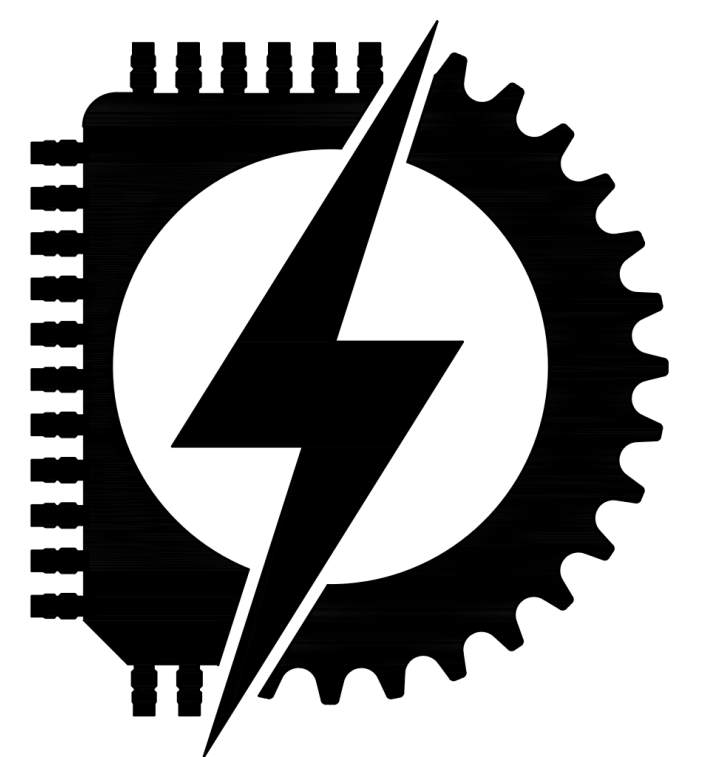


MODELAGEM DE CIRCUITOS ELÉTRICOS COM EFEITO DE MEMÓRIA ATRAVÉS DO CÁLCULO FRACIONÁRIO

Alex Andrade¹; César Dartora, Dr.; Eduardo Lima, PhD.; Ismael Bezerra

Universidade Federal do Paraná - PPGE; ¹eng.alex.andrade@hotmail.com



O cálculo fracionário (CF) data de pouco mais de 300 anos, tendo início em uma carta onde se discutia qual o significado de uma derivada de ordem 1/2. No passar dos anos diversos autores mostram que a modelagem realizada com o CF proporciona uma melhor descrição para efeitos de memória. Alguns circuitos elétricos possuem esse efeito e a modelagem realizada com o CF é umas das possíveis formas de analisar tal comportamento. No devido trabalho é proposto um modelo baseado na definição de Grunwald-Letnikov para realizar a modelagem comportamental em amplificadores de potência de radiofrequência (PARFs). Foram utilizados dados reais de um PARF para validar o modelo proposto e comparado as respostas com outro método já utilizados na literatura.

INTRODUÇÃO

O CF surgiu por volta de 1695, em uma carta enviada pelo matemático L'Hopital para Leibniz, discutindo qual o significado de uma derivada de ordem 1/2. Desde então vários autores passaram a estudar e desenvolver definições e aplicações com o CF (CAMARGO, 2009), chegando a conclusão que modelagens realizadas com ordens arbitrárias oferecem uma melhor descrição dos fenômenos naturais do que as realizadas com o cálculo de ordem inteira, onde tais fenômenos são negligenciados, e isso devido a ele proporcionar uma melhor descrição para efeitos de memória e propriedades hereditárias de diversos materiais.

OBJETIVOS

O objetivo geral é realizar a modelagem em circuitos elétricos, através do cálculo fracionário, analisando suas respostas no domínio do tempo e comparar tal abordagem com o cálculo usual, para verificar a eficácia do método em capturar efeitos de memória.

MATERIAIS E MÉTODOS

No devido trabalho é proposto um modelo matemático (Equação 1) baseado na Derivada de Grunwald-Letnikov (KUMAR;SAXENA;SINGH, 2016) e implementado no bloco dinâmico linear da estrutura Hammerstein Paralelo, figura abaixo, com o intuito de reproduzir o comportamento real de um PARF. As repostas do modelo proposto são comparadas com outro método de modelagem, o Polinômio de Memória (LIMA, 2009). Para realizar a simulação e comparar as respostas dos métodos é utilizado o software MATLAB e o erro das modelagens são calculados através da métrica do Erro Quadrático Médio Normalizado (NMSE) (LIMA, 2009).

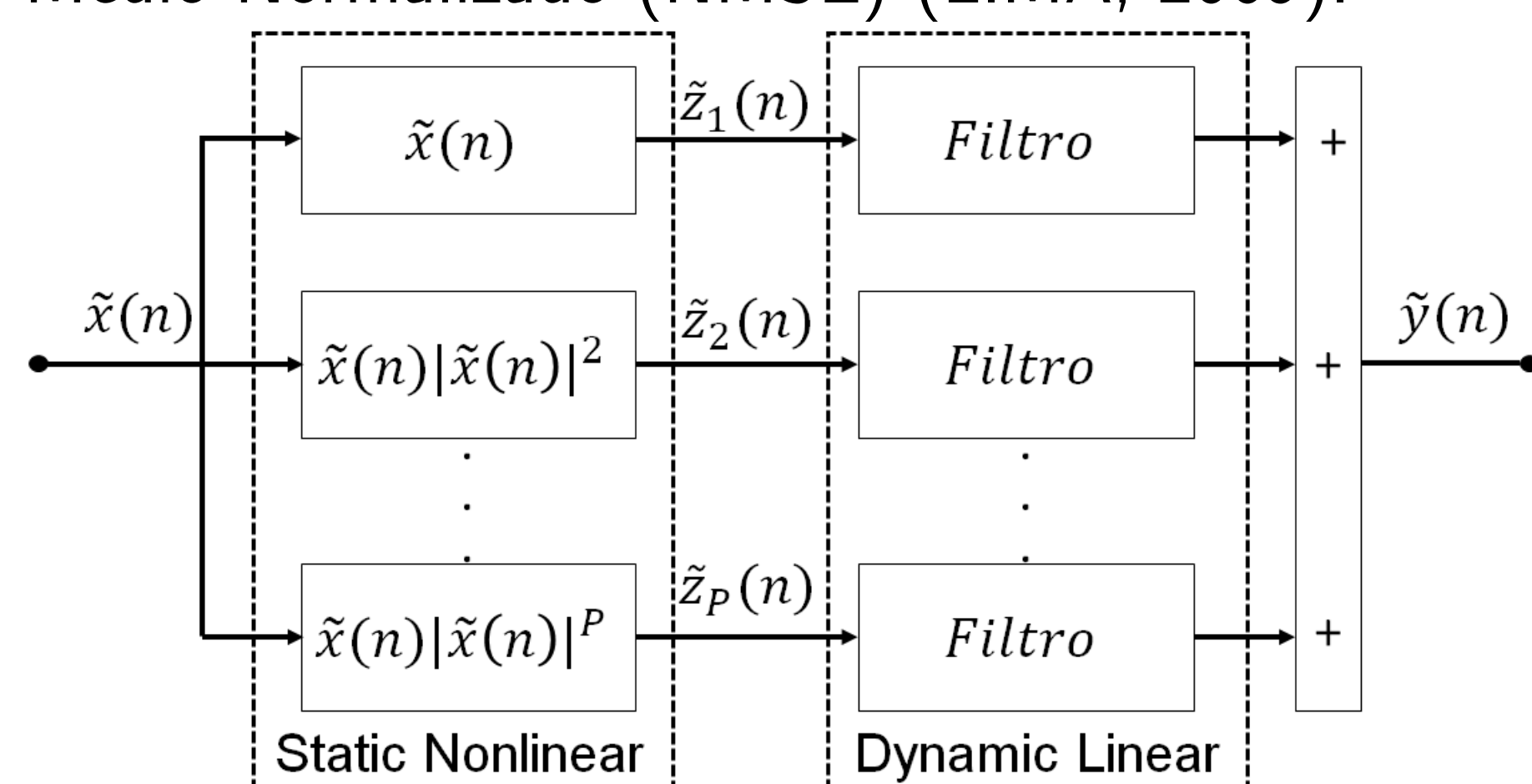


Figura: Diagrama de blocos comportamental Hammerstein Paralela.

$$\tilde{y}(n) = \sum_{\alpha=\alpha_0}^{\alpha_n} \tilde{C}_{p,\alpha} \frac{1}{h^\alpha} \sum_{m=0}^M (-1)^m \frac{\Gamma(\alpha+m)}{\Gamma(m+1)} \tilde{z}(n-mh), \quad (1)$$

onde P é a ordem do polinômio, M a quantidade de memória considerada, α a ordem da derivada, $\tilde{C}_{p,\alpha}$ são os coeficientes do modelo, $\tilde{x}(n)$ a entrada no instante n , $\tilde{z}(n)$ o valor de entrada no filtro e $\tilde{y}(n)$ o valor da saída no instante n .

RESULTADOS E DISCUSSÕES

A simulação é realizada utilizando um conjunto de dados de extração e variando arbitrariamente a quantidade de P , M e $Alphas$, encontrando assim os coeficientes dos modelos e aplicando-os em um conjunto de dados de validação. Por fim é comparado o NMSE dos modelos, como visto na tabela a seguir.

Tabela: Resultados NMSE para o modelo comportamental Hammerstein Paralela.

Modelo	P	M	Alphas	NMSE(dB)
Modelo Proposto	4	1	2	-42.41
Polinômio de Memória			—	-42.41
Modelo Proposto	4	3	4	-42.79
Polinômio de Memória			—	-42.79
Modelo Proposto	7	1	2	-43,20
Polinômio de Memória			—	-43.20

A resposta gráfica da modelagem pode ser vista na imagem abaixo. Simulação realizada para $P = 7$, $M = 1$ e $Alpha = [0.80; 0.14]$.

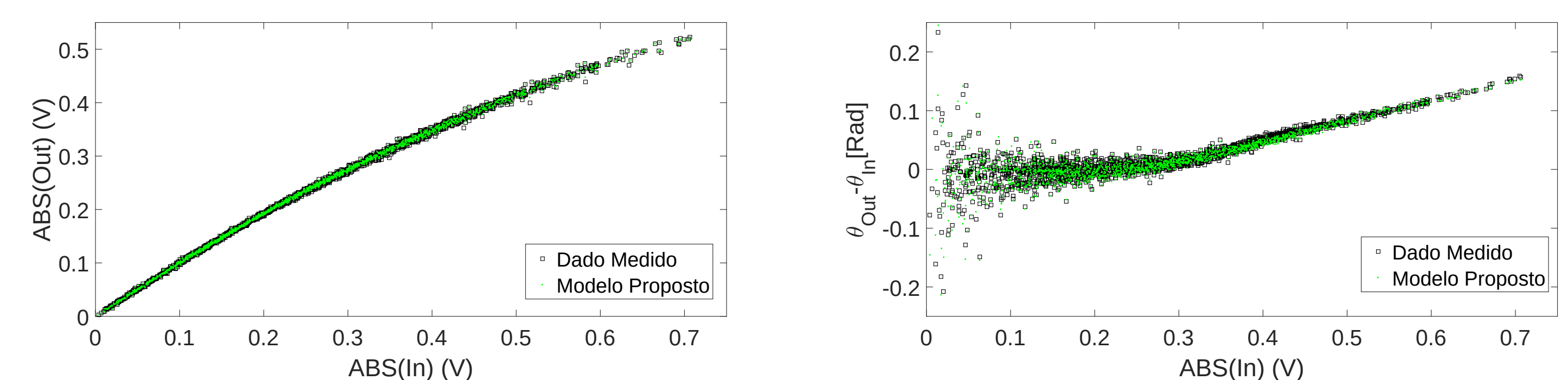


Figura: Comparação entre os dados Reais do PARF e Respostas Estimadas pelo modelo proposto.

CONCLUSÃO

A partir dos resultados obtidos nas simulações, nota-se que a abordagem proposta é bastante viável e precisa, podendo ainda ser explorada em outros métodos ou modelos de modelagem, já que esse conceito se trata de um novo tema na modelagem de circuitos elétricos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CAMARGO, Rubens de Figueiredo. **Cálculo Fracionário e Aplicações**. 141 f. Tese (Doutorado) - Curso de Matemática, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2009. Cap. 1.
- KUMAR, Sanjay; SAXENA, Rajiv; SINGH, Kulbir. **Fractional Fourier Transform and Fractional-Order Calculus-Based Image Edge Detection**. Circuits, Systems, And Signal Processing, [s.l.], v. 36, n. 4, p.1493-1513, 21 jul. 2016. Springer Nature. <http://dx.doi.org/10.1007/s00034-016-0364-x>.
- LIMA, Eduardo Gonçalves. **Behavioral modeling and digital base-band predistortion of RF power amplifiers**. 231 f. Tese (Pós-Doutorado) - Politecnico di Torino, Turim, 2009. Cap. 2.

