletroencefalograma, impulsos nervosos são monitorados por aparelhos específicos. Qual é a diferença entre esses dois exames diagnósticos?
- 2 O desfibrilador é um equipamento utilizado para socorrer vítimas com parada cardíaca ou com fibrilação. Quais são as consequências para a vítima caso uma pessoa que não seja um profissional da área da saúde treinado para utilizar esse equipamento tente manipulá-lo ao socorrer uma vítima de parada cardíaca?
- 3 Alguns equipamentos eletrônicos apresentam avisos: “Cuidado, risco de choque elétrico”. Qual é a importância de procurar profissionais especializados para realizar reparos nesses equipamentos?

ANEXO 2 – Versão integral do segundo texto de DC analisado, intitulado “A centenária e misteriosa supercondutividade”

TEXTO E INTERPRETAÇÃO

A centenária e misteriosa supercondutividade

AP

A supercondutividade é um dos poucos fenômenos naturais – senão o único – a reunir virtualmente todas as facetas do desenvolvimento científico e tecnológico. Descobertas ocasionais, erros que conduzem a acertos, acertos ignorados que poderiam antecipar descobertas, promessas e realizações de aplicações tecnológicas, abandono relativo e interesse revigorado e, sobretudo, grandes desafios para sua explicação fazem parte da sua história.

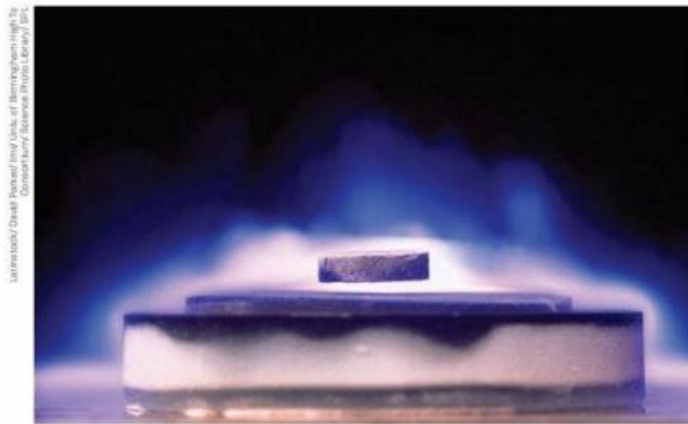


Figura 57: Foto de ímãs. Os materiais supercondutores são capazes de repelir as linhas de força de um campo magnético, característica que explica a levitação do ímã mostrada na imagem.

A descrição do fenômeno dá a impressão de algo estonteantemente simples. Mede-se a resistência elétrica do material em função da temperatura. Quando esta decresce, o valor da resistência varia suavemente até que, em determinada temperatura, ele cai abruptamente a zero. A temperatura em que isso ocorre é conhecida como temperatura crítica (T_c) do material observado. Diz-se então que o material é supercondutor abaixo dessa temperatura.

Mas, no alvorecer de seu primeiro centenário, a supercondutividade permanece envolta em mistério e ainda não permitiu que a humanidade a utilizasse em muitas das suas tão sonhadas e plausíveis aplicações tecnológicas.

Como é usual acontecer com as grandes descobertas, a da supercondutividade resultou de um conjunto de eventos fortuitos conduzidos e observados por cientistas. No início do século passado, o físico holandês Heike Kamerlingh Onnes (1853-1926) dedicava-se à liquefação do hélio para obter temperaturas próximas do zero absoluto – ou zero kelvin (0 K). Conseguiu a façanha em 1908, obtendo a temperatura de 4,2 K, o que lhe valeu o Prêmio Nobel de Física de 1913.

A motivação para a obtenção de temperaturas tão baixas era, principalmente, o estudo da resistência elétrica dos metais em função da temperatura. De acordo com o conhecimento da época, para levar adiante esses estudos seria preciso usar amostras metálicas de alta pureza. Mas purificar metais não era e continua não sendo uma tarefa fácil.

O físico holandês Gilles Holst (1886-1968), um dos colaboradores de Onnes, teve a ideia de usar mercúrio [...]. Por se tratar de um líquido, a purificação do mercúrio era uma tarefa banal. Então, no dia 8 de abril de 1911, eles colocaram um tubo capilar cheio de mercúrio no hélio líquido e mediram a resistência elétrica do material em função da temperatura: a 4,2 K, a resistência era tão pequena que não podia ser medida. Estava descoberta a “supracondutção”, primeiro termo usado por Onnes para descrever o fenômeno.

Ironicamente, tudo poderia ter sido muito mais simples. Bastaria ter colocado um pedaço qualquer de chumbo, impuro que fosse, e observariam o fenômeno em temperatura por volta de 7,2 K. Mas apenas em 1913 eles fizeram o experimento com esse metal.

Entraves à pesquisa

As pesquisas com o novo fenômeno se arrastaram lentamente por muito tempo. Instalações que permitissem esse tipo de estudo eram quase um monopólio do grupo liderado por Onnes.

Além disso, havia outro incômodo na supercondutividade: o estado de resistência zero desaparecia quando a amostra era colocada nas proximidades de um campo magnético, por mais fraco que fosse esse campo.

Sabe-se hoje que a explicação para isso é que vários supercondutores descobertos naquela época eram metais elementares, muitos deles supercondutores do tipo I. Nesses metais, o estado supercondutor existe apenas em uma fina camada superficial e é facilmente destruído por campos magnéticos acima de determinado valor que penetram no material.

Passaram-se duas décadas até que a existência de supercondutividade em ligas metálicas fosse reconhecida. Era o nascimento dos supercondutores do tipo II, com temperaturas críticas maiores e estado supercondutor distribuído em grande volume da amostra, de modo que o material resistia mais à presença de campos magnéticos.

Essa interação entre estado supercondutor e campo magnético foi bem investigada pelos físicos alemães Walther Meissner (1882-1974) e Robert Ochsenfeld (1901-1993), que, em 1933, descobriram o efeito Meissner, uma das principais assinaturas do estado supercondutor. O fenômeno está associado à capacidade que um material supercondutor tem de repelir as linhas de força de um campo magnético.

Depois da descoberta do efeito Meissner, o grande salto na pesquisa sobre supercondutividade ocorreu no final dos anos 1950, quando os físicos estadunidenses John Bardeen (1908-1991), Leon Cooper (1930-) e Robert Schrieffer (1931-) apresentaram a hoje famosa teoria BCS, que lhes valeu o Prêmio Nobel de Física de 1972. Um componente importante dessa teoria é a formação de pares de elétrons, os famosos pares de Cooper, responsáveis pela condução elétrica nos supercondutores.

Primeiras aplicações tecnológicas

Se a comunidade científica recebeu com grande entusiasmo a teoria BCS, não havia como esconder a frustração pela falta de aplicações tecnológicas da supercondutividade. Mas esse caminho foi pavimentado poucos anos depois,

com a fabricação de fios supercondutores de Nb₃Sn, NbZr e NbTi, que ainda hoje são usados nos equipamentos de ressonância magnética de laboratórios de pesquisa e de hospitais e nos eletroímãs do Grande Colisor de Hádrons (LHC, na sigla em inglês), por exemplo.

Ao mesmo tempo em que os pesquisadores experimentais avançavam na elaboração de supercondutores do tipo II, por volta de 1962, o físico teórico britânico Brian Josephson (1940-) previu a existência do efeito túnel em materiais supercondutores.

Esse fenômeno [...] resultou na invenção do Squid (sigla em inglês para dispositivo supercondutor de interferência quântica). Trata-se de um sensor que permite realizar medidas magnéticas extremamente sensíveis e é usado atualmente em inúmeros equipamentos de pesquisa e em inovadores aparelhos clínicos de magnetoencefalograma, magnetocardiograma e ressonância magnética funcional.

Nos anos 1970, o avanço científico e tecnológico associado à supercondutividade era tão lento que muita gente foi se dedicar a outras áreas de pesquisa. A história mudou em meados de 1986, com a descoberta das cerâmicas supercondutoras, algumas das quais apresentando supercondutividade abaixo de 90 K.

Encontrar um material supercondutor com temperatura crítica próxima da temperatura do nitrogênio líquido (77 K) foi um grande passo em direção ao sonho supremo da supercondutividade em temperatura ambiente (entre 294 e 296 K). Mas ninguém sabe se chegaremos lá. Na verdade, ainda estamos muito longe: o recorde atual, 138 K, pertence a um óxido à base de mercúrio, bário, cálcio e cobre.

Enquanto as cerâmicas supercondutoras não satisfazem completamente o sonho dos engenheiros, os pesquisadores da área de ciência dos materiais avançam na descoberta de compostos supercondutores, sendo o diboreto de magnésio (MgB₂) o mais novo da família. Comparado com as cerâmicas, ele é medíocre em termos de temperatura crítica (39 K), mas seu estado supercondutor resiste a altíssimos campos magnéticos, o que o credencia para a indústria elétrica de alta potência.

Finalmente, uma leve ducha de água fria: a teoria BCS não é capaz de explicar a supercondutividade em muitos dos novos supercondutores. Mas isso não é de todo ruim, pois mostra que ainda há muito o que fazer. Quem se habilita?

SANTOS, Carlos Alberto dos. *A centénaria e misteriosa supercondutividade*. Instituto Ciência Hoje, 25 abr. 2011. Disponível em: <cienciahoje.uol.com.br/colunas/do-laboratorio-para-a-fabrica/a-centenaria-e-misteriosa-supercondutividade>. Acesso em: 8 abr. 2016.

- 1 Como os cientistas fazem para determinar a temperatura crítica de um material supercondutor?
- 2 O que diferencia os supercondutores do tipo I dos do tipo II?
- 3 Cite exemplos de aplicações da tecnologia de supercondutores.

ANEXO 3 – Versão integral do terceiro texto de DC analisado, intitulado “Aceleradores de Partículas”

TEXTO E INTERPRETAÇÃO

Aceleradores de Partículas

O estudo da constituição da matéria vem sendo realizado desde os tempos dos gregos, que nos apresentaram a palavra átomo.

Nos dias atuais, com todo o conhecimento acumulado sobre esse tema e apoiado no desenvolvimento de uma sofisticada tecnologia, os grandes laboratórios de estudos sobre a estrutura da matéria e da energia nela contida são os denominados aceleradores de partículas eletricamente carregadas. Existem vários deles construídos em diferentes partes do mundo (figura 49a).

Nesses equipamentos, partículas eletricamente carregadas como elétrons, prótons, íons e também partículas compostas como as partículas alfa, são lançadas em regiões onde é feito vácuo e aplicados campos elétricos intensos. O efeito da interação entre a carga elétrica e o campo elétrico é a aceleração de tais partículas, fazendo-as adquirir grande velocidade.

Os aceleradores de partículas apresentam o formato circular em sua construção (alguns chegam a ter um comprimento de mais de 20 km), o que indica que a trajetória do movimento das partículas eletrizadas que são aceleradas em seu interior também terão esta forma. Conforme discutimos no volume 1 desta coleção, para que uma partícula realize um movimento de trajetória curva, há necessidade da ação de uma força.

No caso dos aceleradores de partículas, a força que promoverá a alteração na direção de seu movimento será a força magnética. Para tanto, no interior dos aceleradores de partículas, por meio de eletroímãs (figura 49b) são produzidos intensos campos magnéticos que interagem com as partículas eletrizadas em movimento. Adequadamente localizados, esses eletroímãs produzem campos magnéticos em direções tais que a força magnética gerada desvia as partículas eletrizadas, fazendo-as percorrer todo o trajeto do acelerador até o local desejado.



Figura 49: (a) Vista de cima do acelerador de partículas do Laboratório MAX IV da Universidade de Lund, na Suécia, e (b) trecho do interior do acelerador, mostrando os eletroímãs em torno do tubo onde as partículas são aceleradas (2015).

Em alguns aceleradores de partículas, estudam-se as radiações emitidas pelas partículas quando estas sofrem abruptas mudanças em suas trajetórias. É denominada “luz de síncroton”, que é utilizada para estudar as propriedades de materiais em nível microscópico.





Figura 50: Foto do síncrotron e de parte da área onde são realizadas as pesquisas no Laboratório Nacional de Luz Síncrotron (LNLS), em Campinas, São Paulo (2009).

Outros aceleradores de partículas são construídos para o estudo da colisão de partículas. Depois de aceleradas, em um dado local se promove um “choque” entre elas. Tais estudos têm revelado que nesses “encontros” ocorre a liberação de grandes quantidades de energia e ainda pode-se promover a destruição das partículas existentes com a criação de novas. Mais detalhes dos resultados desses estudos você vai encontrar no capítulo 5 deste volume.

Dica: No endereço eletrônico a seguir, você pode acompanhar os estudos de um acelerador de partículas brasileiro (figura 50): <olhardigital.uol.com.br/video/conheca_um_acelerador_de_particulas_e_descubra_para_que_elseserve/18393>. Acesso em: 8 abr. 2016.

- 1 Como as partículas eletrizadas são aceleradas de modo a adquirirem grande velocidade?
- 2 Que tipo de interação promove o desvio das partículas eletrizadas de modo que elas possam percorrer a trajetória curva dos aceleradores de partículas?
- 3 Qual é a natureza das forças responsáveis pelo aceleração das partículas eletrizadas? E do seu desvio?
- 4 Qual lei de Newton explica tanto o aumento no valor da velocidade como o desvio de sua trajetória?

ANEXO 4 – Versão integral do quarto texto de DC analisado, intitulado “O envio de som e imagem a grandes distâncias: as radiações eletromagnéticas”

TEXTO E INTERPRETAÇÃO

O envio de som e imagem a grandes distâncias: as radiações eletromagnéticas

AP

A tecnologia desenvolvida no século XX tornou corriqueiro o uso de celulares, aparelhos de rádio ou TV, que nos permitem acompanhar uma guerra distante, um jogo de futebol ou um desenho animado. A transmissão de sons e imagens a distância parece uma complicada mágica. Com base no fenômeno da indução eletromagnética estudado por Faraday, podemos ter uma ideia geral dos processos físicos envolvidos nessa transmissão.

Retomemos o que se passa no transformador. A corrente elétrica alternada, aplicada no circuito primário, cria um campo magnético variável na região onde se encontra o circuito secundário. O núcleo de ferro do transformador, envolvido pelos dois circuitos, também se magnetiza, aumentando a intensidade do campo magnético no local.

Se o circuito secundário estiver aberto, uma força eletromotriz ou uma tensão será nele induzida. Caso esse circuito esteja fechado, uma corrente elétrica será induzida. Como o circuito secundário está em repouso em relação ao campo magnético, o movimento dos elétrons livres que formarão a corrente elétrica induzida é explicado pela existência da ação da força elétrica sobre eles. O surgimento dessa força elétrica deve-se a um **campo elétrico** estabelecido no interior do fio.

Assim sendo, a existência de um **campo magnético variável** no local onde se encontra o circuito secundário acaba criando um campo elétrico nessa região. Este, agindo sobre as partículas carregadas eletricamente que formam o fio do circuito secundário, especialmente sobre os elétrons livres, induz uma corrente elétrica nesse circuito.

Coube ao físico escocês James Clerk Maxwell (1831-1879) elaborar uma teoria que englobou os fenômenos elétricos e magnéticos, incluindo a indução eletromagnética, e que ficou conhecida como **teoria do eletromagnetismo**.

Estudando as relações existentes entre o campo magnético e o campo elétrico, Maxwell propôs que:

- um campo magnético variável cria, no espaço vazio de matéria, um campo elétrico cujas linhas de campo são fechadas e situam-se no plano perpendicular ao do campo magnético (figura 30). É esse processo que está presente no transformador.
- um campo elétrico variável também origina no espaço um campo magnético, cujas linhas de campo são fechadas e situam-se num plano perpendicular ao do campo elétrico (figura 31).

Utilizando a teoria de Maxwell, podemos interpretar o que ocorre com um capacitor, conectado a uma bobina, em seu processo de carga e descarga, e assim compreender como ocorrem a emissão e a captação de som e imagens através do espaço.

Durante o processo de carga de um capacitor, em que há acúmulo de cargas em suas placas, o campo elétrico existente entre elas aumenta de intensidade. Isso provoca o surgimento de um campo magnético, cujas linhas de campo são fechadas e estão contidas em planos perpendiculares às linhas do campo elétrico, conforme prevê o

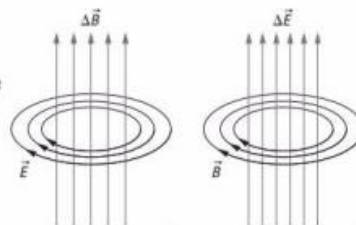


Figura 30: \vec{E} gerado por $\Delta\vec{B}$. Figura 31: \vec{B} gerado por $\Delta\vec{E}$.

item b da teoria do eletromagnetismo. Quando o processo de carregamento cessa, a intensidade do campo elétrico produzido pelo acúmulo de carga entre as placas não varia mais, deixando de existir o campo magnético induzido pela variação do campo elétrico. No processo de descarga do capacitor, o campo elétrico existente entre as placas carregadas diminui de intensidade, o que provoca uma nova indução de campo magnético.

Se conectarmos uma bobina aos terminais de um capacitor carregado (figura 32a), a partir do momento em que inicia seu processo de descarga, uma corrente variável será estabelecida no circuito. Veja na figura 32b e 32c quais são a direção e o sentido do campo magnético criado pela corrente elétrica no fio.

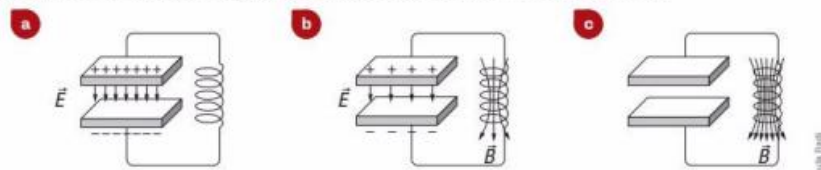


Figura 32: Representação de bobina conectada aos terminais de um capacitor (a), e da direção e do sentido do campo magnético (b) e (c) à medida que a descarga do capacitor gera corrente no fio.

Como a corrente elétrica varia de intensidade, o campo magnético criado por ela será também variável. Esse campo magnético variável, por sua vez, fará com que um campo elétrico seja induzido. O campo elétrico induzido terá linhas de campo fechadas que se situarão em planos perpendiculares às linhas do campo magnético que o gerou, conforme ilustra a figura 33.

A identificação da interdependência entre o campo magnético e o campo elétrico levou Maxwell a propor que fossem tratados como um único campo, denominado **campo eletromagnético**. Tanto no capacitor como na bobina o campo eletromagnético se restringe à região próxima a eles.

A construção de circuitos elétricos que possibilitassem o envio e a captação de campos eletromagnéticos a grandes distâncias envolveu o trabalho do físico alemão Heinrich Rudolf Hertz (1857-1894), do físico russo Aleksander Stepanovitch Popov (1859-1905) e do engenheiro elétrico italiano Guglielmo Marconi (1874-1937), que construiu o primeiro telégrafo sem fio, enviando os sinais do código Morse através de um campo eletromagnético que se deslocava no espaço.

Esses circuitos são compostos de uma bobina e um fio, sendo uma de suas extremidades fixada à Terra e a outra, livre (figura 34).



Figura 33: Representação de bobina vista de cima.

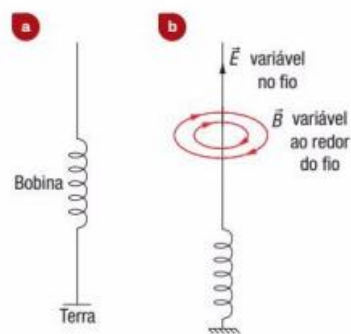


Figura 34: Esquema do circuito de envio e captação de campos eletromagnéticos.

Por meio da indução de um campo elétrico variável na bobina, os elétrons livres do fio são acelerados e desacelerados ao longo de seu comprimento. Essa corrente elétrica variável cria ao redor do fio um campo magnético.

Como o campo elétrico responsável pela corrente no fio é variável no tempo, o campo magnético induzido por ele também será variável e, dessa maneira, induzirá um novo campo elétrico também variável no tempo. Esse processo de sucessiva indução de campo elétrico em campo magnético, e vice-versa, propaga-se pelo espaço em todas as direções. A figura 35 ilustra a propagação do campo eletromagnético em apenas um trecho de uma determinada direção.

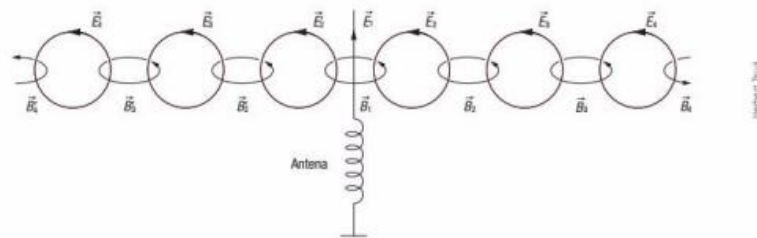


Figura 35: Esquema simplificado da propagação do campo eletromagnético a partir do mesmo circuito da figura 32.

O circuito elétrico ilustrado na figura 35 corresponde a um esquema simplificado do circuito das **antenas** das estações de rádio e TV. No caso das estações de rádio, o som é transformado em corrente elétrica no microfone. Daí segue para a antena, participando do circuito de corrente variável que cria o campo magnético ao redor do fio. A figura 36 ilustra as principais etapas envolvidas desde a produção do som de uma música em um violão, por exemplo, até seu envio para o espaço, através da propagação do campo eletromagnético.

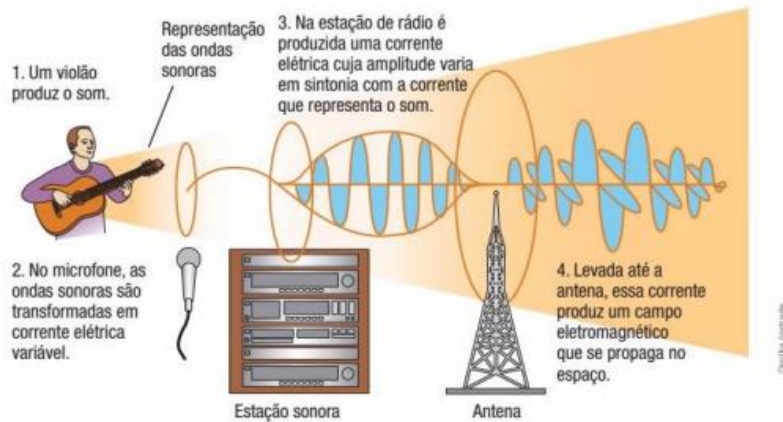


Figura 36: Representação de como acontece a transmissão do som por rádio.

A sintonização de uma estação de rádio corresponde à captação, pela antena do aparelho, do campo eletromagnético enviado pela emissora através de sua antena. Além disso, a captação do som depende de várias etapas, conforme se mostra na figura 37. Na TV, além das etapas que são realizadas com o som no rádio, há também a etapa de captação da imagem.

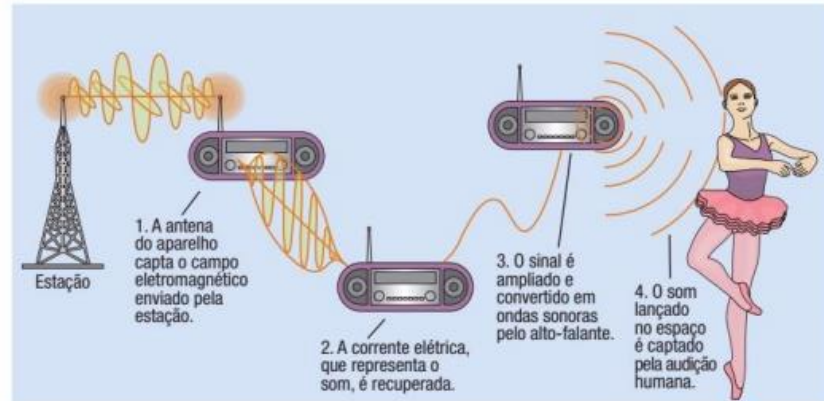


Figura 37: Representação de como acontece a recepção do som por rádio.

A determinação da velocidade de propagação do campo eletromagnético através do espaço deu novo impulso ao desenvolvimento da Física, em sua tentativa de compreensão articulada dos fenômenos naturais. Maxwell utilizou alguns dados já conhecidos e chegou à conclusão de que a velocidade de propagação do campo eletromagnético no vácuo era da ordem de 315 000 km/s, ou seja, muito próxima da velocidade de propagação da luz também no vácuo. Segundo suas próprias palavras:

“Essa velocidade (de propagação do campo eletromagnético) é tão próxima da velocidade da luz que parece que temos razões suficientes para pensar que a luz mesma é uma perturbação eletromagnética que se propaga em um campo eletromagnético de acordo com as leis do eletromagnetismo”.

Assim, a teoria elaborada por Maxwell propôs não só a **unificação** entre os **fenômenos elétricos e magnéticos** mas também com os ópticos. Para tanto, seria necessário demonstrar que a luz poderia ser também produzida pelo movimento acelerado de cargas elétricas, o que acabou sendo verificado pelo físico holandês Pieter Zeeman (1865-1943). Por isso, a luz é hoje considerada uma radiação eletromagnética visível.

Maxwell, entretanto, foi além. Admitindo a hipótese de que as cargas podiam ser aceleradas e desaceleradas em qualquer velocidade, previu a existência de um conjunto de radiações eletromagnéticas. Dessa maneira, os estudos já existentes sobre os raios infravermelhos, que produziam o aquecimento dos objetos quando os absorviam e a diminuição de sua temperatura quando os emitiam, levaram o físico italiano Macedonio Melloni (1798-1854) a mostrar que eles se comportavam do mesmo modo que a luz visível.

O mesmo valia para os raios ultravioleta. Coube ao físico e matemático irlandês George Gabriel Stokes (1819-1903) sugerir que suas propriedades eram semelhantes às da luz visível. Além disso, esse físico verificou o mesmo comportamento para os chamados raios X, então descobertos pelo físico alemão Wilhelm Conrad Röntgen (1845-1923).

Nessa mesma época, entre 1886 e 1889, Hertz produziu e captou radiações eletromagnéticas, determinou o valor da velocidade de propagação e comprovou



que era semelhante à velocidade da luz. Verificou que tais radiações podiam ser refletidas por superfícies de objetos sólidos, obedecendo às leis da reflexão das ondas luminosas. Além disso, Hertz observou também que as radiações eletromagnéticas refratavam-se nos prismas e sofriam difração ao passarem por um orifício adequado.

Assim, a luz visível, os raios infravermelhos, os raios ultravioleta, os raios X e as ondas de rádio passaram a ser entendidos como manifestações específicas de uma mesma natureza de fenômenos: a **radiação eletromagnética**. Em conjunto, elas formam o espectro das radiações eletromagnéticas (figura 38). O que diferencia um tipo de radiação de outra é o mesmo que diferencia a cor azul da cor vermelha no modelo ondulatório da luz: a **frequência** e o **comprimento de onda**.

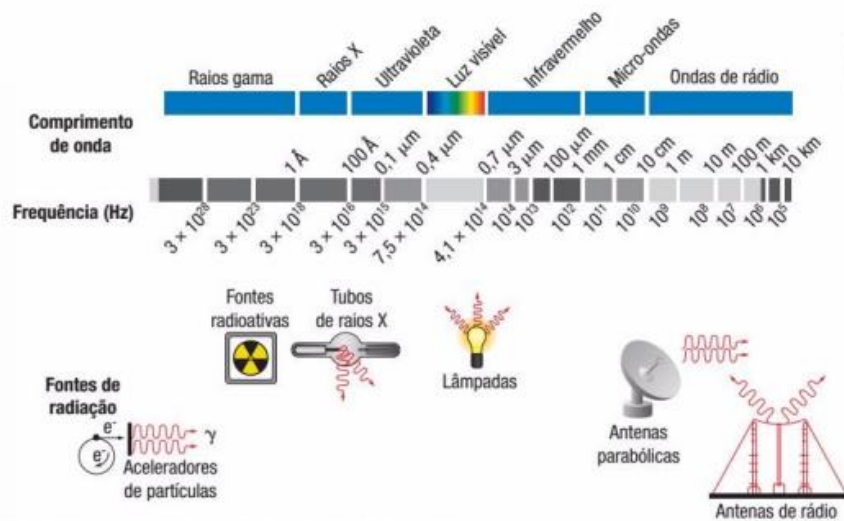


Figura 38: Representação do espectro das radiações eletromagnéticas.

- 1 Qual foi a contribuição de Maxwell para o estudo das relações entre os fenômenos elétricos e magnéticos?
- 2 O que significa a expressão **campo eletromagnético**?
- 3 Qual é o princípio de funcionamento do circuito elétrico de uma antena emissora?
- 4 Por que a velocidade de propagação do campo eletromagnético foi importante na compreensão articulada de vários fenômenos naturais?
- 5 Como os trabalhos de Zeeman, Melloni, Stokes, Röntgen e Hertz contribuíram para a compreensão articulada dos fenômenos eletromagnéticos e ópticos?
- 6 No que consiste o espectro das radiações eletromagnéticas e o que diferencia um tipo de radiação da outra?

ANEXO 5 – Versão integral do quinto texto de DC analisado, intitulado “O Higgs, a massa e a ciência que prossegue”

TEXTO E INTERPRETAÇÃO

O Higgs, a massa e a ciência que prossegue

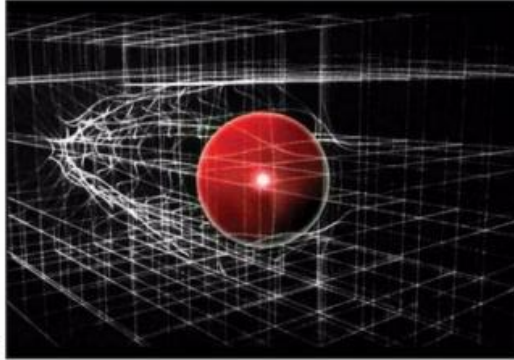


Figura 27: Representação artística do bóson de Higgs. De acordo com o Modelo Padrão, o bóson de Higgs seria o responsável por dotar de massa todas as partículas elementares do Universo. Embora sua existência esteja praticamente confirmada, ainda há muito a descobrir sobre ele.

No dia 4 de julho de 2012, foi divulgado pelo Cern, o Centro Europeu de Pesquisas Nucleares, a existência de uma partícula que pode ser o famoso bóson de Higgs, aquela que seria responsável pela massa de todas as partículas elementares. A existência de tal bóson foi prevista pelo físico britânico Peter Ware Higgs (1929-) em 1964.

Como manda a boa prática científica, não foi dito que a partícula descoberta é o bóson de Higgs, mas sim que existe uma grande probabilidade que seja. Os resultados obtidos têm uma precisão de 99,9%, ou seja, muito provavelmente a nova partícula detectada é o bóson de Higgs. Na verdade, não se detecta uma partícula nos enormes equipamentos do LHC (sigla para Grande Colisor de Hádrons), mas os “traços” que elas deixam após trilhões de colisões.

A divulgação desse experimento foi extraordinária. Praticamente todos os veículos de comunicação apresentaram essa notícia, pois além de ser uma das descobertas científicas mais importante dos últimos anos, o apelido dado ao bóson de Higgs é, por si só, chamativo: “partícula de Deus”. Trata-se de uma alusão à onipresença divina; assim como Deus, essa partícula estaria presente em toda parte.

[...]

Se por um lado o bóson de Higgs não pode explicar a existência ou não de Deus, por outro, pode explicar a existência da massa. Mas o que é a massa? Por que os cientistas divulgam que essa partícula tem massa de 125 (ou 126) GeV? Energia é uma unidade de massa?

Entendendo a massa

Em nosso cotidiano, a ideia de massa está normalmente associada à de peso. Nunca perguntamos para uma pessoa qual é a sua massa, mas, sim, o seu peso (que para muitos é uma pergunta indiscreta). Quando subimos em uma balança, ela nos informa que a nossa massa é x quilos [...].

Peso é a força que a gravidade da Terra faz sobre os corpos próximos da superfície, sendo proporcional à aceleração da gravidade ($g = 9,8 \text{ m/s}^2$), que é o valor do campo gravitacional na superfície da Terra. Por isso, quem tem 100 kg de massa pesa 980 newtons (unidade correta para a força peso).

Por outro lado, todos já tivemos a experiência de empurrar um grande objeto ou sabemos o quanto é difícil frear um caminhão ou ônibus com várias toneladas. Quanto maior for a massa de um corpo, mais difícil será alterar o seu estado de movimento, ou seja, maior deverá ser a força aplicada. [...]

Foi o físico inglês Isaac Newton (1642-1727) que propôs tanto as leis do movimento quanto a lei da gravidade, que explica a atração entre os corpos com massa. A primeira lei de Newton está associada à inércia do corpo, ou seja, à capacidade destes manterem o seu estado de movimento quando não há aplicação de nenhuma força.

A segunda lei de Newton mostra que a força exercida sobre um corpo é o produto entre massa e aceleração. Existe ainda a terceira lei de Newton, que diz que todo corpo que sofre a ação de uma força reage, mas em sentido contrário, com igual intensidade.

Podemos observar que tanto na gravidade quanto na dinâmica dos movimentos a massa é o fator determinante. Contudo, ela tem um papel diferente em cada situação. Na gravidade, a massa desempenha o papel de uma "carga gravitacional", regulando a intensidade de uma força fundamental da natureza. No movimento, ela está relacionada com uma "resistência" a se modificar o estado de movimento do corpo. Dessa maneira, em princípio, existiriam dois tipos de massa: a massa gravitacional e a massa inercial, ambas com o mesmo valor. O próprio Newton percebeu esse fato, mas não conseguiu explicar o porquê disso.

Foi o físico alemão Albert Einstein (1879-1955) que respondeu essa questão, por volta do ano de 1907. Nessa época, ele trabalhava num escritório de patentes, em Berna, Suíça, e teve o *insight* que uma pessoa em queda livre não perceberia o seu próprio peso. A partir disso, ele propôs o "princípio da equivalência", segundo o qual é impossível distinguir se um corpo está sob a ação de um campo gravitacional ou em movimento acelerado.

Com essa ideia, Einstein desenvolveu a teoria da relatividade geral em 1915, que explica os efeitos da gravidade e dos movimentos acelerados dos corpos. Einstein mostrou que a massa ora se manifesta como "inércia", ora como "gravidade" [...].

A relação entre massa e energia

Alguns anos antes, em 1905, Einstein propôs também a teoria da relatividade restrita, que, entre os diversos resultados, talvez um dos mais importantes foi mostrar a equivalência entre massa e energia, por meio da famosa equação $E=mc^2$ (na qual m é a massa e c , a velocidade da luz). Esse resultado vem do fato de a velocidade da luz ser a velocidade limite do Universo.

Quando tentamos transferir energia para um corpo se movendo com velocidade próxima à da luz, essa energia não se converte completamente em energia de movimento, mas aumenta a massa inercial do corpo, aumentando a dificuldade de se alterar o seu movimento, ou seja, de tirá-lo do estado de inércia. Por esse motivo, quando se fala na massa de uma partícula fundamental, como a do próton, se refere a sua massa de repouso. Para o próton, esse valor é $1,67 \times 10^{-27}$ kg.

Sempre inacabada

A importância da descoberta experimental do bóson de Higgs é a validação do chamado Modelo Padrão, que previu a existência de dezenas de partículas fundamentais, como os *quarks*, que são as partículas que constituem os chamados hádrons (como os prótons e nêutrons).

Se os resultados do Cern forem validados, se confirmará a teoria que prevê os valores de massa das partículas elementares, como a do próton. Segundo o Modelo Padrão, proposto inicialmente pelo físico estadunidense Steven Weinberg (1933-), quando o Universo se resfriou após o *Big Bang*, o campo de Higgs formou-se junto a partículas associadas, os bósons de Higgs, transferindo massa para outras partículas fundamentais.

Mas mesmo que a existência do bóson de Higgs seja confirmada, a Física ainda não estará acabada. Existem muitas perguntas ainda a serem respondidas e novos desafios hão de surgir. Essa é a magia da ciência!

Oliveira, Adilson de Higgs. *A massa e a ciência que prossegue*. Disponível em: <cienciahoje.uol.com.br/colunas/fisica-sem-misterio/o-higgs-e-a-massa-e-a-ciencia-que-prossegue/?searchterm=gravidade>. Acesso em: 8 abr. 2016.



Figura 28: Foto de vista aérea da região em Genebra (Suíça) onde se encontra o CERN, laboratório onde foi descoberto o bóson de Higgs. O anel maior com cerca de 7,5 km de diâmetro representa o Grande Colisor de Hádrons, e o menor, o Super Síncrotron de Prótons, com aproximadamente 2 km de diâmetro, ambos localizados no subsolo.

- 1 Por que é importante conhecer o valor da massa de uma partícula?
- 2 Por que o conceito de massa inercial sofreu profundas transformações com a teoria da relatividade?
- 3 Explique por que os bósons de Higgs são fundamentais para validar o Modelo Padrão proposto por Steven Weinberg.