



APLICATIVO WEB PARA ENSINO DE CONVERSORES ESTÁTICOS CC-CC

Laio Oriel Seman – laioseman@gmail.com
Daniel Castellain – daniel_castellain@yahoo.com.br
Jonata Apolinário – jonataapolinario@yahoo.com.br
Adriano Péres – aperes.furb@gmail.com
Romeu Hausmann – romeuh@furb.br
Universidade Regional de Blumenau
Rua São Paulo, 3250 – Itoupava Seca
89030-000 – Blumenau – SC

Resumo: *Com o advento das linguagens de programação WEB estão surgindo os chamados aplicativos web, aplicativos que rodam direto do navegador, sem necessidade de instalação adicional de plug-ins. Uma das grandes vantagens dos aplicativos web está no fato de serem multiplataforma, rodando inclusive em smartphones e tablets, tecnologias cada vez mais presentes no dia-a-dia das pessoas. E já que constantemente em expansão, o ramo da eletrônica de potência é ponto alto no ensino de universidades tanto do Brasil como do exterior, em grande parte devido à crescente utilização de fontes chaveadas nos produtos eletrônicos atuais. Neste trabalho foi elaborado um aplicativo web para calcular parâmetros de conversores buck e boost e plotar as informações pertinentes a eles.*

Palavras-chave: *boost; buck; javascript; web app; simulador.*

1. INTRODUÇÃO

A aprendizagem em conversores estáticos é fundamental para os estudantes de Engenharia Elétrica (BARBI & MARTINS, 2010). Muitos softwares no mercado calculam os parâmetros desses conversores e plotam suas formas de onda, mas em sua grande maioria requerem instalação de aplicativos ou plug-ins (GONÇAVELS & CANESIN, 2001; DROFENIK *et all*, 2010; SAMPAIO *et all*, 2011; POMILIO *et all*, 2011 e GONÇALVES *et all*, 2001 e 2010).

Este trabalho traz a ideia de desenvolver uma ferramenta que realize essas mesmas funções (calcular e plotar), mas de um modo simples e acessível. E hoje em dia, com a popularização dos computadores e dispositivos portáteis com acesso à internet, nada melhor do que isso estar disponível ao aluno em forma de um web site.

Nesses termos esse trabalho aborda a elaboração de um aplicativo que calcula os parâmetros de conversores CC-CC do tipo buck e do tipo boost e plota suas formas de onda na saída, tudo de forma rápida e requerendo apenas um navegador com acesso à internet. Esta plataforma auxilia a estimular os alunos de engenharia ofertando aos

mesmos um sistema moderno, eficiente e portátil para o acompanhamento de algumas disciplinas específicas.

Para a criação do aplicativo web, a linguagem escolhida foi o JavaScript que tem como característica executar todas as operações no navegador do usuário, ao invés de recorrer a constantes comunicações com o servidor. Desta forma a velocidade que os cálculos são efetuados não depende da velocidade da conexão à internet, mas sim da capacidade de processamento do computador que está acessando o aplicativo. Neste trabalho faz-se uma revisão do funcionamento do aplicativo e das suas principais rotinas.

2. FUNCIONAMENTO

Os parâmetros que devem ser informados ao aplicativo (Figura 1) são: tensão de entrada, tensão de saída, frequência de chaveamento, potência de saída, ondulação de tensão e ondulação de corrente.

A proposta é que através destes parâmetros o conversor buck seja calculado para operação no modo de condução contínua.

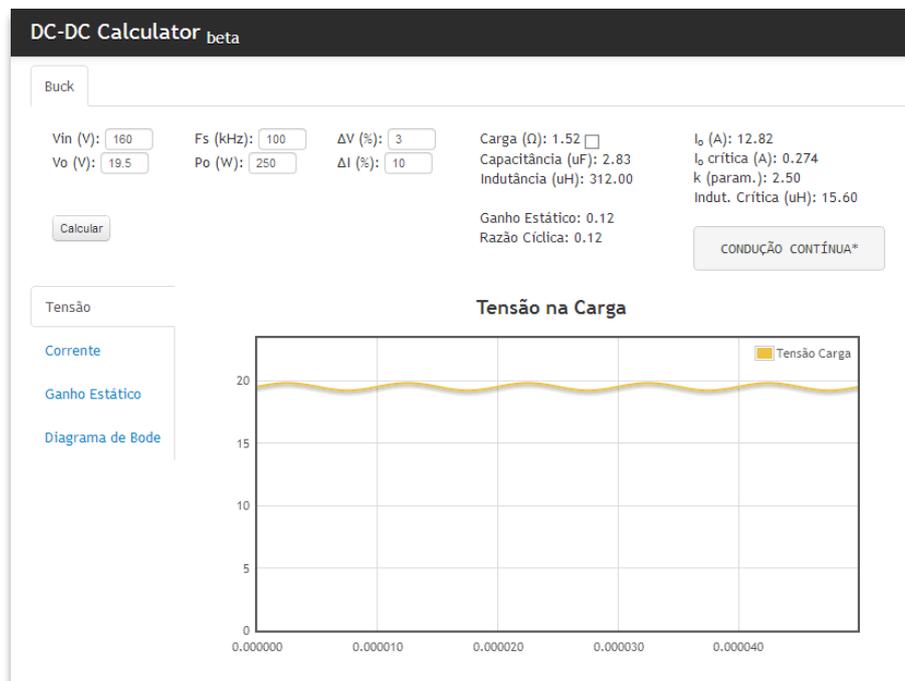


Figura 1 - Interface do aplicativo.

As informações calculadas são separadas em partes. A primeira parte diz respeito à carga para a potência informada, a capacitância e a indutância referentes às ondulações informadas.

A segunda ao ganho estático e a razão cíclica necessária para que a relação entrada/saída seja respeitada. A terceira parte apresenta a corrente de saída, a corrente crítica para aquela configuração, a corrente parametrizada (POMÍLIO, 2011) e a indutância crítica do sistema.

Não menos importante e ainda mais destacado, fica o modo de operação atual do conversor, se opera em condução contínua, descontínua ou crítica.

É dada ao usuário a opção de forçar um valor de carga, além da nominal, para a mesma configuração de conversor. Assim a simulação pode ser forçada a ocorrer em modo descontínuo ou até mesmo crítico.

Para melhor ilustrar o funcionamento, algumas informações são dadas ao aplicativo, conforme apresentado na Figura 2, e os resultados obtidos são mostrados na Figura 3.

Vin (V):	<input type="text" value="160"/>	Fs (kHz):	<input type="text" value="100"/>	ΔV (%):	<input type="text" value="3"/>
Vo (V):	<input type="text" value="19.5"/>	Po (W):	<input type="text" value="250"/>	ΔI (%):	<input type="text" value="10"/>

Figura 2 - Parâmetros de entrada.

Carga (Ω):	<input type="text" value="1.52"/>	I_o (A):	<input type="text" value="12.82"/>
Capacitância (μF):	<input type="text" value="2.83"/>	I_o crítica (A):	<input type="text" value="0.274"/>
Indutância (μH):	<input type="text" value="312.00"/>	k (param.):	<input type="text" value="2.50"/>
		Indut. Crítica (μH):	<input type="text" value="15.60"/>
Ganho Estático:	<input type="text" value="0.12"/>		
Razão Cíclica:	<input type="text" value="0.12"/>		

Figura 3 - Parâmetros calculados.

Já as Figuras 4 e 5 apresentam respectivamente as formas de onda de tensão e corrente na carga, sendo possível visualizar a ondulação definida anteriormente.

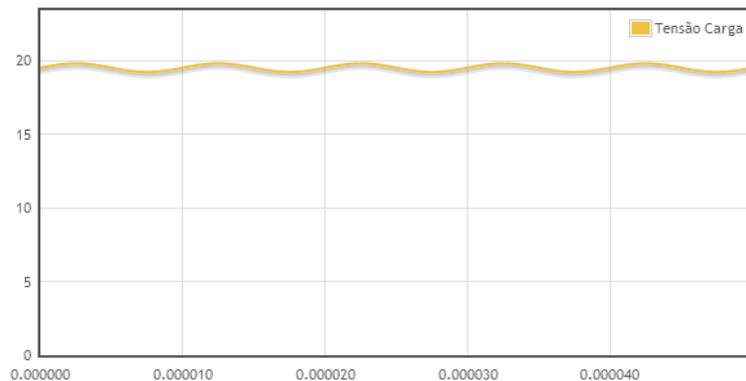


Figura 4 - Tensão na carga.

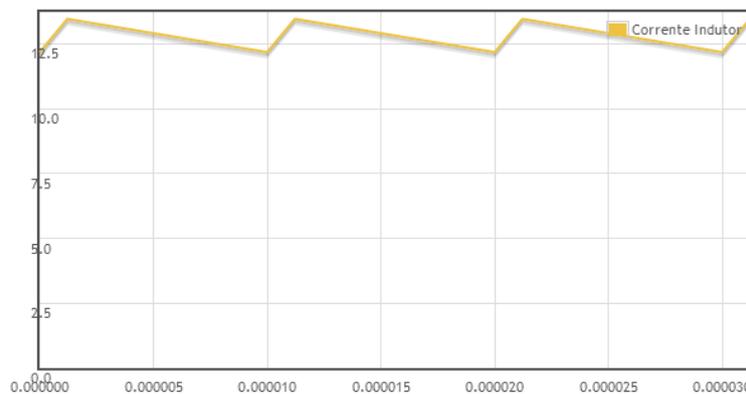


Figura 5 - Corrente no indutor.

É também traçada a curva de operação do conversor. Devido ao cálculo específico para que o conversor trabalhe no modo de condução contínua, percebe-se que o ponto de operação (vermelho), fica localizado na extrema direita do gráfico, dando uma grande margem para operação, como pode ser visto na Figura 6.

Ao navegar com o mouse sobre a curva de operação, o aplicativo fornece as informações referentes ao ponto (Figura 6). Esta característica é muito importante para os estudantes, uma vez que possibilita a varredura em torno de pontos de operação forçados para a verificação dos parâmetros respectivos. Percebe-se também, com esta possibilidade de varredura na curva de ganho estático, as margens que se tem na operação do conversor. Por exemplo, na Figura 6 o ponto de operação obtido com os parâmetros digitados está localizado bem à direita do gráfico. Caso o estudante desloque este ponto com o mouse verificará que o conversor ainda opera em condução contínua por uma boa margem.

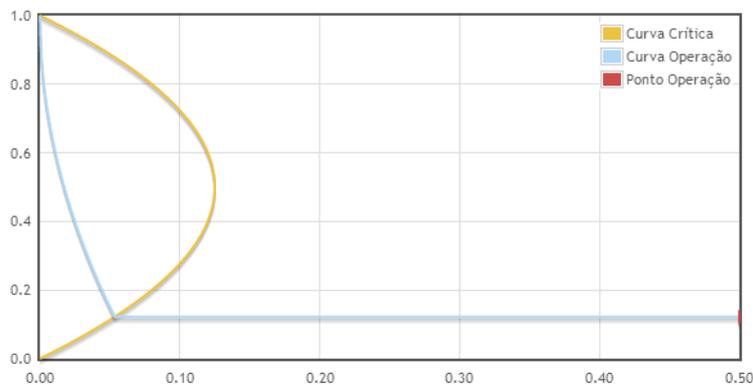


Figura 6 - Curva de ganho do conversor.

Na Figura 7 apresenta-se o mouse bem à esquerda do gráfico, levando o conversor para a região de condução descontínua. Essa característica desperta o estudante a exercitar suas habilidades em relação às diferenças que existem entre os diversos pontos de operação possíveis para o conversor.

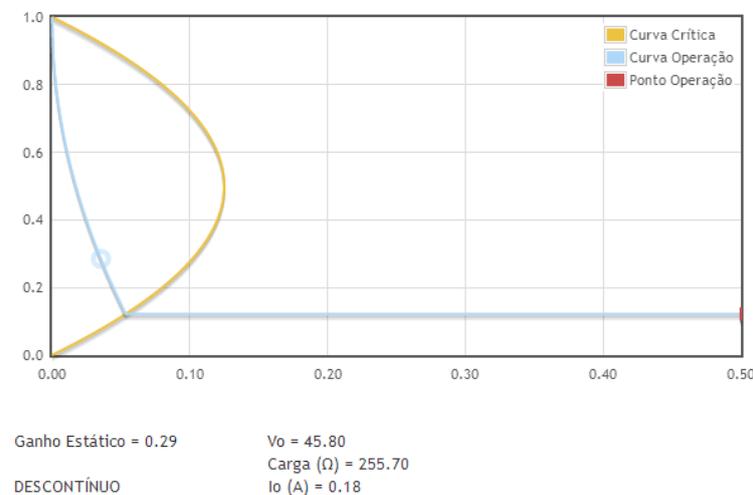
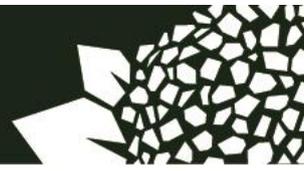


Figura 7 - Mouse sobre a curva de ganho do conversor.



Para verificar a veracidade das informações, pede-se ao aplicativo que refaça os cálculos para uma carga de 255 ohms (Figuras 8 e 9).

Percebe-se que para a nova carga já é informado ao usuário qual o novo ganho estático, a nova tensão de saída e também a nova potência de saída, favorecendo, assim, a sua percepção em relação às mudanças ocorridas no funcionamento do conversor com as alterações paramétricas efetuadas.

Vin (V): <input type="text" value="160"/>	Fs (kHz): <input type="text" value="100"/>	ΔV (%): <input type="text" value="3"/>
Vo (V): <input type="text" value="19.5"/>	Po (W): <input type="text" value="250"/>	ΔI (%): <input type="text" value="10"/>
Vo* (V): 46	Po* (W): 8.30	

Figura 8 - Novos parâmetros de entrada.

Carga (Ω): <input type="text" value="255"/> <input checked="" type="checkbox"/>	I_o (A): 0.18
Capacitância (μF): 2.83	I_o crítica (A): 0.274
Indutância (μH): 312.00	k (param.): 0.04
	Indut. Crítica (μH): 15.60
Ganho Estático: 0.29	
Razão Cíclica: 0.12	
	<input type="button" value="CONDUÇÃO DESCONTÍNUA*"/>

Figura 9- Novos parâmetros calculados.

Voltando à curva de operação do conversor, pode-se perceber que o ponto de operação visto na Figura 10 (vermelho), agora se encontra na estimativa feita anteriormente na Figura 9.

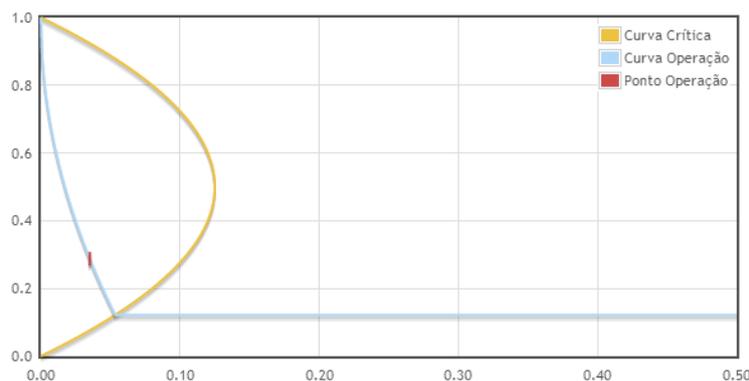


Figura 10 - Novo ponto de operação.

O gráfico de tensão na carga agora segue a nova tensão estimada, conforme mostrado na Figura 11. Nesta figura o estudante pode verificar a ondulação de tensão na carga.

As figuras 15 e 16 representam respectivamente a tensão na carga e a corrente no indutor para os parâmetros apresentados nas Figuras 13 e 14.

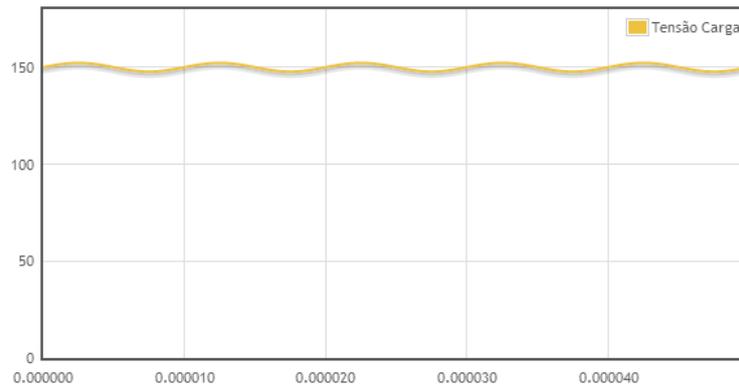


Figura 15 - Tensão de saída do conversor boost.

A Figura 17 é referente ao modo de operação do conversor boost, onde se percebe que o ponto de operação (vermelho) está localizado na extrema direita do gráfico, permitindo uma grande margem de operação ao conversor.

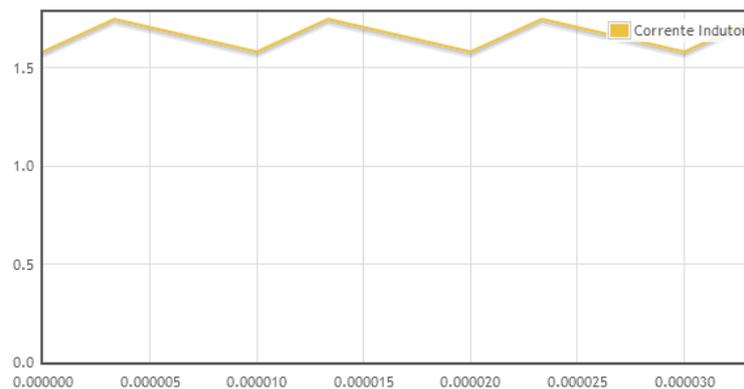


Figura 16 - Corrente no indutor do conversor boost.

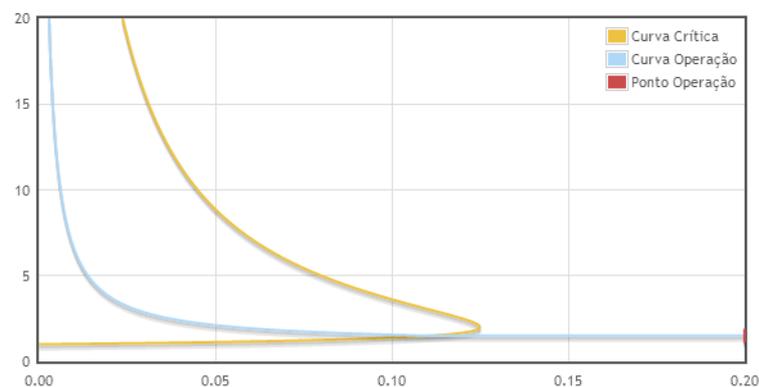


Figura 17 - Curva de ganho do conversor boost.

Do mesmo modo que para o conversor buck, o usuário pode navegar com o mouse pela curva de operação, conforme mostrado na Figura 18, curva azul. Pode-se determinar qual valor de carga levará o conversor para aquele ponto do gráfico.

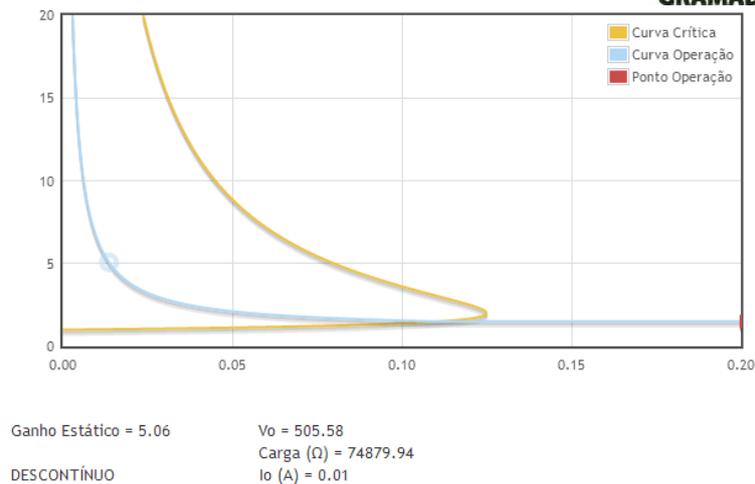


Figura 18 - Mouse sobre a curva do conversor boost.

Para tentar alcançar o ponto definido pelo mouse, foi forçada uma carga de 75000 ohms ao conversor, como demonstrado nas Figuras 19 e 20.

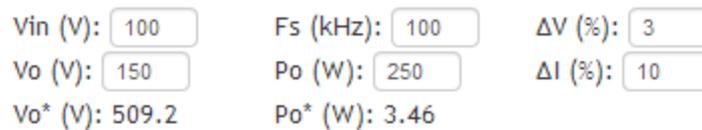


Figura 19 - Novos parâmetros.

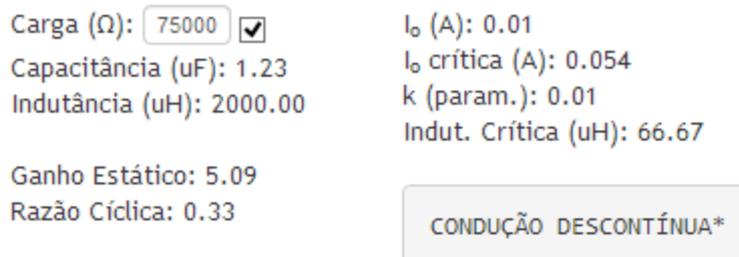


Figura 20 - Mudança de carga.

Verifica-se então que a aproximação feita anteriormente pela curva está correta, conforme mostrado na Figura 21.

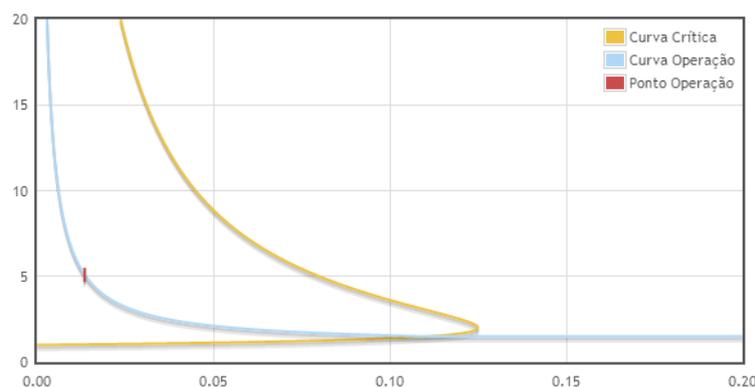


Figura 21 - Novo ponto de operação do conversor boost.



3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A ideia inicial de construir um aplicativo web para o cálculo de conversores CC-CC se mostrou viável. Através de uma interface limpa e que executa em qualquer navegador moderno ficou estabelecido uma conexão direta entre o usuário e os parâmetros do conversor.

O aplicativo mostrou-se também funcional em *tablets* e *smartphones* além dos já usuais computadores, permitindo o acesso ao aplicativo através de uma grande diversidade de dispositivos.

A linguagem JavaScript se mostrou adequada para o projeto e de fácil implementação, apesar de não possuir originalmente recursos mais avançados como o cálculo de números complexos.

Para trabalhos futuros sugere-se a implementação do conversor buck-boost, que possui curvas de operação bastante diferentes dos conversores abordados no projeto.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARBI, I.; MARTINS, D. C., Eletrônica de potência - Conversores CC-CC básicos não isolados. Edição dos autores, Florianópolis, 2000.

DROFENIK, U.; MÜSING, A.; KOLAR, J. W., "Novel Online Simulator for Education of Power Electronics and Electrical Engineering", Proceedings of the International Power Electronics Conference (ECCE Asia 2010), Sapporo, Japan, June 21-24, 2010 .

GONÇAVELS, F. A. S.; CANESIN, C. A., "JAVA applets for a WWW-HTML-based course in power electronics," *Power Electronics Specialists Conference, 2001. PESC. 2001 IEEE 32nd Annual* , vol.1, no., pp.85,90 vol. 1, 2001

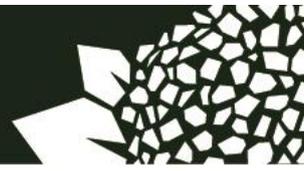
GONÇAVELS, F. A. S.; CANESIN, C. A.; SAMPAIO, L. P., "Interactive DC-DC converters tools for instant design and education," *Power Electronics Conference, 2009. COBEP '09. Brazilian* , vol., no., pp.1074,1081, Sept. 27 2009-Oct.

GONÇAVELS, F. A. S.; CANESIN, C. A.; SAMPAIO, L. P., "Simulation Tools for Power Electronics Courses Based on Java Technologies," *Education, IEEE Transactions on* , vol.53, no.4, pp.580,586, Nov. 2010

POMILIO, J. A. Página de docente da UNICAMP. Disponível em: < <http://www.dsce.fee.unicamp.br/~antenor/> >. Acesso em: 20 jun. 2012.

POMILIO, J. A.; CANESIN, C.A.; ANTUNES, F. L M; dos REIS, F.S.; SAMPAIO, L.P., "Power electronics courses for the new paradigms of the electrical system," *Power Electronics Conference (COBEP), 2011 Brazilian* , vol., no., pp.1027,1031, 11-15 Sept. 2011

SAMPAIO, L.P.; de BRITO, M.A.G.; e MELO, G.A.; CANESIN, C.A., "Power Electronics course: Analysis and evaluation of the educational software and the environment learning," *Power Electronics Conference (COBEP), 2011 Brazilian* , vol., no., pp.1044,1049, 11-15 Sept. 2011



WEB BASED APPLICATION FOR DC TO DC CONVERTERS TEACHING

Abstract: *With the advent of the web programming languages the web applications are rising up, applications running directly from the browser without the necessity to install additional plug-ins. One of the great advantages of web applications is the fact of being multiplatform, including smartphones and tablets, technologies more and more present in day-to-day lives. On the other hand power electronics is a high point in teaching, both in Brazil and abroad, largely due to the increasing use of switching power supplies in consumer electronics today. This work has developed a web application to calculate parameters of buck and boost converters and plot the information relevant to them.*

Key-words: *boost converter; buck converter; javascript; simulator; web app.*