



## UTILIZAÇÃO DA ESTRATÉGIA PjBL PARA APRENDIZAGEM DE CONVERSORES DC/DC

**João T. A. Vianna** – joaotito.vianna@gmail.com  
Universidade Federal de Juiz de Fora, Faculdade de Engenharia  
Rua José Lourenço Kelmer, s/n – Campus Universitário  
36036-900 – Juiz de Fora – MG  
**Guilherme M. de Melo** – guilherme.melo@engenharia.ufjf.br  
**Bernardo F. Musse** – bernardo.musse@engenharia.ufjf.br  
**Lívia R. de Almeida** – livia.almeida@engenharia.ufjf.br  
**Solano A. de A. S. e Silva** – solano.aguirre@engenharia.ufjf.br  
**Lucas H. Frizoni** - lucas.frizoni@engenharia.ufjf.br  
**Francisco J. Gomes** – chico.gomes@ufjf.edu.br

***Resumo:** O presente trabalho propõe a criação de um ambiente computacional FOSS (Free and open source software) para o auxílio do estudo e projeto de conversores DC/DC. O projeto surgiu a partir da necessidade de tornar o ensino mais dinâmico e interessante aos alunos de engenharia. A revolução tecnológica testemunhada nas últimas décadas é responsável por um estilo de vida completamente novo. Diante deste cenário, um novo perfil de aluno surgiu. Tais graduandos, habituados às novas tecnologias tendem a achar o modelo tradicional de educação desinteressante e massificante. Esta situação evidencia cada vez mais a necessidade de incorporação de novas metodologias à educação em geral, especialmente a educação em engenharia. Uma metodologia muito aplicada é conhecida como PjBL (aprendizado baseado em projeto), a qual foi empregada no desenvolvimento deste projeto. Sendo assim, o ambiente proposto incorpora nova dinâmica ao aprendizado, além de romper as fronteiras da sala de aula, podendo atingir todos que tenham interesse em estudar o tópico abordado.*

***Palavras-chave:** Conversores DC/DC, FOSS, ambiente computacional, PjBL*

### 1. INTRODUÇÃO

O surgimento de novas tecnologias, associadas a um mundo globalizado, e uma constante preocupação com o desenvolvimento sustentável, passaram a exigir cada vez mais competências do engenheiro. Há de se destacar que, há algumas décadas, a educação em engenharia formava profissionais adequados, considerando-se os conhecimentos, valores e habilidades dos perfis praticados à época (RUGARCIA et al., 2000). Ao analisar o atual cenário do mercado percebemos claramente a necessidade de um profissional capacitado não só em termos técnicos, mas também com uma formação humana cada vez mais desenvolvida. Estas novas competências são também conhecidas como transversais. Portanto se torna altamente necessário a mudança no ensino da engenharia, para que o profissional tenha todo o



conhecimento técnico necessário na área, mas também seja apto a se comunicar eficientemente de forma oral, escrita e gráfica; possa atuar em equipes multidisciplinares; planejar; supervisionar; elaborar e coordenar projetos e serviços de engenharia; e avaliar o impacto das atividades da engenharia no contexto social e ambiental. (MEC/CNE/CES, 2002)

Simultaneamente a essa mudança do perfil do engenheiro buscado pelo mercado, ocorre a mudança do perfil do aluno ingressante nos cursos de engenharia. Tais alunos, já são muito inseridos numa sociedade muito desenvolvida tecnologicamente, gerando um conflito entre as visões dos estudantes e do modelo amplamente utilizado pelas universidades. O modelo pode se tornar desinteressante, assim desmotivando os portadores desse novo perfil durante a graduação. Cabe à 'universidade atual' a discussão, e resolução de tal conflito, para que a 'universidade do futuro' seja mais eficiente e motivadora, gerando um profissional mais completo e adequado as demandas de mercado.

Uma estratégia largamente utilizada atualmente para se alcançar essa evolução no ensino é o modelo PjBL, que foi utilizado durante todo o projeto relatado neste artigo, e será melhor explicado no decorrer deste.

O artigo está estruturado como segue: a seção 2 discute aspectos do PjBL; a seção 3 explica em detalhes o desenvolvimento do projeto em si, inclusive com detalhamento de suas etapas; a seção 4 traz uma série de possíveis caminhos para prosseguimento e enriquecimento do projeto; e, por fim, a seção 5 compõe-se das considerações finais com uma autoavaliação e discussão das competências técnicas e transversais trabalhadas pelos alunos envolvidos no projeto, além dos resultados do mesmo.

## 2. PjBL

Os grandes desafios que tangem a educação em engenharia giram em torno da integração do ensino dado em sala de aula e sua aplicação no mercado de trabalho. A atual conjuntura de ensino com aulas expositivas, exercícios numéricos e práticas em laboratório se mostra eficiente para equipar os estudantes com conhecimentos factuais e habilidades para solução de problemas, porém se mostra falha e incompleta ao se exigir habilidades transversais do perfil profissional do engenheiro, tais como trabalho em equipe, solução de conflitos, dentre outras competências já citadas. Esses atributos exigem metodologias que transcendem o ensino em sala de aula e que não ficam presos somente à ementa dos cursos de engenharia como também ofereçam experiências e conflitos que auxiliem o estudante com a construção de seu conhecimento. Nesta situação, a expressão "aprendizagem ativa", ou "métodos ativos de aprendizagem", vem recebendo atenção crescente dos educadores por constituir uma das respostas possíveis às novas demandas educacionais colocadas (PRINCE, 2004).

O PjBL (*project-based learning*) surge como metodologia estimulante ao aprendizado indutivo, onde o professor passa a exercer uma função facilitadora fornecendo um enfoque baseado em indagações para engajar os alunos com questões e conflitos que sejam ricos, reais e relevantes às suas atividades acadêmicas e profissionais. De acordo com a definição corrente, projetos são tarefas complexas, baseadas em questões desafiadoras, ou mesmo problemas, que envolvem os estudantes em sua concepção, solução, tomada de decisão ou atividades investigativas; propicia oportunidade da execução de trabalhos com relativa autonomia segundo cronogramas temporais e culmina com produtos realísticos ou apresentações equivalentes (XIANYUN DU, 2009).



Neste contexto, busca-se através do projeto, desde seu planejamento à execução, uma estratégia de aprendizagem ativa na qual o grupo de estudantes envolvidos tem a oportunidade de desenvolver as competências necessárias ao perfil do engenheiro.

### 3. O PROJETO

Conforme definido pela metodologia PjBL, os alunos foram confrontados com um problema: encontrar uma maneira mais dinâmica e interessante ao novo perfil de aluno de engenharia para ensino da teoria acerca de eletrônica de potência. Diante deste cenário, foi formado um grupo de cinco alunos, os quais passaram a se reunir para discutir as formas de resolução da questão. O trabalho pode ser dividido em quatro etapas principais, as quais serão apresentadas nesta seção.

#### 3.1. Planejamento

Antes de partir para a execução do projeto, os alunos buscaram definir aonde deveriam chegar. Após uma série de reuniões, acompanhadas de estudos realizados por cada membro, foi delimitado um escopo inicial: as três topologias mais simples de conversores DC-DC, a saber: conversor abaixados (ou *Buck*), conversor elevador (ou *Boost*) e conversor abaixador-elevador (ou *Buck-Boost*).

Ficou definido ainda que a execução se dividiria em três partes: estudo teórico, no qual os alunos deveriam estudar e dominar análise e projeto de conversores das três topologias; montagem de um material (apostila) na qual toda a teoria envolvida seria explicada e estruturada com a maior clareza possível; e, por fim, desenvolvimento de um programa na linguagem Java com o objetivo de auxiliar o projeto de conversores das três topologias estudadas.

O principal motivo para elaboração de uma apostila própria foi a dificuldade em encontrar materiais que suprissem a expectativa do grupo ao longo de seus estudos. O tema é abordado sob várias perspectivas distintas, sendo ora de maneira muito simples, ora de forma mais aprofundada, entretanto sem detalhar os passos ao longo da explicação. Isso despertou nos participantes o desejo de produzir um material que sintetizasse de maneira eficaz e simples o conteúdo estudado.

A escolha da linguagem Java se deveu a dois fatores principais. Primeiro à facilidade de desenvolvimento de interfaces gráficas e à gama de recursos disponibilizados pela mesma. A IDE de desenvolvimento escolhida foi o NetBeans, um ambiente de desenvolvimento integrado, gratuito, de código aberto e que oferece total suporte para aplicações que utilizam a plataforma Java. O segundo motivo diz respeito à filosofia do grupo no qual este projeto foi desenvolvido: o programa de educação tutorial (PET), programa do MEC que tem como diretriz a elaboração de projetos de ensino, pesquisa e extensão.

Dentro do PET há sempre alunos em diferentes etapas do curso, desde os mais novos até os mais próximos da formatura. A forma de trabalhar do programa preza sempre pela mistura dos alunos mais antigos com os mais novos dentro dos projetos, para que a experiência seja sempre transmitida dentro do grupo e que os conhecimentos por alguns adquiridos se perpetuem dentro do grupo ao serem passados para os outros.

Em um cenário recente, o programa Ciência sem Fronteiras trouxe dificuldades ao grupo, na medida em que os alunos mais experientes saíram do programa antes de terem a chance de

passar os conhecimentos adquiridos para a frente. Assim, foram envolvidos neste projeto um aluno mais experiente dentro do grupo, o qual possuía conhecimento da linguagem Java (adquirido dentro do próprio PET), e alunos mais novos sem o conhecimento da mesma. Assim, outro objetivo deste projeto foi a manutenção do conhecimento em programação Java dentro do PET Elétrica da Universidade Federal de Juiz de Fora, na medida em que este aluno mais experiente se formaria, e deixaria o grupo, em um período relativamente curto.

Ressalta-se que esta foi a etapa mais demorada do projeto. Diante de vasta literatura e teoria envolvida em eletrônica de potência, houve dificuldade na delimitação de um escopo para o trabalho. Além disso, a inexperiência frente à execução de um projeto inteiro também trouxe dificuldades: etapas não possuíam marcos bem definidos e prazos acabavam sendo descumpridos. A observação destes aspectos mostra as dificuldades enfrentadas, mas também o quanto o desenvolvimento deste projeto contribuiu para desenvolvimento não só de competências técnicas, como também das competências transversais necessárias ao novo perfil de engenheiro, explorado na introdução deste trabalho.

Na Tabela 1 a seguir são resumidas as expectativas de conhecimentos técnicos e competências transversais a serem desenvolvidas ao longo do projeto.

Tabela 1. Competências a serem trabalhadas ao longo do projeto

Etapa	Conhecimento técnico trabalhado	Competências Transversais Reforçadas
Planejamento	Estudo geral sobre eletrônica de potência, Aplicações em software, Definição do escopo	Divisão de tarefas, aprendizado independente, apresentações, foco de projetos, integração de conhecimentos distintos
Escopo do projeto	Apostila sobre diferentes topologias de conversores DC-DC, Estudo e simulação de circuitos	Trabalho em equipe, gestão de conflitos, comunicação oral e escrita
Aulas teóricas	Detalhamento das topologias DC-DC, conhecimentos em eletrônica de potência	Aprendizado independente, responsabilidade no cumprimento de prazos, comunicação.
Execução (Apostila e programa)	Detalhamento das topologias DC-DC, Programação Java	Aprendizado interdependente, responsabilidade no cumprimento de tarefas
Finalização	Revisão da apostila e do programa, Projeções futuras	Pensamento crítico



### **3.2. Estudo teórico**

A execução desta etapa se confunde com a etapa de planejamento do projeto. Para definição do escopo do mesmo e seu objetivo foi necessário, concomitantemente ao planejamento, realizar-se estudos em torno da teoria de eletrônica de potência. No primeiro formato de estudo, diversos tópicos foram divididos entre os cinco envolvidos no projeto, os quais deveriam ser apresentados aos outros membros da equipe de trabalho.

Nas apresentações houve participação também de outros membros mais experientes dentro do PET Elétrica, com o objetivo de fomentar a discussão em torno da teoria apresentada e ajudar no direcionamento do projeto.

Ao longo desta etapa, dois dos cinco alunos envolvidos retiraram-se do projeto, devido à aprovação no programa Ciência sem Fronteiras. Diante de tal cenário, mais um aluno foi incluído no projeto para substituí-los, entretanto parte do conhecimento adquirido pelo grupo até então se perdeu: mesmo com as apresentações, os dois já dominavam os tópicos que haviam estudado.

Por fim, esta etapa do projeto acabou sendo concluída a partir de aulas ministradas por um aluno do grupo: ele ficava responsável por estudar e entender toda a teoria de análise de projeto de um conversor DC/DC e por ensiná-la aos outros membros. Após estas aulas, todo o entendimento e equacionamento estavam dominados e pode-se proceder à etapa seguinte.

As principais referências utilizadas para realização do estudo base para este trabalho foram (MOHAN, 2012) e (POMILIO, 2010).

### **3.3. Apostila**

À medida que as aulas eram ministradas, a elaboração do material didático em torno da teoria estudada pode ser realizada. A apostila foi dividida de modo a facilitar o entendimento de todos os que estavam envolvidos no projeto e, mais tarde, dos usuários finais do programa em Java. O material foi produzido com o intuito de explicar passo a passo o projeto de um conversor DC/DC, abordando desde a base matemática necessária para análise dos circuitos até o dimensionamento de indutores e capacitores.

Em um primeiro momento, as topologias básicas foram exploradas de maneira individual por membros da equipe. Em reuniões semanais, os resultados produzidos eram levados e discutidos a fim de que seguissem um mesmo padrão de qualidade e coerência. Isso exigiu muita pesquisa e capacidade de discernimento por parte dos envolvidos.

Em seguida deu-se ênfase nos resultados obtidos a partir de modelos propostos, utilizando softwares de simulação comercial. Isso possibilitou uma visão ampla do seu funcionamento, uma vez que o programa fornece os valores de tensões, correntes, entre outros parâmetros.

Com todo este processo, a confecção da apostila se deu de maneira natural, visto que a base teórica e prática já estavam bem fixadas. A estrutura foi escolhida com o intuito de detalhar bem cada passo de execução, ampliando a faixa de usuários capazes de desenvolver ou entender seu próprio conversor.

### **3.4. Programa**

Terminada a apostila, o próximo passo foi o desenvolvimento programa em que o usuário pudesse entrar com dados de projeto e obter o dimensionamento de um conversor DC/DC. Conforme definido na etapa de planejamento, foi escolhido um ambiente gráfico interativo, devido ao dinamismo e ao grande apelo visual que o mesmo pode apresentar.

Seguindo a proposta do PjBL, a equipe se viu novamente frente a um desafio; o de aprender mais sobre a programação orientada a objeto à medida em que o projeto exigia. Novamente, com o auxílio dos que tinham um maior domínio do assunto, as responsabilidades foram divididas de maneira que todos pudessem contribuir e evoluir. A apostila serviu como base de dados para a programação que está por trás da interface, o que garantiu um bom avanço no projeto.

O programa aumenta as possibilidades de absorção de conhecimento dos usuários: não somente a base teórica, mas também um conhecimento próximo ao que ele alcançaria se tivesse contato prático com os elementos. A sua interface foi pensada de maneira a dinamizar o aprendizado.

O conteúdo foi dividido de maneira que cada conversor pode ser acessado de maneira individual, a partir de uma tela inicial, mostrada na Figura 1. Outro ponto de relevância é o item “Ajuda” no menu superior, onde as informações complementares sobre cada topologia são disponibilizadas.

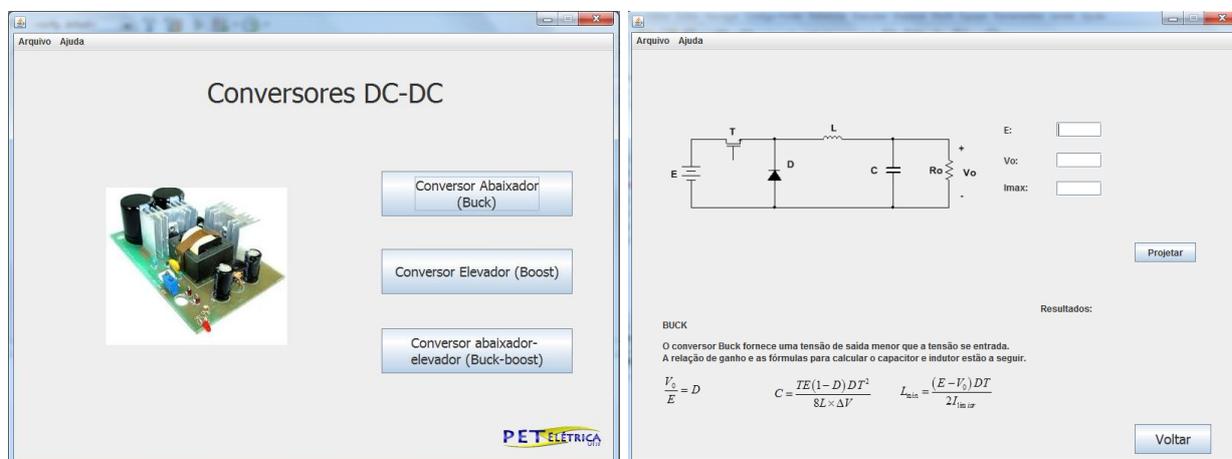


Figura 1: Abertura do programa (esquerda); Topologia Buck.(direita)

O conversor do tipo *Buck*, por exemplo, funciona como um abaixador de tensão. Ao escolhê-lo como opção no menu principal tem-se uma nova tela com algumas informações e os campos que cabem ao usuário preencher. Um pequeno resumo e as equações básicas para o dimensionamento do circuito - retiradas da apostila previamente preparada - são também exibidos nesta mesma interface que pode ser observada na Figura 1.

As outras opções de conversores apresentam-se de maneira similar à da Figura 1 (direita), com seus respectivos circuitos, equações e textos explicativos. Após o usuário inserir os valores desejados e escolher a opção “Projetar” o programa apresenta na saída os valores de projeto do capacitor, indutor e a relação entre a tensão de saída e de entrada.

A finalização do programa foi encarada como o cumprimento do que foi estabelecido nas primeiras reuniões pelo grupo inicial.

#### 4. PROJEÇÕES FUTURAS

Analisando o trabalho desenvolvido, e sabendo da vasta utilidade do programa, almeja-se estender o projeto para mais topologias de conversores. Uma possibilidade também é a realização do levantamento de um pequeno banco de dados, com especificações de componentes reais dos circuitos, para sugerir-los quando o projeto de um conversor é calculado.

Além disso, pode-se desenvolver uma versão para análise dos conversores, ao invés de projeto, ou seja, um programa que receba os valores do indutor e capacitor, e retorne a saída. Esta nova abordagem permitirá ao usuário analisar um conversor já existente ou auxiliar a resolução de um eventual exercício de alguma literatura.

Possivelmente ainda, um programa que projete toda uma fonte chaveada desde a rede até uma tensão contínua escolhida pelo usuário. Assim engrandecendo ainda mais o conhecimento tanto do desenvolvedor do programa, quanto do usuário.

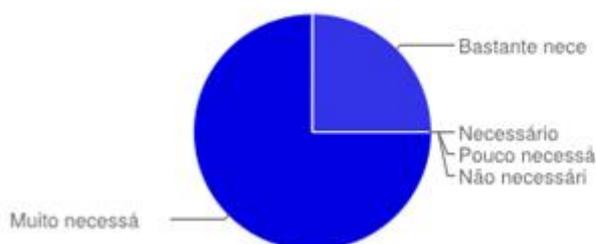
#### 5. CONCLUSÃO

Para avaliar as competências trabalhadas pelos membros do PET-Elétrica, foram propostos para a discussão os seguintes atributos, que impactam, de forma direta, as competências esperadas para o perfil profissional dos participantes e de que forma foram utilizadas, ou se tornaram necessárias, durante o projeto:

- Aprender de forma independente
- Solucionar problemas, ter pensamento crítico e ser criativo
- Trabalhar em equipe e gerenciar relações interpessoais
- Saber comunicar de forma clara e objetiva
- Integrar conhecimentos distintos
- Ter capacidade de gerenciar mudanças, saber lidar com o novo e inesperado

Analisando os atributos obtiveram-se os seguintes gráficos de resultados:

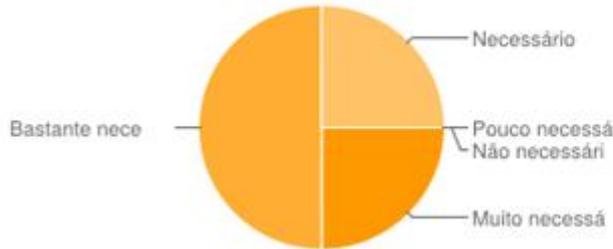
##### Aprender de forma independente



Muito necessário	75%
Bastante necessário	25%
Necessário	0%
Pouco necessário	0%
Não necessário	0%

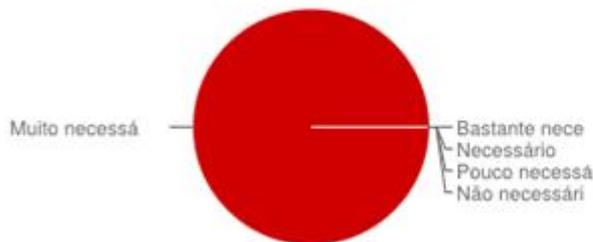


### Solucionar problemas, ter pensamento crítico e ser criativo



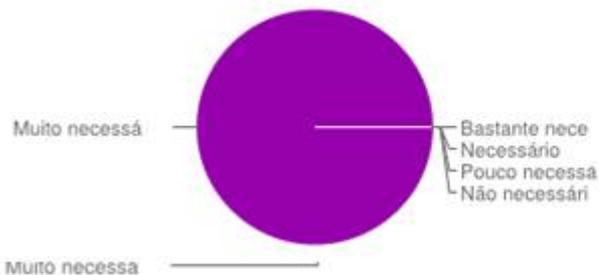
Muito necessário	25%
Bastante necessário	50%
Necessário	25%
Pouco necessário	0%
Não necessário	0%

### Trabalhar em equipe e gerenciar relações interpessoais



Muito necessário	100%
Bastante necessário	0%
Necessário	0%
Pouco necessário	0%
Não necessário	0%

### Ter capacidade de gerenciar mudanças, saber lidar com o novo e inesperado



Muito necessário	100%
Bastante necessário	0%
Necessário	0%
Pouco necessário	0%
Não necessário	0%

O resultado no aprendizado dos participantes do projeto foi bastante satisfatório, já que estes desenvolveram não somente o conteúdo técnico discutido durante todo projeto, mas também conhecimentos em uma linguagem de programação amplamente utilizada atualmente. Através da análise das respostas da equipe envolvida, pode-se destacar o grande avanço na capacidade de lidar com o inesperado, principalmente devido à saída de membros para o programa Ciência sem Fronteiras; e também na capacidade de trabalhar em equipe e gerenciar relações.

Além do que é apontado nos gráficos, exercitou-se ainda a comunicação oral e escrita, na medida em que foram necessárias apresentações e relatórios, ao longo da realização do trabalho, e a confecção do material teórico disponível para a consulta no programa. A

Tabela 2 traz de maneira mais detalhada os problemas enfrentados, as soluções adotadas e as competências trabalhadas pelos membros da equipe ao longo de todo o projeto.

Tabela 2. Dificuldades, soluções adotadas e competências reforçadas ao longo do projeto.

Etapa	Problema Surgido	Solução proposta pela equipe	Competências reforçadas
Planejamento	Dificuldade em delimitar escopo do projeto.	Divisão de temas de estudo entre membros e realização de apresentações internas.	Aprendizado independente, capacidade de comunicação oral.
Estudo teórico	Afastamento dos integrantes mais experientes para o CsF.	Entrada de novo membro, redivisão das tarefas e reforço dos estudos individuais e em equipe.	Gestão de mudanças, lidar com o novo.
Estudo teórico	Pouco conhecimento em eletrônica de potencia.	Pesquisa em varias fontes e ajuda de alunos com mais experiência.	Aprendizado independente, trabalho em equipe.
Elaboração da Apostila	Falta de material bastante detalhado para iniciantes no estudo de conversores DC/DC.	Elaboração de material próprio e posterior inserção do mesmo no programa.	Capacidade de comunicação escrita, criatividade, divisão de tarefas.
Desenvolvimento do Programa	Baixo conhecimento técnico por parte da equipe.	Nivelamento através de passo a passo com exemplos de programação do membro mais experiente; divisão de partes do programa entre os membros.	Habilidade de programação, programação orientada a objetos, divisão de tarefas, aprendizagem ativa, passagem de conhecimento, incentivo à busca individual.
Desenvolvimento do Programa	Organização das informações na interface.	Discussão entre os membros e definição em conjunto.	Criatividade, trabalho em equipe.
Todas	Dificuldade de estabelecimento de prazos em um horizonte longo.	Realização de reuniões semanais com revisão periódica do cronograma proposto.	Trabalho em equipe, gerenciamento de projetos.

Espera-se que com a utilização do programa juntamente com a apostila, o ensino de conversores DC/DC fique mais dinâmico e mais interessante para os alunos, suprimindo a demanda de aprendizado utilizando técnicas mais atuais.

Os resultados mostram que é possível desenvolver posturas alternativas, utilizando métodos ativos para reforço do perfil profissional, principalmente nas questões associadas às competências transversais, constantemente negligenciadas nas pedagogias tradicionais.

### ***Agradecimentos***

Ao Programa de Educação Tutorial PET/MEC pelo suporte para realização deste trabalho.



## 6. REFERÊNCIAS / CITAÇÕES

MEC/CNE/CES, Resolução CNE/CES 11. Diretrizes Curriculares Nacionais do Curso de Graduação em Engenharia. DOU, Brasília, 9 de abril de 2002, seção 1, p. 32

MOHAN, Ned, Power Electronics – A first course. 3a edição. Minneapolis, MN USA, 2012.

RUGARCIA, A; FELDER, R.M.; WOODS, D. R, STICE, J. E. The Future Of Engineering Education I. A Vision For A New Century. Chem. Engr. Education, 34(1), 16-25, 2000.

POMILIO, José Antenor, Fontes Chaveadas – Uma Visão Geral Publicação FEEC 13/95 UNICAMP, 2010.

PRINCE, M. Does Active Learning Work? A Review of the Research. Journal of Engineering Education, Volume 93, Issue 3, pages 223-231, July 2004.

THE ENGINEER OF 2020: Visions of Engineering in the New Century National Academy of Engineering. National Academies Press, 2004. Disponível em <<http://www.nap.edu/catalog/10999.html>>. Acesso em 22 de maio de 2014

XIANYUN DU; GRAFF, E.; KOLMOS, A.; Research on PBL Practice in Engineering Education, Netherlands: Sense Publishers, May 22, 2009.

### **FOSS PLATAFORM FOR THE AID OF STUDIES AND PROJECTS OF DC-DC CONVERTERS**

**Abstract:** *This work proposes the creation of a FOSS (free and open source software) computational environment for the aid of the studies and project of DC-DC converters. The project have arisen from the necessity of a more dynamic and interesting way of teaching to the engineering students. The technological revolution witnessed in the last decades is responsible for a completely new way of life. On this scenario, a new profile of students arose. This undergraduate students, used to the new technologies tend to think that the traditional educational model uninteresting and massifying. This situation brings more and more to focus the necessity of application of new methodologies to the education in general, specially the engineering education. One methodology that is very applied nowadays is known as PjBL (Project based learning), which was employed along the development of this project. Thus, the proposed environment incorporates a new dynamic to the process of learning, besides breaking the borders of the classroom, being able to reach everyone that have interest in learning the dealt topic.*

**Key-words:** *DC-DC converters, FOOS, computational environment, PjBL*