



Ensino de eletromagnetismo aplicando álgebra visual no curso técnico

Marco Antonio G. T. da Silva - IFF *Campus* Campos Centro - marcoagts@gmail.com

Suzana da Hora Macedo - IFF *Campus* Campos Centro - shmacedo@iff.edu.br

Resumo: O ensino do eletromagnetismo é desenvolvido tendo como base os cálculos vetoriais dos cursos superiores, apesar de ser, também, conteúdo do Ensino Médio. Por essa questão, a proposta desta pesquisa é o processo ensino-aprendizagem do eletromagnetismo com utilização de interfaces visuais animadas, permitindo a introdução dos conceitos bibliográficos e a relação da álgebra no curso técnico de telecomunicações. Recorrendo à teoria para proporcionar a aprendizagem significativa, por intermédio de recursos computacionais, foi desenvolvido um Objeto de Aprendizagem utilizando o *software* Scratch. Com a aplicação do objeto verificou-se, por intermédio de questionários, que foi possibilitado aos alunos identificarem a relação do espectro eletromagnético com o funcionamento de dispositivos tangíveis e não meramente teóricos. Assim, considerou-se a viabilidade desta proposta e a possibilidade de continuidade da pesquisa aplicando-a também no Ensino Médio.

Palavras-chaves: eletromagnetismo, aprendizagem significativa, objeto de aprendizagem.

Electromagnetism teaching algebra in applying visual technician course

Abstract: The teaching of electromagnetism is developed based on vector calculations studied in university courses and high school theme and an important issue. For that matter the purpose of this research is the electromagnetism teaching-learning process using animated visual interfaces allowing the introduction of bibliographic concepts and visual relation of algebra telecommunications technical course. Using the theory to provide the meaningful learning through computational resources a methodology using simple application software was developed. The Learning Object was created and the learning was analyzed by questionnaires. It was identified that the interface provided to the students identify the relation of electromagnetic spectrum compared with real operation devices, and not merely theoretical contexts. Therefore, the availability of this proposal was considered and the possibility of continuity of the research by applying also in high school.

Key words: electromagnetism, meaningful learning, learning object.

1 Introdução

Ao se iniciar o ensino-aprendizagem do eletromagnetismo ou leitura de textos sobre o eletromagnetismo, percebe-se a necessidade do conhecimento matemático avançado, conforme foi formulado por James C. Maxwell em 1861. Essa relação pode tornar a leitura árdua, complicada e cansativa, contribuindo para rotular o conhecimento sobre o eletromagnetismo como difícil. Outra constatação é que os gráficos explicativos dos conceitos do eletromagnetismo são meras aplicações dos conceitos algébricos.

Reconhece-se que as aplicações do eletromagnetismo são amplas e há de se considerar, que as quatro equações de Maxwell, base do eletromagnetismo, estão formuladas em expressões de cálculos diferenciais e integrais que não são conteúdos atinentes ao programa curricular do Ensino Médio (E.M.), nem tampouco de curso técnico.

Por essa razão, o tema desta pesquisa é o processo ensino-aprendizagem desenvolvido na disciplina de Transmissão de Ondas Eletromagnéticas, ministrada no segundo módulo de curso técnico de Telecomunicações, empregando um artefato digital.

Assim sendo, o objetivo geral consiste na investigação do processo de ensino-aprendizagem referente ao espectro¹ eletromagnético, da antena Dipolo Elétrico, aplicando apenas elementos visuais que sejam remetidos aos conceitos da linguagem matematizada de Maxwell. Considerando que o estudo do eletromagnetismo é um assunto abrangente, desenvolvido no E.M. e em linguagem algébrica, esta investigação acadêmica tem como objetivos específicos:

- diagnosticar o ensino-aprendizagem no Curso Técnico em Telecomunicações relativo ao eletromagnetismo da geração das ondas eletromagnéticas do Dipolo Elétrico;
- identificar e avaliar a compreensão do aluno sobre o campo eletromagnético irradiado pela antena Dipolo Elétrico concebido por simulação visual.

Com base no contexto apresentado e nos objetivos, a problemática deste estudo assenta-se na questão: Existe viabilidade do Objeto de Aprendizagem potencializar o ensino da Física na área do eletromagnetismo por intermédio de simulação pictórica animada, quando aplicado ao ensino técnico? Esta questão é desenvolvida no final da análise das atividades aplicadas aos alunos, descritas nessa pesquisa.

A hipótese desta pesquisa baseia-se na afirmação de Macedo (2011), que relata a viabilidade de dar ênfase ao estudo da visualização e interação do campo eletromagnético, abstraindo os cálculos matemáticos, quando se trata do ensino profissional.

2 Fundamentação do ensino-aprendizagem aplicado ao Eletromagnetismo

Os Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio – Parte III (PCNEM-III) (Brasil, 2006) apontam que o ensino do eletromagnetismo, deve fornecer elementos para uma leitura do mundo da informação. Desse modo, os PCNEM-III, reconhecendo que existe um significado mais abrangente para um saber mais próximo do aprendiz, afirmam que a “Física expressa relações entre grandezas através de fórmulas” (Brasil, 2006, p. 27) que podem ser apresentadas em gráficos, tabelas e relações facilitadoras ao processo de aprendizagem.

É coerente ressaltar também que são necessários, para o ensino do eletromagnetismo, o conceito acadêmico e a linguagem Matemática como explica o PCNEM III (Brasil, 2006). Contudo, os objetivos da formação no curso do nível Médio devem proporcionar conhecimentos práticos e contextualizados para compreender os princípios que existem nas tecnologias de comunicação, como o caso da antena. Essa questão é clara no PCNEM III (Brasil, 2006, p. 22), ao afirmar que o ensino da área da Física “[...], pelo menos, inicie-se da prática por exemplos concretos”.

2.1 Conhecimento significativo do aluno no nível técnico

No que diz respeito ao aluno, há de se ressaltar que ao matricular-se num curso técnico, nível médio, ele deve possuir conhecimento prévio da área da Física. Portanto, é coerente recorrer ao conceito de aprendizagem proposto por David P. Ausubel (2003), segundo o qual os subsunçores² pré-existentes na estrutura cognitiva do indivíduo devem a ser utilizados como recursos didáticos, para mediar a estruturação da aprendizagem.

¹ O espectro refere-se à intensidade de energia emitida pela antena tipo Dipolo Elétrico e a onda conforme a variação da frequência e amplitude (comprimento e tensão eletromagnética, respectivamente) que se espalha.

² Refere-se aos ancoradouros dos pressupostos existentes (Moreira, 2006), que induz aos novos arranjos.

A ocorrência da aprendizagem significativa é definida por Ausubel (2003) quando uma proposição³ lógica se relaciona na estrutura cognitiva do aluno. Nesse processo, a aprendizagem torna-se subordinada correlativa, pois há uma extensão ou qualificação de proposições (ideias relevantes) já aprendidas anteriormente e contextualizadas, não é apenas derivativa, pois transpõem a exemplificação (Moreira, 2006).

Ausubel (2003) afirma que a aprendizagem significativa e a assimilação do conteúdo incluem uma ancoragem, também seletiva dessa seleção. Nesse caso, o material que será usado para instruir o processo, o qual é definido por Ausubel (2003) e Moreira (2006) como material potencialmente significativo, deve observar e se relacionar com os conceitos existentes na nova estrutura cognitiva do aluno, voltando ao que se deseja formular (Moreira, 2006).

3 Instrumentação visual com recursos computacionais do objeto digital

Nesta pesquisa buscou-se o desenvolvimento tendo como base a relação conceitual bibliográfica apresentada no formato visual. Nesse processo procurou utilizar a tecnologia desde o planejamento, objetivando introduzir melhorias significativas no processo ensino-aprendizagem (Macedo, 2011), para que a tecnologia produza o efeito desejado e não apenas um formato diferenciado do livro didático.

Assim sendo, a proposta desenvolvida é uma interface digital para simular o espectro eletromagnético por representação de pictóricos, que tem por finalidade mediar a aprendizagem do eletromagnetismo, onde os conceitos abstratos são representados por imagens em movimento.

3.1 Objeto de Aprendizagem

O artifício proposto nesta pesquisa configura-se como um Objeto de Aprendizagem (OA), considerando as características de reusabilidade e disponibilidade na *web*, isto é, pode ser reutilizada e referenciada ao aprendizado em diferentes contextos sendo disponível em ambiente digital público em rede de computadores (Wiley, 2000).

O OA, no contexto total, está disponível para ser acessado diretamente no *site* do projeto Scratch no endereço <<https://scratch.mit.edu/projects/100862277/>>. O acesso permite aos interessados não só a visualização dos eventos desenvolvidos, mas também fazer *download*, alterar, compartilhar ou incorporar em uma página da *web*.

Portanto, estando o OA disponível para execução *on-line*, torna-se independente da plataforma de sistema operacional e pode ser acessado em dispositivos móveis e computadores *desktop*, desde que haja compatibilidade do sistema.

Na rede de computadores é possível identificar outros OA sobre o campo eletromagnético e o OA “Ondas de Rádio e Campos Eletromagnéticos”, publicado no site do *Physics Education Technology* (PhET), da Universidade do Colorado (LeMaster et al, 2011) é o que mais se assemelha. Contudo, demonstra a frequência da onda eletromagnética e seus efeitos no formato bidimensional, distanciando da construção desta pesquisa, no que se refere à construção cognitiva da onda eletromagnética. E, ainda, que o simulador desta pesquisa possui parâmetros pictóricos tridimensionais.

³ É a aprendizagem dos significados, onde dois ou mais conceitos compõem-se em uma nova semântica.

4 Descrição do simulador do espectro de ondas eletromagnéticas

A Figura 1 apresenta a interface da tela inicial do OA. Nessa imagem, os balões (linha pontilhada) demonstram as funções e as letras servem para identificar o evento.

Os eventos são acionados pelos botões dispostos na tela inicial (Figura 1), dos quais as letras “a”, “b” e “c”, da Figura 1, são atividades de recuperação dos conceitos das disciplinas que fundamentam o conteúdo, disponíveis em submenus, que acionam eventos animados.

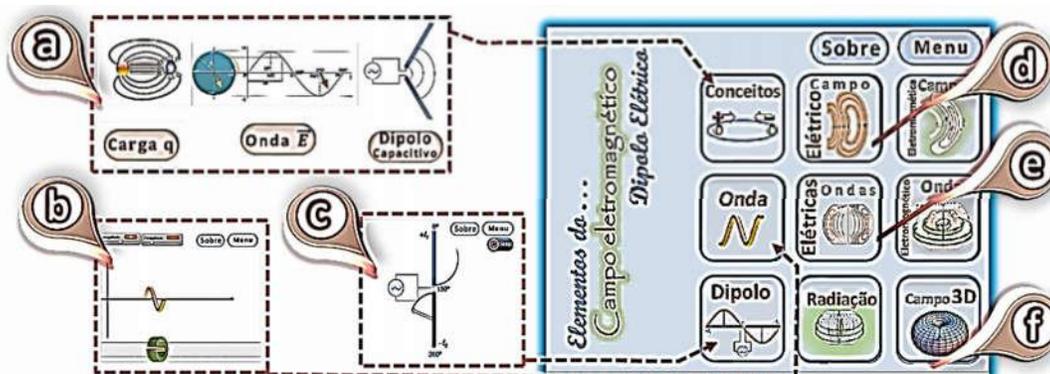


Figura 1 – Menu inicial de todos os eventos

No botão “*Conceitos*” são disparados três eventos: “*Carga q*”, “*Onda*” e “*Dipolo Capacitivo*”. O evento “*Carga q*” (Figura 1, letra a) apresenta uma carga positiva e uma carga negativa, demonstrando a relação vetorial entre as cargas pontuais.

No evento da “*Onda*” (Figura 1, letra b), é possível trabalhar a questão de defasagem angular (ω) e iniciar os conceitos das Telecomunicações. Nessa animação são estabelecidas as relações vetoriais da senóide da onda elétrica.

O evento do “*Dipolo Capacitivo*” relaciona o conceito de formação do campo elétrico com base nas linhas de força do campo elétrico (vetores). Esse evento introduz o conceito de formação do campo elétrico pelo efeito capacitivo, que ocorrem entre as placas do capacitor e a interferência do dielétrico no processo.

O botão “*Onda*” (Figura 1, letra b) apresenta o contorno senoidal e o efeito do campo magnético, considerando uma carga pontual no condutor. Nesse evento ainda se pode interferir na frequência e amplitude da onda, por intermédio dos botões deslizantes, posicionados na parte superior da tela.

Após formado o conceito do campo, o evento “*Dipolo*” demonstra a relação da onda elétrica com a grandeza vetorial e defasagem angular da corrente alternada sobre o Dipolo Elétrico (Figura 1, letra c). Nesse evento, o aprendiz é capaz de identificar a relação senoidal e vetorial do Dipolo, comparando com informações dos sistemas tecnológicos do uso real, como a questão do comprimento da onda, equilíbrio das cargas (linhas de campo “estranguladas”) e a interação da corrente elétrica com o diferencial de potencial elétrico.

Até esse ponto, da descrição, os eventos do OA têm por objetivo “acordar” os subsunçores. Esses eventos servem para acordar a cognição do aluno e potencializar o OA.

O evento “*Campo Elétrico*” (Figura 1, letra d) é demonstrada a formação do campo elétrico com a relação às ondas elétricas (sentidos) da corrente alternada (polarização).

No evento “*Campo Elétrico*”, o aprendiz poderá controlar o tempo pela barra deslizante “*delay*” e também parar o evento em um dado instante com a barra de espaço (Figura 2), permitindo relacionar grandezas, quantificar, identificar parâmetros

relevantes ao eletromagnetismo. Com base no evento o aluno pode concluir, pela direção das setas das linhas do campo elétrico (Figura 2b), que há mudanças de direção e que a alteração está relacionada com a alternância da corrente elétrica.



Figura 2a – Ondas elétricas iniciais



Figura 2b – Formação das ondas elétricas

Figura 2 – Deslocamento da onda elétrica a partir do Dipolo Elétrico

Sob o mesmo efeito visual, na continuidade do emprego do OA, é demonstrada a formação do campo eletromagnético em ondas omnidirecionais representadas com um corte ao meio do campo. O evento “*Onda Eletromagnética*” (Figura 3) demonstra o efeito da relação da onda elétrica e o campo magnético formando o espectro eletromagnético (Figura 3a). A simulação apresenta o efeito omnidirecional, visualizando o interior gerador: a antena omnidirecional (Figura 3b).

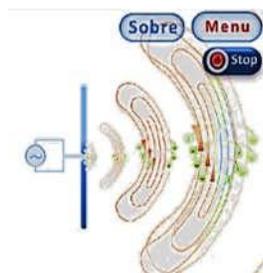


Figura 3a – Onda Eletromagnética



Figura 3b – Campo Eletromagnético

Figura 3 – Relação da onda e campo eletromagnético

O evento “*Radiação*” relaciona a evolução omnidirecional das linhas do campo eletromagnético em um padrão de imagem tridimensional, representado por um campo eletromagnético em movimento com objetivo de demonstrar o resultado final.

As simulações dos dois eventos finais reúnem todos os conceitos do OA, permitindo dimensionar o impacto da lei da indução eletromagnética e compreender a relação do eletromagnetismo das antenas.

Ao final o aluno consegue compreender a questão conceitual e o comportamento das ondas eletromagnéticas, mesmo sem ter tido acesso a esse tipo de informação anteriormente. Desta forma, o aluno consegue ainda relacionar os eventos do campo elétrico da corrente alternada com a formação das ondas.

Pelos conceitos de polarização e indução, é possível ao aluno entender a formação do espectro eletromagnético e o comportamento nos dispositivos tipo Dipolo, que são as antenas utilizadas para transmissão e recepção de sinais.

5 Caracterização da pesquisa

As atividades com OA foram desenvolvidas com uma turma do segundo Módulo de Telecomunicações, na disciplina de Transmissão de Ondas Eletromagnéticas. Designadas daqui por diante de Mód. II.

As intervenções na turma são desenvolvidas por intermédio de questionários. Sendo cada etapa, ou encontro, precedido de uma autorização por escrita e assinada pelo participante. As atividades da pesquisa e uma descrição estão dispostas no Quadro 1.

Tipo de atividade	Questões	Finalidades das questões
Antes de aplicar o OA (maio 2015)		
Sondagem	Fechadas	Identificar se o aluno tem conhecimento que servirá de ancoradouro no processo ensino-aprendizagem
	Aberta	
Após aplicar o OA (comentado cada evento do OA) (maio 2015)		
Avaliação	Fechadas	Identificar a opinião do aluno sobre o OA
	Fechadas	Avaliar a relação de aprendizagem por intermédio do OA
	Aberta	
Ao final do conteúdo (dezembro 2015)		
Investigativa da aprendizagem	Fechadas	Identificar a importância do OA na construção dos conceitos do eletromagnetismo utilizando simulação visual
	Aberta	Ponderar o efeito do OA na aprendizagem do aluno

Quadro 1 – Cronograma e descrição das atividades desenvolvidas

No Quadro 1, nota-se que as duas primeiras atividades, de sondagem e após o OA, foram aplicadas no início do mês de maio; a última no início de dezembro. Essas datas são o início e término do semestre letivo de 2015, respectivamente⁴.

Nas três fases de análise, participaram 11 alunos. Ressalta-se que a primeira e segunda atividades foram aplicadas no mesmo dia e a terceira etapa posteriormente, entretanto, foi desenvolvida com os mesmos alunos.

Os questionários foram desenvolvidos com respostas fechadas: “sim”, “não” e “indiferente”, escala de percepção de Likert com cinco opções, sendo apresentadas alternativas em gradação (1 a 5) e de aderência (Concordo; Concordo Parcialmente; Indiferente; Discordo Parcialmente; e, Discordo) (Mattar, 2005). O segundo questionário utilizou-se de uma questão de múltipla escolha, com sete opções corretas.

No primeiro e segundo questionários havia uma questão aberta igual, que tinha por objetivo identificar o conhecimento sobre o OA utilizado e no terceiro também havia uma questão aberta, porém, com a finalidade de identificar a aprendizagem do espectro eletromagnético.

5.2 Atividades desenvolvidas

A aplicação da pesquisa iniciou-se com a revisão dos conceitos do Ensino Médio necessária ao entendimento do eletromagnetismo e somente após rever os conceitos é que se utilizou o OA desenvolvido. Para essa etapa apoiou-se na teoria da Aprendizagem Significativa sobre os conceitos prévios aprendidos no E.M.

Após essa fase buscou-se detectar o conhecimento prévio do aluno sobre o eletromagnetismo, por intermédio do questionário de sondagem.

A introdução do OA ocorreu antes dos aspectos curriculares da disciplina de Transmissão de Ondas Eletromagnéticas no contexto específico, sendo essa fase avaliada novamente após trabalhar com OA, por intermédio do questionário de averiguação.

Para garantir o recurso pedagógico foi desenvolvida uma apostila explicativa sobre o conteúdo, disponibilizada para os alunos ao mesmo tempo que em foi desenvolvida a atividade com OA.

⁴ O 1º semestre de 2015 estendeu-se até o fim do ano devido ao movimento de paralisação das aulas por 90 dias (greve reivindicatória dos profissionais da Educação Federal).

6 Análise da atividade desenvolvida com o OA

Na primeira **atividade de sondagem** (Tabela 1) buscou o conhecimento do aluno sobre o eletromagnetismo.

Tabela 1 – Dados de Sondagem

	Questão	Alunos	
		Quantitativo	%
Conhecimento do eletromagnetismo	E.M. Completo	4	36,36
	E.M Incompleto	7	63,64
	Declararam conhecer os conceitos de eletromagnetismo	5	45,46
Aprendizado da Física na disciplina de Transmissão de Ondas Eletromagnéticas	Concordaram	2	18,18
	Concordaram parcialmente	8	72,73
	Indiferente	1	9,09
Representação gráfica do espectro de uma antena	Forma da sinalização de cartazes	8	72,73
	Sobreposição de sinais	3	27,27

Nas primeiras indagações verificou que sete alunos estavam cursando o E.M. e quatro alunos haviam concluído. Tal fato demonstrou também a divergência sobre conhecer os conceitos do eletromagnetismo. Nesse grupo, seis desconheciam o eletromagnetismo e apenas um disse conhecer os postulados de Maxwell e apenas cinco declaram conhecer os conceitos relativos ao eletromagnetismo.

A terceira questão indagou se o aluno acha que os conceitos aprendidos da Física ajudariam no entendimento dos sinais de uma antena. Nessa questão do universo de 11 alunos, apenas um marcou a opção indiferente (não sabia relacionar). Porém, a maioria dos alunos (73%) concordaram parcialmente que a Física poderia ajudar no aprendizado de ondas eletromagnéticas.

A quarta questão abordou o conhecimento sobre a geração dos sinais de uma antena omnidirecional de forma prática, utilizando imagens na seguinte forma: a primeira imagem é relacionada com as informações dos cartazes de sinalização (as ondas eletromagnéticas se distanciam uniformemente da antena), a segunda coerente com os conceitos sobre a formação do campo eletromagnético (capacitância e indutância) e a terceira imagem representa uma relação de sobreposições de potências de sinais.

Ficou evidente que a maioria (73% aproximado) tendeu para a imagem que corresponde aos símbolos e placas de rede sem fios, 27% optaram pela resposta que apresenta a sobreposição de sinais e nenhum escolheu a forma correta de representação. Nessa análise percebe-se que os alunos não conseguiram relacionar os conceitos da Física com a imagem da representação do espectro eletromagnético.

Já a quinta questão, foi uma pergunta aberta sobre o funcionamento da antena Dipolo Elétrico e apenas uma pessoa respondeu, entretanto, não estava coerente.

Foi então apresentado o OA e suas funcionalidades, juntamente disponibilizada a apostila com esse conteúdo. Após esse momento, foi entregue o questionário da **atividade de avaliação** da aprendizagem dessa etapa com o intuito de identificar se o aluno havia conseguido conectar os conceitos da disciplina da Física com as imagens e formado novas proposições.

A primeira questão dessa fase buscou o entendimento do aluno quanto a ajuda do OA. Os alunos se dividiram quanto a opinião, entretanto, de forma positiva: 9 alunos (82%) concordaram e 2 alunos (18%) concordaram parcialmente, na ajuda que o OA proporcionou e nenhum discordou ou ficou indiferente, como é demonstrado no Quadro 2.

Tabela 2 – Dados de avaliação

Questão		Alunos	
		Quantitativo	%
Compreensão com ajuda do OA	Concordou	9	81,82
	Concordaram parcialmente	2	18,18
Necessidade da álgebra para compreensão	Concordaram parcialmente	1	9,09
	Indiferente	3	27,27
	Discordaram parcialmente	1	9,09
	Discordaram	6	54,45
Conceitos da Física no processo	Concordam	6	54,45
	Concordam parcialmente	4	36,36
	Indiferente	1	9,09
	Indução do campo elétrico	9	81,82
Identificação dos conceitos (questão de múltipla escolha)	Capacitância	9	81,82
	Polarização do campo eletromagnético	10	90,91
	Relação do campo eletromagnético	11	100
	Polarização da corrente	11	100
	Dispersão da onda	9	81,82
	Campo elétrico e linhas de força das cargas	7	63,64

Quanto à relação da necessidade de cálculos algébricos para aprendizagem, nenhum optou por aplicação algébrica a maioria discordou (7 alunos – 64%). Três alunos não sabiam opinar e um concorda de forma parcial com o ensino do eletromagnetismo inicializado pela álgebra.

Quanto à relação da necessidade dos conceitos da disciplina de Física e o aprendizado de eletromagnetismo na emissão de sinais das antenas, a maioria dos participantes concordam com essa necessidade, apenas um discorda e outro não sabia se posicionar sobre o assunto.

Na quarta questão, foi utilizado o padrão múltipla escolha e teve por objetivo identificar quais conceitos foram assimilados com o OA. Nessa questão observa-se que a relação de linhas de força (vetor) ficou pouco evidenciada no processo, entretanto, houve um aprendizado acima de 60%. No geral todos os conceitos foram bem absorvidos, incluindo a relação de capacitância desenvolvida no processo de formação do espectro eletromagnético.

No final do questionário repetiu-se as duas últimas questões da atividade de sondagem. Sobre a melhor representação visual do espectro eletromagnético obtendo 100% de acerto e a questão aberta sobre o funcionamento da antena todos conseguiram responder após o OA.

Nas respostas à pergunta aberta, os conceitos de polarização do campo elétrico e magnético, inversão da corrente no tempo em cada polo e conversão da corrente elétrica alternada em campos eletromagnéticos, foram relacionados pelos alunos em aproximadamente 90% das respostas.

Essas duas últimas questões permitiram considerar que o OA influenciou positivamente no aprendizado do espectro eletromagnético de imediato.

Como houve a paralisação (greve), todos os participantes concluíram ou estavam concluindo o Ensino Médio, apenas um ainda não havia concluído o E. M.

Por ocasião do término do conteúdo foi realizada uma nova interação com a **atividade final**, com objetivo de avaliar o processo ensino-aprendizagem e também o OA.

Nessa fase, ao avaliar o auxílio do OA para compreensão dos conceitos, 10 alunos “concordam” e apenas um “concorda parcialmente” com a colaboração do OA para entender o conteúdo ministrado na disciplina de Transmissão de Ondas Eletromagnéticas.

Sobre o ensino apoiado na álgebra, após a conclusão do conteúdo disciplinar, a turma preferiu (10 alunos - 91%) preferiu a simulação do OA e apenas um mostrou-se indiferente quanto ao uso de fórmulas.

Em relação ao aprendizado e às atividades desenvolvidas, utilizou-se uma tabela com alternativas de notas de 1 a 5 (aderência) onde a valorização foi avaliada considerando “1” a nota mínima e “5” a nota máxima. Foram avaliados a apostila, a exposição do conteúdo em sala, o OA (Simulador do espectro eletromagnético) e a interação com o colega.

Apenas em relação à apostila teve uma pequena dispersão, entretanto favorável, os demais itens tiveram aprovação de 100%: OA; a exposição do conteúdo em sala; a ajuda do colega.

Na pergunta aberta sobre o aprendizado do conteúdo, ocorreram várias respostas. Todas voltavam-se para ações práticas e a relação com suas aplicações, tais como: local do roteador, posição de antenas, desvanecimento do sinal de celular, comunicação entre satélites para telefonia, televisão e a internet. Os alunos conseguiram também explicar a propriedade e progressão da onda eletromagnética.

Pelas respostas evidenciou-se uma quebra de paradigmas, distanciando-se do ensino “usual” acadêmico, do formato algébrico e introduzindo os conceitos com uma metodologia visual, conforme definem Moreira (2006), Arrais et al. (2009) e Baretta et al. (2011). Um indicador desta conclusão é que os alunos, na pergunta aberta da terceira intervenção, exibem respostas corretas às questões práticas e reais de aplicação das ondas eletromagnéticas.

Ponderando os resultados positivos, as relações do PCNEM III, fica evidenciado que o OA facilitou o processo de aprendizagem e possui coerência bibliográfica e relevância acadêmica, bem como a metodologia visual e sinestésica com a interferência visual apoiado no sistema computacional. Desta forma, responde-se à questão de estudo, no qual o OA aqui analisado potencializa o ensino de eletromagnetismo no curso técnico. Outra condição que corrobora para identificar a potencialidade do OA é a análise geral quantitativa das questões fechadas e qualitativa das respostas dos alunos nas questões abertas, bem como a boa aceitação, analisada na atividade após conclusão do conteúdo.

7 Considerações finais

Inicialmente, pela atividade de sondagem, detectou-se que os alunos do curso Técnico de Telecomunicações não tinham retido conceitos sobre o comportamento das ondas eletromagnéticas necessários à transmissão dos sinais das antenas, item importante para as telecomunicações, sendo adquirida a compreensão do contexto após o Objeto de Aprendizagem (OA) e respondendo assim, ao primeiro objetivo específico desta pesquisa.

Na análise da primeira e segunda atividades, evidencia-se nas respostas às questões de múltipla escolha e aberta que houve boa aderência do conteúdo, que é o segundo objetivo específico, desta pesquisa. Nesse caso, também qualifica o OA, que é o terceiro item específico e, também, a pergunta de pesquisa da viabilidade do ensino de eletromagnetismo por intermédio de simulação de imagens do OA, pelo desempenho dos alunos.

A construção do processo do conhecimento não é apenas um processo de memorização para uma “avaliação” do aluno, mas a formação de “andaime” cognitivo e, assim, duradouro, conforme identificou a atividade investigativa, aplicada após o cumprimento todo conteúdo.

Esta pesquisa sugere, ainda, a possibilidade de continuidade dentro do mesmo contexto de ensino, entretanto, ressalta-se a possibilidade de ser utilizado *software* matemático que proporcione visualização em 3D, como por exemplo o GeoGebra. Outra questão a ser abordada é o uso de tecnologia com maior interação como a hiper-realidade,

em que o aluno poderia interferir no efeito digital do OA por ações e interações reais com ambiente digital.

Referências Bibliográficas

ARRAIS, Allan et al. O ensino das ciências exatas. In: **CONGRESSO NACIONAL DE ESTUDANTES DE ENGENHARIA MECÂNICA**, 16., 2009, Florianópolis. Anais. Florianópolis: Uff, 2009. Disponível em: <<http://www.uff.br/petmec/downloads/ativdownloads/artigocreem2009ensino.pdf>>. Acesso em: 05 maio 2015.

AUSUBEL, David P. **Aquisição e Retenção de Conhecimentos: Uma Perspectiva Cognitiva**. Tradução: Lígia Teopisto Lisboa - Portugal: Paralelo Editora, 2003. 243 p.

BARETTA, Giulia et al. O senhor Feynman não estava brincando: a educação tecnológica brasileira. In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA**, 39., 2011, Blumenau. Anais. Blumenau: Abenge, 2011. v. 1, 9 fls. Disponível em: <<http://www.abenge.org.br/CobengeAnteriores/2011/sessoestec/art1747.pdf>>. Acesso em: 29 jun. 2015.

BRASIL. Ministério da Educação - Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **Parâmetros Curriculares Nacionais (Ensino Médio): Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias**. Brasília: Secretaria de Educação Média e Tecnológica, 2006. 58 p.

LeMASTER, Ron et al. **Ondas de Rádio e Campos Eletromagnéticos**. 2011. Physics Education Technology: Colorado, US. Disponível em: <https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/legacy/radio-waves>. Acesso em: 05 jul. 2016.

MACEDO, Suzana da Hora. **Uso de técnicas de realidade aumentada no processo de ensino-aprendizagem de eletromagnetismo**. Porto Alegre: CEINTE/UFRGS, 2011. 187 p. Tese de Doutorado.

MATTAR, Fauze Najib. **Pesquisa de marketing**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2005. 317 p.

MAXWELL, James Clerk. On Physical Lines of Force, Part I: The Theory of Molecular Vortices Applied to Magnetic Phenomena. **Philosophical Magazine: Journal of Science**, London, n 21, v. 1, p.161-175, mar. 1861.

MOREIRA, Marco Antonio. **A teoria da aprendizagem significativa e sua implementação em sala de aula**. Brasília: Editora Universidade de Brasília, 2006. 186 p.

WILEY, David A.. Connecting learning objects to instructional design theory: a definition, a metaphor, and a taxonomy. In: _____. **The Instructional Use of Learning Objects**: Online Version. e-book: Ait / Aect, 2000. 1. 35. Disponível em: <<http://reusability.org/read/chapters/wiley.doc>>. Acesso em: 07 jul. 2015.