

## BOBINA DE TESLA E OUTROS ORGANIZADORES AVANÇADOS AUSUBELIANOS PARA O ENSINO DE ELETRODINÂMICA

### TESLA COIL AND OTHER AUSUBELIAN ADVANCED ORGANIZERS FOR TEACHING ELECTRODYNAMICS

Antony M. M. Polito<sup>1</sup>, Ingrid de S. R. Duarte<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Universidade de Brasília/ Instituto de Física/antony.polito@gmail.com

<sup>2</sup> Secretaria de Educação do Distrito Federal/CEMAB/ingynilton@ingridduarte.com.br

#### Resumo

Na busca de estratégias para aperfeiçoar a aquisição, a retenção e a utilização do conhecimento em eletromagnetismo, apresentamos as principais ideias associadas com uma abordagem ausubeliana que faz uso do conceito de *organizador avançado*. Nosso principal objetivo é abordar a eletrodinâmica segundo a sua *interpretação causal*, desenvolvendo progressivamente os conceitos gerais de eletrostática, de magnetostática e de eletrodinâmica. Atribuímos a função de organizadores avançados a cada um dos experimentos – o *gerador de Van de Graaff*, o *eletroímã*, o *experimento de Faraday*, culminando com a *bobina de Tesla* – conjuntamente articulados com os seus respectivos diagramas e esquemas conceituais, construídos com base nos diagramas conceituais que estruturam as subáreas concernentes. Tais organizadores avançados devem ser articulados de modo a serem partes integrantes de uma sequência de aprendizagem, de tal modo que os potenciais subsunçores possam ser progressivamente providos e, finalmente, assimilados.

**Palavras-chave:** Indução Eletromagnética, Campo Eletromagnético, Bobina de Tesla, Aprendizagem Significativa, Organizadores Avançados.

#### Abstract

Searching for strategies to improve the processes of acquisition, retention and utilization of knowledge in electromagnetism, we present the main ideas associated with an ausubelian approach that take advantage of the concept of *advanced organizer*. Our main goal is to address the electrodynamics in accordance with the *causal interpretation*, progressively developing the general concepts of electrostatics, magnetostatics and electrodynamics. We attribute the function of advanced organizers to each one of the experiments – the *Van de Graaff generator*, the *electromagnet*, the *Faraday's experiment*, culminating with the *Tesla coil* – conjointly articulated with their respective conceptual diagrams and schemes, build from the conceptual diagrams that structure the corresponding subareas. These advanced organizers must be articulated as integrated pieces of a learning sequence, in such a way that the potential subsumers can be progressively provided and, eventually, assimilated.

**Keywords:** Electromagnetic Induction, Electromagnetic Field, Tesla Coil, Meaningful Learning, Advanced Organizes.

## Introdução

Apresentamos os resultados ulteriores do desenvolvimento de uma *estratégia ausubeliana para o ensino do eletromagnetismo*, cujas ideias se articulam em torno de *experimentos como base para a construção de organizadores avançados*, o principal deles apresentando grande valor técnico, didático e histórico: a *bobina de Tesla*. Essa abordagem foi aplicada, inicialmente, na elaboração de um *produto educacional*, no âmbito do MNPEF-Polo UnB (DUARTE, 2019). A bobina de Tesla consiste em um conjunto de dois solenoides indutivamente acoplados (um *transformador ressonante*), cuja operação permite gerar campos eletromagnéticos de elevada intensidade. É um dispositivo cuja riqueza conceitual e o potencial didáticos são enormes. Com ele, é possível estudar todas as leis fundamentais e os fenômenos básicos da eletrodinâmica clássica, de forma completamente integrada.

Julgamos que esse tipo de estratégia apresenta vantagens, sobretudo quando se considera o alto grau de fragmentação que caracteriza a apresentação dos conteúdos do eletromagnetismo, no Ensino Médio. A proliferação de casos particulares desarticulados – e de fórmulas isoladas, para cada um deles – parece contribuir para a confusão conceitual dos estudantes e para sua dificuldade de aplicação do conhecimento adquirido para além da mera repetição dos esquemas já apresentados – quando estes não são, rápida e definitivamente, esquecidos.

A sequência de aprendizagem originalmente desenvolvida envolveu uma escalada, em estágios sucessivos, que lançou mão, extensivamente, de organizadores avançados (AUSUBEL, 2000). O objetivo foi seguir na direção de ganhar cada vez mais amplitude e generalidade, mas também detalhamento e especificidade – “*montando*”, *conceitualmente, a bobina de Tesla, a partir de três experimentos mais elementares* –, com o fim de chegar a abordar toda a fenomenologia e a teoria do eletromagnetismo, de modo concreto e integrado, ainda que, eminentemente, qualitativo. Aspectos quantitativos podem ser explorados, em muitos graus de profundidade, de acordo com necessidades e circunstâncias específicas.

De todo modo, nosso objetivo, aqui, não é descrever uma sequência didática, analisar uma aplicação ou fazer um estudo de caso. Nosso trabalho é teórico e propositivo. A ideia é mostrar como é possível utilizar os organizadores avançados elaborados para sustentar não uma, mas muitas possíveis sequências didáticas. A menção a uma sequência didática específica – aquela que deu suporte ao produto educacional desenvolvido – serve apenas para chamar a atenção para um fato importante: para satisfazer as exigências da teoria ausubeliana, os organizadores devem operar *contextualmente*, para permitir que o aprendiz, saindo de um determinado estágio de conhecimento bem definido, possa atingir um estágio final, igualmente bem definido. A estrutura que consideramos a mais adequada para articular o conjunto de organizadores avançados é, precisamente, uma sequência didática. Cada sequência didática elaborada é um caminho possível para alcançar o estágio final. E esses caminhos podem ser diferentes, ainda que os organizadores sejam os mesmos, pois tudo depende dos objetivos instrucionais que se tem em mente e do material instrucional que se tem à disposição.

## Teoria de Aprendizagem Significativa de David Ausubel

No momento de se decidir por um enquadramento teórico, na prática educacional, que faça uso de alguma *teoria psicológica de aprendizagem*, é

fundamental ter em mente o que se quer e o que se supõe ser o processo de aprendizagem, para não aderir de modo acrítico a esquemas de explicação que não espelhem o conjunto prévio de *pressupostos normativos* assumidos pelo educador (POLITO, COELHO, 2018). Seguindo Ausubel, na sua *teoria de aprendizagem significativa*, partimos dos pressupostos de que (i) o pensamento conceitual, proposicional e categórico só é possível se ele for fundado em uma estrutura cognitiva altamente hierarquizada, em que as representações conceituais e proposicionais estejam organizadas e articuladas em graus crescentes de generalidade e de abstração; e de que (ii) a capacidade crítica e reflexiva do pensamento deve ser uma função direta dos graus de amplitude, sofisticação e integração dos elementos da estrutura cognitiva.

Isso posto, quando se pensa em aprendizagem significativa, é natural concentrar-se em estratégias pedagógicas que busquem produzir mudanças nessas estruturas, mas que levem em consideração, primordialmente, seu modo hierárquico de organização. Supõe-se que, quando esse requisito é cumprido, as estratégias pedagógicas aumentam consideravelmente suas rapidez e eficiência no processo de modificação substancial e estável das estruturas cognitivas (AUSUBEL, NOVAK, HANESIAN, 1980; AUSUBEL, 2000). No que se refere à eficiência e à rapidez do processo de aprendizagem, Ausubel defende a superioridade da aprendizagem por recepção sobre a aprendizagem por descoberta. E isso se deve justamente ao fato de, supostamente, ser a estrutura cognitiva hierarquizada. Se tal suposição for verdadeira, o ensino baseado na exposição sistemática a materiais instrucionais externa e hierarquicamente organizados parece ser logicamente o mais adequado para conduzir o processo de assimilação que tire máxima vantagem da *potencial homogeneidade* entre as estruturas conceituais interna e externa aos sujeitos.

Um conceito fundamental, na teoria de Ausubel é o de *subsunção*. O subsunção é um objeto conceitual interno – uma representação conceitual ou proposicional – que funciona como uma *estrutura potencialmente assimiladora*, onde objetos conceituais externos podem ser conectados para, em seguida, interagir com o restante da estrutura, modificando-a. Logo, é necessário que os subsunções existam na estrutura cognitiva dos sujeitos e estejam prontos para se relacionar de forma determinada e substantiva com o conhecimento externo. Na ausência dos requeridos subsunções, Ausubel destaca a importância do uso dos *organizadores avançados*. Eles são materiais instrucionais que devem ser capazes de prover os subsunções ausentes, mas devem, sobretudo, atuar como mediadores que permitam efetuar sua conexão imediata com o novo conhecimento. Muito embora devam já apontar para as particularidades desse novo conhecimento, os organizadores avançados só devem funcionar como efetivos estruturadores do processo de assimilação se eles próprios tiverem uma estrutura mais geral e inclusiva do que aquela do conjunto de objetos conceituais externos a serem assimilados.

### **Subsunções e Organizadores Avançados para o Ensino de Eletrodinâmica**

O produto educacional originalmente elaborado consistiu de uma sequência de aprendizagem, em oito etapas, cujo objetivo era abordar, de modo gradativamente mais integrado, todas as leis do eletromagnetismo, por meio de uma sucessão de organizadores avançados – *aí incluídos cada um dos experimentos, articulados com os seus respectivos esquemas de funcionamento e diagramas*

*conceituais, construídos com base em diagramas teóricos que estruturam todas as subáreas do eletromagnetismo clássico.* Os organizadores avançados, por si sós, não podem constituir, evidentemente, toda a sequência didática, mas são pontes essenciais para conectar os materiais instrucionais que, por sua vez, devem introduzir sistematicamente a teoria e suas aplicações.

A despeito da liberdade que se tem de produzir sequências didáticas ausubelianas, é estritamente necessário que pelo menos uma de suas etapas seja dedicada à prospecção dos potenciais subsunçores requeridos. Tais subsunçores estão associados com os seguintes conceitos, os quais supomos suficientemente gerais: (i) *matéria, portadora de inércia e de propriedades que permitem sua interação com campos*; (ii) *campo de forças (estático), ente imaterial que atua sobre a matéria por meio de forças*; (iii) *força produzida por um campo (estático) sobre a matéria*; (iv) *carga-fonte* (propriedade da matéria, geradora de um campo de forças); (v) *carga-teste* (propriedade da matéria, enquanto sujeita à ação da força produzida por um campo); (vi) *corrente* (carga em movimento); (vii) *causalidade*; (viii) *sistemas de referência* e (ix) *propagação ondulatória*. Tais subsunçores são supostos terem sido obtidos previamente através do estudo da mecânica e da gravitação newtonianas.

Os organizadores avançados, propriamente ditos, foram distribuídos, na sequência original, respectivamente, nas etapas que vão da segunda até a sexta. Sua descrição detalhada – experimentos, diagramas e esquemas conceituais – e os principais passos que seguimos na execução dessas etapas estão descritos na dissertação de mestrado que apresenta o produto educacional (DUARTE, 2019). A título de completeza, observamos que a sétima etapa da sequência original foi constituída por atividades de detecção dos campos eletromagnéticos produzidos pela bobina de Tesla, por meio de antenas (linear e circular), enquanto a oitava etapa foi destinada à prospecção de indícios de aprendizagem significativa.

### ***Eletrostática e Magnetostática: Gerador de Van de Graaff e Eletroímã***

Os dois primeiros organizadores avançados, utilizados para prover conceitos basilares de *eletrostática* e de *magnetostática*, foram os conjuntos de *instrumentos didáticos* elaborados em torno do *gerador de Van de Graaff* (no regime estático) e do *eletroímã* (no regime estacionário). *Sua utilização precípua deve se dar precisamente quando houver a constatação de que os potenciais subsunçores requeridos – acima listados – não se encontram suficientemente desenvolvidos.*

Seus diagramas de conceitos organizam o material mais *específico* – os conceitos de *campo* e de *força eletrostáticas*, de *campo magnetostático*, de *força magnética*, de *cargas elétricas positiva e negativa* (como propriedades especiais *portadas* por determinados tipos de matéria), de *correntes elétricas positiva e negativa* (como movimentos dos respectivos portadores de carga) e de *condutores e isolantes* (materiais que permitem ou não o movimento dos portadores de carga) – em termos daqueles potenciais subsunçores, cujo conteúdo é mais *genérico*.

O gerador (carregado, estático) e o eletroímã (regime estacionário) são organizadores avançados não apenas do tipo *expositivo*, mas também do tipo *comparativo*, porque sua comparação com o funcionamento da bobina de Tesla permitirá enfatizar os conceitos mais avançados, onde os campos são dinâmicos. A explicação da eletrostática (magnetostática) a partir do gerador de Van der Graaff (eletroímã) envolve diretamente apenas duas leis, que especificam o divergente e o rotacional do campo elétrico (magnético) como *vínculos*, mas não implicam

nenhuma dinâmica. Todos esses fatos devem ser explicados, de maneira eminentemente *qualitativa* e, ainda que não seja possível definir os conceitos matemáticos de divergência e de rotacional, é possível e é necessário fornecer o seu conteúdo *intuitivo*.

O gerador de Van der Graaf representa o âmbito da eletrostática apenas no regime em que já está completamente carregado. Da mesma forma, o eletroímã representa o âmbito da magnetostática apenas quando as correntes são estacionárias. Porém, ao final de uma sequência, é interessante voltar a ambos para realizar o que Ausubel chamava de *reconciliação integradora*, mostrando que o gerador, em *processo de carregamento*, e o eletroímã, em *regime de correntes variáveis*, também produzem campos elétricos e magnéticos *dinâmicos*.

### ***Indução Eletromagnética e Causalidade: o Experimento de Faraday***

O terceiro organizador avançado elaborado serve para introduzir, pela primeira vez, o campo da *eletrodinâmica* – conjunto de todos os fenômenos envolvidos na interação *dinâmica* entre cargas e correntes elétricas – e o fenômeno de *indução eletromagnética*, porém, de uma perspectiva mais *geral*. Isso significa discutir os problemas relacionados com a *descrição causal em diferentes sistemas de referência* e as *propagações locais de causalidade implicadas pela dinâmica dos campos*.

Ao contrário do que se costuma encontrar em livros-texto mais elementares, a explicação fundamental do fenômeno de indução eletromagnética deve levar em consideração não apenas a *lei de Faraday-Maxwell* ou a *lei de força de Lorentz* – a depender do sistema de referência utilizado –, mas também a *lei de Ampère-Maxwell*, pois, sem o acoplamento de ambas as equações dinâmicas, não existe propagação local de causalidade (SAVAGE, 2012). De acordo com nossa abordagem ausubeliana, é fundamental introduzir os conceitos de *causalidade* e de *sistema de referência* como potenciais subsunçores para compreender a eletrodinâmica, de onde surge o *papel precípua do experimento de Faraday*, enquanto organizador avançado.

O experimento clássico que ilustra esse conceito se constitui do movimento relativo entre um magneto (ou um eletroímã) e um circuito condutor secundário (conectado com um galvanômetro). Em geral, o objetivo consiste apenas em apresentar a indução eletromagnética como uma forma alternativa para a geração de corrente elétrica num condutor – por movimento relativo e não pela imposição de uma d.d.p., por meio de baterias, como já deve ser conhecido pelos estudantes. Se todo o objetivo fosse apenas esse, seria suficiente invocar a *lei geral de indução*, que *associa* a criação de uma força eletromotriz à variação total do fluxo de campo magnético através do circuito secundário. A lei geral de indução vale para qualquer situação de movimento relativo, mas fazer uso dela é adequado somente quando não há interesse algum em discutir a causalidade envolvida no fenômeno.

Porém, se queremos ir além e explicar qual é o verdadeiro papel causal desempenhado pela variação do fluxo de campo magnético, é preciso fazer uma opção entre dois caminhos pedagógicos possíveis: ou se adere a uma explicação não causal, baseada em “ação instantânea à distância” – o que equivale a uma descrição *efetiva*, mas, a rigor, *falsa*, do fenômeno de indução eletromagnética – ou se discute a propagação local de causalidade envolvida na dinâmica dos campos.

Nesse último caso, é preciso introduzir explicações diferenciadas. No caso em que o magneto (eletroímã) é estacionário e o circuito secundário se move, a lei



que deve ser invocada é a lei de força magnética. No caso em que o circuito secundário é estacionário e o magneto (eletroímã) é que se move, a geração de corrente se deve à dinâmica de propagação dos campos e, nesse caso, além da lei de força elétrica, tanto a lei de Faraday-Maxwell quanto a lei de Ampère-Maxwell devem ser invocadas. (Estamos ignorando, nessas situações, as ações das forças eletromagnéticas internas entre as cargas no interior dos condutores, que surgem em virtude de suas acelerações, bem como suas mútuas forças de reação.)

É fundamental explicar que essas diferenciações se devem ao fato de que as *explicações causais* estão associadas à escolha de um determinado sistema de referência inercial, a partir do qual os fenômenos são *observados*, e que nenhuma corrente elétrica pode surgir, no referencial em que as cargas elétricas estão inicialmente em repouso, sem a presença de um campo elétrico. Portanto, a corrente elétrica induzida, no caso do condutor estacionário, deve ser produzida por um campo elétrico induzido. Se apenas queremos estabelecer a conexão *instantânea* entre o movimento do magneto e a geração de corrente induzida no condutor, então, aparentemente, apenas as leis de Faraday-Maxwell e a lei de Ampère (sem corrente de deslocamento) são suficientes – tudo se passaria como se as correntes carregassem *rigidamente* o campo magnético e esse movimento global fosse *instantaneamente* acompanhado pela geração de campo elétrico induzido.

Porém, essa explicação é, a rigor, equivocada, pois elimina o caráter dinâmico dos campos. A explicação baseada exclusivamente na lei de Faraday-Maxwell (ainda que com o suporte da lei de Ampère) só é (relativamente) aceitável no caso de movimentação do magneto em baixas velocidades, mas, todo o conteúdo causal, associado à propagação local, é perdido. Isso, aliás, tem gerado o equívoco conceitual de se afirmar que a causa da produção de um campo elétrico induzido é a variação temporal do fluxo de campo magnético, quando, em primeiro lugar, em processos envolvendo “ação à distância” – ou seja, instantâneos –, não faz sentido falar em causa e efeito: ambos os processos são simultâneos e o que há é uma mera correlação espaço-temporal (HILL, 2010, 2011). Em segundo lugar, uma interpretação causal da lei de Faraday-Maxwell diz exatamente o *oposto*: a *causa* é o surgimento de rotacional não nulo de campo elétrico e o *efeito* é a variação temporal do campo magnético (SAVAGE, 2012).

A explicação causal correta do processo indutivo envolvido no experimento de Faraday é a seguinte: quando o magneto (ou o eletroímã) se movimenta, ocorre a movimentação conjunta das correntes eletrônicas (elétricas). Essa movimentação local das correntes é equivalente a uma variação espaço-temporal na densidade local de correntes. Pela lei de Ampère-Maxwell, a variação local da densidade de correntes *causa* uma variação temporal local do campo elétrico. Mas, sendo a variação local, automaticamente o campo elétrico desenvolve localmente rotacional não nulo, o que, pela lei de Faraday-Maxwell, *causa* a variação temporal local do campo magnético. Essa variação temporal do campo magnético vem acompanhada de rotacional não nulo, retroalimentando a variação temporal do campo elétrico, a partir da lei de Ampère-Maxwell, o que dá sequência ao processo, retroalimentando a variação temporal do campo magnético, a partir da lei de Faraday-Maxwell.

A propagação conjunta de variação temporal dos campos elétrico e magnético mutuamente induzidos – chamados *campos retardados* – atinge o circuito condutor, mas é o campo elétrico que, pela lei de força elétrica, promove, finalmente, uma corrente elétrica induzida. Como o pulso de variação temporal de campo magnético induzido acompanha o pulso de campo elétrico induzido, é fácil cometer o

equivoco de associá-lo a uma causa, mas ele não tem – e nem pode ter – papel causal algum, nessas circunstâncias.

### ***Eletrodinâmica: Efeitos Imediatos do Acoplamento Indutivo na Bobina de Tesla***

Curiosamente, embora a explicação causal do experimento de Faraday envolvendo movimento relativo seja bastante convoluta, no caso da bobina de Tesla, essa explicação se torna relativamente simples, pois ambos os circuitos estão em repouso e a variação na densidade de correntes é produzida não pela sua movimentação relativa, mas sim pela aplicação de potência externa a um dos circuitos. Novamente, podemos optar por dois caminhos: se queremos descrever o processo de acoplamento indutivo como um processo não causal, mas efetivo, de “ação à distância” e, portanto, simultâneo, é suficiente invocar a lei de Faraday-Maxwell (com o suporte da lei de Ampère). Por outro lado, se queremos explicar o acoplamento indutivo através de propagação local de causalidade, devemos também invocar, conjuntamente, as leis de força e a lei de Ampère-Maxwell. De todo modo, ainda que, no acoplamento indutivo entre as bobinas, a explicação causal possa ser evitada, em favor de uma descrição efetiva, isso já não será possível no caso da explicação da geração de *ondas eletromagnéticas*, a longas distâncias, pela oscilação da bobina de Tesla – o que estamos chamando de *efeitos remotos*.

Seja qual for a opção que se faça, a bobina de Tesla é o quarto organizador avançado da sequência e serve para introduzir, pela primeira vez, os conceitos e os fenômenos de *produção de campos eletromagnéticos variáveis no tempo* e de *propagação ondulatória de campos eletromagnéticos*. O experimento da bobina de Tesla pode ser compreendido, conceitualmente, como sendo dividido em três partes, para cujo entendimento é necessário invocar todas as leis do eletromagnetismo.

A primeira parte refere-se ao fenômeno de acoplamento indutivo entre as bobinas primária e secundária. Todo o fenômeno é dirigido pelo circuito primário, que gera uma corrente alternada no circuito secundário. A segunda parte da estrutura conceitual do experimento da bobina de Tesla só depende, na sua maior parte, do comportamento da bobina secundária. O primeiro efeito da corrente alternada é uma acumulação alternada de cargas, no topo da bobina secundária, que gera, em todo o espaço, um campo elétrico variável no tempo, oscilante. O segundo efeito da corrente alternada é a produção de campo magnético variável, em virtude da corrente alternada que percorre ambas as bobinas.

A propósito, a etapa cinco da sequência original consistia na apresentação dessas duas primeiras partes – os *efeitos imediatos* do acoplamento indutivo – por meio do experimento e de seus esquemas e diagramas conceituais. O padrão dinâmico dos campos elétrico e magnético, produzidos apenas por esses efeitos imediatos, pode ser visualizado através de uma interessante simulação da bobina de Tesla<sup>1</sup>.

A terceira parte também só depende, na sua maior parte, do comportamento da bobina secundária. Ela tem a ver com a propagação local de campo eletromagnético, por meio de mútuas induções – explicada conjuntamente pelas leis de Faraday-Maxwell e de Ampère-Maxwell –, o qual é observado no infinito como uma onda irradiada. Essa terceira parte foi apresentada nas etapas seis e sete da sequência originalmente elaborada.

---

<sup>1</sup> Disponível em: < <https://www.youtube.com/watch?v=VrUQjQEMho4> > . Acesso em 6 de out. de 2017.

### ***Campos Eletromagnéticos e Efeitos Remotos: Comparação entre a Bobina de Tesla, o Gerador de van de Graaff e o Eletroímã***

Na etapa seis, da sequência original, a ideia geral foi fazer uma comparação entre os princípios de funcionamento e os efeitos produzidos no gerador de Van de Graaff e no eletroímã, por um lado, e na bobina de Tesla, por outro, por meio do cotejamento entre seus respectivos diagramas de conceitos e de circuitos. Embora não julguemos essa comparação estritamente necessária, ela é uma excelente oportunidade para tornar ainda mais versátil a utilização dos organizadores, agora, com o objetivo de salientar as analogias e as diferenças que existem entre a geração de campo eletrostático e de campo magnetostático, no gerador e no eletroímã, e a geração de campos elétrico e magnético dinâmicos (alternantes), por acumulação de cargas na cúpula da bobina de Tesla e pela passagem de corrente alternada na bobina secundária.

Em seguida, pode-se salientar ainda mais a diferença entre os três experimentos, mostrando um fenômeno que o gerador de van der Graaff e o eletroímã não podem produzir: a saber, campos eletrodinâmicos e ondas eletromagnéticas. Deve-se explicar que a geração de campos elétricos dinâmicos, via acoplamento indutivo, tem como efeito a formação de campos magnéticos dinâmicos induzidos, e vice-versa, propagando-se ponto a ponto, pelo espaço, explicados conjuntamente pelas leis de Faraday-Maxwell e de Ampère-Maxwell. Por fim, pode-se observar que esses campos podem, em princípio, ser detectados e que fornecem a base para o entendimento do fenômeno da transmissão de informação, via ondas eletromagnéticas.

### **Referências**

AUSUBEL, D. P. **The Acquisition and Retention of Knowledge: a Cognitive View**. Netherlands: Springer Science+Business Media Dordrecht, 2000.

AUSUBEL, D. P.; NOVAK, J. D.; HANESIAN, H. **Psicologia Educacional**. 2a. ed. Rio de Janeiro: Editora Interamericana, 1980.

DUARTE, I. S. R. **Geração e Detecção de Campos Eletromagnéticos por meio da bobina de Tesla: uma Proposta de Ensino a partir de Organizadores Avançados Ausubelianos**. Dissertação de Mestrado, Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA, 2019.

HILL, S. E. Rephrasing Faraday's Law. **The Physics Teacher**, v. 48, p. 410-412, 2010.

HILL, S. E. Reanalyzing Ampère-Maxwell Law. **The Physics Teacher**, v. 49, p. 343-345, 2011.

POLITO, A. & COELHO, A. L. M. B. Referenciais teóricos na pesquisa em ensino de física e o caso da teoria ausubeliana. Trabalho completo apresentado no **XVII Encontro de Pesquisa em Ensino de Física** – Campos do Jordão, SP, agosto de 2018.

SAVAGE, C. Causality in Classical Electrodynamics. **The Physics Teacher**, v. 50, p. 226-228, 2012.