
Resumo

FONTES, Daniel Trugillo Martins. Uma análise do ensino de eletromagnetismo a partir da teoria do ensino desenvolvimental de Davydov. 2020. 122f. Dissertação (Mestrado Educação em Ciências) – Interunidades em Ensino de Ciências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2020¹.

Daniel Trugillo Martins Fontes²

Contextualização

Na dissertação apresentamos um estudo que visa, a partir de uma perspectiva histórico-cultural, particularmente nos aportes teóricos da teoria do ensino desenvolvimental davydoviana, analisar o conteúdo do ensino do eletromagnetismo. A teoria do ensino desenvolvimental lapidada por Davydov e seu colaborador principal Daniil Elkonin nasce com as obras de Vigotski e na teoria da atividade de Leontiev (LIBÂNEO; FREITAS, 2017).

Vigotski (2007) diferencia os conceitos que são produzidos nas condições do ensino escolar (científicos), e propiciam a formação dos processos de generalizações e abstrações teóricas, e os conceitos cotidianos ou empíricos que são formados com base nas ações concretas da criança em seu cotidiano. Além disso, Vigotski defende que o desenvolvimento de funções psíquicas superiores é fruto de um fenômeno ativo de interiorização e apropriação do mundo exterior, mediado pela linguagem e pela cultura através de um processo dialético. Isto é, o conhecimento ocorre primeiramente no mundo social, recheado e inundado de signos para então se

¹ Dissertação desenvolvida no Programa de Pós-Graduação Interunidades em Ensino de Ciências, modalidade Física, da Universidade de São Paulo. Orientação do Prof. Dr. André Machado Rodrigues com período de estágio na *University College Copenhagen*, Dinamarca, sob orientação do Prof. Dr. Seth Chaiklin. A pesquisa contou com financiamento de dois anos de bolsa de pesquisa da CAPES.

² Licenciado em Física (IFUSP), Mestre em Ensino de Ciências (USP), editor de material didático. Programa de Pós-graduação Interunidades em Ensino de Ciências, Brasil. Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-4741-2067>. Email: daniel.fontes@usp.br.

transformar em conhecimento individual da criança. Rosa, Moraes e Cedro (2016, p. 174) pontuam que Davydov ainda adicionaria um pressuposto “os estudantes, ao compreenderem os princípios gerais de um conhecimento, saberão lidar com as variações particulares, com poucas intervenções do outro”.

Assim, Davydov reconhecia ao menos dois tipos de conhecimentos sociais: empírico e teórico, que são conectados e possuem especificidades distintas para o desenvolvimento da ciência (HEDEGAARD, 1996). Uma grande preocupação de Davydov e Elkonin era fazer com que as crianças obtivessem controle sobre o conteúdo que aprendiam na sala de aula, em outras palavras, que as crianças fossem capazes de lidar com o conteúdo de maneira autônoma. A importância do trabalho com o conteúdo para o planejamento do ensino é um ponto fundamental na teoria do ensino desenvolvimental (CHAIKLIN, 1999).

Na concepção teórica do ensino desenvolvimental, entende-se que o papel da escola é formar ambiente pedagógico de ensino que permita os estudantes desenvolver o pensamento teórico (PIOTTO; ASBAHR; FURLANETTO, 2017), para isso trabalha-se a aprendizagem e formação dos conceitos científicos (LONGAREZI; PUENTES, 2017; NÚÑEZ; OLIVEIRA, 2017).

Apresentado a contextualização teórica na qual a dissertação se pauta, podemos formular o problema de pesquisa: entendemos que para o ensino desenvolvimental devemos trabalhar com os conceitos teóricos, mas quais podem ser estes conceitos do ponto de vista do ensino de eletromagnetismo? Noutras palavras, quais podem ser as relações essenciais que permitem expressar os conteúdos teóricos quando consideramos o ensino de eletromagnetismo? Realizamos uma revisão da literatura e notamos que a escolha da teoria do ensino desenvolvimental como fundamentação teórica para análise do conteúdo de ensino do eletromagnetismo é inexistente.

Identificando as relações teóricas

Ao considerarmos que os conceitos científicos são fruto de uma construção lógica, histórica e cultural, a análise para compreensão da essência dos conceitos nos moldes da teoria do ensino desenvolvimental requer um estudo lógico

histórico da gênese e do desenvolvimento dos conceitos (BORGES, 2016).

Após análise de diversos manuais didáticos (PURCELL, 1970; HEWITT, 2002; MACHADO, 2000, 2002, 2006) e trabalhos que se propuseram a elaborar um modelo conceitual para conteúdos do eletromagnetismo (SALÉM, 1986; CUDMANI; FONTDEVILA, 1989; BAGNO; EYLON, 1997; MOREIRA, 2006; LABAS, 2016) percebemos que alguns conceitos de origem científica são mais presentes do que outros. Deste modo, destacamos para uma análise histórica, com ênfase nas interpretações dos protagonistas do eletromagnetismo do século XIX, os conceitos de que se referem à carga elétrica, campo eletromagnético, força elétrica, potencial elétrico, corrente elétrica, indução eletromagnética e ondas eletromagnéticas. Como apresentado, a teoria do ensino desenvolvimental necessita que delimitemos aquelas relações centrais de um determinado conjunto de um conteúdo (leis, definições, expressões matemáticas). Portanto, há relações que sustentam todos esses conceitos de origem científica? Quais elas podem ser e de que forma elas se relacionam e se concretizam?

Com as idas e vindas entre os modelos eletromagnéticos desenvolvidos na Europa continental e na Grã-Bretanha, notamos que as relações de *movimento*, *variação* e *interação*, são essenciais à estruturação das fundações físicas teóricas que permitiram – e permitem – a compreensão dos fenômenos relacionados ao eletromagnetismo. Portanto, através de uma reconstrução histórica, mostramos que mesmo que o “agente” tenha sido identificado e interpretado através de diversos nomes e significados (alma, virtude, chhi, fluido, fluídos, vórtices, éter, partículas), eles parecem ser construídos sob essas mesmas relações.

Neste sentido, por exemplo, descreve-se o *movimento* de uma agulha imantada quando há a *passagem* de uma corrente elétrica. A noção de *corrente elétrica* já foi interpretada como um *único fluido*, ou *fluídos invisíveis*, ou *interação entre íons*, ou *partículas invisíveis* até chegar ao conceito moderno de *fluxo de elétrons*. Embora os “agentes” mudassem por conta da linguagem utilizada por um mesmo físico ou entre diferentes físicos (DARRIGOL, 2000; BEZERRA, 2006), o apelo à ideia de “movimento de algo” ou “passagem de algo” estava presente nos diferentes discursos, de diferentes personagens ao longo da construção histórica do

conceito de corrente elétrica. Realizamos semelhante análise para justificar que o mesmo pode ser dito em relação à noção da *interação*.

Discussão: como tenho energia elétrica em casa?

No último capítulo da dissertação mostramos algumas possibilidades de concretização das relações gerais abstratas do conteúdo do eletromagnetismo na compreensão de alguns fenômenos que circundam o tema da energia elétrica, em particular, esquentar a comida no microondas. Este tema circunda diversas questões das práticas sociais e condiz com fundamentos davydovianos uma vez que estamos preocupados com a explicação de eventos e situações concretas de vida dos escolares (HEDEGAARD; CHAIKLIN, 2005).

As relações que envolvem os conceitos teóricos direcionam a atenção para o estudo do eletromagnetismo conforme o interesse escolhido pelo professor em consonância com os interesses dos alunos e da sociedade. Enfatizamos que o ensino escolar ao enfatizar a criação, manipulação, e aplicação dos conceitos teóricos, concebidos segundo a teoria do ensino desenvolvimental, reconhece o contínuo processo de abstração e concretização.

Assim, por exemplo, pode levar os estudantes que se questionam “como minha comida esquenta no microondas?” para uma abstração geral inicial “como você [aluno] tem energia elétrica?”. Com isso, poderíamos começar relacionando uma noção de *movimento* “algo acontece para a energia elétrica *chegar* aqui em casa”. Com o suporte do professor, trabalha-se a abstração do conceito de movimento de uma maneira ampla, com diferentes exemplos no eletromagnetismo, para então aplicá-lo ao problema investigado “o que se movimenta *no nosso caso*?”. Ora, o movimento está tanto na conversão de energia – energia mecânica da queda d’água em energia elétrica, no caso da hidrelétrica – quanto na transmissão da energia elétrica.

Em nosso caso vimos que não é *qualquer movimento* que nos interessa, mas sim aquele capaz de produzir uma *variação*. Variação do quê? Do campo magnético ou da corrente em um condutor. Nesse momento, novamente com a

ajuda do professor e colegas, ascende a um abstrato mais generalizado “o que significa variar um campo magnético ou uma corrente elétrica? Variar no espaço? No tempo? A intensidade? O ângulo? A quantidade de carga?”.

Destacando-se tais parâmetros de análise, volta-se a um “novo concreto”, modificado, no qual os alunos devem ser estimulados a pensarem e produzirem de maneira criativa e autônoma “qual máquina produz determinada variação? Como eu [aluno] posso melhorar essa máquina ou imaginar uma diferente? Quais são alguns dos desafios da engenharia para obter tal equipamento? Quais foram os processos históricos que culminaram na criação e no uso de tal máquina pela sociedade atual? Por que essa máquina não surgiu antes na história da humanidade? O que faltava e o que se alterou em nosso conhecimento? Qual a relação custo-benefício das máquinas que temos? Há outras máquinas que geram energia elétrica de forma menos danosa ao meio ambiente? Diferentes sociedades ou culturas utilizam as mesmas ou outras máquinas? Como a máquina de determinado local ou sociedade funciona? De que maneira a relação *variação* está presente nessas máquinas?”. É evidente que a profundidade de investigação e a autonomia dos alunos devem ser dosadas conforme o grau de instrução e o objetivo da atividade de ensino.

Uma vez determinado o(s) conceito(s) inicial(is) de análise então questiona-se “como esse conceito se apresenta no exemplo do microondas? Algo *interage*? O que e como? Como eu posso investigar essa relação? Temos o suficiente para compreender o fenômeno? Como se forma e se desenvolve o fenômeno do eletromagnetismo a partir do uso do microondas?” E então volta ao concreto, um novo concreto, ampliado, complexificado. Esse movimento de vaivém é perpétuo e caracteriza o pensamento teórico que esperamos da educação escolar em geral, e do ensino de ciências em particular.

Ou seja, segundo Davydov (1990) temos que o pensamento teórico é realizado em duas formas básicas: i) é feita uma generalização teórica, a partir da lógica que estrutura conteúdo, na qual estabelece a essência do objeto em questão. Noutras palavras, a generalização teórica é expressa na forma dos conceitos teóricos, das relações essenciais (CHAIKLIN, 1999). Com isso, analisa-

se dados reais relacionados à lógica do conteúdo do eletromagnetismo (por exemplo, para acender um LED precisamos de uma corrente elétrica, que por sua vez precisa de uma diferença de potencial ou da variação de um campo magnético) e, considerando o problema social da obtenção de energia elétrica (quais relações que estão presentes para acender o LED são centrais para compreender, o problema da geração e consumo de energia elétrica numa residência da capital de São Paulo?) fomos capazes de identificar as relações essenciais considerando o ensino de eletromagnetismo.

A segunda forma básica ii) se dá na exposição das contradições dos conceitos teóricos e uma determinação para sua aplicabilidade em casos concretos. Nesse momento, há a ascensão da essência abstrata (as relações *movimento*, *variação*, *interação*) para unidades concretas: o *movimento* de queda d'água em uma hidrelétrica para *movimentar* um rotor que permite a *variação* do campo magnético, o *movimento* de elétrons em cabos condutores até as casas, onde se encontra um microondas que permite uma *interação* entre o campo eletromagnético e a matéria, permitindo a *variação* da temperatura do prato de comida no microondas.

Destacamos como principais conclusões desse trabalho a possibilidade de diálogo entre a teoria de Davydov e o ensino de Eletromagnetismo a fim de promover o pensamento teórico a partir do trabalho de um modelo teórico. Também investigamos uma situação de análise desses conceitos concretizando-os na geração, transmissão e utilização da energia elétrica. Acreditamos que a dissertação possa oferecer reflexões contribuindo com os poucos trabalhos que exploram sínteses entre a teoria de Davydov e o ensino de Física.

Referências

- BAGNO, E.; EYLON, B. From problem solving to a knowledge structure: An example from the domain of electromagnetism. In: *American Journal of Physics*, v. 65, n. 726, p. 726-736, 1997. DOI: <https://doi.org/10.1119/1.18642>.
- BEZERRA, V. A. Maxwell, a teoria do campo e a desmecanização da física. In: *Scientiae Studia*, v. 4, n. 2, p. 177-220, 2006. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S1678-31662006000200003>.

BORGES, L. B. *Ensino e aprendizagem de física: contribuições da teoria de Davydov*. 154f. Tese (Doutorado em Educação). Pontifícia Universidade Católica de Goiás. Goiânia, 2016.

CHAIKLIN, S. Developmental teaching in upper-secondary school. In: HEDEGAARD, M. e LOMPSCHER, J. (Org.). *Learning activity and development*. Aarhus: Aarhus University Press, p. 187-210, 1999.

CUDMANI, L. C.; FONTDEVILA, P. Física básica: a organização de conteúdos no ensino aprendizagem do eletromagnetismo. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, v. 6, n. 3, p. 196-210, 1989.

DARRIGOL, O. *Electrodynamics from Ampère to Einstein*. Londres: Oxford University Press, 2000.

DAVYDOV, V. V. *Problems of developmental teaching: the experience of theoretical and experimental psychological research*. Soviet Education, v. XXX, nº 8, 1988.

DAVYDOV, V. V. *Types of Generalization in Instruction: Logical and Psychological Problems in the Structuring of School Curricula*. Virginia: National Council of Teachers of Mathematics, 1990.

HEDEGAARD, M. How Instruction Influences Children's Concepts of Evolution, *Mind, Culture, and Activity*, v. 3, n. 1, p. 11-24, 1996. DOI: https://doi.org/10.1207/s15327884mca0301_3.

HEDEGAARD, M.; CHAIKLIN, S. *Radical-local teaching and learning: a cultural-historical approach*. Aarhus; Oakville: Aarhus University Press, 2005.

HEWITT, P. G. *Física conceitual*. Porto Alegre: Artmed Editora, 2002.

LABAS, M. *Uma proposta de abordagem histórico-experimental da lei de indução eletromagnética de Faraday à luz da teoria da aprendizagem significativa*. 2016. 194f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Física) Universidade Estadual de Ponta Grossa. Ponta Grossa, 2016.

LIBANEO, J.C.; FREITAS, R. A. M. M. Vasily Vasilyevich Davydov: a escola e a formação do pensamento teórico-científico. LONGAREZI, A. M. e PUENTES, R. V. (Org.). *Ensino desenvolvimental: vida, pensamento e obra dos principais representantes russos*. 3ª ed. Uberlândia: EDUFU, p.331-366, 2017.

LONGAREZI, A.M.; PUENTES, R.B. Ensino desenvolvimental: vida, pensamento e obra dos principais representantes russos. In: LONGAREZI, A. M. e PUENTES, R. V. (Org.). *Ensino desenvolvimental: vida, pensamento e obra dos principais representantes russos*. 3ª ed. Uberlândia: EDUFU, p. 21-25, 2017.

MACHADO, K. D. *Teoria do eletromagnetismo*. Volume 1. Ponta Grossa: Editora UEPG, 2000.

MACHADO, K. D. *Teoria do eletromagnetismo*. Volume 2. Ponta Grossa: Editora UEPG, 2002.

MACHADO, K. D. *Teoria do eletromagnetismo*. Volume 3. Ponta Grossa: Editora UEPG, 2006.

MOREIRA, M. A. *Mapas conceituais e diagramas V*. Porto Alegre: Ed. do Autor, 2006.

NÚÑEZ, I. B.; OLIVEIRA, M. D. *Ya. Galperin: a vida e a obra do criador da teoria da formação por etapas das ações mentais e dos conceitos*. In: LONGAREZI, A. M. e Puentes, R. V. (Org.). *Ensino desenvolvimental: vida, pensamento e obra dos principais representantes russos*. 3ª ed. Uberlândia: EDUFU, p. 283-313, 2013.

PIOTTO, D. C.; ASBAHR, F. S. F.; FURLANETTO, F.R. Significação e sentido na psicologia histórico-cultural: implicações para a educação escolar. MOURA, M. O. (Org.). In: *Educação escolar e pesquisa na teoria histórico-cultural*. São Paulo: Loyola, p. 101-123, 2017.

PURCELL, E. M. *Eletricidade e magnetismo*. Curso de Física de Berkeley. São Paulo: Edgard Blucher Ltda, 1970.

ROSA, J. E.; MORAES, S. P. G.; CEDRO, W.L. As particularidades do pensamento empírico e do pensamento teórico na organização do ensino. In: MOURA, M. O. (Org.). *A atividade pedagógica na teoria histórico-cultural*. Campinas: Autores Associados, p.155-176, 2016.

SALÉM, S. *Estruturas conceituais no ensino de física: uma aplicação à eletrostática*. 1986. 245f. Dissertação. (Mestrado Ensino de Ciências). Instituto de Física e Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, 1986.

VIGOTSKI, L. S. *Pensamiento y habla*. Tradução Alejandro Ariel González. Buenos Aires: Colihue, 2007.

Recebido em agosto de 2020.
Aprovado em setembro de 2020.