

ONDAS ELETROMAGNÉTICAS, CIRCUITOS E ANTENAS: UMA PROPOSTA DE ENSINO QUE BUSCA A COMPLEXIFICAÇÃO DO CONHECIMENTO COTIDIANO.

Rogério Vogt Cardoso dos Santos^a (vogtcs@yahoo.com)
Nelson Fiedler-Ferrara^b (ferrara@if.usp.br)

^aInstituto de Física, Universidade de São Paulo

^bInstituto de Física, Universidade de São Paulo

RESUMO

O desenvolvimento da ciência e as suas respectivas aplicações tecnológicas ocorrem com tamanha rapidez que o sistema de ensino atual raramente consegue contemplar a inserção desses novos conteúdos no Ensino Médio. Especialmente no ensino de física, os conteúdos ensinados estão muito distantes da realidade vivencial cotidiana do aluno. O presente trabalho apresenta uma proposta de ensino de eletromagnetismo no nível médio, estruturadas em ciclos de aprendizagem, com o objetivo de complexificar o conhecimento cotidiano dos alunos. Busca-se diminuir a distância entre a física ensinada e as tecnologias atuais. Esta proposta, cujo conteúdo aborda a geração, emissão, propagação e recepção de ondas eletromagnéticas, foi testada em curso de capacitação oferecido para professores da Rede Pública de Ensino.

INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas o conhecimento científico e tecnológico experimentou um grande desenvolvimento em quase todas as áreas do conhecimento. A sofisticação tecnológica nos mostra que o uso do telefone celular, por exemplo, uma realidade inimaginável há trinta anos atrás é, nos dias de hoje, tão comum para qualquer cidadão quanto portar uma calculadora. Paralelamente ao avanço da ciência, o desenvolvimento do ensino de ciências, e em especial o da física, retrata bem pouco essa tendência de evolução.

Freqüentemente nas escolas de Ensino Médio os professores se deparam com perguntas feitas pelos seus alunos como “o que aciona a tv quando pressiono o botão do controle remoto?” ou “como funciona o forno de microondas?”. Essas indagações, pertinentes no contexto de uma aula de física, revelam a vontade do aluno em buscar explicações para os fenômenos do seu cotidiano.

A ciência que ensinamos hoje pouco contempla os desenvolvimentos tecnológicos do século XX, os quais estão presentes em nosso dia-a-dia. Isso evidencia a ineficiência do sistema de ensino atual. Apesar de presentes nos livros didáticos, esses temas são, em geral, tratados apenas em seções de “leituras complementares”. Em particular, essa ausência se sente no ensino da teoria do eletromagnetismo em nível médio. Essa teoria, como é bem sabido, consolidou-se no último quarto do século XIX com o trabalho de James Clarck Maxwell. Apesar disso, algumas de suas aplicações, como, por exemplo, as transmissões de rádio e tv e a telefonia celular, são timidamente exploradas no Ensino Médio.

Pietrocola *et al* (2000) reforça que os alunos não conseguem perceber a vinculação do conhecimento escolar com seu mundo vivencial. A falta de relação com o cotidiano faz com que os estudantes não atribuam significado a tais conhecimentos e,

por isso, não tomam tais proposições como seus problemas e não se motivam em buscar as respostas.

A ineficiência de se inserir no ensino de ciências esses conteúdos, que embasam as explicações dos equipamentos do mundo moderno, revela que estamos deixando de aproveitar uma oportunidade preciosa de levar para as salas de aula um ensino mais ajustado e compatível com a ciência e tecnologia atuais, sem descaracterizar e omitir os conhecimentos já adquiridos no passado (Angotti, 1994).

Considerando-se que um bom sistema educativo é aquele que se manifesta sensível às diferentes demandas sociais e às exigências de um mundo em constante evolução e que, portanto, deve estar atento à adequação de sua oferta às novas necessidades, é evidente ser imprescindível a inclusão de novos conteúdos de aprendizagem no currículo escolar (e a exclusão de outros menos significativos) (Zabala, 2002).

As Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais (Brasil, 2002) trazem indicativos de como compor os *currícula*. De acordo com essas orientações, o Ensino Médio deve ser capaz de preparar o estudante para a vida, qualificar o aluno para a cidadania e proporcionar a ele uma certa “autonomia de aprendizado”, seja em nível superior ou no mercado de trabalho.

Nessa perspectiva, os estudantes deverão ter, ao final do Ensino Médio, adquirido a formação necessária para compreender e participar do mundo em que vivem, o que significa que o ensino não deve se limitar à compreensão da física em si, mas deve proporcionar ao aluno compreender as conseqüências de sua utilização e suas implicações econômicas, culturais e sociais, buscando uma visão mais abrangente para a formação de um cidadão, independentemente do papel profissional que esse desenvolverá na sociedade.

Nesse sentido, o trabalho foi concebido com a intenção de colaborar para construção de metodologias que explorem tópicos do eletromagnetismo, com uma abordagem voltada para o cotidiano do aluno, através de atividades divididas em unidades de ensino.

A proposta também faz uso de pluralismo metodológico, aqui chamado de multi-abordagem, termo que designa o uso de diferentes recursos didáticos – atividade experimental, simulação por computador, atividades lúdicas, textos e exposição teórica. A multi-abordagem tem sido utilizada para a introdução de tópicos de ciência contemporânea no Ensino Médio, como é o caso da teoria do caos determinístico (Uema e Fiedler-Ferrara, 2005; Uema, 2005) e de fractais (Coelho e Fiedler-Ferrara, 2005).

A visão a respeito do ensino vivenciado pelos estudantes, durante o seu processo de formação, pode estar estruturada com base em diferentes hipóteses. Este trabalho compartilha, a respeito do ensino, em particular do de física, a idéia de complexificação do conhecimento cotidiano (García 1998), onde o conhecimento escolar se determina pela integração transformadora das diversas formas de conhecimento, adotando um princípio de complementaridade, propondo uma integração e evolução conjunta do conhecimento cotidiano e conhecimento científico, dando origem a um conhecimento cotidiano complexificado escolar.

Esta visão admite que o conhecimento cotidiano, obtido no contexto cotidiano, é aplicado, no contexto escolar, com os aportes do conhecimento científico. O conhecimento escolar é visto, então, como conhecimento cotidiano enriquecido ou

complexificado (García, 1998). Esse conhecimento complexificado se aplica tanto ao contexto escolar como ao contexto cotidiano.

As dimensões e transições consideradas na construção de um pensamento complexo (García, 1998) no âmbito dos processos cognitivos implicados supõe passar de um pensamento implícito para um explícito, de uma primazia do perceptivo, evidente, presente e imediato para o reconhecimento do pouco evidente, do inferido e do possível, do reconhecimento e manejo dos fenômenos do mesocosmo para o reconhecimento e manejo do micro e macrocosmo, de uma perspectiva única para o poliperspectivismo ou descentramento. No âmbito do conhecimento metadisciplinar pretende-se passar de uma causalidade linear para uma visão que inclua a interação, a reversibilidade e a complementaridade, de uma organização aditiva do mundo para uma organização sistêmica do mundo, da ordem rígida e do equilíbrio estático para uma ordem flexível e para um equilíbrio dinâmico.

A apresentação desta proposta de ensino, que trata de ondas eletromagnéticas, sua propagação, emissão e recepção através das antenas, pretende favorecer a complexificação do conhecimento cotidiano dos alunos. Essa proposta, destinada a alunos de Ensino Médio, é feita tendo-se em mente serem complementares às abordagens curriculares tradicionais, embora não necessariamente prescindam dessas.

METODOLOGIA DE CONSTRUÇÃO DA PROPOSTA DE ENSINO

A metodologia de ensino da proposta aqui apresentada está estruturada segundo ciclos de aprendizagem (Lawson, 2001). Os ciclos de aprendizagem são divididos em três fases distintas: a primeira fase, a de exploração; a segunda fase, a de introdução de novo conceito; e a última fase, de aplicação do conceito (Fig. 1).



Fig. 1 – Estrutura dos Ciclos de Aprendizagem.

Durante a fase de exploração, os estudantes aprendem com suas próprias ações e reações enquanto exploram materiais e idéias novas. A exploração deve levantar perguntas, complexidades e contradições. As explorações podem também conduzir à identificação de relações entre grandezas, por exemplo, relações direta ou inversamente proporcionais.

A segunda fase inclui a introdução de um ou mais conceitos novos. Ela reflete a necessidade da diferenciação e classificação levantada na fase de exploração. Os termos podem ser introduzidos pelo professor, pelo livro texto, por um vídeo, ou por um outro meio.

Durante a fase de aplicação do novo conceito, os estudantes utilizam os termos e/ou os novos padrões de raciocínio aos contextos adicionais. A aplicação do conceito é

necessária para estender a escala de sua aplicabilidade e dos novos padrões de raciocínio. Sem tais aplicações, os significados podem permanecer restritos aos exemplos usados em sua introdução inicial. Além disso, segundo Lawson (2001), as aplicações ajudam os estudantes cuja reorganização conceitual ocorre mais lentamente do que a média, ou que não relacionaram adequadamente a explanação original do professor às suas experiências.

A arquitetura apresentada pelos ciclos de aprendizagem revela uma estrutura lógica de ensino do tipo *se ? logo ? portanto*, sendo reiniciada após o seu término por uma nova exploração.

O uso de ciclos de aprendizagem nesse trabalho se justifica. A aprendizagem de conceitos novos não é um processo puramente abstrato. Ela está intimamente relacionada com a habilidade de testar e gerar idéias e rejeitar outras que possam conduzir a contradições. Dessa forma, a aprendizagem de um novo conceito pode ser entendida como uma construção que passa de uma forma de conhecimento declarativo ou figurativo para uma forma de conhecimento processual ou operativo (Piaget, *apud* Lawson, 2001). Essa construção depende em parte da habilidade de se testar e gerar idéias, ficando a “construção” desse conceito mais fácil de ocorrer.

Os ciclos de aprendizagem, estruturados em três fases, favorecem ao aluno obter, no final do ciclo, conhecimento processual, tendo em vista que a fase de aplicação de um novo conceito convida o aluno à geração de idéias, além de oferecer oportunidades para testar os conceitos introduzidos.

A PROPOSTA DE ENSINO

A proposta de ensino (Tabela I) foi concebida iniciando-se com uma Atividade Introdutória. Após essa, seguiram-se três Unidades de Ensino, assim divididas: propagação de ondas; ondas eletromagnéticas e circuitos oscilantes; e antenas. Por fim foi feita, à guisa de síntese, uma Atividade de Conclusão relacionando os conteúdos das Unidades de Ensino com aqueles de problematização da Atividade Introdutória. No final da Atividade de Conclusão os participantes foram convidados a responderem o questionário pós-atividade.

Momentos da Seqüência de Ensino	Conteúdo	Tempo estimado
Atividade Introdutória	Contextualização/Problematização do Tema.	50 minutos
Unidade 1	Propagação de Ondas	200 minutos
Unidade 2	Geração de Ondas Eletromagnéticas e Circuitos Oscilantes	200 minutos
Unidade 3	Antenas	200 minutos
Atividade de Conclusão	Discussão Final sobre as Atividades. Questionário pós-atividade	50 minutos

Tabela I – Proposta de ensino.

A Atividade Introdutória teve como objetivo a contextualização/problematização relativa ao tema que foi abordado. Ela visou levantar questões e dúvidas cotidianas a respeito do conteúdo de geração, emissão, propagação e recepção de ondas eletromagnéticas. As três Unidades de Ensino, subseqüentes à Atividade Introdutória, constituem, cada uma delas, um ciclo de aprendizagem com suas três fases: exploração, introdução de um novo conceito e aplicação do conceito.

A Unidade 1 – propagação de ondas – está subdividida em três fases. A primeira fase (exploração), considerou o fato de que as ondas eletromagnéticas de diferentes

comprimentos de onda (e conseqüentemente de diferentes frequências) possuem comportamentos distintos quanto à reflexão, refração etc. Para evidenciar esse aspecto, fez-se o uso de uma atividade lúdica, com uma gaiola de Faraday (Daniele e Comedi, 2002), onde os participantes foram convidados a refletirem a respeito de quais características das ondas são relevantes para a explicação do fenômeno. Na segunda fase, introdução de novos conceitos, foram introduzidos os conceitos relativos às ondas, levantados na fase de exploração, bem como algumas de suas propriedades. Os conceitos de frequência, comprimento de onda e velocidade de propagação foram tratados e, posteriormente a essa análise, foram vistos gráficos de algumas ondas “reais”. Esses gráficos mostram registros produzidos por medidores de maré, figuras de ondas sonoras relacionadas a sons de instrumentos musicais e figuras de uma tela de um osciloscópio, com o registro da tensão alternada da rede elétrica. Aos participantes foi proposto, ao analisarem as figuras, que discutissem e levantassem características de cada uma dessas ondas, além de que fossem feitos alguns cálculos elementares para determinação de frequência, período e comprimento de onda. Nessa mesma fase de introdução de novos conceitos, a refração foi abordada através do uso de uma experiência de demonstração com uma cuba vertical preenchida com água e fumaça. Abordou-se o desvio da trajetória de um raio laser, bem como o ângulo crítico (limite). Na terceira e última fase (aplicação de um conceito novo) foi discutido o uso das diferentes faixas de frequência do espectro eletromagnético, que é a aplicação dos conceitos de frequência e comprimento de onda antes introduzidos, utilizando-se um texto a respeito do tema. Foi trabalhado, nesta terceira fase, o fato de que diferentes faixas de frequência do espectro eletromagnético possuem características intrínsecas de propagação, reflexão e refração, que determinam os diferentes usos e aplicações no cotidiano (Brasil, 2004; Rios, 1982; Siwiak, 1995; Straw, 1994). A seguir foi feita uma apresentação da utilização de cada uma das faixas de radiofrequência, salientando que seu uso está vinculado às suas respectivas características de propagação. As delimitações dessas faixas também seguem leis regulamentadas pela Agência Nacional de Telecomunicações (Brasil, 2004), fato que foi evidenciado nessa etapa do trabalho. A estrutura da primeira Unidade de Ensino é resumida na Tabela II.

Fases dos Ciclos de Aprendizagem	Conteúdo
I. Fase de exploração	Utilização da gaiola de Faraday para introduzir a discussão sobre as características das diferentes faixas de frequências (comprimento de onda).
II. Introdução de um novo conceito	Introdução dos conceitos de frequência, comprimento de onda e velocidade de propagação. Refração em cuba vertical: desvio na trajetória da onda e ângulo crítico. Análise de figuras de ondas “reais”.
III. Aplicação do conceito	Análise do espectro eletromagnético e suas respectivas utilizações, com foco em radiofrequência. Texto sobre propagação de ondas eletromagnéticas.

Tabela II – Unidade 1 – Propagação de Ondas.

A Unidade 2 – ondas eletromagnéticas e circuitos oscilantes – também foi dividida em três fases. Na primeira (exploração), foi feito um experimento similar à experiência de Hertz (Annunziato, 2005), realizado com material *piezoelétrico*, régua e papel alumínio. Nesse experimento foi constatada a existência de ondas eletromagnéticas que acionaram um circuito capaz de acender uma lâmpada à distância. Seu objetivo foi de se explorar o que realmente estava se propagando de um ponto a outro. Além disso, nessa discussão, houve a intenção de se relacionar a diferença entre uma onda eletromagnética e uma onda mecânica. A segunda fase (introdução de um novo conceito) tratou da fenomenologia relacionada às leis de indução eletromagnética (GREF, 1993), mais especificamente a lei de Faraday e a lei de Ampère-Maxwell.

Discutiu-se, então, a lei de Faraday em termos da variação temporal do campo magnético e a lei de Ampère-Maxwell em termos da variação temporal do campo elétrico. Posteriormente, com o uso dessas leis, analisou-se a formação de uma onda eletromagnética em uma antena de dipolo, com os campos elétricos e magnéticos oscilantes propagando-se por indução eletromagnética. Finalmente foi mostrada, com o uso de simulação por computador, a visualização do modelo de onda eletromagnética. Na última fase (aplicação do conceito) foi discutido o funcionamento do circuito indutor-capacitor (LC). Fez-se isso através de simulação por computador, onde o professor-pesquisador alterava parâmetros do circuito, em especial a capacitância do capacitor e a indutância do indutor, mudando-se assim a frequência de ressonância do circuito. As conseqüências para a sintonização de uma estação de rádio específica foram observadas e analisadas. Analogamente, através do circuito oscilante da estação de rádio emissora, abordou-se as oscilações das cargas elétricas no circuito oscilante da antena transmissora gerando a onda eletromagnética. Essas análises permitiram, no final dessa etapa, a discussão a respeito da geração e recepção das ondas e o funcionamento do rádio. Os participantes foram então convidados a enrolar uma bobina, como tarefa prévia para a confecção do Rádio Galena, que foi realizada após a Unidade 3. A estrutura da segunda Unidade de Ensino é mostrada na Tabela III.

Fases dos Ciclos de Aprendizagem	Conteúdo
I. Fase de exploração	Demonstração de um experimento similar ao de Hertz provando a existência de ondas eletromagnéticas.
II. Introdução de um novo conceito	Introdução das leis de Faraday e Ampère-Maxwell. Utilização de simulação para visualização de modelo de onda eletromagnética.
III. Aplicação do conceito	Discussão do circuito LC com simulação por computador e a geração e detecção das ondas eletromagnéticas.

Tabela III – Unidade 2 – Geração de ondas eletromagnéticas e circuitos oscilantes.

A Unidade 3 – antenas – assim como as duas unidades anteriores, também foi dividida em três fases. A primeira fase (exploração) foi introduzida através da proposição do seguinte problema – Necessita-se sintonizar um canal de televisão. Como escolher a melhor antena para isso? Apresentou-se e discutiu-se a importância, no cotidiano, de diferentes tipos de antena usadas nas residências e nos edifícios, questionando-se o que é uma antena e qual a sua função.

Na segunda fase (introdução de um novo conceito) discutiu-se os principais parâmetros que definem uma antena como o comprimento de onda da radiação recebida por cada tipo de antena, as relações desse comprimento de onda com o tamanho das antenas, introduzindo o conceito de comprimento elétrico. Analisou-se, também, a posição das mesmas em relação às antenas transmissoras para a introdução do conceito de polarização. Por fim, discutiu-se a melhor orientação da antena através da utilização do conceito de diretividade.

Esta etapa do trabalho envolveu quase todos os conceitos vistos nos blocos anteriores pois faz menção às propriedades das ondas bem como às características das ondas eletromagnéticas e suas interações com a matéria.

Na aplicação do conceito, última fase, foram explicadas com detalhes as antenas de dipolo, Yagi-Uda (“espinha de peixe”) e sistemas de “antenas inteligentes”. Os principais problemas do cotidiano enfrentados pelo uso das ondas eletromagnéticas em radiofrequência como interferência do sinal, região de sombra e queda de sinal na telefonia celular foram também discutidos.

Com o intuito de enfatizar o entendimento dos três blocos, os participantes realizaram a montagem de um Rádio Galena (GREF, 1993), no final da Unidade 3. A estrutura da terceira Unidade de Ensino é mostrada na Tabela IV.

Fases dos Ciclos de Aprendizagem	Conteúdo
I. Fase de exploração	Apresentação e discussão, através de uma questão, a importância, no cotidiano, de diferentes tipos de antena (antenas linear, Yagi-Uda, parabólica e radar) para a recepção de ondas eletromagnéticas.
II. Introdução de um novo conceito	Discussão dos parâmetros relevantes para o projeto de uma antena: comprimento da onda eletromagnética transmitida/recebida, comprimento elétrico, polarização, formato, diretividade.
III. Aplicação do conceito	Discussão de como devem ser posicionadas as antenas transmissora e receptora de rádio. Explicação da antena linear, Yagi-Uda e “antenas inteligentes”. Montagem do Rádio Galena.

Tabela IV – Unidade 3 – Antenas.

Assinale-se que, do ponto de vista da proposta completa de ensino (ver Tabela I), as três unidades de aprendizagem, respectivamente, correspondem também às três fases do ciclo de aprendizagem, isto é, exploração, introdução de um novo conceito, e aplicação do conceito. Com efeito, trabalhar-se com antenas e rádio receptor na Unidade 3 é a aplicação dos conceitos de ondas eletromagnéticas e circuitos oscilantes, tratados na Unidade 2, e essa consiste introdução de novos conceitos relativamente às explorações com propagação de ondas feitas na Unidade 1. Assim, cada unidade é estruturada segundo ciclos de aprendizagem, mas o conjunto das três unidades também constitui um ciclo de aprendizagem na perspectiva da proposta completa.

Finalizando a seqüência de ensino, procedeu-se à Atividade de Conclusão, promovendo discussões a respeito dos conteúdos abordados nas três Unidades, retomando-se as questões levantadas na Atividade Introdutória.

ANÁLISES E RESULTADOS

A proposta de ensino foi testada oferecendo-se um curso de capacitação para professores de Ensino Médio, realizada na Escola Estadual “Professora Maria Aparecida Ferreira”, em Poá, São Paulo. Foram convocados professores que lecionaram ou estivessem lecionando a disciplina Física em sua escola de origem.

A Atividade Introdutória e a Atividade de Conclusão foram construídas a partir de um mesmo conjunto de cinco questões, propostas antes das Unidades de Ensino e retomadas após a Unidade 3. Pretendeu-se, assim procedendo, evidenciar elementos que pudessem avaliar se, após a atividade, houve complexificação do conhecimento cotidiano dos alunos-professores. Os temas das cinco questões-problema abordados estão indicados na Tabela V.

Na Atividade Introdutória, os professores foram estimulados a responderem às cinco questões fazendo uso de seus conhecimentos prévios, e de suas experiências do dia-a-dia.

As respostas fornecidas pelos alunos-professores revelaram a influencia dos conhecimentos prévios e cotidianos para dar conta dos problemas propostos. Apesar do fato de que algumas explicações terem sido fornecidas, essas eram, na maior parte das vezes, superficiais e incompletas, quando não errôneas. Quando questionados pelo professor-pesquisador, que apontava as inadequações ou insuficiências das respostas, os professores buscavam refletir e propor novas explicações, as quais, na maioria das vezes, eram também incorretas ou insuficientes.

Pergunta	Temas
1	Propagação das ondas pela ionosfera
2	Propagação das ondas via satélite
3	Sintonia de uma estação de rádio
4	Captação do sinal de TV por uma antena
5	Razões da queda de sinal em um telefone celular

Tabela V – Temas das questões.

Como exemplos citamos o conteúdo de algumas das respostas dos professores. Na primeira questão - Uma antena transmissora de rádio AM emite ondas eletromagnéticas de uma certa frequência (ponto A). Dois ouvintes, portanto radinhos de pilha, desejam captar o sinal emitido. O primeiro, no ponto B, não consegue captar o sinal e, o segundo, no ponto C, mais distante, consegue! Por que isso ocorre? – as respostas convergiram para a explicação de que o receptor B não está alinhado com a antena transmissora, não podendo receber os sinais, enquanto o receptor C recebe os sinais porque está alinhado com a antena. Trata-se de uma explicação inadequada, já que não leva em conta a possibilidade de que o receptor C receba as ondas de rádio por reflexão na ionosfera.

Em resposta a terceira questão - Um ouvinte, para escutar música, liga seu rádio de pilhas e estende a antena do aparelho. Se as ondas de várias estações de rádio atingem a antena do aparelho rádio-receptor, por que apenas uma é ouvida? Como que é feita a sintonia de uma estação? – alguns professores disseram que o circuito do aparelho receptor é capaz de alterar a frequência das ondas emitidas, como se o receptor controlasse as características físicas das ondas por eles captadas, o que está incorreto.

Na quarta questão - Um morador mora a meio caminho entre as antenas transmissoras de dois canais de TV. Esse morador deseja captar o sinal dos dois canais em seu aparelho. Como fazer para sintonizar perfeitamente ambos os canais? Como posicionar a antena receptora no telhado de sua casa? Essa antena não irá sofrer interferência dos dois sinais? Qual a solução? – os professores propuseram que cada vareta da antena seria capaz de sintonizar um canal diferente, o que também é incorreto.

Na quinta e última questão - Por que às vezes o telefone celular fica sem sinal? Por que às vezes só se consegue sinal em determinados locais e em outros não? – as respostas dos professores foram corretas no sentido de revelar uma das razões da queda do sinal, o fenômeno de interferência. Contudo, a maioria dos professores não conseguiu explicar o que é ou como se dá essa interferência.

Na Atividade de Conclusão, após os trabalhos com as três Unidades de Ensino, as questões foram retomadas. As explicações fornecidas pelos professores, referentes à terceira questão, por exemplo, foram enfáticas propondo que a alteração da indutância do indutor ou a capacitância do capacitor altera a frequência de ressonância do circuito LC. Afirmaram também os professores que quando a frequência da onda for igual à frequência de oscilação do circuito, ocorre ressonância e o sinal, relativo aquela estação de rádio, é amplificado. Ainda como exemplo, em relação à última questão, eles argumentaram que as ondas percorrem caminhos diferentes até chegar ao usuário, sendo que a diferença entre as distâncias percorridas pelas ondas pode causar interferência destrutiva, degradando o sinal.

Esses exemplos, ao lado de outros que não podem ser aqui narrados por falta de espaço, permitiram-nos constatar que as explicações dos fenômenos foram fornecidas utilizando-se os aportes do conhecimento científico pelo uso dos conceitos explorados e introduzidos nas Unidades.

Pode-se, então, verificar ter ocorrido o enriquecimento ou complexificação do conhecimento cotidiano dos alunos-professores a partir dos aportes do conhecimento

científico. Por complexificação do conhecimento cotidiano entende-se que a compreensão dos professores pôde se organizar em um nível maior de complexidade, seja pela incorporação de novos elementos (conceituais ou empíricos) ou pelo comparecimento de novos níveis de organização ou robustecimento de outros já presentes, como, por exemplo, o nível conceitual (abstrato) e o nível técnico-prático (funcionamento), ou ainda pela maior retro-alimentação entre níveis de organização. Isso permitiu aos alunos-professores ampliarem a compreensão a respeito dos fenômenos e do funcionamento de objetos de uso cotidiano, no caso desta seqüência de ensino a produção, emissão e recepção de ondas eletromagnéticas.

CONCLUSÕES

O presente artigo descreveu uma proposta de ensino de eletromagnetismo – estruturada em ciclos de aprendizagem, com conteúdos a respeito de geração, propagação e recepção de ondas eletromagnéticas – que foi aplicada para professores de física do Ensino Médio, como curso de capacitação.

Cada ciclo de aprendizagem foi constituído de três fases – exploração; introdução de um novo conceito; aplicação do conceito. Assim, coerentemente com esse ciclo, foram propostas três Unidades de Ensino: propagação de ondas; geração de ondas eletromagnéticas e circuitos oscilantes; e antenas. Cada uma dessas Unidades de Ensino, por sua vez, foi também estruturada de forma a incluir essas três fases.

A seqüência de ensino contou ainda com uma Atividade Introdutória, cuja função foi contextualizar e problematizar o tema abordado, além de propor discussões, através de questões-problema, capazes de evidenciar o conhecimento cotidiano dos participantes. Posteriormente, no final do curso, a Atividade de Conclusão teve por objetivo retomar as questões iniciais depois de terem sido tratadas nas três Unidades de Ensino.

A comparação das respostas fornecidas pelos alunos-professores antes das Unidades de Ensino e após, respectivamente no Bloco Introdutório e no Bloco de Conclusão, permitiu-nos concluir que o conhecimento cotidiano foi complexificado pelos aportes do conhecimento científico.

Acreditamos que atividades como a que aqui se narrou podem contribuir de maneira significativa para a construção de um ensino renovado, onde o cotidiano e a ciência, tratados de forma menos reducionistas, possam ser contemplados. Cremos, também, que espaços de aprendizagem diferenciados, seja pela escolha ou articulação de conteúdos, seja pela utilização de múltiplas abordagens, acabam por influenciar alunos e professores na direção de uma escola que possa, de fato, preparar o aluno para a vida.

REFERÊNCIAS

- ANGOTTI, J. **O ensino de Ciências e a Complexidade**. Disponível em: <http://www.ced.ufsc.br/men5185/artigos/angotti_ensino_de_ciencias.htm> Acesso em 20 de janeiro de 2005.
- ANNUNCIATO, C. **Lei de Faraday: Análise e Proposta para o Ensino Médio**. Dissertação de Mestrado. IFUSP, 2005.
- BRASIL, Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **PCN+ Ensino Médio: Orientações Educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares**

- Nacionais. Linguagens, códigos e suas tecnologias.** Brasília: Ministério da Educação/Secretaria de Educação Média e Tecnológica, 2002.
- BRASIL, Agência Nacional de Telecomunicações. **Plano com Atribuição, Distribuição e Destinação de Faixas de Frequências no Brasil.** Brasília: Ministério das Comunicações, 2004.
- COELHO, P., FIEDLER-FERRARA, N. **Atividades Curtas Multi-Abordagem no Ensino Médio: Introduzindo o Conceito de Fractal.** Anais do V Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, Bauru, São Paulo. Associação Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências, 2005.
- DANIELI, C., COMEDI, D. **Estudo da Gaiola de Faraday como Blindagem para Ondas Eletromagnéticas.** Relatório de projeto para instrumentação de ensino, UNICAMP, São Paulo, 2002. Disponível em: http://www.ifi.unicamp.br/%7Elunazzi/F530_F590_F690_F809_F895/F809/F809_sem2_2002/992700_CarlosDanieli_Faraday.pdf > Acesso em: 18 de janeiro de 2006.
- GARCÍA, J. E. **Hacia una Teoria Alternativa sobre los Contenidos Escolares.** Sevilla: Díada Editora, 1998.
- GRAF, Grupo de Reelaboração do Ensino de Física. **Física.** Edusp, Vol.3. São Paulo, 1993.
- LABURÚ, C., ARRUDA, S., NARDI, R. **Pluralismo Metodológico no Ensino de Ciências.** Revista Ciência e Educação, v.9, n.2, p.247-260. São Paulo, 2003.
- LAWSON, A. **Using the Learning Cycle to Teach Biology Concepts and Reasoning Patterns.** Journal of Biological Education, 35(4), 165-169, 2001.
- PIETROCOLA, M., NEHRING, C., SILVA, C., TRINDADE, J., LEITE, R., PINHEIRO, T., **As Ilhas de Racionalidade e o Saber Significativo: O Ensino de Ciências através de Projetos.** Ensaio – Pesq. Educ. Ciên. Belo Horizonte. Vol. 2, No 1, 99-122, 2000.
- RIOS, Luiz Gonzaga. **Engenharia de Antenas.** Editora Edgard Blücher Ltda. São Paulo, 1982.
- SIWIAK, Kazimierz. **Radiowave Propagation and Antennas for Personal Communications.** Artch House Publishers. Boston, 1995.
- STRAW, R. **The ARRL Antenna Book.** 17ª edição. Publicado por The American Radio League. Newington, 1994.
- UEMA, S. **Atividades Curtas Multi-abordagem no Ensino Médio: a dependência sensível às condições iniciais da Teoria do Caos Determinístico.** Dissertação de Mestrado, IFUSP/FEUSP. São Paulo, 2005.
- UEMA, S., Fiedler-Ferrara, N. **Atividades Curtas Multi-Abordagem para o Ensino Médio: Trabalhando o Conceito de dependência Sensível às Condições Iniciais.** Anais do IX Encontro de Pesquisa em Ensino de Física, Jaboticatubas, Minas Gerais. Sociedade Brasileira de Física, 2004. CD-ROM 12p.
- ZABALA, A. **Enfoque globalizador e pensamento complexo: uma proposta para o currículo escolar.** Porto Alegre: Artmed Editora, 2002.