

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO RIO
GRANDE DO SUL - *CAMPUS* BENTO GONÇALVES
CURSO DE LICENCIATURA EM FÍSICA**

**O estudo da corrente elétrica em sala de aula: Uma análise do ensino de Física
no Ensino Médio.**

FILIPE HENSEL DE SOUZA

Bento Gonçalves

Setembro de 2021

FILIPPE HENSEL DE SOUZA

O estudo da corrente elétrica em sala de aula: Uma análise do ensino de Física no Ensino Médio.

Trabalho de conclusão de curso apresentado junto ao curso de Licenciatura em Física do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul – *campus* Bento Gonçalves, como requisito parcial para obtenção do grau de Licenciado em Física.

Orientador: Prof. Dr. Manuel Almeida Andrade Neto

Bento Gonçalves

Setembro de 2021

Você sabe que encontrou a felicidade quando vive um momento que não quer que acabe.

Clóvis de Barros Filho

DEDICATÓRIA

À minha companheira, esposa e melhor amiga, que sempre esteve ao meu lado, que continua e continuará até o fim dos tempos.

AGRADECIMENTOS

Em especial para todas as pessoas que fizeram parte dessa jornada acadêmica, que a muito custo se encerra.

Agradeço aos ótimos professores que tive ao longo dos anos, que além de ensinar física, me ensinaram a amar à docência.

Agradeço aos meus colegas que se tornaram amigos, lembrança especial à Bruna, Caroline e Jamile que levo do IFRS para vida.

Agradeço a minha família, que embora não façam ideia daquilo que eu estudo, respeitam por acharem difícil.

Agradeço ao meu orientador Prof. Dr. Manuel Almeida Andrade Neto, pelo suporte dado em toda a minha graduação e por compreender meus prazos flexíveis na execução deste TCC.

E por fim, agradeço a minha esposa Jéssica, que nunca mediu esforços para me ajudar, apoiar e incentivar, que é meu maior exemplo e referência como ser humano.

RESUMO

O presente trabalho tem o objetivo de analisar o ensino de corrente elétrica na educação básica, tendo como fonte os livros didáticos. O conceito de corrente elétrica desde a teoria de “Fluído Único” de Benjamin Franklin até o experimento da “gota de óleo” realizado por Millikan e Fletcher sofreu refinamentos experimentais e teóricos provenientes de vários físicos, portanto é possível perceber que o estudo relacionado a esses conceitos é amplo e complexo. Na educação básica apresenta-se para os estudantes a história resumida do estudo físico em questão, para que seja compreendido qual ponto do desenvolvimento conceitual está sendo abordado e de forma simplificada e acabada são apresentados os conceitos atualmente utilizados na descrição desses fenômenos físicos. Observou-se nesse estudo que para uma possível melhor compreensão dos assuntos relacionados a corrente elétrica, os autores dos livros didáticos buscam trabalhar com simplificações conceituais, principalmente quando o assunto envolve estudos centrais, como a movimentação de cargas elétricas através de materiais condutores. Também foi possível perceber algumas formas de exposição fragmentadas, onde os autores omitem conceitos complexos que fazem parte do conteúdo trabalhado. Isso possibilitou uma análise de possíveis problemas no desenvolvimento dos conteúdos, onde percebeu-se incoerências conceituais e disparidades entre os temas abordados nos livros e a forma atual como são percebidos e analisados esses assuntos pela comunidade científica. O objetivo desse trabalho é refletir e criar possibilidades para contribuir com o desenvolvimento do trabalho docente no ensino de Física, enfatizando a importância da cautela na adaptação proposta acerca dos conteúdos dispostos para os níveis básicos de ensino.

Palavras-chave: Corrente Elétrica; Ensino Básico; Física; Livro Didático

ABSTRACT

The present work aims to analyze the teaching of electric current in basic education, using textbooks as a source. The concept of electric current from Benjamin Franklin's "one-fluid" theory to the "oil-drop" experiment carried out by Millikan and Fletcher has undergone experimental and theoretical refinements from several physicists, so it is possible to see that the study related to these concepts is broad and complex. In basic education, students are presented with the summarized history of the physical study in question, so that they can understand which point of conceptual development is being addressed and, in a simplified and finished way, the concepts used in the description of these physical elements are needed. It was observed in this study that for a possible better understanding of issues related to electrical current, textbook authors seek to work with conceptual simplifications, especially when the main trends in studies, such as the movement of electrical charges through conductive materials. It was also possible to notice some forms of fragmented exposure, where the authors omit complex concepts that are part of the worked content. This allowed an analysis of possible problems in the development of contents, where conceptual inconsistencies and disparities between the themes covered in the books and the current way in which these matters are perceived and analyzed by the scientific community were noticed. The objective of this work is to reflect and create possibilities to contribute to the development of teaching work in the teaching of Physics, emphasizing the importance of caution in the proposal of adapting the content available for basic teaching levels.

Keywords: Electric Current; Basic education; Physics; Textbook

Lista de Figuras

Figura 1 – Corpo com o fluido elétrico (em cima) e ausência ou deficiência de fluido elétrico embaixo.....	10
Figura 2 – Esquerda: corrente elétrica convencional, do polo positivo para o polo negativo. Direita: corrente elétrica real, elétrons se movem orientados por uma diferença de potencial do polo negativo para o polo positivo.....	12
Figura 3 – Imagem do livro didático Conexões com a Física.....	26
Figura 4 – Movimentação de cargas elétricas sujeitas a um campo elétrico.....	27
Figura 5 – Representação da movimentação de elétrons livres em um fio condutor...	28
Figura 6 – Distribuição de Cargas Elétricas.....	29
Figura 7 – Movimentação de elétrons e deslocamento resultante.....	30
Figura 8 – Movimento do Elétron X Deslocamento Resultante.....	31
Figura 9 - Movimentação de elétrons livres por uma seção transversal em um fio condutor.....	32

Sumário

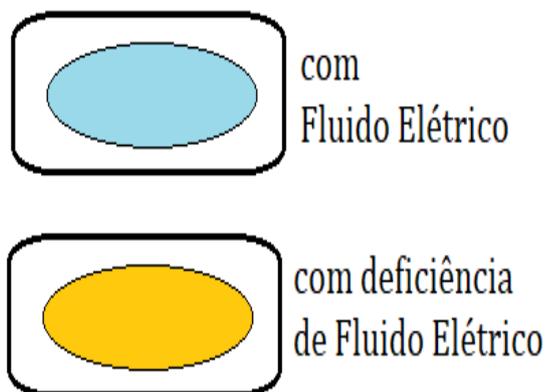
Introdução	10
2. Contextualização da Pesquisa	14
2.1 O ensino de Física e os livros didáticos.....	14
2.2 Reflexões sobre a Física estudada em sala de aula na Educação Básica..	18
3. Metodologia de Pesquisa	20
3.1 A corrente elétrica no ensino de Física	20
3.2 Como analisar livros didáticos de Física	22
4. Resultados e Discussão	25
5. Considerações Finais	35
6. Referências Bibliográficas	36

INTRODUÇÃO

A pesquisa que será apresentada a seguir, versará sobre o estudo da corrente elétrica na educação básica. Tal aproximação foi feita graças a experiências acadêmicas anteriores no âmbito do curso Técnico em Eletrotécnica no Instituto Federal do Rio Grande do Sul – Campus Farroupilha (2013-2016) nas quais a temática despertou interesse.

A teoria do “Fluido Único” de Benjamin Franklin (1706-1790)¹ foi a primeira teoria reconhecida para descrever algo próximo à corrente elétrica. Ela foi proposta em 1747, tendo sido utilizada até 1755 e um pouco depois. A teoria do fluido único, proposta por Franklin, estabelecia a existência de um fluido elétrico encontrado em toda a matéria, todo o material terrestre. Esse fluido tinha carga positiva. Objetos com o mesmo fluido se repeliam: fluido elétrico repelia fluido elétrico. Objetos com carga negativa eram considerados como “deficientes” em relação ao fluido elétrico (HOME, 1972).

Figura 1 - Corpo com o fluido elétrico (em cima) e ausência ou deficiência de fluido elétrico embaixo.



Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

¹Benjamin Franklin (1706 - 1790), foi um dos fundadores das treze colônias Norte Americanas após independência dos Estados Unidos. Era um indivíduo considerado de notório saber: foi inventor, cientista (físico), impressor, político, maçom e diplomata. Disponível em: <https://www.biography.com/scholar/benjamin-franklin>. Acesso: 11 de setembro 2021.

Um “fluido elétrico”, embora possa se deslocar de um corpo para outro, não é de fato uma corrente elétrica. Assim, rapidamente a teoria do fluido único foi suplantada pela proposta de Hans Christian Oersted (1777-1851)². No modelo de Oersted, mais próximo do modelo atual de corrente elétrica, existiam dois tipos de eletricidade: a positiva e a negativa. Elas podiam ser observadas ao se combinarem para se anularem mutuamente e então nenhum fenômeno elétrico poderia ser observado. Os corpos se encontravam nulos porque ambas as eletricidades se combinavam e recombinavam constantemente de modo a não produzir fenômenos elétricos. Entretanto, o resultado dessas combinações e recombinações produziam outro fenômeno que era observado: magnetismo. Oersted descobriu a conexão entre eletricidade e magnetismo.

A partir de Franklin até meados de 1800 não havia um conceito de corrente elétrica como temos hoje. O conceito de corrente elétrica de fato se inicia com os trabalhos de Ohm³ e Alessandro Volta⁴. Em 1799 Volta publica seus experimentos onde, pela primeira vez uma carga elétrica constante foi produzida. Desde então o conceito de corrente elétrica sofreu refinamentos experimentais e teóricos provenientes de vários físicos. O entendimento preciso da carga elétrica elementar (o elétron como unidade de carga) se deu após o famoso experimento da “gota de óleo” de Millikan⁵ e Fletcher⁶ em 1909. Ou seja, há pouco mais de cem anos não se tinha noção da unidade de carga elementar que conduz corrente elétrica nos metais.

²Hans Christian Oersted (1777 – 1851), Cientista e Filósofo Dinamarquês, atuou como farmacêutico adjunto na Faculdade de Medicina de Copenhague, participou da fundação da Escola Politécnica de Copenhague e da Sociedade para o Desenvolvimento do Estudo da Ciência. Disponível em: <https://www.ufjf.br/fisicaecidadania/ciencia-uma-construcao-humana/mentes-brilantes/hans-christian-oersted/>. Acesso: 11 de setembro 2021.

³George Simon Ohm (1789 – 1854), Físico e Matemático Germânico que definiu o conceito de resistência elétrica como utilizamos atualmente. Disponível em: https://www.ebiografia.com/georg_simon_ohm/. Acesso: 11 de setembro 2021.

⁴Alessandro Giuseppe Antonio Anastasio Volta (1745 – 1827) Físico e Químico Italiano, em sua homenagem foi nomeado como “Volt” a unidade de força eletromotriz. Disponível em: https://www.ebiografia.com/alessandro_volta/. Acesso: 11 de setembro 2021.

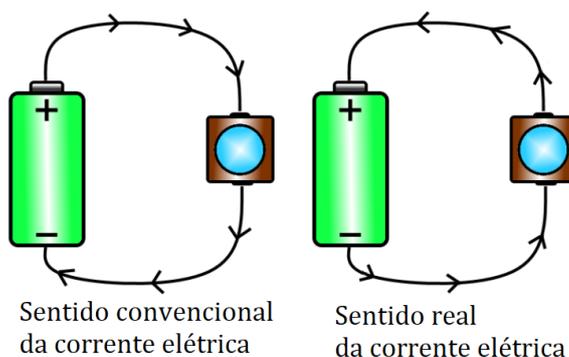
⁵Robert Andrews Millikan (1868 – 1953), Físico Experimental Norte-Americano responsável pelo experimento que definiu a grandeza da carga transportada por uma unidade de elétron. Disponível em: <https://www.nobelprize.org/prizes/physics/1923/millikan/biographical/>. Acesso: 11 de setembro 2021.

⁶Harvey Fletcher (1884 – 1981), Físico Norte-Americano conhecido por suas colaborações no estudo das áreas da fala, música e audição, além de colaborar com o experimento da gota de óleo de Millikan: Disponível em: <https://www.britannica.com/biography/Harvey-Fletcher>. Acesso: 11 de setembro 2021.

Atualmente, a Física apresenta o **sentido convencional** de corrente elétrica como o de partículas positivas (sem nome) indo do polo positivo para o polo negativo. Entretanto, o **sentido real** da corrente elétrica é baseado em que uma diferença de potencial – os polos de uma pilha ou bateria, por exemplo – induza as cargas negativas (elétrons) a se moverem do polo negativo para o positivo. (KNIGHT, 2009). O uso convencional se dá ao longo das graduações de Física, Química e Engenharias e não está errado, é convenção. Em estudos avançados na Física, em sólidos metálicos e semicondutores, não somente elétrons podem conduzir corrente, mas a vacância causada por eles, chamado de “buraco”, com carga positiva e massa efetiva própria também são elementos de condução de carga. Assim, os portadores de carga elétrica que podem se mover são tratados com mais detalhes em tópicos como Fenômenos de Transporte elétrico. No âmbito do Ensino Médio, a definição convencional acrescida da explicação do movimento real dos portadores de carga em metais é suficiente.

Entretanto, há uma carência de exemplos e situações que facilitem a introdução deste conteúdo ao aluno. A aproximação didática utilizada no Ensino Médio pode se dar de forma mais lúdica, com exemplos do dia a dia do estudante, entretanto, a abordagem desse assunto não pode ser somente superficial. Além disso, alguns livros didáticos cometem inconsistências na abordagem do referido assunto (PIMENTEL, 2006).

Figura 2 - Esquerda: corrente elétrica convencional, do polo positivo para o polo negativo. Direita: corrente elétrica real, elétrons se movem orientados por uma diferença de potencial do polo negativo para o polo positivo.



Fonte: adaptado de <https://www.electricaltechnology.org/2020/04/electric-current.html/amp>

Embora a comunidade acadêmica de físicos e de pesquisadores da área tenham uma ideia concreta do comportamento dos portadores de carga elétrica relacionados ao fenômeno da corrente elétrica, no âmbito do Ensino Médio alguns autores ainda apresentam esses conceitos aos alunos de forma imprecisa, aproveitando simplificações e características que, grosso modo, apresentam mesmos resultados, porém, acabam sendo perpetuadas de maneira não satisfatória (BARBOSA et al, 2017).

Partindo desta premissa este estudo propõe-se a analisar a forma como os conceitos ligados à corrente elétrica vem sendo abordados e trabalhados na Educação básica a partir do livro didático, através da análise de uma coleção de livros didáticos, mais especificamente o volume disponível para o terceiro ano do EM, onde o assunto em questão é apresentado. Aliada a esta análise, tem-se como objetivo realizar uma investigação a respeito das produções acadêmicas que versam sobre o tema, com o objetivo de apresentar algumas possibilidades para qualificar o ensino de física da educação básica em relação a esta temática.

É importante ressaltar que essa pesquisa também parte de experiências pessoais enquanto docente na educação pública de uma escola no município de Farroupilha no Rio Grande do Sul, a partir da qual realizaram-se reflexões embasadas de forma teórica e metodológicas, as quais nortearam esse trabalho.

2. CONTEXTUALIZAÇÃO DA PESQUISA

2.1. O ensino de Física e os livros didáticos

O trabalho didático, em sala de aula da Educação Básica das escolas brasileiras, tem utilizado como uma de suas principais ferramentas didático-pedagógicas de suporte ao ensino, o livro didático. Assim, é preciso analisar o desenvolvimento histórico que os livros, em específicos da área de Física, tiveram no decorrer das décadas, desde que foram inicialmente utilizados até o momento atual.

Segundo o site do Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação (FNDE), o Programa Nacional do Livro Didático (PNLD) configura-se como um dos primeiros programas para a distribuição de materiais didáticos aos estudantes das escolas públicas. Teve início em 1937, ainda durante do Governo de Getúlio Vargas e tinha como objetivo inicial unificar o currículo escolar nacional e garantir a oferta de material didático-pedagógico gratuito aos estudantes das escolas públicas.

O PNLD passou por transformações ao longo dos anos, destacando-se que a partir de 1985, com o processo de Redemocratização Brasileira, os docentes passaram a poder escolher as obras (desde que previamente aprovadas em edital ofertado pelo Ministério da Educação), a reutilização dos livros por mais de um ano letivo, fim da participação financeira dos estados, passando o controle para a União, que tinha a missão de garantir a liberdade de escolha dos docentes. Ao longo dos anos seguintes a oferta de livros didáticos foi sendo ampliada. Inicialmente apenas os alunos dos anos iniciais do Ensino Fundamental recebiam os livros e nem todas as disciplinas eram ofertadas. Com o passar das décadas, cada vez mais disciplinas passaram a compor o PNLD, bem como ocorreu a ampliação das séries atendidas até chegar ao ponto de atender todo o Ensino Fundamental.

Contudo, apenas em 2008, segundo informações do FNDE, o PNLD passou a incluir os livros didáticos para o Ensino Médio para todo o Brasil através da criação do Programa Nacional do Livro Didático para o Ensino Médio (PNLEM). A partir deste ano, alunos de todo o Brasil, passaram a ter acesso aos livros didáticos da disciplina de Física, redistribuídos anualmente e selecionados em ciclos trienais.

Atualmente a disciplina de Física existe com nomenclatura e currículo definidos apenas no Ensino Médio. No Ensino Fundamental, os conteúdos próprios da Física, compõe juntamente com Química, Biologia e Ciências Naturais a disciplina de

Ciências. Segundo Mattos e Nicoli (2012), a constituição da disciplina de Física nos currículos da Educação Básica brasileira passou por um longo processo até o estabelecimento da área. Devido a tradição jesuítica na formação da Educação institucional brasileira, a formação chamada de humanística, pautou os currículos até a década de 1940. Embora tenha havido algumas iniciativas de voltar o estudo para a área de Física com caráter investigativo e experimental no Colégio Pedro II, foi apenas na metade do século XX que a área se afirmou no ensino brasileiro. Conforme Rosa e Rosa (2012) a visão das políticas públicas no país vinha influenciada pela ideia de que os estudos das Ciências (Física, Química e Biologia) seriam capazes de construir uma sociedade mais avançada e civilizada.

Rui Barbosa é apontado na literatura como líder decisivo na defesa da inclusão das Ciências Naturais como conteúdo curricular nas escolas brasileiras. Na segunda metade do século XIX, após a instauração da discussão em torno de que conteúdos deveriam integrar os currículos escolares, Rui Barbosa declara-se abertamente favorável à inserção e à obrigatoriedade do ensino de Ciências, desde o jardim da infância. Fortemente influenciado por Spencer, que defendia a tese de que as Ciências representavam uma categoria de conhecimentos que permitia a realização das atividades que tornariam possível a vida civilizada, Rui Barbosa explicita, em suas obras, a necessidade de que a disciplina de Ciência (Física, Química e Biologia) fosse incorporada aos currículos escolares, pois considerava-a primordial para o homem desfrutar dos avanços da sociedade. Os conteúdos deveriam ser ministrados de forma a instigar no aluno o gosto pela disciplina, a qual precisaria ser orientada para a observação e a experimentação. Para ele, essas mudanças no sistema de ensino eram fundamentais para tornar o Brasil uma nação civilizada. (ROSA, C.W.; ROSA, A.B., 2012, p. 5)

A disciplina de Física como currículo formal da Educação Básica, integrada ao ensino nacional segundo diretrizes gerais, foi estabelecida de forma definitiva pela Lei de Diretrizes e Bases da Educação (LDB) de 1996 em conformidade a princípios gerais.

Analisando os objetivos indicados na LDB para o Ensino Médio, pode-se destacar três ideias básicas: a necessidade de formação do cidadão; a preparação para o mundo do trabalho; e a premência de o estudante continuar aprendendo. Segundo Brandão (2002), as duas primeiras identificam a Lei com a concepção que norteia toda a sua proposta, ou seja, o binômio exercício da cidadania-preparação para o trabalho. (...) Com relação aos PCNEM, suas orientações estão apoiadas na busca referente à operacionalização da proposta da LDB para o Ensino Médio. Assim, o documento discute de forma mais detalhada, as competências indicadas na base comum nacional para o Ensino Médio e, ao mesmo tempo aponta que os currículos devem ser organizados de maneira a buscar a interdisciplinaridade e a contextualização do conhecimento. (BRASIL, 1999). Pode-se dizer, então, que o ensino de Física deverá ser guiado por competências, dentro de uma proposta de interdisciplinaridade e de

contextualização, sendo tais elementos eixos norteadores das propostas curriculares, dos conteúdos e das metodologias de ensino presentes nas escolas. (ROSA, C.W.; ROSA, A.B., 2012, p. 10)

Percebe-se certa fragilidade na construção teórica e metodológica nos materiais didáticos da área de Física na Educação Básica. Esta questão fica evidente ao se analisar a formação dos profissionais que trabalham diretamente com o ensino de Física no Ensino Médio brasileiro. Moraes (2011) apresenta um recorte histórico referente a forma como a exposição dos conteúdos relacionados ao ensino de Física nos livros didáticos e como essa exposição modificou-se com o passar dos anos, atribuindo maior significância em distintas formas de trabalhar a disciplina no ensino básico.

Seu estudo e levantamento de dados foram ancorados nos programas Nacionais dos Livros Didáticos (PNLD) que foram implementados ao longo de diversas gestões públicas em nosso país, sempre preservando e enfatizando a importância que a distribuição e utilização dos livros didáticos tiveram para o desenvolvimento do processo de ensino brasileiro.

Percebe-se claramente da importância que este programa tem para a educação brasileira, tendo em vista que tanto professores quanto alunos precisam de um referencial didático que os auxiliem no processo de ensino-aprendizagem. Tal referencial principal é o livro didático (MORAES, 2011, p. 2)

A partir da ideia de acompanhar o desenvolvimento dos livros de Física na História da educação brasileira, podemos perceber pelo levantamento dos dados que Moraes (2011) nos fornece, que o arranjo utilizado na confecção e organização dos conteúdos nos livros didáticos aprovados e utilizados atualmente nas salas de aula, teve poucas alterações em questões relacionadas à abordagens metodológicas, pois ainda baseiam-se em uma Física voltada para a Matemática, ou seja, priorizando o cálculo, o que é de suma importância para o desenvolvimento de habilidades de raciocínio lógico, porém sem a contextualização e a descrição da realidade e dos fenômenos físicos através de conceitos. Além disso, o fazer científico é pautado por pesquisas constantes que propõem novas formas de descrever a realidade.

Por exemplo, podemos citar o avanço conceitual que a Teoria da Relatividade Restrita impôs sobre a Mecânica Newtoniana, porém deve-se ressaltar a total

aplicabilidade das Leis de Newton⁷ para um determinado domínio, onde a complexidade da teoria relativística de Albert Einstein⁸ acaba sendo um empecilho para sua utilização. Entretanto é coerente que os alunos saibam que essas teorias e leis, que em primeiro momento parecem distintas, são refinamentos e desenvolvimento atualizados umas das outras. O ensino de Física na Educação básica precisa capacitar o estudante para compreender os fenômenos físicos da realidade. O estudo exclusivo do cálculo, sem a contextualização necessária e o entendimento sobre os limites de aplicabilidade não constituem aprendizagens significativas em Física.

Essa forma simplória de apresentar a ciência Física, acaba colaborando para uma série de pressupostos e conclusões incompletas. A tentativa de facilitar a conceitualização dos fenômenos físicos pode agravar o entendimento de determinados conteúdos, que em um primeiro momento pode passar despercebido. Porém, ao longo do estudo, o aluno pode fazer relações ou deixar de fazê-las pois ao seu entendimento aqueles não são conceitos correlacionados.

A Física na sala de aula da Educação Básica não pode ser vista como uma disciplina com um currículo pronto, acabado e imutável, pois esta percepção, segundo Pimentel (2006) dificulta a compreensão de uma Física contextualizada com a realidade e alinhada com os estudos da academia científica.

Uma situação que qualquer professor, independente da sua área de atuação pode enfrentar, com a realização da prática docente no ensino básico, são as incoerências e inconsistências nos materiais de apoio, principalmente nos livros didáticos. Por mais que existam normas bem estabelecidas para a inclusão de novos títulos ao guia de utilização do PNLD por parte do Ministério da Educação (MEC), ainda assim são encontrados diversos problemas que podem acarretar uma deturpação no processo de aprendizagem dos alunos.

Os livros didáticos no ensino brasileiro, segundo Matos (2013) estão entre os livros mais lembrados pelos brasileiros quando o assunto é pesquisa e conhecimento

⁷Issac Newton (1642-1727) Matemático e Físico Inglês, responsável pelo desenvolvimento da ciência no que se intitula “Revolução Científica do Século 17”. Disponível em: <https://sites.ifi.unicamp.br/laboptica/curiosidades-2/biografias/biografia-de-isaac-newton/> Acesso em: 11 de setembro 2021.

⁸Albert Einstein (1879 – 1955) Físico Teórico e Matemático Alemão, ganhador do Prêmio Nobel de Física em 1921, desenvolveu as teorias da Relatividade Restrita e Geral. Disponível em: <https://www.biography.com/scientist/albert-einstein> Acesso em: 11 de setembro 2021.

científico. É preciso considerar que os livros didáticos muitas vezes são a única ferramenta de apoio e suporte pedagógicos que as Escolas dispõem. O livro didático é o material de consulta científica que as famílias brasileiras têm em suas casas e segundo pesquisa do Instituto Q'Edu: Aprendizagem em foco, 98% dos professores da Educação Básica afirmam utilizar as obras didáticas⁹. Desta forma, é essencial a reflexão a respeito do conteúdo presente e da forma como este vem sendo abordado, a fim de qualificar o ensino de Física através destas reflexões.

2.2. Reflexões sobre a Física estudada em sala de aula na Educação Básica

Pimentel (2006), ao realizar a análise do catálogo de livros didáticos de Ciência e Física ofertados no PNLD destacou que podem-se encontrar problemas das mais variadas formas e fontes, desde erros conceituais simplórios até simplificações exageradas de conceitos complexos, passando por erros experimentais e até exposições incoerentes com as práticas experimentais. Sendo essas descritas de forma negligentes e por vezes ineficazes. Por tais absurdos entende-se que há um descompasso entre a fiscalização normativa vigente e a fiscalização aplicada.

A análise do conteúdo Física em alguns livros de Ciências disponíveis no mercado, tendo em vista os requisitos anteriores, revelou a existência de vários problemas. Sua presença pode indicar um descuido de revisão ou, o que é mais grave, o fato do autor não dominar totalmente o conteúdo ou ainda, no caso de experiências, de não tê-las executado ou não saber como fazê-las. (PIMENTEL, 2006, p. 310)

O ensino de Física como um todo, é composto por uma infinidade de conceitos e o Ensino Básico tem como objetivo transmitir e fazer-se entender esses conceitos de forma simples e básica, porém de forma adequada e correta. Contudo, um ponto crucial para o entendimento em Física é perceber que os conceitos e conteúdos possuem diversas camadas de dificuldades, o que significa que um determinado tema ou conteúdo pode ser abordado de forma inferlativa, detendo-se a uma abordagem rasa com o intuito de inserir estes conceitos no processo de ensino, como em outro

⁹ Q'Edu: Aprendizado em Foco, uma parceria entre a Meritt e a Fundação Lemann. Disponível em: <https://memoria.ebc.com.br/educacao/2013/02/livro-didatico-ocupa-segundo-lugar-dentre-os-mais-lidos-no-brasil>. Acesso em 22 de agosto de 2021.

extremo pode ser apresentado de forma superlativa destacando toda sua complexidade e exigindo um domínio conceitual, racional e matemático avançado.

Entre meio desses dois exemplos, existem diversas formas de apresentar, abordar e desenvolver conceitos físicos com os alunos, entretanto, encontramos alguns obstáculos que algumas vezes são imperceptíveis no decorrer do processo de ensino, mas que pode desencadear futuras dificuldades conforme a complexidade do assunto se acentua. (ORENGO et al, 2017)

A Física, como área de estudo, sempre se apresentou por meio de cálculos complexos e cenários repletos de detalhes a serem considerados em seu desenvolvimento, em conformidade com Orengo et al (2017), o que causa um certo estranhamento para a maioria dos estudantes que não tem “afinidade” com a disciplina. Isso faz com que os professores, que precisam desenvolver esse conteúdo com seus alunos, busquem, na medida do possível, desenvolver métodos para simplificar, pelo menos conceitualmente, os fenômenos que devem ser estudados e interpretados pelos alunos.

E nesse ponto acaba-se encontrando alguns problemas que não são irreparáveis, mas acabam criando definições equivocadas de assuntos relevantes em vez de facilitar o desenvolvimento perceptual futuro, relacionados a esses fenômenos.

O ponto em questão é sempre que resumimos ou simplificamos algo, seja o que for, teremos perdas. Na Física, conceitos simplificados acabam gerando confusões quando o assunto abordado é analisado mais profundamente, como observado por Orengo et. al. (2017) que analisa o tema de Indução Eletromagnética com foco na relação entre campo elétrico e corrente elétrica induzida em alguns livros do PNLD de 2017. Este percebe, em seu estudo, que algumas obras não descrevem todas as relações necessárias, abdicando da ideia de que deve haver condição para que um fluxo de campo variável resulte em uma corrente elétrica induzida, e simplesmente assumindo que isso é fato em qualquer condição, ou deixando isso subentendido, o que cria uma definição conceitual incompleta na percepção do aluno.

E esse problema acaba sendo recorrente quando se observam outros temas e conteúdos nesses mesmos livros. Esse fato dificulta tanto o entendimento do aluno que está exposto a esse texto explicativo quanto o trabalho desenvolvido pelo docente, que necessita desenvolver uma didática sólida para trabalhar conteúdos abstratos e muitas vezes têm o livro didático com principal ou até único suporte.

3. Metodologia de pesquisa

3.1. A corrente elétrica no ensino de Física

Uma situação recorrente no ensino de Física é a necessidade de trabalhar conteúdos e conceitos partindo de um pré-conceito, parcialmente elaborado no imaginário do aluno. Isso pode acontecer em qualquer conteúdo, que tenha aplicação mais palpável, ou seja, que estabeleça uma relação com a realidade social do indivíduo. O estudo de Física na Educação Básica é atribuído aos anos finais do Ensino Fundamental e ao Ensino Médio, entretanto, os alunos encontram-se expostos a conceitos físicos em seus cotidianos, posto que a Física, a ciência da natureza, descreve a realidade e estes conceitos são utilizados por outras áreas do conhecimento, na própria escola, ou através de veículos de informação e mídias. Isso faz com que, desde pequenos, os alunos desenvolvam ideias relacionadas a fenômenos físicos através de palavras associadas a esses fenômenos, como gravidade, força, pressão, eletricidade, choque, velocidade, aceleração, e muitos outros termos que são usuais no cotidiano de qualquer pessoa em qualquer classe social.

Devido a esses pré-conceitos, por vezes, a escola, por meio do professor, precisa realizar algumas desconstruções conceituais para que o aluno consiga associar aquilo que já faz parte de um conceito prévio estabelecido no seu imaginário, com o real significado dos termos científicos, ou seja, segundo Pacca et al (2003) é preciso refinar o conhecido “senso comum”, para que se possa desenvolver um estudo coeso e que a ciência em questão seja entendida, mesmo que de forma simplificada.

O estudo da eletricidade é algo que necessita, por vezes, esse olhar mais cadenciado na ideia de refinamento conceitual, pois o conhecimento prévio que os alunos apresentam quando de fato adentram esse estudo (o que acontece normalmente no último ano do ensino médio com a disciplina de Física), pode surgir de diversas fontes externas. Não necessariamente isto pode ser visto como algo ruim para o desenvolvimento intelectual do aluno, mas que necessita de uma atenção especial, conforme apontado por Pacca et al (2003).

O senso comum vem através de uma ideia simplificada de algo, de uma forma de entendimento mais fácil e que gera algumas discordâncias com a realidade

estudada e descrita cientificamente. Como descreve Knight (2009), pode-se utilizar o conceito de “calor”, que é atribuído a ideia de quantidade elevada de energia térmica percebida pelo ser humano, mas que é descrito pelo senso comum como uma grandeza física, comumente associada à temperatura. Mas na Física Contemporânea, calor é entendido como uma ação de troca de energia térmica cuja grandeza associada é a energia, que está presente em todas as faixas de temperaturas, desde que haja troca energética entre dois corpos.

Existem outros exemplos que podem ser descritos, entretanto o que essa abordagem proposta por Pacca et al. (2003) procura descrever é que as simplificações não são inaceitáveis ou absurdos que devem ser combatidos. É através delas, e da construção do senso comum, que é possível apresentar ideias e conceitos básicos previamente para os alunos. Porém, em determinados momentos, deve-se trabalhar com abordagens mais desenvolvidas e cientificamente corretas, mesmo que de forma simples, para que os alunos consigam desenvolver ideias e progredir academicamente, sem que haja um choque estrutural no desenvolvimento de conceitos correlacionados.

Buscando uma análise empírica referente ao impacto do senso comum relacionado ao estudo de corrente elétrica no Ensino Médio em escolas estaduais do estado de São Paulo, Pacca et al. (2003), junto ao Instituto de Física da Universidade de São Paulo (USP) realizaram uma pesquisa com cerca de duzentos alunos, distribuídos nos três anos do Ensino Médio regular, e de forma simples, solicitaram que os alunos primeiramente desenhassem e descrevessem como compreendem um átomo, e posteriormente como os alunos compreendem o “acender” de uma lâmpada, em um circuito simples, envolvendo uma pilha ligada a uma lâmpada incandescente.

Os resultados obtidos pelos autores demonstram uma explícita dificuldade com relação a compreensão física do fenômeno. A maioria dos alunos conhece ou associa os conceitos de força, carga elétricas, energia, eletricidade, entre outros, com o circuito elétrico, porém não desenvolveram de maneira coerente a associação que cada elemento, grandeza ou ação, tem com as demais. Isso fica claro em algumas descrições feitas pelos alunos e apontadas no estudo:

- Energia positiva é composta por moléculas de entrada, que são carregadas de eletricidade positiva. Energia negativa é a saída da corrente.
- Carga negativa com positiva cria uma força, ou seja eletricidade faísca.
- A pilha tem energia; eletricidade passa através do fio para acender a lâmpada;

-Toda a eletricidade está somente na pilha, quando você envolve o fio na pilha para a lâmpada e com isso fará que a lâmpada se acenda, ou seja vai haver radiação. (PACCA et al. 2003, p.157-158) [grifo no original]

Seguindo a análise do mesmo estudo, alguns alunos apresentaram conceitos de eletricidade e energia de forma superficial e sem coesão na descrição dos fenômenos ocorridos.

*- A lâmpada acende porque na pilha existem polos (positivo/negativo) e quando ligamos os dois polos cria-se uma força chamada Energia, que acende a lâmpada
- Reação química faz eletricidade;
- Para acender a lâmpada não se precisa apenas de eletricidade, pode-se usar qualquer outra energia;
- A lâmpada acende porque existe eletricidade (energia) que é armazenada por substâncias químicas no interior da pilha... (PACCA et al. 2003, p.158) [grifo no original]*

Segundo Pacca et al. (2003) a linguagem utilizada pelos alunos apresenta termos estranhos, expressões vagas e corriqueiramente utilizadas no dia a dia, tudo isso misturado com termos e conceitos científicos, o que gera uma confusa relação e não transparece nenhuma distinção entre os significados desses termos.

Ao fim desta exposição os autores destacaram como conclusivo o fato de transparecer uma grande inconsistência entre as concepções de corrente elétrica, estrutura dos condutores, átomo e carga elétrica, visto que esses termos também são abordados na disciplina de Química e que o modelo de corrente elétrica caracterizado pelo senso comum, apresenta fatores que acabam se tornando características dificultosas na elaboração e desenvolvimento de um modelo conceitual que facilite a aprendizagem e o entendimento do conteúdo de forma significativa. Desta forma, torna-se relevante refletir, pesquisar e construir caminhos para que tais conteúdos sejam desenvolvidos de forma qualitativa no ensino de Física da Educação Básica.

3.2. Como analisar livros didáticos de Física

Em consoante aos estudos de Barbosa et al (2017) ao trabalhar o conteúdo de Física na atualidade, além de livros didáticos, os docentes que estão em uma realidade social e educacional que possua mais condições materiais, podem utilizar, como suporte para o ensino, alguns softwares de simulação computacional, o que facilita e contribui de forma atrativa para despertar interesse nos alunos. Porém, a realidade educacional do Brasil mostra que a maioria das escolas possui uma carência de materiais didático-pedagógicos, ou mesmo, o suporte tecnológico necessário para

rodar os programas (como computadores, ou *notebooks*, ou mesmo rede de internet), assim o livro didático acaba sendo uma importante ferramenta pedagógica de ensino.

Os modelos computacionais não estão livres de simplificações ou de equívocos conceituais, assim como o livro didático, os simuladores didáticos sofrem simplificações severas que acabam distorcendo ou abordando incompletamente os conceitos físicos estudados. Esses modelos computacionais, acabam deixando exclusivamente a cargo dos professores, realizarem as correções conceituais necessárias, o que transforma uma ferramenta de interação, que em princípio deveria ser totalmente dirigida pelo aluno, em um objeto de suporte didático, que necessita de intervenção para que não venha a criar entendimentos distorcidos. Sendo assim, a metodologia utilizada para analisar ferramentas didático-pedagógicas, no Ensino de Física, é atravessada por estas percepções, sejam elas relativas a ferramentas tecnológicas, como os *softwares*, ou mais tradicionais como os livros didáticos.

O significado da palavra modelo é a representação, uma interpretação simplificada da realidade, ou uma interpretação de um fragmento de um sistema segundo uma estrutura de conceito. E na sala de aula, esse contexto deve ser esclarecido, enfatizando a fragmentação da realidade alterada na simulação. (BARBOSA et. al, 2017, p.2)

Quando se foca a análise no assunto de corrente elétrica, é observável uma quantidade significativa de conceitos, leis, cálculos e variáveis associadas ao seu estudo. O que leva a crer que simplificações são necessárias para que haja uma abordagem mais didática, deste conteúdo. Principalmente, levando-se em consideração que o estudo destes termos ocorre em etapas iniciais da Educação Básica, ainda nas aulas de Ciências das séries iniciais do Ensino Fundamental ministradas por docentes com formação globalizada. Cabe ressaltar que as simplificações mencionadas nestes estudos e neste trabalho, devem ser encaradas como formas de didatização dos conceitos físicos a serem apreendidos pelos alunos de formas significativas, não de modo pejorativo, como se os alunos não fossem capazes de compreender a complexidade dos fenômenos. Pois, entende-se que as simplificações, ao permitirem a construção de conhecimentos físicos pelos alunos, colabora para que estes apreendam a complexidade dos fenômenos.

Com relação a simuladores, Barbosa et al (2017) salienta que eles se tornam uma ferramenta didática que amplifica a capacidade imaginativa do aluno, entretanto, esses alunos muitas vezes não conseguem compreender a função real dos exemplos

simulados, que se trata de um modelo idealizado e simplificado, e que é utilizado para fins de dar corpo a conceitos físicos abstratos, mesmo que de maneira superficial.

Associado ao livro didático, tanto simuladores quanto experimentos reais carregam grande importância no desenvolvimento do processo de aprendizagem, pois eles possibilitam ao aluno emergir do campo teórico abstrato e adentrar no fenômeno físico propriamente dito. Entretanto, o professor precisa gerenciar essa interação para que o desenvolvimento do estudo seja realizado de maneira completa, explicando as ocorrências reais dos fenômenos, as limitações dos experimentos e os possíveis erros conceituais cometidos ou admitidos assim como ocorre ao utilizar-se o livro didático.

A Ciência Física, assim como qualquer outra Ciência, de acordo com Barbosa et al (2017) vem sendo desenvolvida a partir de uma soma de trabalhos de diversos pesquisadores de diversas áreas, então é controverso trabalharmos conceitos dissociados, como exemplo, o *Efeito Joule* ocasionado por uma corrente elétrica induzida em um fio condutor qualquer, que em diferentes tipos de condutores ocasionam diferentes variações de grandeza, como o aumento ou diminuição de sua resistência elétrica, que por sua vez é algo relacionado a rede cristalina do composto.

Por motivos simples, como o citado anteriormente, é preciso entender os fenômenos de maneira completa, mesmo que complexa, pois assim o aluno não irá se deparar com situações que sejam controversas ao que eles aprenderam ou ao seu entendimento. Outra ideia que é simples, porém acaba gerando controversa é o sentido que uma corrente elétrica é disposta em um circuito fechado, adotando a ideia de corrente convencional ao invés de trabalharmos o sentido de corrente real, que por vezes é até apresentado para o aluno, mas logo esquecido por ocasionalidade (BARBOSA et al, 2017).

4. Resultados e Discussão

A análise realizada foi construída por meio da análise de conteúdo partindo de um levantamento não sistemático sobre o estudo de corrente elétrica no ensino de Física. A coleção analisada é intitulada *Conexões com a Física* publicado pela editora Moderna no ano 2016 e que faz parte do PNL D 2018 a 2020. O volume analisado é aquele destinado ao terceiro ano do ensino médio, visto que a temática desta pesquisa, corrente elétrica, encontra-se nesse volume. Conforme exposto na introdução deste trabalho a escolha da obra ocorreu devido à familiaridade com a coleção construída por meio do trabalho docente com turmas de Ensino Médio na cidade de Farroupilha/RS. A coleção em questão era e ainda é utilizada pelos alunos do maior colégio da cidade.

O volume foi escrito pelos autores Glorinha Martini, Mestre em Ciências pela Universidade de São Paulo, Walter Spinelli, Doutor em Educação pela Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo, Hugo Carneiro Reis, Doutor em Ciências pelo Instituto de Física da Universidade de São Paulo e Blaidi Sant'Anna, Licenciada em Física pela Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo.

O volume em questão é dividido em quatro unidades de trabalho que abrangem dezessete capítulos e o assunto tema dessa pesquisa encontra-se no capítulo cinco: *“Tensão, corrente e resistência elétrica: leis de Ohm”* como primeiro capítulo da segunda unidade denominada *“Circuitos Elétricos”*. O mesmo, é precedido pelo capítulo quatro, denominado *“Potencial elétrico”* e sucedido pelo capítulo seis denominado *“Potência elétrica”*.

O capítulo estudado inicia com uma fotografia obtida através do satélite NOAA (*National Oceanic and Atmospheric Administration*), onde apresenta uma vista noturna de parte do continente europeu, onde mostra-se visível a iluminação artificial obtida pelo uso de componentes elétricos em grande quantidade.

Figura 3 – Imagem do livro didático Conexões com a Física



Fonte: Satélite NOAA, NASA, 2012. In: MARTINI, Glorinha et al. *Conexões com a Física*. 3 ed. São Paulo: Moderna, 2016 p.70-71

O volume também traz, em sua apresentação, um breve texto destacando o feito do inventor e empresário estadunidense Thomas Alva Edison de iluminar toda uma rua da cidade de Nova York no ano de 1879. Junto a isso os autores iniciam o conteúdo com a seguinte questão problema:

“Quais são os tipos de lâmpada que você conhece? Como elas funcionam? e na página seguinte completa a pergunta: ‘Por que a lâmpada incandescente emite luz quando acionamos o interruptor?’ (MARTINI, et al., 2016, p.72) Mostrando uma sugestão que pode levar ao trabalho didático pedagógico pautado por perguntas ou problemas.

Após esse questionamento os autores iniciam o primeiro tópico dessa seção nomeado “Introdução”, no qual abordam a relação de movimento de cargas elétricas com campos elétricos:

“Cargas elétricas dispostas em uma região onde atua um campo elétrico tendem a se movimentar a favor ou contra o sentido do campo, dependendo do sinal delas (fig.1).” (MARTINI, et al., 2016, p.72)

Figura 4 – Movimentação de cargas elétricas sujeitas a um campo elétrico

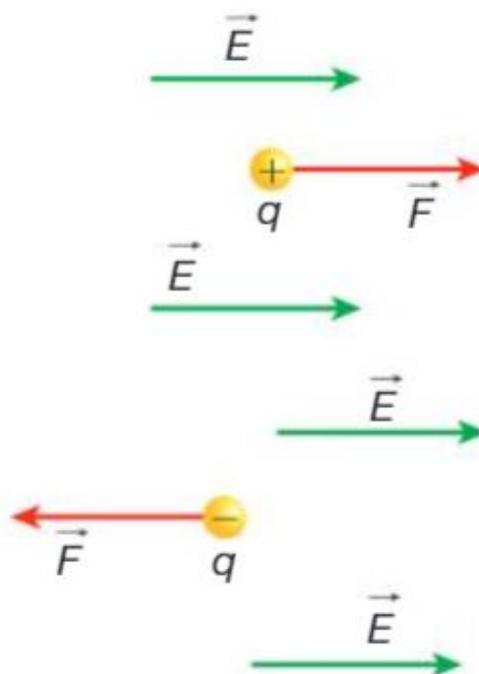


Figura 1 • As cargas elétricas tendem a se movimentar a favor ou contra o sentido do campo elétrico, dependendo do seu sinal.

Fonte: Ilustrações produzidas por Ricardo Yorio In: MARTINI, Glorinha et al. *Conexões com a Física*. 3 ed. São Paulo: Moderna, 2016 p.72

Essa descrição seguida da figura destacada acima e sua legenda, acabam sugerindo uma ideia controversa do ponto de vista físico para movimentação de cargas elétricas. A ideia de explicar o movimento de carga oposto ao sentido de campo elétrico é válido, entretanto os autores ao utilizarem a imagem acima, podem involuntariamente induzir o aluno a visualizar que há movimentação por parte de cargas elétricas positivas, o que não é correto, visto que nos metais as cargas elétricas positivas (prótons) ficam atrelados ao núcleo atômico dos materiais, fixos nos sítios da rede metálica do material condutor e as cargas que apresentam liberdade para se movimentar são os elétrons (cargas elétricas negativas).

No desenvolvimento do parágrafo seguinte os autores descrevem o movimento dos elétrons em um fio condutor de cobre:

Em um fio metálico condutor, feito, por exemplo, de cobre, há uma grande quantidade de elétrons livres em movimento desordenado. Se houver um campo elétrico entre os extremos desse fio, a maioria dos elétrons livres tenderá a se deslocar em um único sentido, oposto ao do campo elétrico, formando, assim, uma corrente elétrica (fig. 2). (MARTINI, 2016, p.70)

Figura 5 – Representação da movimentação de elétrons livres em um fio condutor

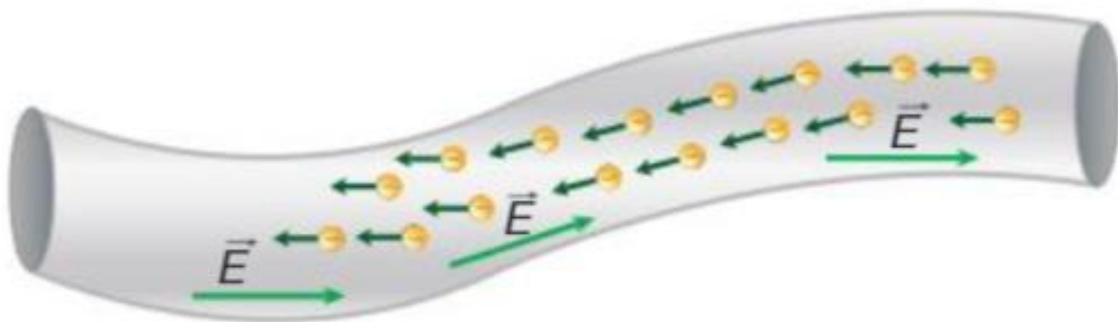


Figura 2 • Representação esquemática do movimento dos elétrons livres em um fio metálico, sujeito a um campo elétrico.

Fonte: Ilustrações produzidas por Ricardo Yorio In: MARTINI, Glorinha et al. Conexões com a Física. 3 ed. São Paulo: Moderna, 2016 p.72

A descrição de corrente elétrica realizada nesse parágrafo, mesmo que simplificada é apresentada de maneira imprecisa, ressaltando somente a movimentação dos elétrons e descrevendo a forma desordenada na qual eles se encontram. Seria interessante destacar que o movimento dos elétrons, mesmo que sujeitos a um campo elétrico, são ordenados, porém não são lineares como apresentado na imagem acima e devido à repulsão de carga esse movimento se dá próximo à superfície do fio condutor.

Como descreve Hewitt (2015), as cargas elétricas distribuem-se em objetos condutores sobre as suas superfícies, mesmo que estes condutores não apresentem uma geométrica simétrica (Figura 6), isso faz com que o campo elétrico no interior do objeto seja nulo. Esta é uma pontuação necessária por parte do professor, pois pode criar uma fantasiosa ideia do que de fato é um elétron livre.

Figura 6 – Distribuição de Cargas Elétricas

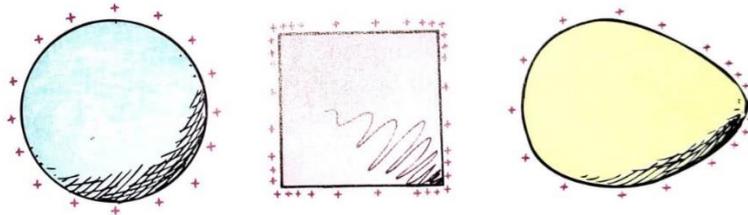


FIGURA 22.20

A carga elétrica se distribui por si mesma sobre a superfície de todos os objetos condutores, de tal maneira que o campo elétrico seja nulo dentro do objeto.

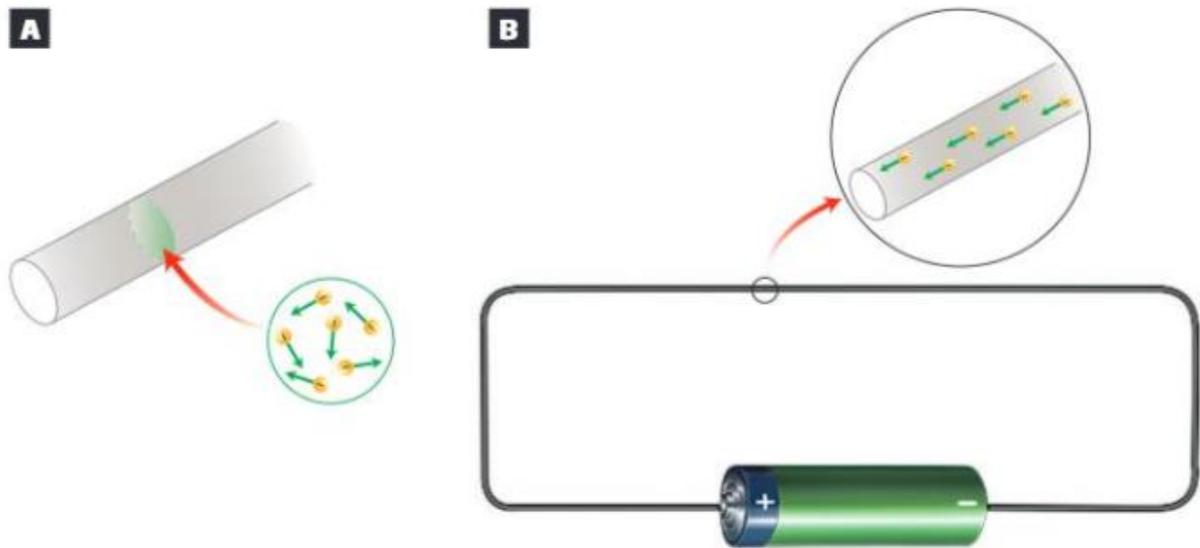
Fonte: Ilustração apresentada na obra: HEWITT, PAUL G. Física conceitual / Paul G. Hewitt; tradução: Trieste Freire Ricci; revisão técnica: Maria Helena Gravina. – 12 ed. – Porto Alegre: Bookman, 2015, p.420

Por fim ao tópico de introdução os autores associam o tema corrente elétrica com objetos de uso comum na vida das pessoas, e que necessitam de corrente elétrica para funcionar, como lâmpadas, chuveiros elétricos, refrigeradores, entre outros e ressalta quais assuntos serão abordados naquele capítulo do livro.

O segundo tópico deste capítulo é nomeado “Corrente elétrica”, nele os autores desenvolvem os conceitos descritos anteriormente, iniciando por um breve texto que reforça a ideia de movimento desordenado dos elétrons livres, e que a partir de uma exposição a um campo elétrico, esses elétrons livres desenvolvem um movimento em um sentido, que vem a ser o oposto ao sentido do campo elétrico. Outra exposição ressaltada pelos autores é de que a corrente elétrica, é o fenômeno ocasionado pelo fluxo ordenado de elétrons livres em um condutor, expostos a um campo elétrico entre suas extremidades. Realizando apenas a reescrita e o resumo do texto da página anterior.

A fim de exemplificar a ideia de corrente elétrica, os autores utilizam a imagem de um circuito simples confeccionado por uma pilha e por um fio condutor ligado em seus polos:

Figura 7 – Movimentação de elétrons e deslocamento resultante



Fonte: Ilustrações produzidas por Selma Caparroz In: MARTINI, Glorinha et al. Conexões com a Física. 3 ed. São Paulo: Moderna, 2016 p.73

Essa imagem utilizada como representação de corrente elétrica apresenta alguns pontos interessantes que devem ser aproveitados, como exemplos o sentido real da corrente ilustrado pela movimentação dos elétrons e o movimento desordenado em um ponto qualquer do fio condutor, quando esse não está sendo exposto a um campo elétrico.

Porém o autor poderia complementar essa abordagem ilustrando o campo elétrico ao qual é exposto o fio condutor, visto que esse campo é citado diversas vezes no decorrer do texto. Neste ponto, caberia descrever, explicar e exemplificar que a movimentação ordenada de elétrons em um sentido não significa uma movimentação ordenada em uma única direção.

Suponha agora que “liguemos” um campo elétrico. A FIGURA 31.13b mostra que uma força elétrica constante faz com que os elétrons se movam ao longo de trajetórias parabólicas entre duas colisões sucessivas. Devido à curvatura das trajetórias, os elétrons negativamente carregados começam a se movimentar lentamente em sentido oposto ao do campo elétrico. O movimento é parecido com aquele de uma bola num jogo de pinball, com uma leve inclinação para baixo. Cada elétron individual continua a ricochetear de um lado para o outro entre os íons a uma taxa muito alta, todavia existe agora um pequeno movimento resultante na direção “descendente”. (KNIGHT, 2009 ,p.984)

Figura 8 – Movimento do Elétron X Deslocamento Resultante

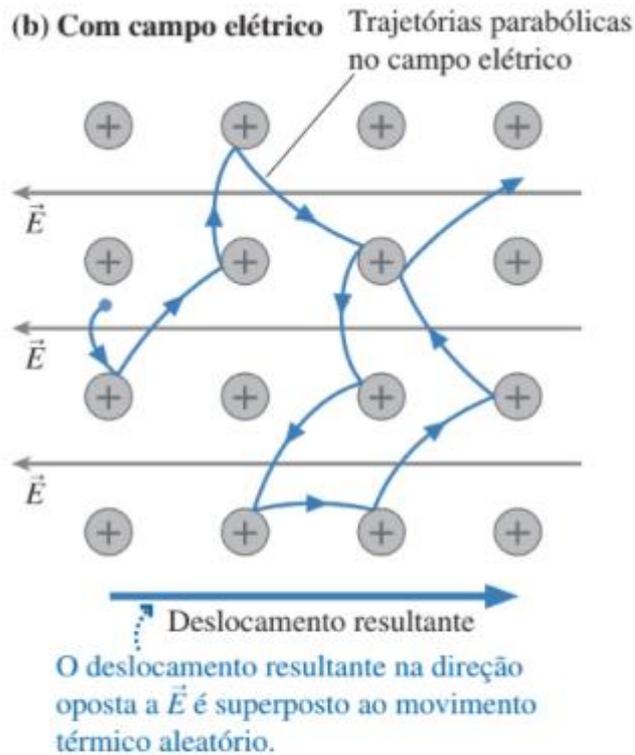


FIGURA 31.13 Visão microscópica de um elétron de condução que se move através de um metal.

Fonte: Ilustração apresentada na obra: Knight, Randall D. Física 3 [recurso eletrônico]: uma abordagem estratégica / Randall Knight; tradução Manuel Almeida Andrade Neto. – 2.ed. – Dados eletrônicos. – Porto Alegre: Bookman, 2009. p.948

A ideia de movimento resultante não deve ser novidade para os alunos que estão presentes nas aulas de Física do último ano do ensino médio. Conceitos parecidos já foram abordados nos anos anteriores, por isso é cabível que seja desenvolvido esse entendimento no imaginário do aluno, o que possivelmente acarretará menos dúvidas e confusões quando o mesmo adentrar no tópico referente a velocidade de movimento dos elétrons dentro de um fio condutor.

Na sequência do conteúdo, os autores descrevem o conceito matemático simplificado de corrente elétrica.

Se pela secção reta (S)(fig.5) do fio foi determinada quantidade de carga elétrica ΔQ , em certo intervalo de tempo Δt , a intensidade média da corrente elétrica, designada por i , será o resultado do quociente entre ΔQ e Δt , isto é:

$$i = \Delta Q / \Delta t \text{ (MARTINI, et al. 2016, p.73)}$$

Figura 9 - Movimentação de elétrons livres por uma seção transversal em um fio condutor

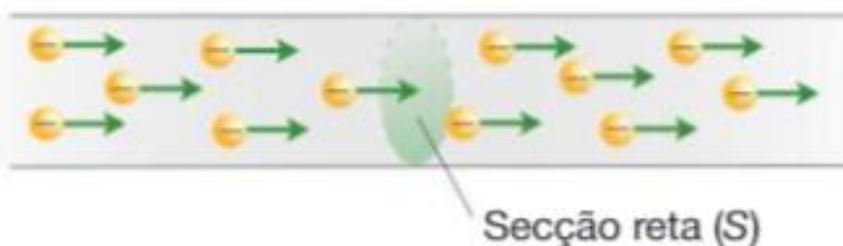


Figura 5 • Os elétrons atravessam uma seção reta do fio em um determinado intervalo de tempo.

Fonte: Ilustrações produzidas por Selma Caparroz In: MARTINI, Glorinha et al. Conexões com a Física. 3 ed. São Paulo: Moderna, 2016 p.73

O texto do livro didático ainda complementa essa exposição com um exemplo matemático e apresentam a definição da unidade de corrente elétrica (Ampère). O único contraponto destacado neste trecho do livro seria a utilização da imagem que descreve a movimentação de elétrons para definir matematicamente o valor de i , isso induz a ideia de que a corrente i utilizada nos exercícios seria a corrente real definida pela movimentação dos elétrons, e não a corrente convencional, que de fato é representada, tendo o mesmo sentido do campo elétrico. Posteriormente essa definição é apresentada, porém, nessa situação pode causar confusões conceituais desnecessárias.

Dando continuidade à análise, é necessário destacar a explicação apresentada no texto do livro didático sobre a velocidade resultante dos elétrons livres em um fio condutor de cobre, onde eles destacam a baixa velocidade resultante de movimentação dos elétrons, quando submetidos a uma corrente de um ampère, porém não apresentam nenhuma explicação sobre a fonte desses valores e nem sobre os cálculos realizados.

Em um fio de cobre há cerca de $8,5 \times 10^{19}$ elétrons por mm^3 . Se uma corrente de, por exemplo, 1,0A percorrer um fio de cobre de área de seção reta igual a $4,0\text{mm}^2$, passará na seção, por segundo, o correspondente a $6,25 \times 10^{18}$ elétrons. Com base nesses dados, é possível inferir que os elétrons se deslocam cerca de 0,018 mm por segundo no condutor. Portanto, a

velocidade do fluxo da corrente elétrica não é alta; pelo contrário, é muito baixa. (MARTINI, et al. 2016, p.74)

Essa abordagem pode incitar os alunos mais atentos a questionar o porquê o ato de “ligar” uma lâmpada apresenta uma ação quase instantânea, se os elétrons se movem em velocidade tão baixa dentro do fio condutor. Nesse caso, novamente fica a cargo do professor descrever e analisar o fenômeno ocorrido utilizando-se de outros materiais para suporte ou solitariamente, visto que o livro se detém apenas na explicação anteriormente apresentada. Por fim ao tópico de corrente elétrica, são reforçadas as ideias já apresentadas sobre movimento ordenado de elétrons e sentidos de corrente elétrica.

Com a finalidade de introduzir o assunto que será abordado no tópico seguinte, denominado Pilhas Secas os autores apresentam uma ideia simplificada de funcionamento de uma pilha através de uma figura descrita por duas barras de metais diferentes mergulhadas em um recipiente inundado por ácido sulfúrico. E assim encerra-se o tópico destinado a explicação dos conceitos de Corrente Elétrica.

No decorrer da Unidade 2 e na Unidade 3 deste mesmo livro, que apresenta o título Magnetismo e Ondas Eletromagnéticas, o termo “corrente elétrica” aparece diversas vezes, porém, simplesmente como uma grandeza quantitativa, sem demais definições ou complementações teóricas. sequer o conceito de corrente elétrica alternada é descrito ou apresentado, e somente na página 209 do livro, intitulada “Para saber mais” é apresentado o conceito de Tensão alternada, exemplificando a tensão elétrica disponível nas residências, entretanto, sem prestar muitas explicações.

5. Considerações Finais

A intenção da análise neste trabalho não é desmerecer o livro didático como material para apoio em sala de aula, mas sim refletir sobre o conteúdo que está sendo exposto a alunos e docentes, é uma tentativa para reflexão de maneira teórica sobre o conceito de corrente elétrica, analisando os pontos positivos, destacando os pontos negativos e oferecendo forma de corrigi-los, com o objeto de colaborar com a qualificação do ensino de física no Brasil.

Os livros didáticos apresentam, como objetivo fornecer apoio didático e metodológico a docentes e alunos, portanto é compreensível que eles apresentem uma abordagem mais ampla e generalizada dos conteúdos abordados no ensino básico. A questão trazida a partir dessa análise é o nível de generalização que os conteúdos estão sendo expostos, qual é a relevância em simplificar alguns conceitos abordados, e quais são as características que apresentam essas simplificações.

Por vezes, os textos dos livros parecem subestimar a capacidade de compreensão dos alunos com relação a fenômenos físicos abstratos, como conceitos atômicos ou relativísticos e acabam pecando em simplificações que parecem adequadas momentaneamente, contudo, possibilitam compreensões deturpadas, que caso não identificadas, podem acarretar convicções absurdas.

Esse apreço por simplificações pode ser resultado da forma como é conduzida a disposição das grades curriculares na educação básica atualmente em vigor no Brasil, onde definimos por ordem de dificuldade os conteúdos e dissolvemos esses conteúdos no decorrer dos anos letivos sequencialmente. Isso faz com que o aluno se depare com um determinado conceito ou conhecimento, trabalhe sobre ele e passe para um próximo conteúdo correlacionado ou não.

Seguindo uma lógica que visa o término de uma gama de conteúdos progressiva, é plausível priorizar conteúdos simplificados, porém existem outras possibilidades, às quais nem sempre são acessíveis aos docentes, mas que podem apresentar um resultado significativo para o ensino de física.

Seria o desenvolvimento do conteúdo em níveis de complexidade, apresentando todo o conteúdo programático de forma que o aluno se familiarize com os conceitos e ideias, e após um ciclo completo de exposição, retomar esses conceitos acrescentando níveis de complexidade mais elevados. Isso pode fazer com o que aluno tenha contato com determinado conteúdo com uma frequência considerável e

possibilita que as demais disciplinas curriculares sejam desenvolvidas complementando a aprendizagem com conhecimentos extracurriculares, ao exemplo das disciplinas de química e matemática.

O estudo da eletricidade, apresenta grande relevância devido à influência e interação com os avanços tecnológicos propostos e executados pelos seres humanos ao longo das últimas centenas de anos. Estudar esses fenômenos, em níveis básicos possibilita ao aluno compreender o mundo contemporâneo e caso tenha interesse, contribui para uma futura formação acadêmica. Por isso esses temas propostos devem ser trabalhados de forma cuidadosa, evitando associações e simplificações desnecessárias, que futuramente possam necessitar correções pontuais.

A ciência como objeto de estudo é construída por pequenas parcelas de contribuições de incontáveis pessoas, que tiveram grande relevância em determinado momento, mas que possivelmente já foram ou serão aprimoradas ou até mesmo descartadas. Isso pode ser considerada como a “magia” da ciência, o fato de ser algo que sempre estará inacabado, sempre terá algo para evoluir, melhorar ou refinar.

Um ponto específico e relevante de tudo isso é o fato de que o modelo de educação básica disposto para os alunos deste país em consideração as ciências físicas, é de revisar conceitos e condições que em algum momento foram a vanguarda da ciência e abordá-las como composição de estudo contemporâneo, contudo, se o desenvolvimento científico é algo contínuo, a educação e o ensino de Física também devem ser.

6. Referências Bibliográficas

BARBOSA, C. D. et al. O movimento de cargas elétricas em um fio condutor: cuidados com as simplificações das simulações no ensino de física. **Scientia Plena**. vol. 13, n. 01. Disponível em <https://www.scientiaplenu.org.br/sp/article/view/3350> Acesso em 08 de agosto de 2021.

HOME, Roderick W. Franklin's Electrical Atmospheres. **The British Journal for the History of Science** , Volume 6 , Issue 2 , December 1972 , pp. 131 – 151.

DOI: <https://doi.org/10.1017/S0007087400012255>

HEWITT, PAUL G. Física conceitual / Paul G. Hewitt; tradução: Trieste Freire Ricci; revisão técnica: Maria Helena Gravina. – 12 ed. – Porto Alegre: Bookman, 2015

KNIGHT, Radall. **Física 2** [recurso eletrônico] : uma abordagem estratégica / Randall Knight ; tradução Iuri Duquia Abreu. – 2. ed. – Dados eletrônicos – Porto Alegre : Bookman, 2009.

KNIGHT, Randall. **Física 3** [recurso eletrônico]: uma abordagem estratégica / Randall Knight; tradução Manuel Almeida Andrade Neto. – 2.ed. – Dados eletrônicos. – Porto Alegre: Bookman, 2009.

MATOS, Júlia Silveira. **Ensino de história, diversidade e os livros didáticos: história, políticas e mercado editorial**. Rio Grande: Ed. Da Universidade Federal de Rio Grande, 2013.

MARTINI, Glorinha et al. Conexões com a física. 3 ed. São Paulo: Moderna, 2016.

MORAES, J. U. P. O Livro didático de Física e o Ensino de Física: suas relações e origens. **Revista Scientia Plena**. Vol. 7, n. 9, Setembro de 2011. Disponível em: <https://www.scientiaplenu.org.br/sp/article/view/385> Acesso em 20 de julho de 2021.

NICOLI JUNIOR, Roberto Bovo; MATTOS, Cristiano. História e memória no ensino de Física no Brasil: a faculdade de medicina de São Paulo (1913 – 1943). **Revista**

Ciência e Educação. Bauru – SP, 2012. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ciedu/a/pJ4MM7H9K6YNmNj8wkccPLC/?lang=pt#> Acesso em 01 de agosto de 2021.

ORENGO, Gilberto. Et al. Uma Análise crítica nos livros didáticos indicados pelo Programa Nacional do Livro Didático a respeito da indução eletromagnética. **X Congresso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las ciencias.** Sevilla: setembro de 2017. Disponível em https://ddd.uab.cat/pub/edlc/edlc_a2017nEXTRA/127Uma_analise_critica_nos_livros_didaticos_indicados_pelo_Programa_Nacional_do.pdf Acesso em 11 de agosto de 2021.

PACCA, Jesuína L. A. Et al. Corrente Elétrica e Circuito Elétrico: algumas concepções do senso comum. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v.20, n. 2, p. 151 – 167, ago 2003. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/6541> Acesso em 10 de agosto de 2021.

PIMENTEL, Jorge Roberto. Livros didáticos de Ciências: A Física e alguns problemas. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, vol. 15, n. 3, ago. 2006. p.308-318 Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/6889> Acesso em 20 de julho de 2021.

ROSA, Cleci Werner da; ROSA, Álvaro Becker da. O ensino de ciências (Física) no Brasil: da história às novas orientações educacionais. **Revista Ibero-americana de Educação.** n. 58. Fevereiro de 2012. Disponível em: <https://rieoei.org/historico/deloslectores/4689Werner.pdf> Acesso em: 01 de agosto de 2021.