



## **TRANSMISSÃO DE ENERGIA ELÉTRICA SEM FIO: UMA PROPOSTA PARA INTEGRAÇÃO ENTRE CONHECIMENTOS DE ENGENHARIA ELÉTRICA E DE ENSINO MÉDIO**

**Bárbara R. Cenci** – barbaracenci@gmail.com

Universidade Federal de Santa Maria – UFSM

Avenida Roraima, nº 1000 - Bairro Camobi

CEP: 97105-900 – Santa Maria – RS

**Adriano C. Marchesan** – adriano.marchesan@gmail.com

**Carlos Henrique Barriquello** – rique@mail.ufsm.br

**Felipe Loose** – felipe.loose@gmail.com

***Resumo:** O presente trabalho discute a potencialidade da utilização de experimentos práticos no aprendizado de conteúdos contemplados pelo ensino médio, bem como a importância do envolvimento de alunos de graduação em engenharia na realização de atividades de ensino e extensão na busca de uma formação mais ampla. Como objeto para essa discussão, aborda-se o módulo experimental de transmissão de energia elétrica sem fio, apresentado pelos autores deste trabalho na 3ª Mostra Integrada de Profissões, Tecnologia, Cultura e Serviços da Universidade Federal de Santa Maria (PROFITECS/UFSM). Na referida mostra, além de procurar esclarecer os princípios de funcionamento da transmissão de energia elétrica via acoplamento magnético ressonante, a abordagem realizada com a utilização do módulo buscou relacionar os conhecimentos trabalhados no curso de Engenharia Elétrica da instituição com os adquiridos no ensino médio, visando evidenciar a importância destes para a concepção de novas tecnologias. O emprego do módulo mencionado permitiu a abordagem de conceitos multidisciplinares, facilitando a compreensão dos mesmos pelo público escolar, principal alvo da mostra. Como resultado dessa interação, destaca-se ainda a contribuição para formação complementar dos acadêmicos participantes do trabalho, através do aprimoramento de habilidades como comunicação e expressão, didática e planejamento.*

***Palavras-chave:** Engenharia Elétrica, Módulo experimental, Ensino, Multidisciplinaridade.*

### **1. INTRODUÇÃO**

A boa compreensão dos conceitos abordados pelas disciplinas contempladas na fase de educação básica, que no Brasil corresponde ao ensino fundamental e médio, é de suma importância para a vida social dos estudantes e para a sua formação como cidadão, fornecendo o conhecimento básico necessário para o ingresso no ensino superior e no mercado de trabalho.



Para estudantes dessa fase de formação, em especial para os que estão prestes a ingressar na universidade, o contato prévio com o meio acadêmico pode contribuir tanto para a escolha do possível curso a ser frequentado, quanto para incentivar alunos que não tem interesse em continuar uma vida estudantil.

Assim, entendendo o grande potencial das universidades quando cientes do papel do ensino superior em contribuir para a melhoria da educação básica e de que a interação entre as partes é uma oportunidade de enriquecimento para ambos os lados, a UFSM realizou entre os dias 23 e 25 de maio do corrente ano sua 3ª Mostra Integrada de Profissões, Tecnologia, Cultura e Serviços (PROFITECS 2013).

Nesta oportunidade, os alunos do Programa de Educação Tutorial (PET) do curso de Engenharia Elétrica da referida instituição, autores deste trabalho, apostando na indissociabilidade das atividades de pesquisa, ensino e extensão, apresentaram uma proposta de módulo experimental, exposto no estande “Arte, Ciência e Tecnologia – Sustentabilidade” envolvendo o tema “Transmissão de energia elétrica sem fio: como é possível?”.

Através da abordagem didática realizada com a utilização desse módulo, os apresentadores buscaram relacionar os conhecimentos trabalhados no curso com os adquiridos no ensino médio, evidenciando a importância destes para a concepção de novas tecnologias e também aprimorando suas habilidades de comunicação e expressão.

## **2. CONSIDERAÇÕES A RESPEITO DO MÓDULO EXPERIMENTAL**

Embora se tenha conhecimento da importância dos conceitos abordados pelas disciplinas contempladas no ensino básico, conforme citado anteriormente, Villas-boas et al. (2012) aponta a dificuldade enfrentada por muitos alunos nessa fase de formação para identificar tal importância. Essa dificuldade, muitas vezes, se deve a forma de abordagem de tais conteúdos, tradicionalmente caracterizada pelo verbalismo de aulas expositivas e da grande maioria dos livros didáticos, e pela falta de associação entre a teoria vista em sala de aula com aplicações práticas.

Na busca para superar tais dificuldades, Fracalanza et al. (1986), propõem a realização de atividades experimentais, defendendo que estas compreendem um poderoso catalisador no processo de aquisição de novos conhecimentos, pois a vivência de uma certa experiência facilita a fixação do conteúdo a ela relacionado. Com a experimentação é possível relacionar a interpretação do aprendiz aos fenômenos e processos observados, construindo o saber não apenas pelo conhecimento científico, mas pelas hipóteses levantadas diante das situações vivenciadas.

A metodologia de ensino utilizando atividades-problema e formulação de hipóteses possibilita relacionar o conteúdo a ser aprendido com os conhecimentos prévios dos estudantes, evidenciando sua importância para a solução de problemas práticos. Além disso, atividades experimentais geralmente exigem uma abordagem interdisciplinar, envolvendo várias disciplinas ao mesmo tempo, sendo possível demonstrar aos estudantes que todas elas estão interligadas (BORGES, 1998).

Com base nesse preceito, construiu-se um módulo experimental que possibilitasse relacionar e esclarecer conceitos abordados em disciplinas do ensino básico, em especial, as da área das ciências exatas.

A escolha do tema abordado com o módulo se deu pela análise de um cenário em que a utilização da energia elétrica muitas vezes é dificultada não pela indisponibilidade deste recurso, mas pelas restrições de mobilidade e durabilidade implicadas pela



utilização de cabos de alimentação e baterias. Estes fatores contribuem para o incentivo de pesquisas voltadas ao desenvolvimento de sistemas que buscam formas alternativas para se contornar tais situações, como a transmissão de eletricidade através de ondas eletromagnéticas utilizando acoplamento magnético de circuitos ressonantes.

## 2.1. Transmissão de energia elétrica sem fio

As investigações a respeito da possibilidade de se transmitir energia elétrica sem o uso de fios condutores tiveram início com o físico e engenheiro Nikola Tesla por volta de 1890. Empregando uma técnica que faz uso da ressonância de circuitos elétricos, Tesla efetuou a transmissão de energia elétrica através de ondas eletromagnéticas (CARLSON, 2007).

A existência das ondas eletromagnéticas foi prevista pelo físico e matemático James Clerk Maxwell em 1864 e posteriormente comprovada por Heinrich Hertz em 1887 (NUSSENZVEIG, 2006). Ondas eletromagnéticas geradas por um circuito elétrico são capazes de influenciar outro circuito, mesmo não havendo conexão condutiva entre eles. Este fenômeno é conhecido como indução magnética, explicada pela Lei de Faraday, umas das leis fundamentais que compõe a base do eletromagnetismo clássico (SADIKU, 2004).

Dessa forma, ondas eletromagnéticas geradas por um circuito transmissor (fonte) são capazes de induzir tensão elétrica em um circuito receptor (carga). Este é o princípio da transmissão de energia por acoplamento magnético indutivo (WITRICITY, 2012). No entanto, as tecnologias para transmissão de energia elétrica sem fio se baseiam não apenas na indução, mas também na ressonância entre circuitos elétricos.

Quando um sistema fonte realiza excitações periódicas sobre um sistema receptor oscilante, acontece um fenômeno de superposição que altera a energia deste último. Se a frequência de ocorrência desses estímulos for igual à frequência de oscilação natural do sistema receptor, acontecerá a máxima transferência de energia para este sistema. Nesta condição, diz-se que os dois sistemas estão em ressonância (SADIKU, 2004). A frequência de oscilação natural de um circuito elétrico pode ser determinada através de seus valores de capacitância e indutância. O acoplamento magnético ressonante ocorre quando a frequência da onda eletromagnética gerada pelo circuito transmissor atinge a frequência de oscilação natural do circuito receptor (WITRICITY, 2012). Desta forma, na transmissão de energia elétrica sem fio, faz-se uso do fenômeno da ressonância para se alcançar a maior transferência de energia possível.

Quanto às tecnologias para a transmissão de energia elétrica sem fio propriamente ditas, Chen et al (2012) destaca três topologias para projeto de circuitos. Basicamente, elas diferem quanto ao número de circuitos ressonantes, também denominados circuitos tanque, e a disposição dos elementos, tanto no transmissor quanto no receptor. Além destes, Cannon et al (2009) propõe a utilização de dois circuitos extras, denominados *Loops*, para acoplar o sinal elétrico no circuito tanque transmissor e desacoplar a carga no circuito tanque receptor.

A topologia proposta por Cannon et al (2009) é a apresentada na figura 1. Nesta, o circuito tanque transmissor é representado fisicamente apenas pela “Bobina 1” enquanto o circuito tanque receptor é representado apenas pela “Bobina 2”. A frequência de oscilação natural destes circuitos é determinada pela indutância própria de cada bobina e por sua capacitância parasita, elemento inerente a construção das mesmas.

Conforme mencionado anteriormente, para que haja a máxima transferência de potência entre o circuito transmissor e receptor, suas frequências de oscilação natural devem ser iguais. Este é um requisito primordial na execução do projeto desse sistema.

Ainda em relação a figura 1, o gerador de sinais é utilizado para produzir um sinal senoidal de frequência igual a frequências de oscilação natural do sistema, o qual é amplificado pelo amplificador de RF. A figura 2 mostra o circuito equivalente aproximado do sistema.

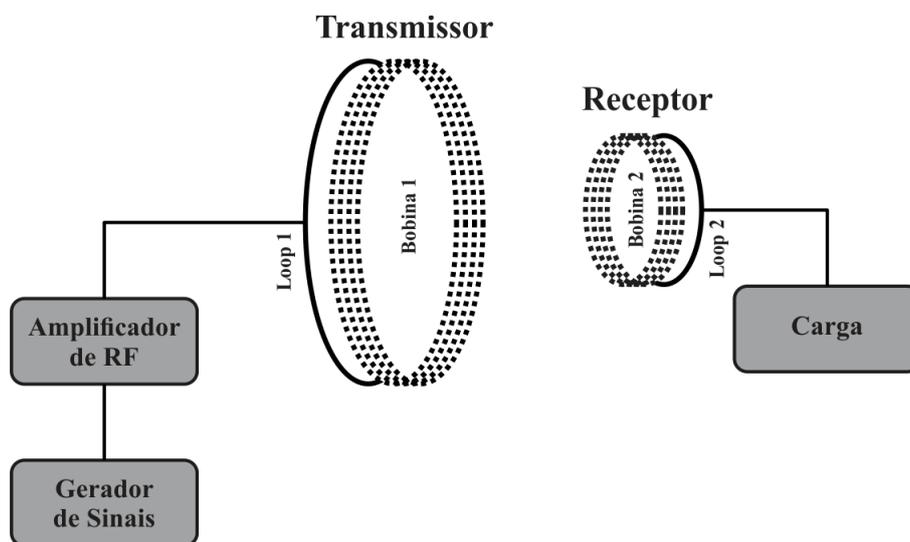


Figura 1 – Esquema representativo de um sistema de transmissão de energia elétrica sem fio (Fonte: adaptado Cannon et al (2009)).

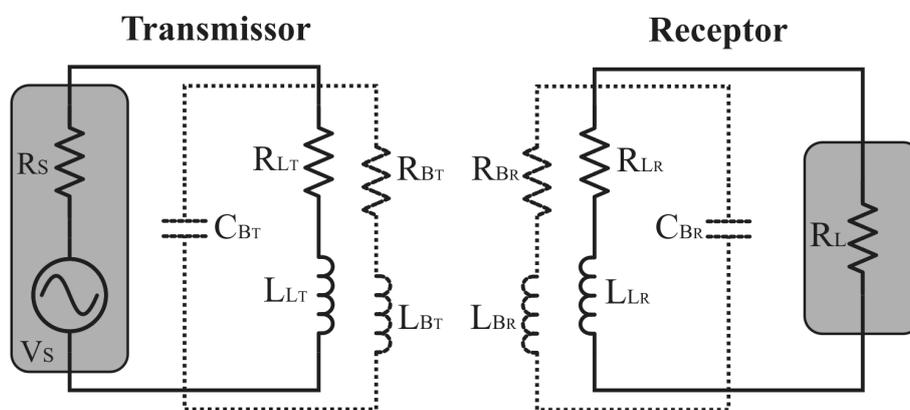


Figura 2 – Circuito equivalente do sistema de transmissão de energia elétrica sem fio (Fonte: adaptado de Cannon et al (2009)).

Por fim, WITRICITY (2012) observa que esta tecnologia não emite ondas eletromagnéticas de caráter radioativo, uma vez obedecidos os limites impostos pela ICNIRP (1997) (International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection), responsável por regulamentar os valores dos campos elétricos, magnéticos e eletromagnéticos emitidos por dispositivos diversos.



### **3. METODOLOGIA**

O trabalho desenvolvido pode ser dividido em três etapas distintas, como segue:

#### **3.1. Planejamento**

O trabalho, iniciado em setembro de 2012, foi concebido pela análise proposta do edital número 101 da Pró-Reitoria de Extensão da UFSM, referente a construção de dez módulos didáticos a serem expostos na PROFITECS 2013.

Definindo-se o tema abordado no módulo proposto, efetuou-se uma revisão bibliográfica a fim de identificar a técnica mais adequada para o projeto em questão, em virtude da existência de diferentes topologias para transmissão de energia por acoplamento magnético ressonante. Após, traçou-se um plano de trabalho com um cronograma de execução em seis meses.

#### **3.2. Construção do Módulo**

Partindo da etapa investigatória, foram definidas as características do módulo, bem como o dimensionamento de seus elementos, como indutores e capacitores, de maneira compatível com a potência a ser transmitida. Para tanto, foram utilizados alguns softwares simuladores de circuitos elétricos, tais como OrCAD e LTSpice. A topologia escolhida para a construção do módulo foi a proposta por Cannon et al (2009), apresentada nas figuras 1 e 2.

Tanto o circuito transmissor quanto receptor foram projetados para que apresentassem uma frequência natural de oscilação de 3,5 MHz. A “Bobina 1”, juntamente com o “Loop 1”, foram acopladas sob uma mesa, a qual simula uma escrivaninha, possibilitando o envio de energia elétrica sem fio a cargas receptoras situadas em uma região de campo próximo sobre esta.

Quanto as cargas, foram construídos quatro receptores, possibilitando acionar duas luminárias de LED (18 e 21 LEDs), uma caixa de som e um carregador de celular. Para facilitar o ajuste da ressonância entre os circuitos, utilizou-se capacitores variáveis junto as bobinas dos circuitos receptores.

Observa-se que, devido ao processo de compras dos equipamentos cumprir requisitos específicos, alguns não puderam ser adquiridos a tempo de serem utilizados na feira, de modo que foi preciso construí-los.

#### **3.3. Apresentação do Módulo**

Em virtude dos objetivos da mostra, o módulo foi exposto de maneira a fornecer um mecanismo prático para a explanação e integração multidisciplinar de assuntos relacionados aos conteúdos do ensino médio. Desta forma, através do questionamento sobre o funcionamento da tecnologia, os apresentadores buscaram fomentar uma conclusão empírica com a formulação de hipóteses pelo público presente, abordando conhecimentos sobre conceitos físicos e matemáticos abordados na grade curricular do ensino médio. Desta forma, entende-se que a conclusão empírica através de uma abordagem prática culmina em uma compreensão dos fenômenos físicos associados ao módulo. Ademais, o módulo se trata de uma aplicação para concepção de um produto que parte do entendimento de conceitos básicos.



Figura 3 – Módulo de transmissão de energia elétrica sem fio (Fonte: dos autores).



Figura 4 – Apresentação do Módulo na PROFITECS 2013 (Fonte: dos autores).

#### 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Segundo estimativas divulgadas pela organização da PROFITECS 2013, o evento recebeu cerca de 25.000 visitantes durante os três dias de atividades, cujo perfil e avaliação puderam ser identificados por meio de uma pesquisa de opinião que atingiu 557 respondentes.

Neste sentido, aborda-se alguns pontos que se referem a participação do experimento proposto na referida mostra. A pesquisa na íntegra pode ser conferida no site: <http://quiz.cpd.ufsm.br/quiz/global/result/1> (UFSM, 2013).

Quando perguntados “Quais atrações da PROFITECS você achou mais interessantes – identifique no máximo três”, os visitantes indicaram bom grau de satisfação quanto às atrações tidas no pavilhão direcionado a Mostra de Serviços, Ciência, Tecnologia e Inovação, onde o módulo foi apresentado.

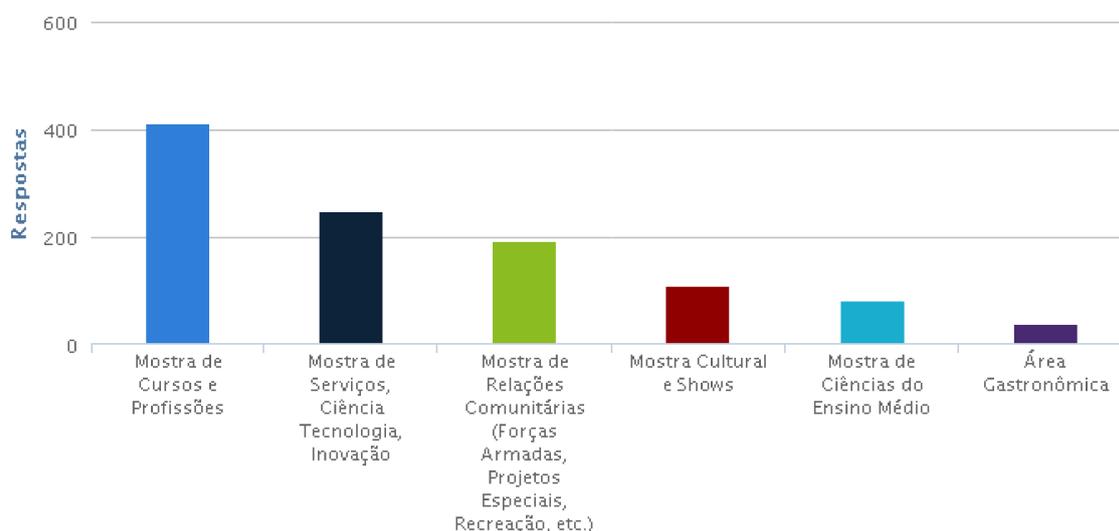


Figura 5 – Estatísticas de respostas para a pergunta: “quais atrações da PROFITECS você achou mais interessantes” (Fonte: UFSM, 2013).

Quanto a avaliação específica do pavilhão em questão, temos um importante indicativo quanto a alta qualidade das exposições, uma vez que grande parte do público visitante aliou como “Muito boa. Tinha várias coisas interessantes.”.

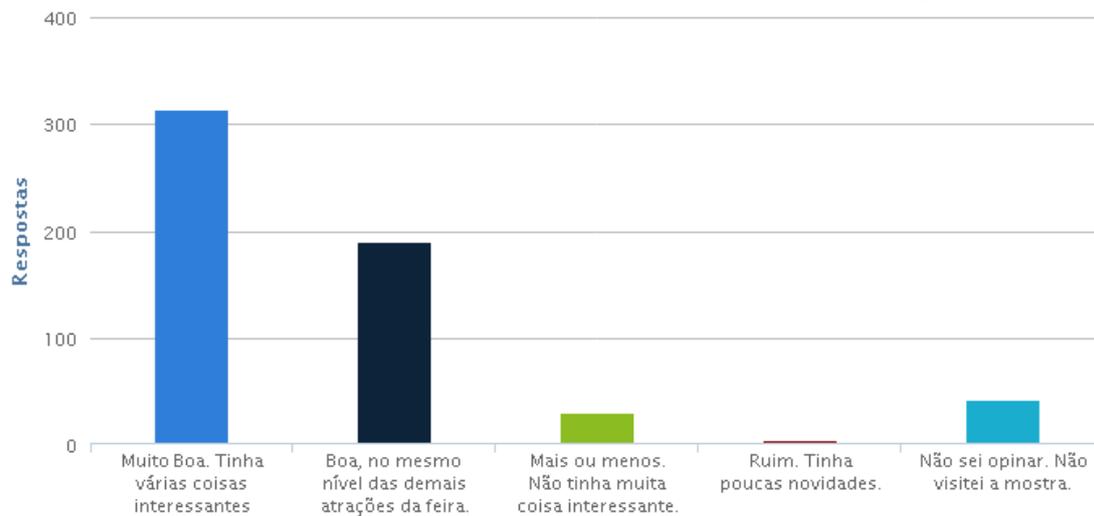


Figura 6 – Estatísticas de respostas para a pergunta: “qual sua opinião sobre a Mostra de Serviços, Ciência e Tecnologia?” (Fonte: UFSM, 2013).

Ainda, no que se refere avaliação geral, as boas pontuações dadas pelos respondentes permite o entendimento de que os objetivos de divulgação das oportunidades tidas na Universidade e do compartilhamento de conhecimentos foram atingidos com sucesso.

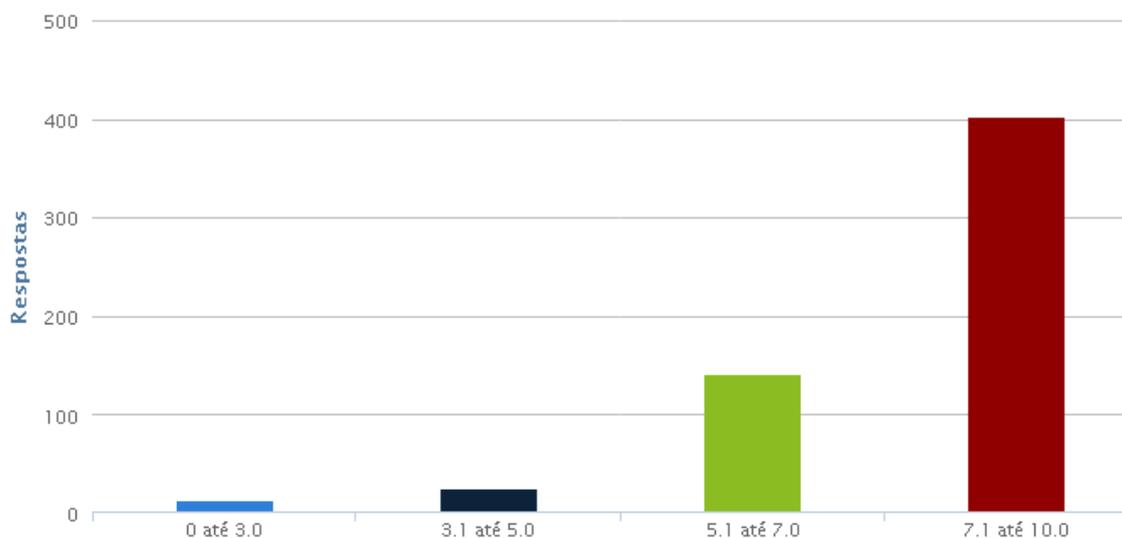


Figura 7 – Estatísticas de respostas para a pergunta: “dê uma nota geral para a 3ª PROFITECS” (Fonte: UFSM, 2013).

Frente as vivências possibilitadas pelo evento e aos resultados tidos na pesquisa avaliativa, avalia-se a construção do módulo e sua proposta didática, sobretudo ao que se refere a interação entre ensinamentos básico e superior, como um importante passo para a valorização dos conhecimentos e da abordagem prática e multidisciplinar.



### *Agradecimentos*

Agradecemos ao Grupo de Estudo e Desenvolvimento de Reatores Eletrônicos (GEDRE) e ao Núcleo de Pesquisa e Desenvolvimento em Engenharia Elétrica (NUPEDEE) pelo espaço cedido para a construção do módulo, empréstimos de equipamentos e materiais. Também ao tutor do grupo PET, Professor Alexandre Campos e colegas do Programa, pelas discussões e sugestões quanto ao projeto. Por fim, de maneira especial, ao Professor Carlos Henrique Barriquello, que orientou e acompanhou todas as etapas do trabalho desde sua concepção inicial.

### **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

BORGES, R. M. R.; MORAES, R. Educação em Ciências nas séries iniciais. Porto Alegre: Sagra Luzzato. 1998. p. 29-45.

BOYLESTAD, R. L. *Introdução a Análise de Circuitos*. 10. ed. Rio de Janeiro: Prentice-Hall, 2004. 826 p.

CANNON, B. L. et al. Magnetic resonant coupling as a potential means for wireless power transfer to multiple small receivers. *IEEE Transactions on Power Electronics*, v. 24, n. 7, p. 1819–1825, jul. 2009.

CARLSON, B. W. *Harnessing the Earth: Nikola Tesla and the Idea of Broadcasting Electric Power, 1890- 1905*. 2007. Disponível em: <<http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?arnumber=04510256>>. Acesso em: 16 out. 2012.

CHEN, L. et al. An optimizable circuit structure for high-efficiency wireless power transfer. *IEEE Transactions on Power Electronics*, v. 60, n. 1, p. 339–348, jan. 2012.

FRACALANZA, H.; AMARAL, I. A.; GOUVEIA, M. S. F. O Ensino de Ciências no 1º grau. São Paulo: Atual. 1986. p.124.

INTERNATIONAL COMMISSION ON NON-IONIZING RADIATION PROTECTION. *Guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic, and electromagnetic fields (up to 300 GHz)*. Oberschleissheim, Germany, out. 1997.

NILSSON, J. W.; RIEDEL, S. A. *Circuitos Elétricos*. 8. ed. São Paulo: Pearson, 2010. 574 p.

NUSSENZVEIG, M. *Curso de Física Básica : Eletromagnetismo*. São Paulo: Edgar Blücher, 2006.

SADIKU, M. N. O. *Elementos de Eletromagnetismo*. 3. ed. Porto Alegre: Bookman, 2004. 688 p.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA – UFSM. Resultado Pesquisa – PROFITECS 2013. Disponível em: <<http://quiz.cpd.ufsm.br/quiz/global/result/1>>. Acesso em: 20 jun. 2013.

VILLAS-BOAS, V.; MARTINS, J. A.; GIOVANNINI Jr. O. Petrofut: novos desafios para o engenheiro do futuro. Revista Dynamis – FURB, v.18, n.2, p. 45-55, 2012.

WITRICITY: *Witricity Technology: The Basics*. 2012. Disponível em: <<http://witricity.com/pages/technology.html>>. Acesso em: 15 out. 2012.



## **WIRELESS ENERGY TRANSMISSION: A PROPOSAL FOR THE INTEGRATION BETWEEN ELECTRICAL ENGINEERING AND HIGH SCHOOL EDUCATION**

***Abstract:** The following work discusses the potential use of practical experiments in the learning process of contents contemplated by the high school curriculum. In addition, the document also discusses the importance in the involvement of undergraduate electrical engineering students in the realization of teaching activities turned to high school students as extensions activities. Given this fact, such activities also contribute for a wide professional formation during the course of electrical engineering. As an objective of such work, it was designed an experimental module which consist of a wireless energy transfer system, to be presented in PROFITECS 2013, a public event turned to high school students and organized by UFSM. In the referring presentation, the objective was to explain the phenomenon and the physical concepts behind the wireless energy transmission via magnetic resonant coupling. Through this explanation, the presenters sought to develop the importance of the high school education in the understanding of new technologies. Moreover, the design of the module was intended to develop the practical development of the professional contents acquired during the undergraduate course of electrical engineering. Finally, as a result of this interaction between undergraduate students and high school students through an experimental module, the present work emphasizes the contribution for the personal abilities in the professional development of the undergraduate students.*

**Key-words:** *Electrical Engineering, Experimental Module, Teaching, Multidisciplinarity.*