

DESENVOLVIMENTO DE UMA INTERFACE DIDÁTICA PARA MELHOR COMPREENSÃO DO FUNCIONAMENTO DOS CONVERSORES CC-CC *BUCK* E *BOOST*, UTILIZANDO O SOFTWARE MATLAB/SIMULINK

Larissa Aparecida Baratieri – lbaratieri@alunos.utfpr.edu.br*

Vinícius Suterio – suterio@utfpr.edu.br*

Diego Costa Vinha – diegovinha@hotmail.com*

Erick Araujo Nunes – ericknunes@alunos.utfpr.edu.br*

Marcelo Favoretto Castoldi – marcastoldi@utfpr.edu.br*

Paulo Rogério Scalassara – prscalassara@utfpr.edu.br*

Alessandro Goedel - agoedel@utfpr.edu.br*

Universidade Tecnológica Federal do Paraná*

Avenida Alberto Carazzai, 1640*

86300-000 – Cornélio Procópio – Paraná*

Resumo: Este artigo apresenta a proposta de uma plataforma educacional que tem por finalidade auxiliar o aluno de engenharia a estudar os conversores CC-CC Buck e Boost, os quais são os primeiros conversores apresentados na disciplina de Eletrônica de Potência. O desenvolvimento de tal plataforma se deu por intermédio da ferramenta computacional MatLab/Simulink. A escolha desta ferramenta foi justamente pelo fato do software MatLab ser um dos mais utilizados pelos estudantes de engenharia devido a sua ampla aplicação em diversas áreas como: simulações elétricas, modelagem e controle de sistemas, até mesmo análise de vibrações mecânicas. O foco deste trabalho foi a criação de uma interface utilizando o GUI (guide) do MatLab, permitindo com que seja anexada a esse como toolbox. Tal interface permite que qualquer usuário possa utilizá-la, mesmo aqueles que não possuem domínio da ferramenta computacional MatLab/Simulink.

Palavras-chave: Plataforma educacional. Conversores CC-CC. MatLab GUI.

1 INTRODUÇÃO

Os conversores CC-CC são circuitos eletrônicos que convertem uma tensão contínua (CC) para diferentes níveis de tensão CC. Devido suas aplicações serem nas mais diversas áreas, eles são alvos de estudos e pesquisas na área da engenharia (BOSE, 2009). Tais conversores devem ter suas variáveis elétricas, como tensões, correntes e potências, devidamente controladas (BARBI, 2014) de tal forma a fornecer sempre uma saída regulada (HART, 2002). Os principais conversores, estudados nas disciplinas de engenharia, são: *Buck* e *Boost*, por possuírem estágios abaixador e elevador de tensão, respectivamente e os demais conversores são dependentes desses estágios como *Cúk*, *Zeta* e *Sepic* (TOFOLI, 2018).

Com o intuito de auxiliar o estudo destes conversores, o objetivo desse trabalho foi desenvolver uma plataforma didática, utilizando uma interface gráfica, em um software comumente utilizado nas disciplinas de engenharia, que é o MatLab/Simulink. Este trabalho trás duas principais vantagens: a primeira delas é que a interface não requer conhecimento prévio de programação e a segunda é que ela pode ser anexada como *toolbox* ao próprio software, semelhante ao já existente analisador de respostas em circuitos RLC: 'rlc_gui' (DIVERGILIO), contribuindo e facilitando ainda mais com o aprendizado dos alunos.

Existem outros trabalhos, com enfoque educacional, como por exemplo o aplicativo *LepEducacional*. Tal aplicativo foi desenvolvido pelos alunos da faculdade UNESP utilizando a linguagem de programação Java, e abrange os mais diversos assuntos sobre a disciplina de Eletrônica de Potência, como retificadores, conversores dentre outros (SAMPAIO, 2011).

Outras áreas são exploradas para a criação de ferramentas educacionais como pode ser visto em (CONTERO, 2006), no qual são apresentadas ferramentas de apoio para o aprendizado e desenvolvimento de desenho técnico. Neste trabalho os autores permitem com que os usuários utilizem as ferramentas tanto em computadores quanto em tablets.

Ainda no ramo de engenharia pode-se citar Han Ping (2014), o qual traz como proposta uma ferramenta educacional voltada para o estudo de sinais e sistemas. Tal ferramenta foi desenvolvida utilizando a plataforma *Guide* do MatLab (GUI). Essa mesma plataforma foi utilizada para o desenvolvimento deste trabalho, permitindo a elaboração da interface didática.

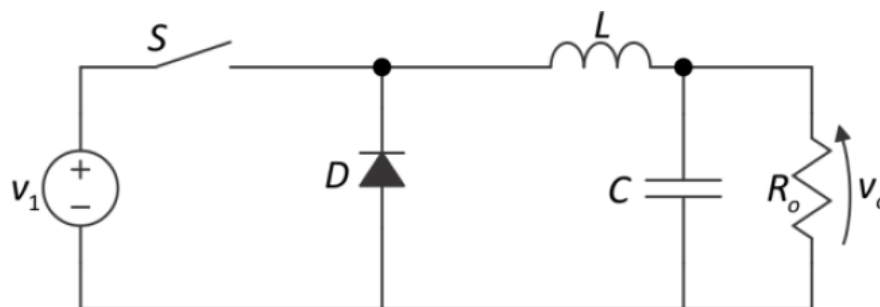
Sendo assim, este artigo apresenta o desenvolvimento de uma interface gráfica didática, na plataforma GUI do MatLab, para auxiliar os alunos no estudo das principais características dos circuitos eletrônicos *Buck* e *Boost*, projetados no Simulink. O restante deste artigo é apresentado como segue: na Seção 2 apresentam breves conceitos sobre os conversores utilizados neste projeto e sobre a interface gráfica GUI. Na Seção 3 é apresentado a plataforma educacional desenvolvida, bem como suas funcionalidades e por fim, na Seção 4 são apresentadas as considerações finais.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Conversores CC-CC: *Buck* e *Boost*

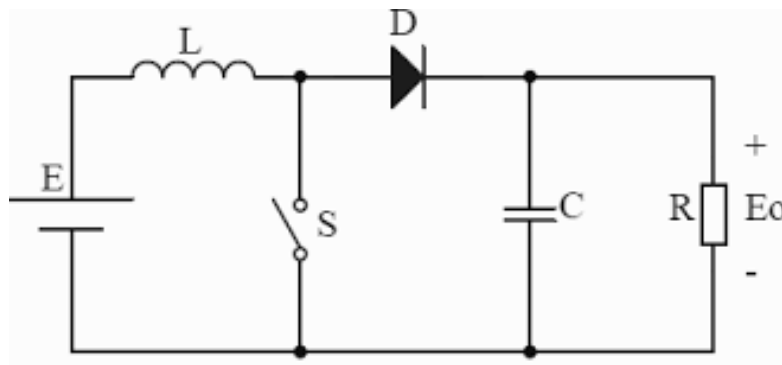
O conversor *Buck* é um conversor abaixador de tensão, ou seja, a tensão de saída deve ser menor que tensão de entrada. Sendo assim, um conjunto de equações, que modelam o sistema, deve ser obedecido para que os elementos, (capacitor, indutor e carga), sejam projetados de maneira correta. Uma vez que o circuito possua elementos devidamente projetados, obtém-se a saída desejada diante de uma tensão pré-estabelecida. A Figura 1 ilustra um conversor *Buck* ideal com carga resistiva.

Figura 1 - Conversor *Buck* ideal com carga resistiva.



Fonte: Adaptado de Ivo Barbi (2014).

O mesmo pode ser dito para o conversor *Boost* em relação ao projeto, entretanto ele é um conversor elevador de tensão, ou seja a tensão de saída deve ser maior que a de entrada. A Figura 2 ilustra um conversor *Boost* ideal com carga resistiva.

Figura 2- Conversor *Boost* ideal com carga resistiva.

Fonte: Ivo Barbi (2014).

Os parâmetros de projeto, utilizados na interface, foram os dimensionamentos do capacitor e indutor, referente a cada conversor. Tais parâmetros são variáveis e dependem da frequência de chaveamento e das tensões de entrada e saída (BARBI, 2014).

2.2 GUI – Interface Gráfica de Usuário

A interface gráfica foi desenvolvida utilizando a plataforma GUI do MatLab, que também é conhecida como interface gráfica de usuário. Essa interface permite com que o usuário tenha total controle das funcionalidades oferecidas, não havendo necessidade de conhecimento prévio em programação para sua utilização.

Basicamente ela é responsável por comunicar os algoritmos desenvolvidos no MatLab, referentes aos cálculos dos modelamentos matemáticos de cada conversor, e os circuitos projetados no Simulink, a fim de criar uma plataforma didática e interativa e para o usuário.

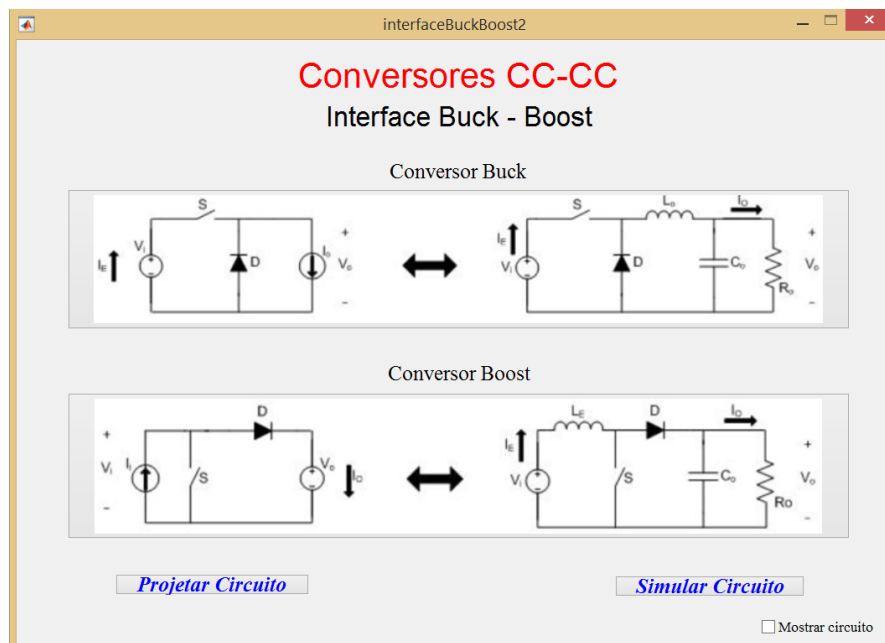
3 PLATAFORMA EDUCACIONAL

A interface inicial que aparece para o usuário é apresentada na Figura 3. Nesta etapa, o usuário deve escolher com qual conversor pretende trabalhar e se deseja simular ou projetar.

Uma vez escolhido o conversor seu nome será destacado da cor verde, para indicar sua seleção, como apresentado na Figura 4. Além disso, há a opção do usuário ver os circuitos projetados no Simulink, basta apenas clicar na opção “Mostrar circuito”.

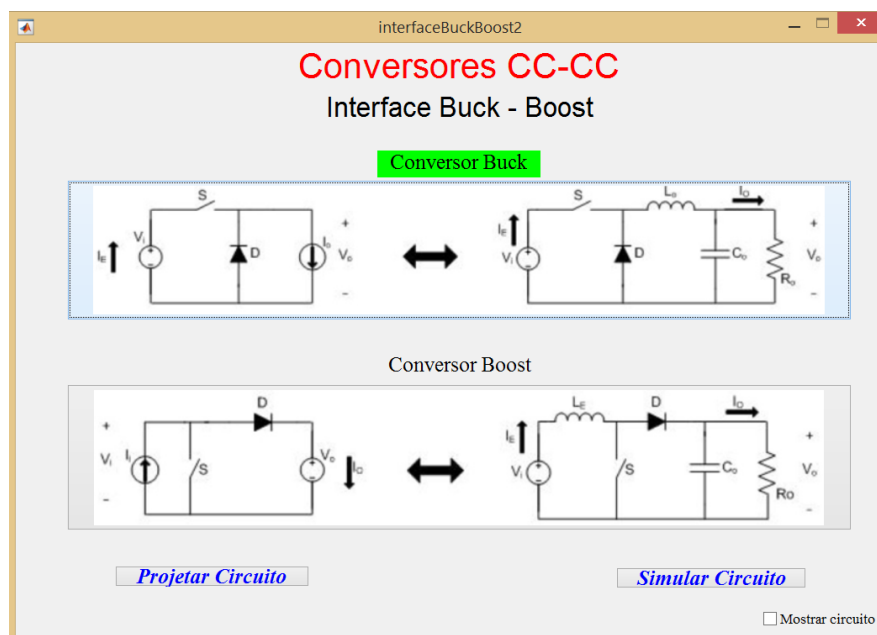
Para fins demonstrativos, será utilizado o conversor *Buck* como exemplo.

Figura 3-Interface inicial.



Fonte: Autoria própria.

Figura 4- Interface inicial: seleção *Buck*.



Fonte: Autoria própria.

Em seguida há duas opções para o usuário: “Projetar Circuito” ou “Simular Circuito”, as quais serão explicadas a seguir.

Caso o usuário escolha a opção “Projetar Circuito”, ilustrado pela Figura 5, ele deverá fornecer as seguintes informações: frequência de chaveamento [Hertz], tempo de simulação [segundos], tensão de entrada e saída [Volts], *ripple* de corrente no indutor (porcentagem), *ripple* de tensão no capacitor (porcentagem), e o valor da carga (resistência [Ohms] e indutor [Henry]). Caso não tenha indutor no projeto basta inserir o valor zero.



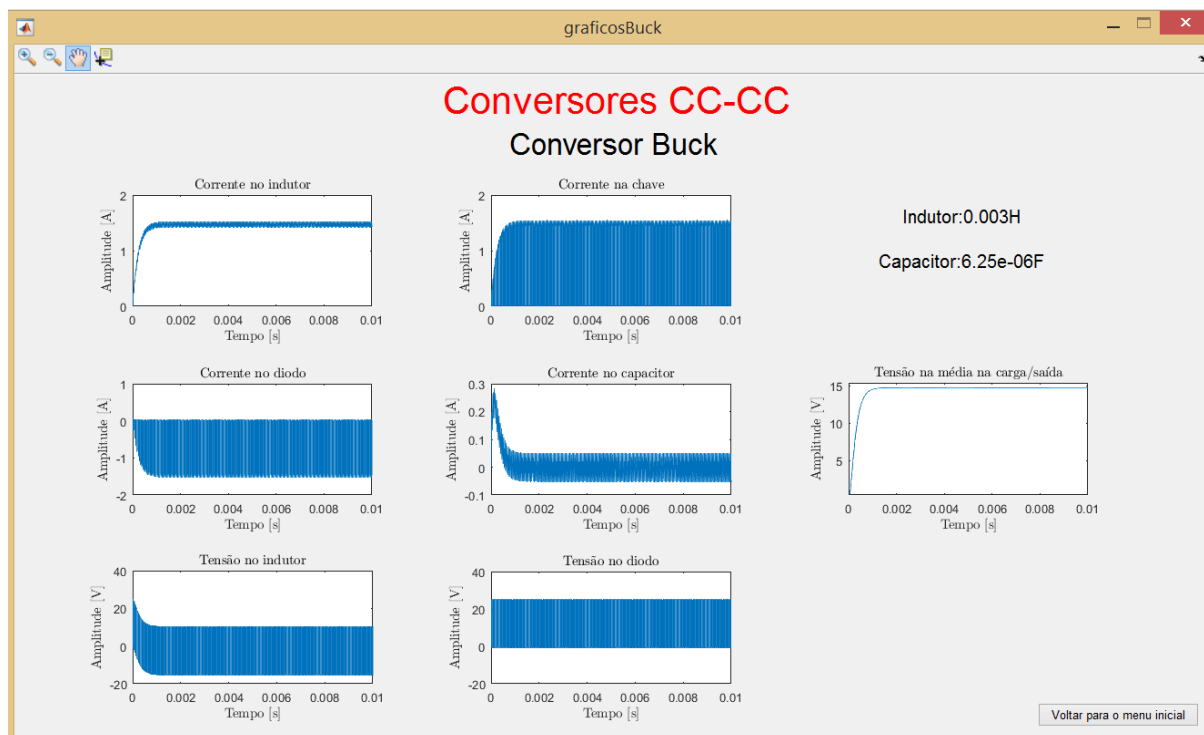
Após fornecer os valores à interface, o usuário deverá clicar no botão “Simular circuito”, apresentado na Figura 5. Nesta etapa o programa calculará os valores necessários de indutor e capacitor para que o projeto funcione como desejado. Ao clicar em “Plotar gráficos”, o programa retornará ao usuário o valor de capacitor e indutor necessários e os principais gráficos característicos do conversor selecionado, como corrente e tensão no indutor, corrente e tensão no diodo, corrente na chave, corrente no capacitor e a tensão média de saída, como pode ser visto na Figura 6.

Uma ferramenta útil nessa interface é a tecla de lupa, a qual permite que o usuário possa aproximar os gráficos e verificar o formato de onda, permitindo uma comparação e verificação dos resultados teóricos com a prática, como pode ser observado na Figura 7.

Figura 5- Projetar Circuito: inserção de dados.

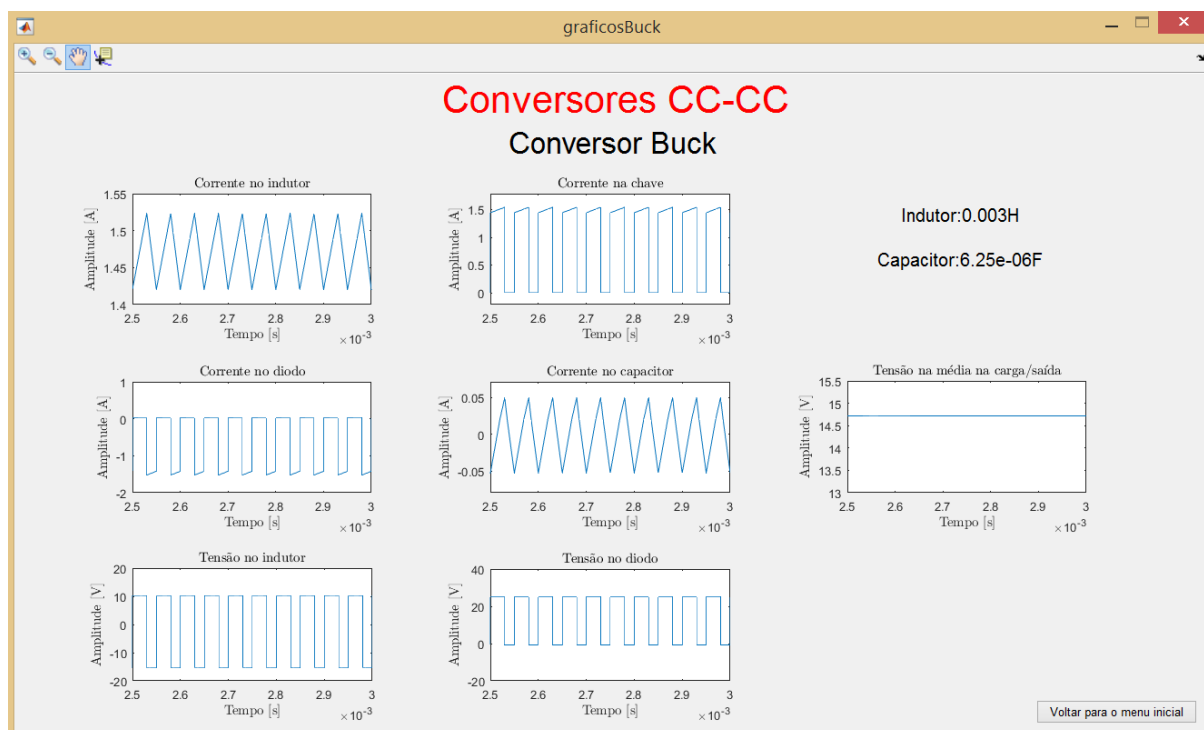
Fonte: Autoria própria.

Figura 6- Projetar circuito: resultados.



Fonte: Autoria própria.

Figura 7- Projetar circuito: resultado (zoom).

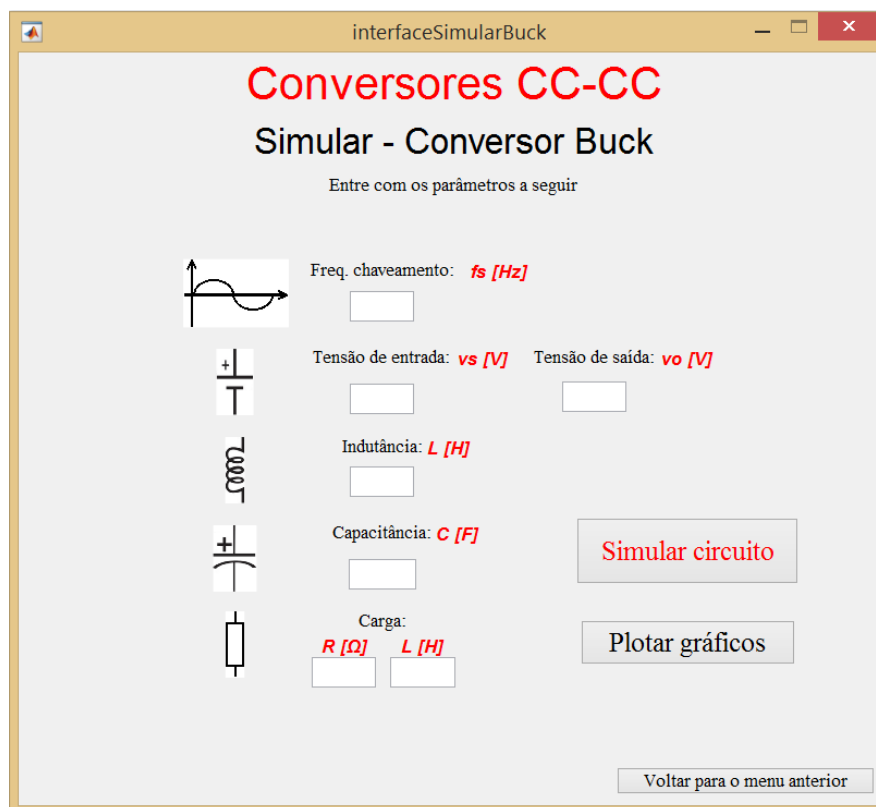


Fonte: Autoria própria.

Por sua vez, a opção “Simular Circuito”, apresentado na Figura 3, oferece ao usuário a possibilidade de somente entrar com os dados de projeto, isto é, caso ele já tenha os valores de capacitor e indutor. Tais dados de projeto são: frequência de chaveamento [Hertz], tempo de

simulação [segundos], tensão de entrada e saída [Volts], indutor [Henry], capacitor [Farad] e da carga (resistiva [Ohms] e indutiva [Henry]), como ilustrado na Figura 8.

Figura 8- Simular circuito: inserção de dados.



Fonte: Autoria própria.

Ademais, o programa possui intertravamentos os quais oferecem robustez a possíveis equívocos cometidos pelo usuário. Como por exemplo, o conversor *Buck* é um conversor abaixador de tensão, então a interface não permite que a tensão de entrada seja menor que a tensão de saída, alertando o usuário, como na Figura 9.

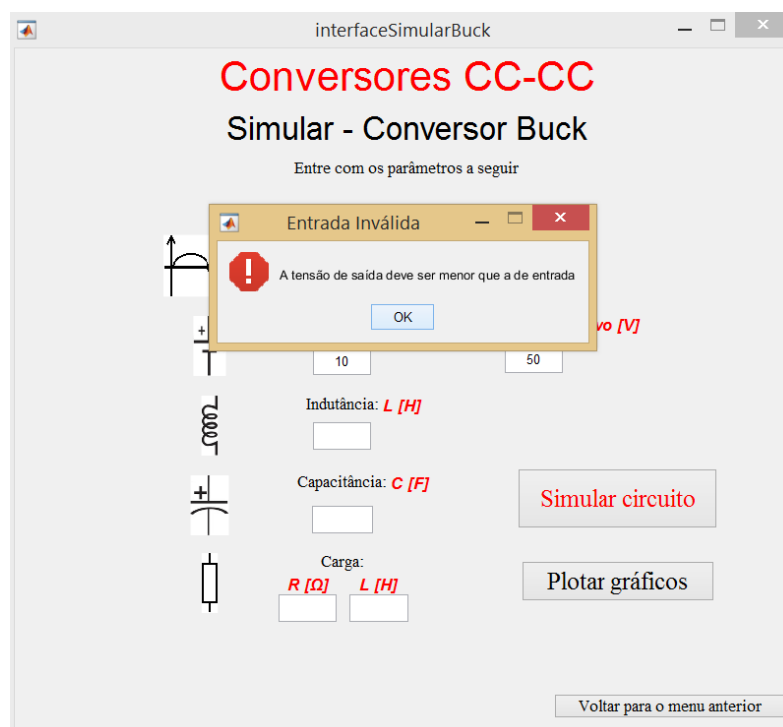
Outro exemplo é no caso da inserção de letras ou caracteres especiais nos campos de dados ao invés de números. Mais uma vez a interface se comunica com o usuário, Figura 10.

Por último, caso o usuário clique em "Plotar gráficos" antes mesmo do circuito ser simulado, para isso o programa também gera um alerta, Figura 11.

Esses alertas também evitam o travamento da plataforma educacional.

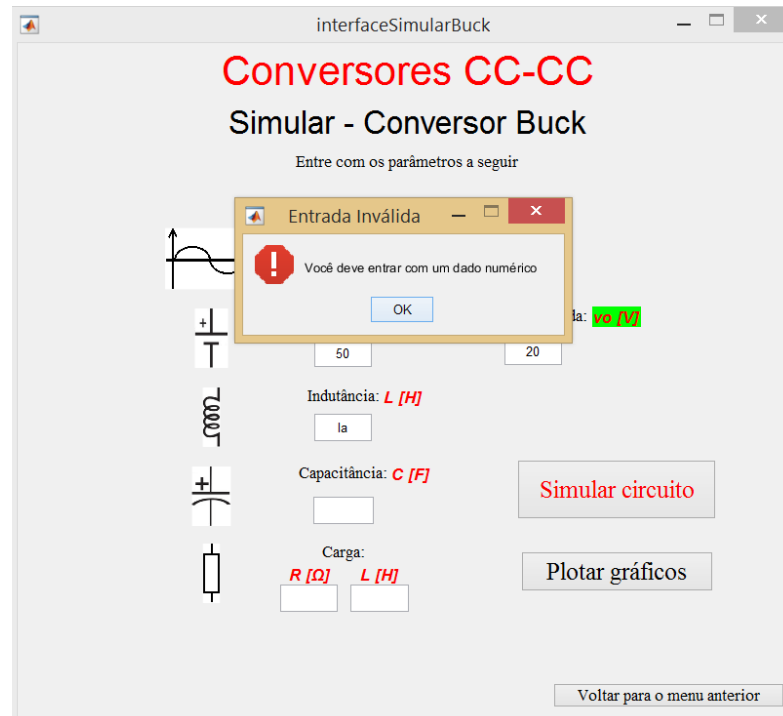
A utilização da interface para o conversor *Boost* é feito de forma análoga a do *Buck*, tanto para simular, quanto para projetar até mesmo os alertas fornecidos ao usuário.

Figura 9- Mensagem de erro: tensão.



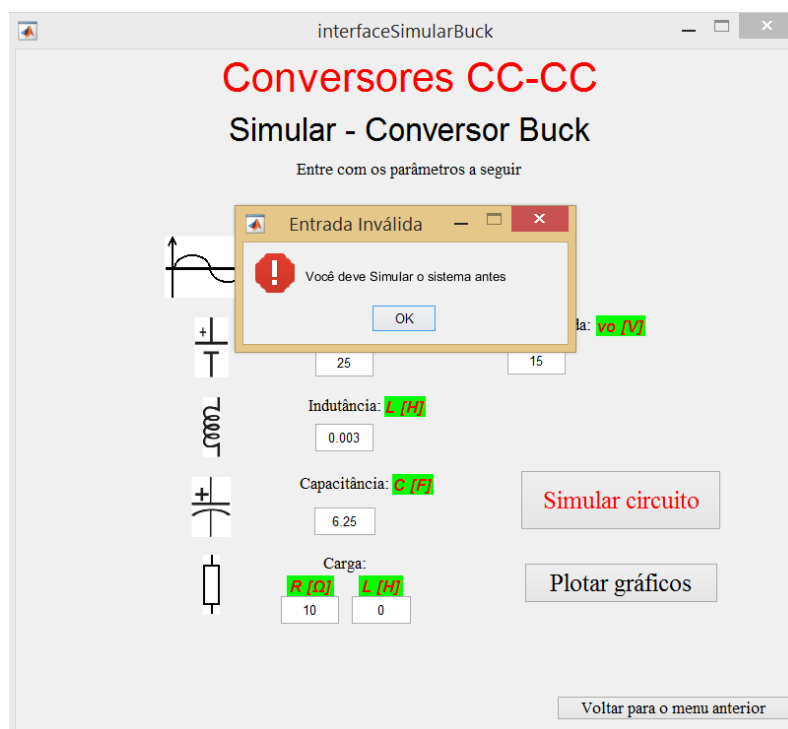
Fonte: Autoria própria.

Figura 10- Mensagem de erro: inserção de dados.



Fonte: Autoria própria.

Figura 11- Mensagem de erro: simular x plotar.



Fonte: Autoria própria.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Frente às diversas ferramentas computacionais didáticas que vêm surgindo com o desenvolvimento tecnológico, a ferramenta proposta neste artigo se mostrou muito eficiente.

Tal ferramenta promete auxiliar o aluno de engenharia a compreender melhor o funcionamento dos principais conversores CC-CC *Buck/Boost* com estágios de abaixador e elevador de tensão, respectivamente. Tais conversores possuem um conjunto de equações, relativamente complexas, que modelam o sistema como um todo. Sendo assim, após a simulação e sucessivo dimensionamento dos elementos do circuito, o aluno pode comparar os resultados teóricos com os simulados via interface.

O principal diferencial deste trabalho é o desenvolvimento da plataforma utilizando o software MatLab/Simulink, que é um dos softwares mais utilizados na engenharia e com ampla aplicação. Esta interface foi testada, utilizada e aprovada por uma turma da disciplina de Eletrônica Industrial (2019-1) na Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Esta turma era composta por 46 alunos do curso de Engenharia os quais não possuíam tanto domínio do conteúdo de eletrônica de potência e do software MatLab/Simulink. Neste caso a interface didática contribuiu bastante para elucidar o conteúdo de eletrônica de potência sem que houvesse necessidade do usuário ter afinidade com o software ou até mesmo com programação.

Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

REFERÊNCIAS



BOSE, B. K. The past, present, and future of power electronics [Guest Introduction]. In: IEEE Industrial Electronics Magazine, v. 3, n. 2, pp. 7-11, Junho 2009.

CONTERO, Manuel; NAYA, Ferran; COMPANY, Pedro; SARÍON, José. Learning Support Tools for Developing Abilities in Engineering Design. **International Journal of Education**. 2006.

DIVERGILIO, A.; GAHINET, P. **Analysing the Response of an RLC Circuit**. Disponível em: <https://www.mathworks.com/help/control/ug/analyzing-the-response-of-an-rlc-circuit.html>. Acesso em: 28 ago. 2020.

FERREIRA, Plínio Gonçalves Bueno. Análise, modelagem projeto de conversor CC-CC de topologia Zeta considerando as perdas intrínsecas para regulação de tensão de saída com baixa ondulação e alta eficiência. 2017. 127f. Monografia (Graduação) – Faculdade - Engenharia Elétrica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2017.

HART, Daniel W. **Eletrônica de Potência: análise e projeto de circuitos**. McGraw Hill Brasil, 2016.

PING, Han; WEIKUN, He; QINGYAN, Shin; YAN, Han. An educational tool design for the course of signal processing based on Matlab GUI. 2014 IEEE International Conference on Teaching, Assessment and Learning for Engineering (TALE), Wellington, 2014, pp. 131-134.

SAMPAIO, Leonardo P.; BRITO, Moacyr A. G.; MELO, Guilherme A.; CANESIN, A. Canesin. Power Electronics Course: Analysis and Evaluation of the Educational Software and the Environment Learning. XI Brazilian Power Electronics Conference, Praia Mar, 2011, pp. 1044-1049.

TOFOLI, Fernando Lessa. **Conversores CC-CC não Isolados: análise, modelagem e controle**. São Paulo, Artliber: 2018.

DEVELOPING A DIDACTIC INTERFACE FOR BETTER UNDERSTANDING THE FUNCTIONING OF DC-DC BUCK AND BOOST CONVERTERS, USING MATLAB/SIMULINK SOFTWARES

Abstract: *This paper presents the proposal of an educational platform whose purpose is to help the engineering student to study the converters DC Buck and Boost, which are the first converters presented in the discipline of Power Electronics. The development of such platform took place through the MatLab/Simulink computational tool. The choice of this tool was due to MatLab software being one of the most used by engineering students due to its wide application in several areas such as: electrical simulations, modeling and control of systems, even mechanical vibration analysis. The focus of this work was the creation of an interface using the GUI (guide) of MatLab. Such an interface allows any user to use it, even those who do not have a MatLab/Simulink computational tool domain.*

Keywords: *educational platform, DC converters, MatLab GUI.*