


O LIVRO DIDÁTICO DE FÍSICA E SUAS TENDÊNCIAS: UMA ANÁLISE NECESSÁRIA DA INFLUÊNCIA BEHAVIORISTA NO ENSINO DE CIÊNCIAS

THE DIDACTIC BOOK OF PHYSICS AND THEIR TRENDS: AN ANALYSIS NEEDED OF THE BEHAVIORIST INFLUENCE IN THE TEACHING OF SCIENCES


Marcos Gervânio de Azevedo Melo

Universidade Federal do Oeste do Pará – UFOPA, marcosgervanio@gmail.com.br

 <https://orcid.org/0000-0002-2677-2338>


Marcos Cesar Danhoni Neves

Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, macedane@yahoo.com

 <https://orcid.org/0000-0002-3724-5373>


Sani de Carvalho Rutz da Silva

Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, sani@utfpr.edu.br

 <https://orcid.org/0000-0002-1548-5739>


Nilceia Aparecida Maciel Pinheiro

Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, nilceia@utfpr.edu.br

 <https://orcid.org/0000-0003-3313-1472>

Awdry Feisser Miquelin

Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, awdry@utfpr.edu.br

 <https://orcid.org/0000-0002-7459-3780>

Resumo

O artigo¹, ora apresentado, tem o objetivo de fazer uma análise de um livro de Física comumente utilizado por professores na rede básica. O livro em questão é o *Tópicos de Física 3*. Na ocasião, procura-se destacar aspectos behavioristas que aparecem como elementos basilares no conteúdo presente no livro. Assim, buscou-se, no livro didático, encontrar excertos que pudessem se articular a conceitos importantes do Behaviorismo, desde Pavlov e Watson até Skinner. Foi possível observar um grande número de aspectos behavioristas presentes como reforço positivo e reforço negativo, contingência de reforço, entre outros. Diante disso, é possível dizer que o livro *Tópicos de Física 3* apresenta uma forte influência behaviorista e que isso pode ser um interessante parâmetro para se levar em consideração no momento de adoção do mesmo pelos professores no ensino de Física.

Palavras-chave: Livro didático; Behaviorismo; Ensino de Física.

¹ O presente trabalho foi realizado com o apoio da CAPES – Código de financiamento 001.

Abstract

The article, presented here, has the objective of doing an analysis of a book of Physics commonly used by teachers in the basic network. The book in question is the Topics of Physics 3. At the time, it seeks to highlight behaviorist aspects that appear as basic elements in the content present in the book. Thus, in the textbook, we sought to find excerpts that could be articulated to important concepts of Behaviorism, from Pavlov and Watson to Skinner. It was possible to observe a large number of the behaviorist aspects present as positive reinforcement and negative reinforcement, contingency of reinforcement, among others. Faced with this, it is possible to say that the book Topics of Physics 3 presents a strong behaviorist influence and that this can be an interesting parameter to take into consideration at the moment of adoption of the same by the teachers in the teaching of Physics.

Keywords: Textbook; Behaviorism; Physics Teaching.

Introdução

Não há dúvidas de que o ensino de Física apresenta mazelas que se perpetuam desde o ensino fundamental, passando pelo médio e culminando no superior. Pode-se destacar, para iniciar, a carência da dimensão investigativa, basilar à Ciência, que dificilmente aparece na escola (BRASIL, 2006), o estímulo à divisão dos saberes (NEVES, 1998), além da utilização de “métodos manualísticos, livrescos, memorizativos e matematizáveis”, todos contribuindo fortemente para a falência do ensino tradicional (NEVES; SAVI, 2000, p. 17).

Diante disso, se temos um ensino de Física caracterizado por aspectos livrescos, cabe investigar que tendências são enfatizadas no livro didático, pois é certo que este norteia os conteúdos escolares, direcionando as ações dos professores, como se representassem as únicas alternativas (BRASIL, 2006).

Assim, pode-se começar por enfatizar a diferença entre a Física escolar e aquela que se conhece como Ciência Física, pois numa perspectiva chevallardiana pautada no processo de Transposição Didática, são relacionadas, mas diferentes. Por isso, pode-se apresentar o caminho percorrido pelos saberes, desde sua origem até o contexto escolar, por três esferas: o *saber sábio*, cuja produção acontece no meio científico; o *saber a ensinar*, aquele que interessa nesse estudo e que aparece nos livros didáticos e o *saber ensinado*, ou seja, o que o professor trabalha no contexto da sala de aula (RICARDO, 2010). Todo esse processo vislumbra apresentar uma Física, em particular, pronta para ser ensinada na escola (RICARDO, 2010).

Sobre isso, Sobrinho e Carneiro (2014) mencionam estudos na literatura internacional que apresentam o distanciamento entre o *saber a ensinar*, ou seja, a linguagem mostrada pelos livros didáticos e a linguagem concernente aos cientistas, isto é, o *saber sábio*. Além disso, não é raro observar livros que apresentam um

distanciamento entre a Ciência e a vida cotidiana (ROCHA; COSTA; ALMEIDA, 2012).

Por isso, é interessante entender o quanto esse processo de ensino coaduna satisfatoriamente com o de aprendizagem quando se pensa na utilização de um determinado livro didático, ou ainda, o quão influente encontra-se o livro de Física usado na escola diante de perspectivas ligadas às teorias de aprendizagem, em especial, a da escola behaviorista. Assim, a questão que norteia esse estudo é: quais aspectos behavioristas se destacam no livro didático *Temas² de Física 3*?

Dessa forma, o objetivo desse artigo é fazer uma análise do livro didático *Temas de Física 3*, procurando destacar aspectos behavioristas, que aparecem como elementos basilares, no conteúdo presente no mencionado livro.

Assim, buscou-se, no citado livro didático, encontrar excertos que pudessem se articular a conceitos importantes do Behaviorismo, desde Pavlov e Watson até Skinner e, para isso, parte-se da hipótese de que o livro *Temas de Física 3* é influenciado por aspectos behavioristas.

Uma breve abordagem do Behaviorismo

Dentre os enfoques que constituem as teorias de aprendizagem, pode-se dizer que o Behaviorismo, também conhecido como Conexionismo, Comportamentalismo ou teoria estímulo-resposta, apresenta grande influência, ainda hoje, na educação, pois a aprendizagem é concebida como uma mudança de comportamento provocada por estímulos do ambiente externo (LAKOMY, 2008).

O surgimento do Behaviorismo se deve a uma resposta à psicologia que tinha como preocupação, estudar o pensamento e o sentimento das pessoas. Assim, os behavioristas propunham estudar o comportamento, ou seja, o fazer observável (MOREIRA, 1999).

Vários foram os que contribuíram para a solidificação do Behaviorismo e os primeiros teóricos: Ivan P. Pavlov (1849-1936), John B. Watson (1878-1958) e Edwin Guthrie (1886-1959) se preocuparam mais com as relações existentes entre estímulos e respostas e, com isso, pode-se destacar, como regularidade descoberta, o condicionamento clássico pavloviano (LEFRANCOIS, 2008).

Posteriormente, Edward L. Thorndike (1874-1949) apresenta ao Behaviorismo a ideia de reforço. No entanto, o Associacionismo, por ele apresentado, não concebia a conexão entre resposta e recompensa, como Skinner, mas entre estímulo e resposta (MOREIRA, 1999).

² A escolha desse livro correu em função da atual discussão concernente a militarização das escolas. Entende-se que esse debate deve compreender a verificação de materiais utilizados nas escolas com essas características. Assim, justifica-se a sua análise por ser um dos livros indicados como fonte em algumas das principais escolas militares do Brasil: Disponível em: <<https://futuromilitar.com.br/recomendacoes/livros-indicados-para-afa/>> e <<https://www.resumov.com.br/como-passar-no-ita-livros-cursinho/>>. Acesso em: 10/02/2019.

Completando os teóricos Behavioristas anteriores a Skinner, Clark L. Hull (1884-1952) apresenta seu sistema dedutivo-hipotético, uma teoria formal com 17 postulados, originando diversos teoremas e corolários. A teoria de Hull populariza a ideia do essencial envolvimento do reforço na aprendizagem (LEFRANCOIS, 2008).

O mais influente dos behavioristas é, indubitavelmente, Burrhus F. Skinner (1904-1990). Seu trabalho é muito comparado ao de Watson por se apropriar da ideia de estudar o comportamento humano, porém Skinner não compreendia o ser humano somente como respondente ao ambiente, mas como um ente que poderia modificar o ambiente. Ressalta-se que apesar de Skinner não ter preocupação com os processos que ocorrem na mente, ele não os negava quanto à existência (MOREIRA, 1999).

O comportamento operante é entendido como um dos principais construtos de Skinner, pois é por meio dele que se vislumbra a atuação do indivíduo sobre o meio. Em sua teoria do reforço, o comportamento é controlado por suas consequências, isto é, por punições e recompensas. Estas, por sua vez, podem aumentar ou descontinuar comportamentos de um indivíduo. Sua concepção de aprendizagem envolve a importância do reforço positivo³ e da contingência de reforço⁴ (MOREIRA, 1999).

É importante destacar que Skinner juntamente com Fred Keller estabeleceram o ensino individualizado. Nesse aspecto, concebe-se a avaliação como um momento do processo de ensino-aprendizagem em detrimento de um instante punitivo e aversivo para o aluno. Ainda nesse contexto, faz-se importante respeitar o ritmo de cada aluno, isto é, valoriza-se o sistema individualizado. Por isso, faz-se necessário minimizar as aulas expositivas centradas no professor, isto é, aquelas em que os alunos pouco participam (MOREIRA, 1999).

Processo Metodológico

Inicialmente foi realizada uma leitura de artigos e livros caracterizados pelo enfoque behaviorista. Em seguida, fez-se uma leitura flutuante do livro didático, foco dessa investigação, o *Tópico de Física 3*. Com isso, foram surgindo objetos ou referentes, isto é, temas eixos que organizam o discurso (BARDIN, 2004), funcionando como unidades de registro⁵ e suas respectivas unidades de contexto representadas nos quadros desse estudo por: excertos observados no livro.

Com isso, criou-se a seguinte categoria de análise: *tendências behavioristas no livro didático de Física*.

A citada categoria se formou com os seguintes objetos: a) método do estímulo incompatível de Guthrie; b) lei do exercício de Thorndike; c) a aprendizagem de

³ Ver quadro 4.

⁴ Ver quadro 6.

⁵ As unidades de registro, que intitulam cada quadro desse estudo, têm uma descrição nesses quadros.

Watson; d) reforço positivo de Skinner; e) reforço negativo de Skinner; f) contingência de reforço de Skinner; g) programar contingência para Skinner; h) modelagem ou método de aproximações sucessivas de Skinner, todos discutidos em quadros e articulados às figuras, excertos retirados do mencionado livro de Física.

Finalizada a etapa de categorização, passou-se para a fase final da análise de conteúdo de Bardin (2004), ou seja, o momento de inferência vislumbrando uma profunda compreensão do objeto analisado. Assim, uma interpretação incipiente das unidades de contexto, sob a ótica do Behaviorismo, é realizada em cada quadro no espaço: tecendo análise. Em seguida, a exploração dos significados dos trechos do livro é confrontada com o referencial teórico. Assim, os dados foram organizados, categorizados e tratados sob o referencial teórico anteriormente estudado.

Como se buscou um estudo intenso de um livro didático, o enfoque deste trabalho está direcionado para um *estudo de caso* e o caráter é o de uma *pesquisa explicativa*, pois buscou identificar fatores que colaboram para um fenômeno (GIL, 2008), ou seja, encontrar excertos no livro de Física que contribuem para a prática behaviorista no ensino.

Resultados e Discussões

A categoria *tendências behavioristas no livro didático de Física*⁶ foi dividida em objetos que serão socializados em 8 quadros acompanhados por 7 figuras, quais sejam:

Quadro 1: Método do estímulo incompatível de Guthrie

| Descrição | Excertos observados no livro |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Trata-se da apresentação de um estímulo em situações nas quais uma determinada resposta não pode ocorrer (MOREIRA, 1999). | O livro apresenta 375 páginas de conteúdos ⁷ curriculares, sendo 182 páginas formadas, parcialmente ou integralmente, por exercícios de Física, compreendendo, assim, 48,5% do total de páginas. |
| Tecendo análise | |
| Pode-se imaginar uma ocasião em que o aluno esteja às vésperas de uma <i>avaliação de Física</i> e, dessa forma, a mesma sirva de estímulo para ele estudar o conteúdo científico em questão. Não é difícil perceber que das diferentes respostas que poderão surgir, relacionadas a esse estímulo, a <i>resolução de exercício</i> apresenta grande possibilidade de ficar associada ao mesmo. Com isso, a resposta esperada <i>estudar Física</i> ⁸ acaba apresentando grande possibilidade de ser substituída por <i>resolver exercícios</i> . | |

⁶ Relativa ao livro didático *Tópicos de Física 3*.

⁷ Tratam-se somente das páginas de conteúdos efetivos, não levando em conta capas, contracapas, prefácios, sumários e as páginas de respostas dos exercícios no final do livro.

⁸ Entende-se que estudar Física compreende refletir sobre aspectos epistemológicos vislumbrando compreender a Natureza da Ciência, perceber o contexto histórico-filosófico que subjaz o conteúdo científico estudado, interpretar os aspectos conceituais que fundamentam o formalismo matemático das equações, entre outros.

Fonte: Elaborado pelos autores

Não por acaso, o ensino de Física, em nível básico, é concebido como uma sistematização de problemas fechados e que quase sempre apresentam solução única (PIETROCOLA, 2010).

É bom salientar que o grande número de exercícios não é uma característica somente do livro investigado nesse estudo, pois a tabela 1 esboça uma descrição desse aspecto em trabalhos de outros autores e, inclusive, nos livros usados nas universidades.

Tabela 1: Espaço destinado a exercícios nos livros de Física

| Livro | Autores | Nível e volume | Pág. com conteúdo | Pág. com exercício ⁹ | Pág. com exercício |
|------------------------------------------------|--------------------------------------------------|-----------------|-------------------|---------------------------------|--------------------|
| Curso de Física | Antônio Máximo; Beatriz Alvarenga. | Básico vol. 3 | 391 | 194 | 49,6% |
| Física 3: Eletromagnetismo | Grupo de Reelaboração de Ensino de Física – GREF | Básico vol. 3 | 411 | 117 | 28,4% |
| Fundamentos de Física: óptica e física moderna | David Halliday; Robert Resnick; Jearl Walker. | Superior vol. 4 | 382 | 204 | 53,4% |
| Física: uma abordagem estratégica. | Randall D. Knight | Superior vol. 2 | 346 | 199 | 57,5% |

Fonte: Elaborado pelos autores

Pode-se verificar que de todas as obras da tabela 1, somente o GREF apresenta um percentual, considerado pequeno, de páginas com exercícios, ou seja, 28,4% das páginas de conteúdos efetivos do livro.

Um dos livros que apresenta grande aceitação entre os professores de Física, incluído no PNLEM desde 2007, é o texto de Antônio Máximo e Beatriz Alvarenga (GARCIA, 2012). Tal obra, intitulada *Curso de Física*, apresenta algum tipo de exercício em quase 50% de suas páginas e isso já fora observado no livro foco dessa pesquisa, pois o *Tópicos de Física 3* tem 48,5%.

Diante do exposto, a tabela 1 parece coadunar com os PCN+, pois os livros didáticos usados no ensino médio constituem uma versão abreviada daqueles usados nos cursos universitários (BRASIL, 2002) e isso, certamente, acaba influenciando os autores quando reservam espaços para os exercícios nos livros de ensino básico, haja vista o grande percentual também observado nos livros usados nos cursos de Física Básica nas universidades.

⁹ As páginas envolvem exemplos resolvidos, testes, questões, exercícios de fixação, de revisão, exemplos, problemas, ou seja, todo tipo de excerto com aspectos similares ao popular exercício.

Quadro 2: Lei do exercício de Thorndike

| Descrição | Excertos observados no livro |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| O fortalecimento das conexões estímulo-resposta ocorrerá com a prática (lei do uso) e o enfraquecimento com a descontinuidade dessa prática (lei do desuso). O fortalecimento é definido como aumento da probabilidade de ocorrência da resposta quando a situação se repetir (MOREIRA, 1999, p.26). | O livro apresenta grande quantidade de exercícios. No tópico 1, o conteúdo de Carga Elétrica apresenta 64 exercícios cujas respostas constam na página 384; No tópico 2, o conteúdo de Campo Elétrico apresenta 91 exercícios cujas respostas estão nas páginas 384 e 385. |
| Tecendo análise | |
| A grande quantidade de exercícios que é apresentada em cada tópico possibilita, indubitavelmente, favorecer a resposta <i>resolver exercícios</i> ¹⁰ ao invés de realmente se <i>estudar Física</i> (com leituras referentes à História da Ciência e atenção a aspectos conceituais, articulação com a tecnologia e o meio ambiente, por exemplo). Com isso, no momento que o aluno precisar <i>estudar Física</i> (comportamento), ele acabará, possivelmente, resolvendo exercício e fortalecendo, assim, essa conexão estímulo-resposta, isto é, <i>aprender Física-resolver exercício</i> . | |

Fonte: Elaborado pelos autores

Assim, como o ensino de Física é fortemente caracterizado pelo uso indiscriminado do livro texto e “pela ênfase excessiva na resolução de exercícios puramente memorísticos e algébricos” (NETO; PACHECO, 2001, p. 17), não é difícil perceber o quanto o livro didático contribui para o fortalecimento dessa conexão estímulo-resposta destacada no quadro 2.

É importante ressaltar que a análise feita no quadro 2 coaduna com o princípio da frequência de Watson utilizado para explicar algumas aprendizagens, pois quanto mais frequentemente se associar a resposta *resolver exercício* ao estímulo *aprender Física*, mais possivelmente os associaremos novamente (MOREIRA, 1999).

Quadro 3: A aprendizagem de Watson

| Descrição | Excertos observados no livro |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| O comportamento ou resposta é movimento muscular e toda aprendizagem se reduz a condicionamento clássico. Assim, na aprendizagem, para produzir novas respostas é preciso construir cadeias de reflexos. (MOREIRA, 1999). | O livro apresenta sequência de exercícios com certas similaridades: exercícios 84 e 85 da página 98; exercícios: 89 e 90 da página 99; exercícios: 34 e 37 da página 133. |
| Tecendo análise | |

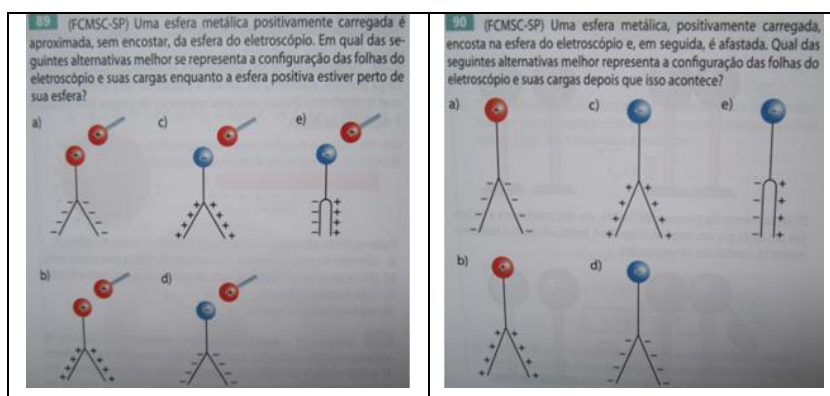
¹⁰ Não se quer dizer que ao se estudar Física, não se deva valorizar a resolução de exercício, mas não se pode atribuir ao ato de estudar Física uma visão reducionista em que a resolução dos exercícios seja suficiente para contemplar a complexidade inerente à ciência. Assim, estudar Física não é sinônimo de resolver exercício.

A similaridade dos exercícios constitui um interessante convite para que a resolução do primeiro possa servir de estímulo para se resolver outro similar. Com isso, a próxima resposta (resolver outro exercício similar) pode constituir um passo na construção de cadeias de estímulos-respostas vislumbrando chegar a novos comportamentos (resolver a avaliação de Física, por exemplo) combinando reflexos.

Fonte: Elaborado pelos autores

A figura 1 mostra dois dos exercícios similares do livro didático investigado.

Figura 1 – Sequência de exercícios similares no livro



Fonte: Biscuola; Bôas e Doca (2007, p. 99).

Comportamentos novos, como resolver outros exercícios ou até formulá-los, podem ser adquiridos por meio de uma combinação em série de reflexos simples (MOREIRA, 1999). Assim, a similaridade dos exercícios pode ser entendida como uma preparação do ambiente para que o comportamento desejado possa aflorar por meio do controle de estímulos adequados, pois “a aprendizagem mais complexa requer o condicionamento de mais sequências de estímulo-resposta, o que resulta naquilo que Watson chama de hábitos” (LEFRANCOIS, 2008, p. 52).

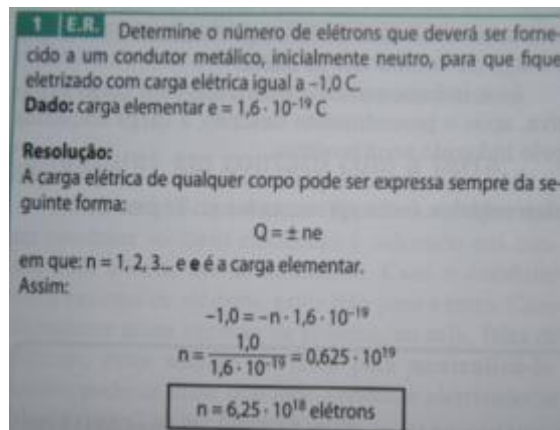
Quadro 4: Reforço positivo de Skinner

| Descrição | Excertos observados no livro |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Eventos ou objetos que vêm após o comportamento e, subsequentemente, aumentam a sua frequência. (MOREIRA, 1999, p.52). | O livro apresenta sequências de exercícios resolvidos e como exemplo, pode-se observar as páginas: 18, 19, 24 e 50. |
| Tecendo análise | |
| Os exercícios resolvidos podem ser associados à ideia de reforço positivo devido ao fato de possibilitarem o aumento do ato de estudar (<i>resolver exercícios</i>), isto é, do comportamento que o precede. | |

Fonte: Elaborado pelos autores

A figura 2 socializa um dos exercícios resolvidos no livro didático, ora estudado, salientado no quadro 4.

Figura 2 – Exercício resolvido no livro



Fonte: Biscuola; Bôas e Doca (2007, p. 18)

Esse tipo de contribuição, oportunizada pelos autores do livro texto, proporciona uma possibilidade didático-pedagógica de deixar o estudante de Física, indubitavelmente, mais preparado na utilização estruturante da Matemática, isto é, de desenvolver *habilidades estruturantes* que trabalhem a capacidade de lidar com a Matemática em contextos externos a ela, como na Física (PIETROCOLA, 2010).

Tal contribuição pode ser entendida como um elemento basilar para que o estudante desenvolva competências e, com isso, seja atraído a intensificar o comportamento desejado, ou seja, funcione com um reforçamento, semelhante à recompensa, aumentando a probabilidade da resposta, estudar Física, novamente ocorrer (LEFRANCOIS, 2008), possibilitando resolver, inclusive, outros exercícios que comportem a necessidade de tais *habilidades estruturantes*.

Quadro 5: Reforço negativo de Skinner

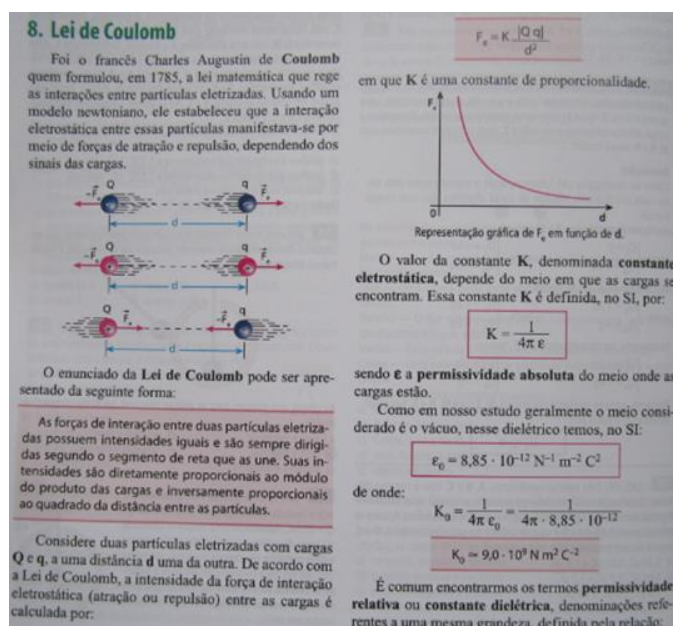
| Descrição | Excertos observados no livro |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Evento ou objeto que vem após o comportamento e proporciona enfraquecimento ou remoção da resposta que o produziu (MOREIRA, 1999). | O livro apresenta equações de forma descontextualizadas, desprovidas de aspectos históricos e filosóficos estorvando uma visão epistemológica da Ciência, como na página 20. |
| Tecendo análise | |
| O livro esboça a equação da Lei de Coulomb diante de uma abordagem bastante descontextualizada, isto é, quase não há aspectos históricos e filosóficos que possam refletir a Natureza da Ciência e esboçar um panorama mais real de como a equação realmente foi concebida, ou seja, uma abordagem que desvelasse erros cometidos, contribuições de outros personagens e “apoio sobre ombros de gigantes”, por exemplo, para o trabalho de Coulomb. Com isso, mediante a forma como a equação é apresentada (e não somente ela), o aluno é fortemente convidado à | |

memorização em detrimento da compreensão, potencializando, assim, o desinteresse em *estudar Física*, ou seja, isso pode funcionar como um reforço negativo que enfraqueça ou remova a resposta *estudar Física*.

Fonte: Elaborado pelos autores

A figura 3 apresenta um excerto de como a equação de Coulomb é socializada, oportunizando refletir a análise feita no quadro 5.

Figura 3 – Apresentação da Lei de Coulomb no livro



8. Lei de Coulomb

Foi o francês Charles Augustin de Coulomb quem formulou, em 1785, a lei matemática que rege as interações entre partículas eletrizadas. Usando um modelo newtoniano, ele estabeleceu que a interação eletrostática entre essas partículas manifestava-se por meio de forças de atração e repulsão, dependendo dos sinais das cargas.

O enunciado da Lei de Coulomb pode ser apresentado da seguinte forma:

As forças de interação entre duas partículas eletrizadas possuem intensidades iguais e são sempre dirigidas segundo o segmento de reta que as une. Suas intensidades são diretamente proporcionais ao módulo do produto das cargas e inversamente proporcionais ao quadrado da distância entre as partículas.

Considere duas partículas eletrizadas com cargas Q e q , a uma distância d uma da outra. De acordo com a Lei de Coulomb, a intensidade da força de interação eletrostática (atração ou repulsão) entre as cargas é calculada por:

$$F_e = K \frac{|Qq|}{d^2}$$

em que K é uma constante de proporcionalidade.

Representação gráfica de F_e em função de d .

O valor da constante K , denominada **constante eletrostática**, depende do meio em que as cargas se encontram. Essa constante K é definida, no SI, por:

$$K = \frac{1}{4\pi\epsilon}$$

sendo ϵ a **permissividade absoluta** do meio onde as cargas estão.

Como em nosso estudo geralmente o meio considerado é o vácuo, nesse dielétrico temos, no SI:

$$\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ N}^{-1} \text{ m}^{-2} \text{ C}^2$$

de onde:

$$K_0 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} = \frac{1}{4\pi \cdot 8,85 \cdot 10^{-12}}$$

$$K_0 \approx 9,0 \cdot 10^9 \text{ N m}^2 \text{ C}^{-2}$$

É comum encontrarmos os termos **permissividade relativa** ou **constante dielétrica**, denominações referentes a uma mesma grandeza, definida pela relação:

Fonte: Biscuola; Bôas e Doca (2007, p. 20).

Pode-se perceber que um indivíduo desatento poderia facilmente compreender que a formulação da Lei de Coulomb é fruto de um *insight* de um gênio (GARCIA, 2012) e, dessa forma, a produção do conhecimento científico em questão brotou pronta (ANDRADE; MARTINS, 2009).

Tal abordagem certamente constitui um problema em potencial ao ensino de Ciências, pois o professor, indubitavelmente, acaba concentrando esforços às equações e colocando as ideias em segundo plano, contribuindo, assim, para uma inércia de mitigação da importância do conhecimento científico (PIETROCOLA, 2009) e proporcionando, de certa forma, o enfraquecimento do interesse em *estudar Física* no aluno.

É importante lembrar que a articulação do personagem a leis e teorias, num contexto de isolamento do mesmo, pode oportunizar uma visão estereotipada do cientista, deixando, inclusive, de evidenciar a Ciência como um construto coletivo, resultado, quase sempre, de contraposição de argumentos e de contínuos debates entre os atores (CASTRO, 2009).

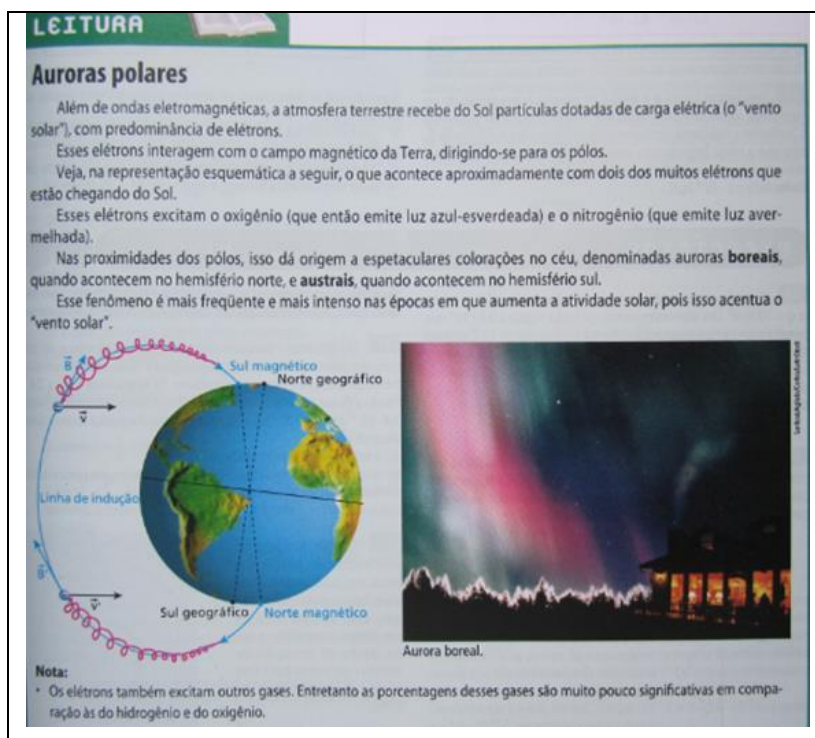
Quadro 6: Contingência de reforço de Skinner

| Descrição | Excertos observados no livro |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>Consiste em arranjar situações para que as respostas (comportamentos) do aluno sejam reforçadas, aumentando sua probabilidade de ocorrência (MOREIRA, 1999).</p> | <p>O livro apresenta espaços de leitura que podem ser observados nas páginas: 21, 22, 43, 46, 47, 243, entre outras.</p> |
| <p>Tecendo análise</p> | |
| <p>Esses espaços destacados no livro oportunizam possibilidades de se articular o conteúdo de Física, que está sendo apresentado, com a tecnologia, com o meio ambiente e com aspectos sociais, oferecendo uma abordagem mais contextualizada e interdisciplinar do assunto. Com isso, possibilita-se tornar o conteúdo significativo ao aluno, colocando o entendimento do assunto como um reforço que possibilite aumentar a frequência do comportamento de <i>estudar Física</i> nesse aluno. Dessa forma, esses interessantes espaços de leitura podem ser associados à ideia de contingência de reforço por oportunizarem situações que favoreçam o aumento da probabilidade de ocorrência da resposta desejada, <i>estudar Física</i>.</p> | |

Fonte: Elaborado pelos autores

A figura 4 socializa um dos espaços de leitura, do livro didático em questão, mencionados no quadro 6.

Figura 4 – Espaço de leitura no livro



Fonte: Biscuola; Bôas e Doca (2007, p. 243).

É importante dizer que a leitura é um interessante instrumento oportunizador de aprendizagem e que pode ser utilizada para auxiliar o indivíduo a refletir com criticidade diante de uma temática científica, formando, com a escrita, um conjunto de habilidades que precisa ser trabalhado pelos professores nas aulas de Ciências (JUNIOR; JÚNIOR, 2010).

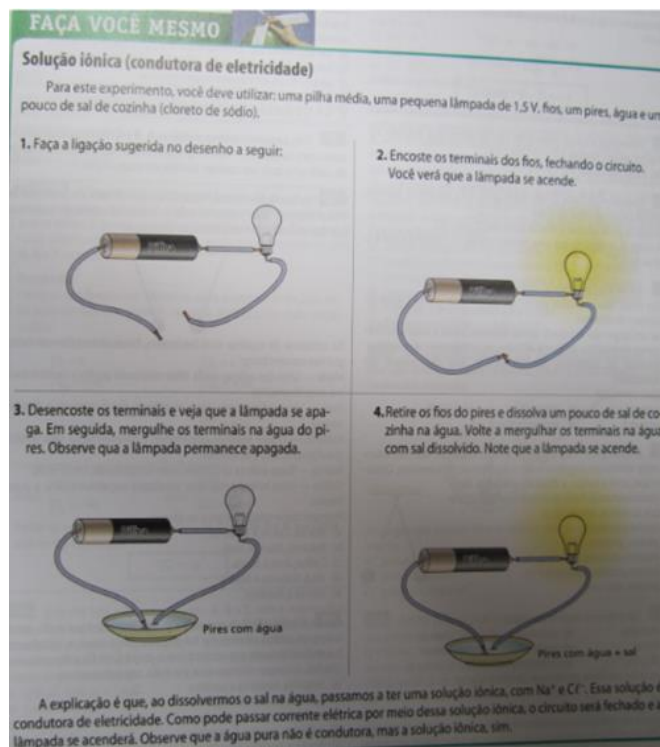
Assim, a leitura, oportunizada no contexto do livro, certamente, proporciona uma situação em que a resposta, estudar Física, por exemplo, tenha aumentada a probabilidade de sua ocorrência, isto é, a leitura, numa perspectiva skinneriana, pode ser interpretada como um reforçador (LEFRANCOIS, 2008) na medida em que o aluno pode, por meio dela, significar o conteúdo estudado vislumbrando utilizá-lo, inclusive, além dos muros da escola.

Apesar disso, existem estudos que apontam a utilização dos livros como suporte na resolução de exercícios em detrimento das atividades de leitura, enfatizando, assim, que tal atividade, a leitura de conteúdos científicos, praticamente não acontece com a utilização, como suporte, do livro didático (DA SILVA; GARCIA; GARCIA, 2011).

Ainda nessa perspectiva relativa à contingência de reforço salientada por Skinner, o livro ora investigado também apresenta espaços de valorização de procedimentos, isto é, oportuniza experimentos que podem ser realizados pelos alunos.

A figura 5 apresenta um esboço de um desses espaços apresentados no livro.

Figura 5 – Espaços procedimentais no livro



Fonte: Biscuola; Bôas e Doca (2007, p. 17).

Tais espaços podem ser interpretados como uma possibilidade de se minimizar a intensa separação entre Ciência e técnica, ressaltada por Andreas Vesalius em *De corporis humani fabrica* de 1543, que contribui, ainda hoje, para a divisão dos saberes, em especial os conhecimentos escolares, proporcionando, com isso, o empobrecimento inevitável da linguagem da Ciência (NEVES, 1988).

Mesmo que a experimentação ora apresentada possa configurar um exemplo simplificado de procedimento (NEVES; SAVI, 2000), não se pode negar a preocupação em valorizar o desenvolvimento de habilidades, vislumbrando tirar o aluno da passividade característica do ensino tradicional. Diante disso, pode-se entender que os espaços procedimentais apresentados no livro constituem-se em arranjos para que a resposta do aluno (*estudar Física*) seja reforçada e tenha aumentada a sua probabilidade de ocorrência (MOREIRA, 1999).

Quadro 7: Programar contingência para Skinner

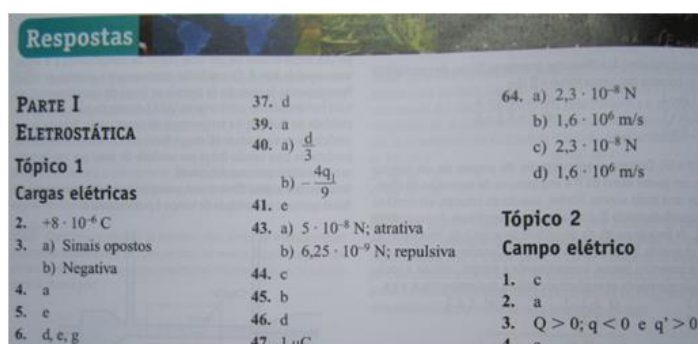
| Descrição | Excertos observados no livro |
|-----------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|
| Significa dar o reforço no momento apropriado (MOREIRA, 1999, p. 59). | O livro apresenta respostas para os exercícios no final, nas páginas: 384, 385, 386, 387,... |
| Tecendo análise | |

A resposta do exercício, no final do livro, pode nos remeter à máquina de ensinar de Skinner que apresentava imediatamente as respostas das questões ao aluno. Dessa forma, a resposta do exercício, no final do livro, certamente, possibilitará que o aluno caminhe, com o assunto a ser estudado, no seu ritmo, diminuindo indecisões e também ansiedades sobre o seu sucesso diante das resoluções. Com isso, o aluno não precisará estar sempre dependendo da presença do professor para conferir seus sucessos ou falhas.

Fonte: Elaborado pelos autores

A figura 6 socializa um excerto do livro apresentando respostas aos exercícios.

Figura 6 – Respostas dos exercícios do livro



| Respostas | | |
|-------------------------|--------------------------------------|------------------------------|
| PARTE I | 37. d | 64. a) $2,3 \cdot 10^{-8}$ N |
| ELETROSTÁTICA | 39. a | b) $1,6 \cdot 10^6$ m/s |
| Tópico 1 | 40. a) $\frac{d}{3}$ | c) $2,3 \cdot 10^{-8}$ N |
| Cargas elétricas | b) $-\frac{4q_1}{9}$ | d) $1,6 \cdot 10^6$ m/s |
| 2. $+8 \cdot 10^{-6}$ C | 41. e | Tópico 2 |
| 3. a) Sinais opostos | 43. a) $5 \cdot 10^{-8}$ N; atrativa | Campo elétrico |
| b) Negativa | b) $6,25 \cdot 10^{-9}$ N; repulsiva | 1. c |
| 4. a | 44. c | 2. a |
| 5. e | 45. b | 3. $Q > 0; q < 0$ e $q' > 0$ |
| 6. d, e, g | 46. d | 4. a |
| | 47. $1 \mu\text{C}$ | |

Fonte: Biscuola; Bôas e Doca (2007, p. 384).

É importante destacar que Skinner mencionava que grande parte dos nossos comportamentos forma-se em cadeias. Como exemplo, pode-se dizer que *estudar a Física escolar* necessita de uma variedade de ações sequenciais: pegar o livro didático, abrir o livro para encontrar o conteúdo, entender o formalismo das equações e resolver exercícios para estudar o assunto. Diante disso, Skinner ressaltava que com um reforçamento contingente, como as *respostas dos exercícios* nesse momento apropriado, acabaria reforçando toda a cadeia de comportamentos articulados à ação (LEFRANCOIS, 2008).

Quadro 8: Modelagem ou método de aproximações sucessivas de Skinner

| Descrição | Excertos observados no livro |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Processo gradual em que as respostas que se assemelham ao comportamento terminal são condicionadas até que o comportamento terminal seja condicionado (MOREIRA, 1999). | O livro apresenta exercícios em nível de complexidades diferentes, isto é, níveis: 1, 2 e 3 que podem ser observados nas páginas: 18 e 19; 23, 24, 25, 26, 27 e 28, entre outras. |
| Tecendo análise | |
| O livro apresenta os exercícios em diferentes níveis, oportunizando, assim, que o processo seja gradual, isto é, que o aluno tenha a possibilidade de evoluir de um estágio inicial, em que ele não | |

teria muita familiaridade com o objeto de conhecimento, para um estágio final em que o aluno seria competente.

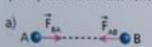
Fonte: Elaborado pelos autores

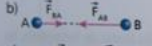
A figura 7 apresenta um esboço dos três níveis de exercícios, destacados no quadro 8.


Figura 7 – Exercícios em níveis de complexidades diferentes

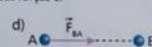
EXERCÍCIOS
NÍVEL 1

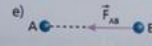
22 (PUC-SP) Suponha duas pequenas esferas A e B eletrizadas com cargas de sinais opostos e separadas por certa distância. A esfera A tem uma quantidade de carga duas vezes maior que a esfera B e ambas estão fixas num plano horizontal. Supondo que as esferas troquem entre si as forças de atração \vec{F}_{AB} e \vec{F}_{BA} , podemos afirmar que a figura que representa corretamente essas forças é:

a) 

b) 

c) 

d) 

e) 

Resolução:
Como as cargas têm sinais opostos, a interação entre elas é atrativa.

$Q = +4,0 \mu\text{C}$ $q = -3,0 \mu\text{C}$

$d = 6,0 \text{ cm} = 6,0 \cdot 10^{-2} \text{ m}$

Aplicando a **Lei de Coulomb** a essa interação, temos:

$$F_x = K \frac{|Qq|}{d^2}$$

Substituindo os valores conhecidos, vem:

$$F_x = 4,0 \cdot 10^{-6} \cdot 3,0 \cdot 10^{-6}$$

EXERCÍCIOS
NÍVEL 2

31 (Unifesp-SP) Uma estudante observou que, ao colocar sobre uma mesa horizontal três pêndulos eletrostáticos idênticos, equidistantes entre si, como se cada um ocupasse o vértice de um triângulo equilátero, as esferas dos pêndulos atraíam-se mutuamente. Sendo as três esferas metálicas, a estudante poderia concluir **corretamente** que:

- as três esferas estavam eletrizadas com cargas de mesmo sinal.
- duas esferas estavam eletrizadas com cargas de mesmo sinal e uma com carga de sinal oposto.
- duas esferas estavam eletrizadas com cargas de mesmo sinal e uma neutra.
- duas esferas estavam eletrizadas com cargas de sinais opostos e uma neutra.
- uma esfera estava eletrizada e duas neutras.

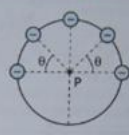


Figura 1




Figura 2

Se forem acrescentadas sobre o anel três outras cargas de mesmo módulo Q , mas positivas, como na figura 2, a intensidade da força elétrica no ponto P passará a ser:

- zero.

EXERCÍCIOS
NÍVEL 3

Fonte: Biscuola; Bôas e Doca (2007, p. 23, 24, 28).

Se o objetivo do professor é fazer com que o seu aluno tenha sucesso em resolver exercícios num nível alto de complexidade, o ambiente oferecido no livro, de certa forma, é “arranjado para facilitar a apresentação da resposta desejada” (LEFRANCOIS, 2008, p. 123).

Considerações finais

Observando-se a questão que norteia essa pesquisa, pode-se dizer que vários aspectos behavioristas se entremostam no livro *Tópicos de Física 3* e, entre eles, destacam-se: o método do estímulo incompatível de Guthrie; a lei do exercício de Thorndike; a aprendizagem de Watson; o reforço positivo de Skinner; o reforço negativo de Skinner; a contingência de reforço de Skinner; o programar contingência para Skinner e a modelagem ou método de aproximações sucessivas de Skinner.

A confirmação da hipótese desse estudo, de que o livro *Tópicos de Física 3* apresenta uma forte influência behaviorista, pode ser um interessante parâmetro para se levar em consideração no momento de adoção do mesmo pelos professores no ensino de Física, mas permite também questionar sobre tal influência noutros livros de Física e, inclusive, de Química, oportunizando caminhos para outras investigações, pois a valorização dos exercícios parece ser endêmica, não se restringindo ao livro ora estudado.

Investigações assim poderiam ser realizadas em livros utilizados para a formação do professor de Física, vislumbrando compreender, por exemplo, a contribuição behaviorista desses materiais à formação docente que se pauta pela racionalidade técnica e que coloca o professor como um técnico que reproduz conhecimento e pouco cria na educação. Afloram-se, com isso, outras indagações: a elaboração desses materiais é intencional, isto é, carregada de aspectos políticos, privilegiando o condicionamento em detrimento do cognitivismo e humanismo na Ciência? Por que o livro de Física parece tentar ocultar os caminhos que levariam a um entendimento melhor da Ciência, ou seja, o processo de Transposição Didática não poderia ter um distanciamento menor entre o *saber sábio* e o *saber a ensinar*?

Faz-se necessário refletir sobre essas questões, sobretudo pelos últimos resultados da avaliação do PISA¹¹ na área de Ciências e pelo momento em que na educação brasileira surgem propostas de exclusão de algumas áreas de conhecimentos interdependentes com a Física do currículo escolar, a Filosofia e a Sociologia. O pensar na Ciência e áreas afins parece ser temível e o livro de Física, de certa forma, reflete tal preocupação, pois parece oportunizar mais o condicionamento e menos a aprendizagem, priorizando, assim, uma visão mais reducionista e até dogmática do complexo conhecimento científico.

Por isso, nada melhor que utilizar uma ideia pavloviana para esboçar comentários concludentes desse estudo, pois assim como um comportamento pode ser fortemente fixado nas ações cotidianas dos alunos, não há a menor dúvida da possibilidade de se exterminá-lo quando não apropriado.

Com isso, fica claro que a prioridade na utilização de livros que apresentam grande quantidade de exercícios acaba fazendo com que o aluno *resolva exercícios*

¹¹ O Programa Internacional de Avaliação de Estudantes focou a avaliação de Ciências no ano de 2015. O Brasil participou da sexta edição e teve, novamente, resultados aquém dos desejados. Disponível em: < <http://portal.inep.gov.br/internacional-novo-pisa-resultados>>. Acesso em 25/12/2016.

em detrimento de respostas mais condizentes com as necessidades epistemológicas da Ciência. Por outro lado, uma preocupação em se adotar livros que valorizassem, por exemplo, mais a *dimensão investigativa*, característica da Ciência, poderia indubitavelmente colaborar não somente para melhorar o contato do aluno com a Ciência, mas para se atenuar um comportamento que parece hegemônico, diante da necessidade de se aprender Ciências, o de *resolver exercícios*.

Assim, na perspectiva skinneriana de contingência de reforço, seria interessante: a) oportunizar livros que priorizassem a dimensão investigativa da Ciência, a História e Filosofia da Ciência, aspectos ligados à contextualização e interdisciplinaridade do conteúdo científico, bem como reflexões epistemológicas da Natureza da Ciência em detrimento da valorização à resolução de exercícios memorizativos e matematizáveis; b) inserir o professor num intenso processo de formação inicial e continuada que vislumbresse adotar esses livros como um ponto de partida para se conceber uma mudança em suas ações, transitando de uma perspectiva culturalmente condutista para uma concepção mais norteadora no processo de ensino-aprendizagem.

Referências

- ANDRADE, C. S.; MARTINS, A. F. P. História e Filosofia da Ciência: contribuições aos professores das séries iniciais do ensino fundamental. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, VII, 2009, Florianópolis. **Atas... ABRAPEC, p. 1-12.** Disponível em: <<http://posgrad.fae.ufmg.br/posgrad/viienepec/pdfs/1261.pdf>>. Acesso em: 17/12/2016
- BARDIN, L. **Análise de conteúdo**. Edições 70. São Paulo: 2004.
- BISCUOLA, G. J.; BÔAS, N. V.; DOCA, R. H. **Tópicos de Física 3**. 17 ed. São Paulo: Saraiva, 2007.
- BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria da Educação Média e Tecnológica. **Parâmetros Curriculares Nacionais + (PCN+)** - Ciências da Natureza e suas Tecnologias. Brasília: MEC, 2002.
- BRASIL. Ministério da Educação (MEC), Secretaria de Educação Básica (SEB), Ciências da natureza, matemática e suas tecnologias. **Orientações Curriculares do Ensino Médio**. Brasília: MEC/SEB, 2006.
- CASTRO, R. S. de. Uma e outras histórias. In: CARVALHO, A. M. P. de. (Org). **Ensino de Ciências: Unindo a Pesquisa e a Prática**. São Paulo: Cengage Learning, 2009. cap. 6, p. 101-118.
- DA SILVA, E.F.; GARCIA, T.M.F.B.; GARCIA, N.M.D. O livro didático de Física está na escola. O que pensam os alunos do Ensino Médio? In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, VIII, 2011, Campinas. **Atas.... ABRAPEC, p. 582-91.** Disponível em:

<<http://www.nutes.ufri.br/abrapec/viiipec/resumos/R0582-1.pdf>>. Acesso em: 17/12/2016.

GARCIA, N. M. D. Livro didático de Física e de Ciências: contribuições das pesquisas para a transformação do ensino. **Educar em Revista**, Curitiba, v. ?, n. 44, p. 145-163, abr./jun. 2012. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/er/n44/n44a10.pdf>>. Acesso em: 11/02/2019.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

GRAF. **Física 3: Eletromagnetismo**. 5. ed. São Paulo: Edusp, 2012.

HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. **Fundamentos de Física**, Volume 4: óptica e física moderna. 9. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2012.

JUNIOR, W. E. F.; JÚNIOR, O. G. Leitura em sala de aula: um caso envolvendo o funcionamento da ciência. **Química Nova na Escola**, São Paulo, v. 32, n. 3, p. 191-199, ago. 2010. Disponível em: <http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc32_3/09-PE-8809_novo.pdf>. Acesso em: 11/02/2019.

KNIGHT, R. **Física 2: uma abordagem estratégica**. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2009.

LAKOMY, A. M. **Teorias Cognitivas de Aprendizagem**. 2. ed. Curitiba: Ibpex, 2008.

LEFRANCOIS, G. R. **Teorias da Aprendizagem: o que a velha senhora disse**. São Paulo: Cengage Learning, 2008.

MÁXIMO, A.; ALVARENGA, B. **Curso de física**. São Paulo: Scipione, 2000.

MOREIRA, M. A. **Teorias de Aprendizagem**. São Paulo: EPU, 1999.

NETO, J. M.; PACHECO, D. Pesquisa sobre o ensino e Física no nível médio no Brasil: concepção e tratamento de problemas em teses e dissertações. In: NARDI, R. (Org). **Pesquisas no Ensino de Física**. 2. ed. São Paulo: Escrituras Editora. 2001. cap. ?, p. 5-30.

NEVES, M. C. D. A História da Ciência no Ensino de Física. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 5, n. 1, p. 73-81, dez. 1988. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/ciedu/v5n1/a07v5n1.pdf>>. Acesso em: 11/02/2019.

NEVES, M. C. D.; SAVI, A. A. A sobrevivência do Alternativo: uma pequena digressão sobre mudanças conceituais que não ocorrem no ensino de Física. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 6, n. 1, p. 11-20, dez. 2000. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/ciedu/v6n1/02.pdf>>. Acesso em: 11/02/2019.

PIETROCOLA, M. Curiosidade e Imaginação – os Caminhos do Conhecimento nas Ciências, nas Artes e no Ensino. In: CARVALHO, A. M. P. de. (Org). **Ensino de Ciências: Unindo a Pesquisa e a Prática**. São Paulo: Cengage Learning, 2009. Cap. 7, p. 119-134.

PIETROCOLA, M. A Matemática como linguagem estruturante do pensamento físico. In: CARVALHO, A. M. P. de. et al. **Ensino de Física**. São Paulo: Cengage Learning, 2010. cap. 4, p. 79-106.

RICARDO, E. C. Problematização e contextualização no ensino de Física. In: CARVALHO, A. M. P. de. et al. **Ensino de Física**. São Paulo: Cengage Learning, 2010. cap. 2, p. 29-51.

ROCHA, J. N.; COSTA, T. M. L.; ALMEIDA, R. A. F. A percepção da ciência dos professores da educação básica. **Revista de Ensino de Ciências e Matemática**, v. 3, n. 3, p. 139-151, 2012. Disponível em: <<http://revistapos.cruzeirosul.edu.br/index.php/rencima/article/view/358/301>>.

Acesso em: 11/02/2019.

SOBRINHO, M. F.; CARNEIRO, M. H. da S. Newton e a decomposição da luz solar em um prisma: o que trazem os livros de ensino médio? **Revista de Ensino de Ciências e Matemática**, v. 5, n. 2, p. 35-55, 2014. Disponível em: <[file:///C:/Users/Usuario/Downloads/894-3358-1-PB%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/Usuario/Downloads/894-3358-1-PB%20(1).pdf)>. Acesso em: 11/02/2019.