

# MODELAGEM E CONTROLE DE UM CONVERSOR BUCK CC-CC EM MODO DE CONDUÇÃO CONTÍNUA

Primeiro A. Autor e Adriano Ruseler

Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, Curitiba – PR, Brasil

ORCID: 0000-0003-0915-9483 e 0000-0003-0915-9483

e-mail: prime\_iro@alunos.utfpr.edu.br e ruseler@utfpr.edu.br

**Resumo** – O resumo deve ser conciso e ao mesmo tempo refletir o que é apresentado no artigo, cujo entendimento deve independe da leitura do trabalho, sem notas de rodapé, abreviações e referências. Deve ser escrito em apenas um parágrafo, de forma impessoal, sem equações ou tabelas. Evite repetir expressões ou utilizar varias vezes a mesma palavra. Busque encadear as frases em um início, meio e fim.

**Palavras-chave** – Os autores devem apresentar um conjunto de até seis palavras-chave (em ordem alfabética, todas iniciais maiúsculas e separadas por vírgula) que possam identificar os principais tópicos abordados.

## MODELLING AND CONTROL OF A DC-DC BUCK CONVERTER IN CONTINUOUS CONDUCTION MODE

**Abstract** – The abstract must be a concise yet comprehensive reflection of what is in your article, a microcosm of the full article. The abstract must be written as one paragraph, and should not contain displayed mathematical equations or tabular material. Ensure that your abstract reads well and is grammatically correct.

**Keywords** – The abstract should include three or four different keywords or phrases, as this will help readers to find it. It is important to avoid over-repetition of such phrases as this can result in a page being rejected by search engines. For a list of suggested keywords, [http://www.ieee.org/organizations/pubs/ani\\_prod/keywrd98.txt](http://www.ieee.org/organizations/pubs/ani_prod/keywrd98.txt)

### I. INTRODUÇÃO

A seção de Introdução tem o objetivo geral de apresentar a natureza do problema abordado no trabalho, através de adequada revisão bibliográfica, o propósito e a contribuição do artigo submetido.

A introdução requer uma breve revisão da literatura referente ao tópico de pesquisa. A introdução é então melhor construída como um funil descritivo, começando com temas gerais e focando lentamente no trabalho em questão. Talvez de três a quatro parágrafos sejam necessários. Uma abordagem pode ser começar com um ou dois parágrafos

que introduzam o leitor para o estudo de campo geral. Os parágrafos subsequentes então descrevem como um aspecto deste campo poderia ser melhorado. O parágrafo final é essencial. Ele afirma claramente, provavelmente na primeira frase do parágrafo, qual questão experimental será respondida pelo estudo. A hipótese é então indicada. Em seguida, descreve brevemente a abordagem que foi feita para testar a hipótese. Finalmente, uma frase de resumo pode ser adicionada informando como a resposta da sua pergunta vai contribuir para o campo geral de estudo Figura 1.

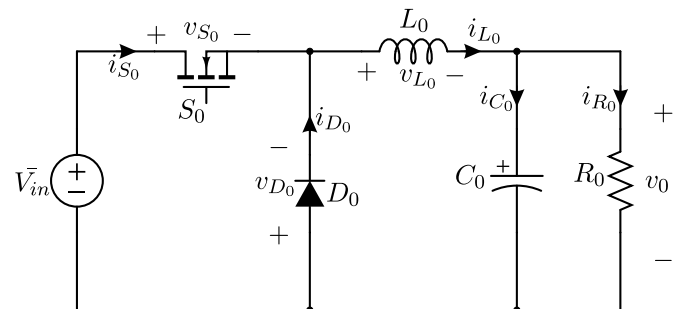


Fig. 1. Conversor Buck.

### A. Parâmetros de projeto do conversor Buck

A Tabela I apresenta os parâmetros de projeto do conversor Buck. **atualize os valores da tabela, arquivo Buck\_parametros.tex**

TABELA I

Parâmetros de projeto do conversor Buck referente ao registro acadêmico de número 1234567

Símbolo	Descrição	Valor
$f_s$	Frequência de comutação	25 kHz
$f_s$	Frequência de amostragem	50 kHz
$V_i$	Tensão média de entrada	225 V
$V_0$	Tensão média de saída	50 V
$P_0$	Potência processada	1750 W
$R_0$	Resistência de carga	1,43 $\Omega$
$\Delta i_{L_0}$	Ondulação de corrente	15 %
$\Delta v_{C_0}$	Ondulação de tensão	7 %
$L_0$	Indutância	296,30 $\mu\text{H}$
$C_0$	Capacitância	7,50 $\mu\text{F}$

### II. VERIFICAÇÃO DO PONTO DE OPERAÇÃO VIA SIMULAÇÃO

A análise teórica apresentada anteriormente deve ser verificada por simulação [3].

Artigo compilado em 25 de novembro de 2017 às 13:45h, referente Atividade Prática Supervisionada (APS) da disciplina de Eletrônica de Potência – ET76C, ministrada pelo Prof. Adriano Ruseler, Dr. Eng.  
Repositório: <https://github.com/AdrianoRuseler/ET76C-APS>

A Tabela II apresenta o ponto de operação do conversor Buck. **atualize os valores da tabela, arquivo *Buck\_steadystate.tex***

**TABELA II**

Ponto de operação do conversor Buck referente ao registro acadêmico de número 1234567

Símbolo	Descrição	Valor
$G$	Ganho estático	0,22
$D$	Razão cíclica	22,22 %
$I_0$	Corrente média na carga	35 A
$I_{L0}$	Corrente média no indutor	35 A
$R_a$	Resistência de medição	270 k $\Omega$
$R_b$	Resistência de medição	1,20 k $\Omega$
$H_v$	Ganho de medição (tensão)	4,42 mV V <sup>-1</sup>
$R_s$	Resistência shunt	0,10 $\Omega$
$H_i$	Ganho de medição (corrente)	0,10 A A <sup>-1</sup>
$V_C$	Tensão de controle	0,22 V
$V_{CM}$	Tensão máxima de controle	1 V
$V_{Cm}$	Tensão mínima de controle	0 V

A Tabela III apresenta uma comparação dos valores teóricos com os obtidos por simulação para o ponto de operação do conversor Buck. **atualize os valores da tabela, arquivo *Buck\_steadystatesim.tex***

**TABELA III**

Comparação dos valores teóricos e simulados para o ponto de operação do conversor Buck referente ao registro acadêmico de número 1234567

Símbolo	Teórico	Simulado	Descrição
$I_{L0}$	35 A	34,99 A	Corrente média
$\Delta i_{L0}$	5,25 A	5,27 A	Ondulação de corrente
$V_{C0}$	50 V	50,00 V	Tensão média
$\Delta v_{C0}$	3,50 V	3,05 V	Ondulação de tensão

A Figura 2 apresenta a resposta da simulação do ponto de operação do conversor.. **verifique se os valores simulados verificam os parâmetros de projeto...**

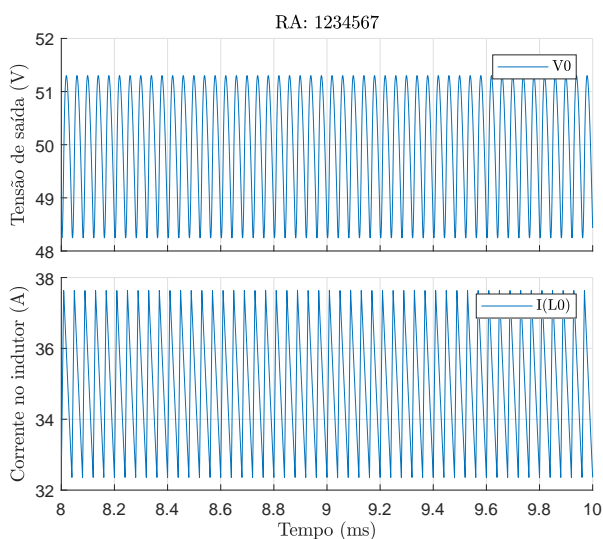


Fig. 2. Verificação do ponto de operação do conversor Buck.

### III. VERIFICAÇÃO DO MODELO DINÂMICO VIA SIMULAÇÃO

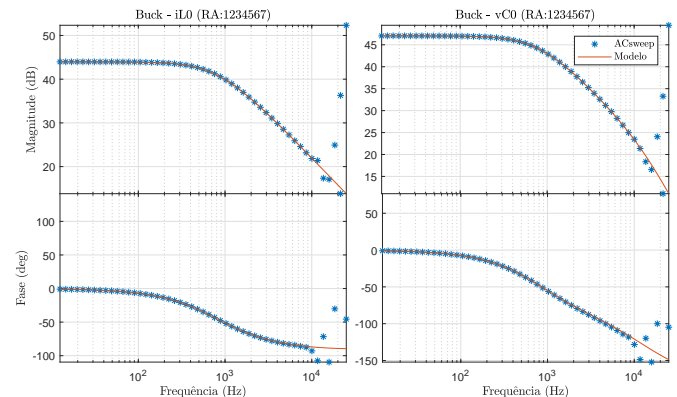


Fig. 3. Comparação do diagrama de Bode da função de transferência que relaciona uma variação da corrente na indutância em função da razão cíclica obtida via simulação no PSIM.

### IV. PROJETO DO CONTROLADOR DE TENSÃO

Detalhes do projeto do controlador de tensão

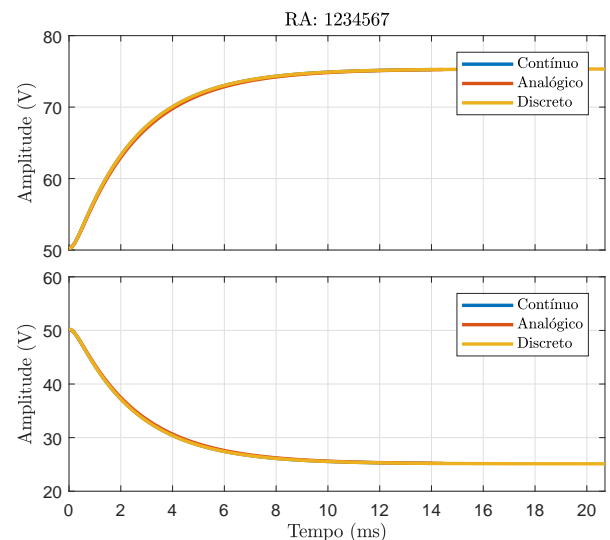


Fig. 4. Resposta ao degrau de referência de tensão.

**TABELA IV**

Resposta ao degrau de referência de tensão  $v_{C0}$  do conversor Buck, registro acadêmico de número 1234567

Descrição	Valor
Ganho proporcional	0
Ganho integral	379,70
Tempo de subida	7,19 ms
Tempo de acomodação	7,48 ms
Tensão máxima de acomodação	225,84 V
Tensão mínima de acomodação	215,12 V
Sobresinal	0 V
Tensão de pico	225,84 V
Tempo da tensão de pico	17,72 ms

A Figura 5 apresenta o resultado da simulação da resposta

**TABELA V**

Resposta ao degrau de referência de tensão  $v_{C0}$  do conversor Buck, registro acadêmico de número 1234567, implementado com Amplificador Operacional.

Descrição	Valor
Ganho proporcional	$1,22 \times 10^{-5}$
Ganho integral	369,55
Resistor do controlador PI $R_{1PI}$	820 k $\Omega$
Resistor do controlador PI $R_{2PI}$	10 $\Omega$
Resistor do controlador PI $C_{1PI}$	3,30 nF
Tempo de subida	7,41 ms
Tempo de acomodação	7,70 ms
Tensão máxima de acomodação	225,84 V
Tensão mínima de acomodação	215,16 V
Sobresinal	0 V
Tensão de pico	225,84 V
Tempo para a tensão de pico	18,25 ms

ao degrau de referência de tensão....

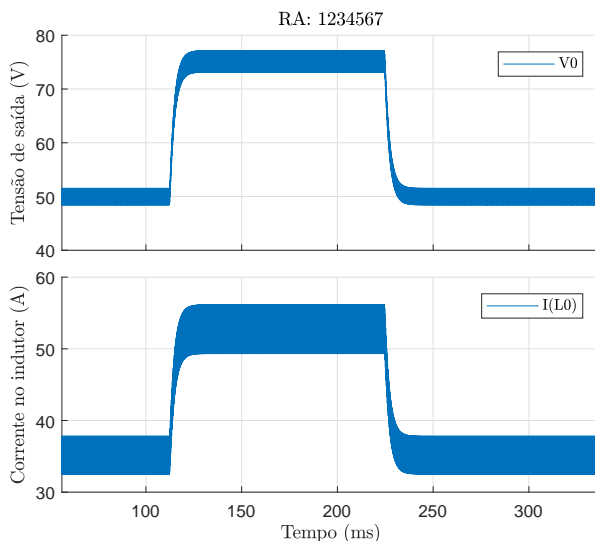


Fig. 5. Resposta ao degrau de referência de tensão.

A Figura 6 apresenta o resultado da simulação da resposta ao degrau de referência de tensão....

## V. IMPLEMENTAÇÃO DIGITAL DO CONTROLADOR PI

Código-fonte 1: Parâmetros do controlador PI digital de tensão.

```
// Constantes do controlador
double a0z = 1.00000000e+00;
double a1z = -1.00000000e+00;
double b0z = 5.30305662e-05;
double b1z = -4.65043351e-05;
```

Código-fonte 2: Implementação do controlador PI digital de tensão.

```
e0=in[0]; // Erro atual
// Calcula saída atual
u0= (e0*b0z+e1*b1z-u1*a1z)/a0z;
```

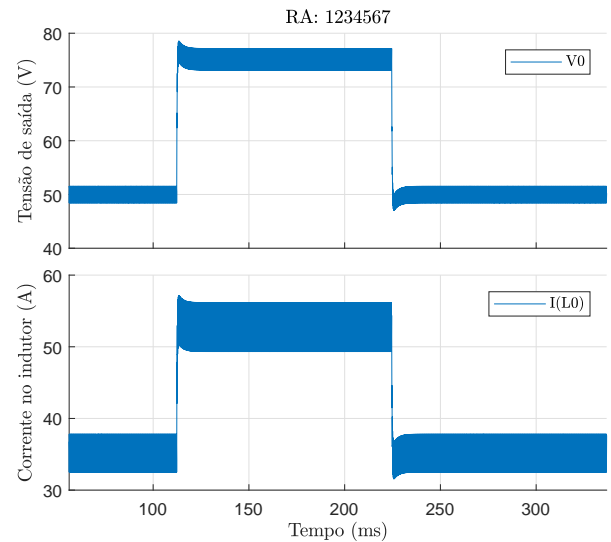


Fig. 6. Resposta ao degrau de referência de tensão com controlador implementado com amplificadores operacionais.

```
u1=u0; // Atualiza saída anterior
e1=e0; // Atualiza erro anterior
out[0] = u0; // Saída do controlador
```

## VI. IMPLEMENTAÇÃO COM DUAS MALHAS

**TABELA VI**

Resposta ao degrau de referência de tensão  $v_{C0}$  do conversor Buck, registro acadêmico de número 1234567, com controle de duas malhas.

Descrição	Valor
Ganho proporcional (controle de corrente)	0,40
Ganho integral (controle de corrente)	11 542,79
Ganho proporcional (controle de tensão)	0
Ganho integral (controle de tensão)	5963,31
Tempo de subida	11,14 ms
Tempo de acomodação	11,34 ms
Tensão máxima de acomodação	225,99 V
Tensão mínima de acomodação	215,17 V
Sobresinal	0 V
Tensão de pico	225,99 V
Tempo para a tensão de pico	39,91 ms

A Figura 7 apresenta o resultado da simulação da resposta ao degrau de referência de tensão....

A Figura 8 apresenta o resultado da simulação da resposta ao degrau de referência de tensão....

## VII. CONCLUSÕES

As conclusões devem ser as mais claras possíveis, informando aos leitores sobre a importância do trabalho dentro do contexto em que se situa. As vantagens e desvantagens em relação aos já existentes na literatura devem ser comentadas, assim como os resultados obtidos e as possíveis aplicações práticas do trabalho.

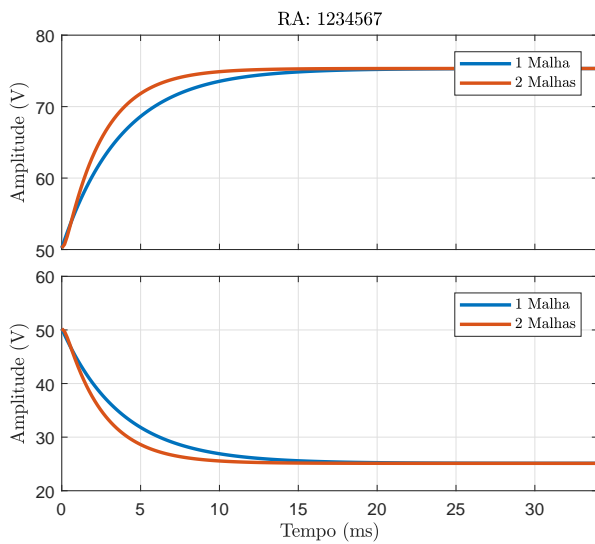


Fig. 7. Comparação da resposta ao degrau de referência de tensão para a implementação com uma malha e com duas malhas.

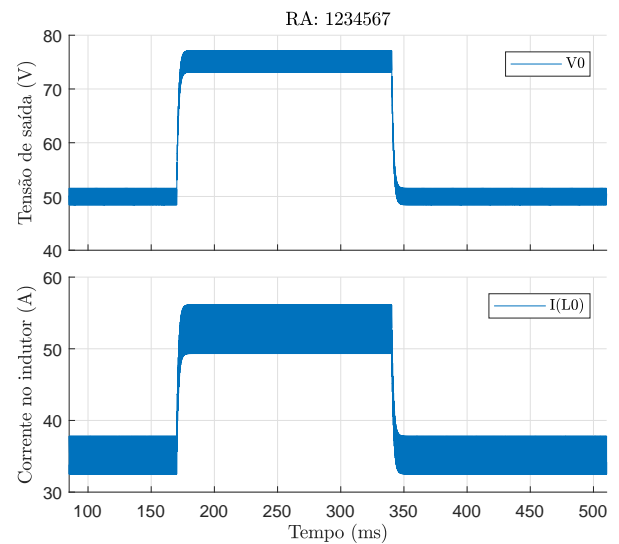


Fig. 8. Resposta ao degrau de referência de tensão com duas malhas de controle.

## REFERÊNCIAS

- [1] I. Barbi and D. C. Martins, *Conversores CC-CC Básicos Não-Isolados*, E. dos Autores, Ed., 2006.
- [2] "PTC Mathcad | PTC." [Online]. Available: <https://www.ptc.com/en/mathcad-download>
- [3] "PSIM Electronic Simulation Software | Powersim." [Online]. Available: <https://powersimtech.com/>