

## Cálculo de Características Elétricas de Cabos Umbilicais Via MEF

Dawilkyson M. G. Oliveira<sup>1</sup>

Engenharia Elétrica, IFES, São Mateus, ES

Gustavo A. Lima<sup>2</sup>

Engenharia Mecânica, IFES, São Mateus, ES

Werley G. Facco<sup>3</sup>

Coordenadoria de Formação Geral, IFES, São Mateus, ES

Alex S. Moura<sup>4</sup>

Departamento de Economia, UFJF, Governador Valadares, MG

Cabos umbilicais são cabos eletro-hidráulicos subaquáticos utilizados, principalmente, para ligar estações e poços submarinos de petróleo, a fim de realizar o transporte do mesmo. Neste estudo é feita, com o auxílio dos Métodos dos Elementos Finitos (MEF), a análise de parâmetros elétricos (resistência, impedância e indutância) em um cabo unipolar, composto por núcleo (disco de raio  $a$ , região out1), isolante (anel de raio  $b - a$ , região ext) e bainha/blindagem (anel de raio  $c - a$ , região in), de acordo com a Fig. 1.

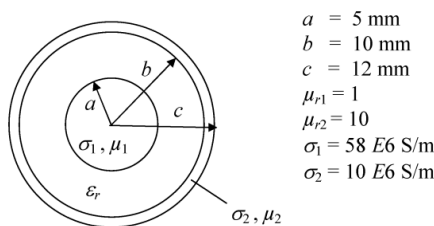


Figura 1: Geometria do cabo unipolar. Fonte: [1]

As equações que governam o problema, de acordo com [2], são dadas por

$$\frac{1}{\mu} \nabla^2(A) - j\omega\sigma A + J_S = 0, \quad (1)$$

$$-j\omega\sigma A + J_S = J, \quad (2)$$

onde  $\mathbf{A}$  é o vetor potencial magnético;  $\omega$  é a frequência angular;  $\sigma$  é a condutância;  $\mu$  é a constante de permeabilidade magnética;  $J_S$  é a fonte de densidade de corrente impressa e  $J$  é a densidade de corrente.

<sup>1</sup>dawilkysonmarques@gmail.com

<sup>2</sup>2001gustavoalves@gmail.com

<sup>3</sup>werleyfacco@ifes.edu.br

<sup>4</sup>alexsmoura100@gmail.com

O cálculo da impedância em série para o cabo é realizado de forma analítica, por  $Z = Z_{out1} + Z_{ext} + Z_{in}$ , em que cada parcela representa a impedância em uma das partes do cabo, como apresentado em [1]. Utilizando o MATLAB 2023 e as equações matriciais apresentadas em [3], as Eq. 1 e 2 são resolvidas e encontram-se as incógnitas do problema ( $A$  e  $J_s$ ). Na figura seguinte é possível visualizar, graficamente, a solução obtida para o campo magnético utilizando-se do MEF, com malha suficientemente refinada com 6167 nós, onde as cores mais escuras mostram regiões do cabo com maior módulo de campo magnético e as mais claras, por sua vez, as de menor módulo.

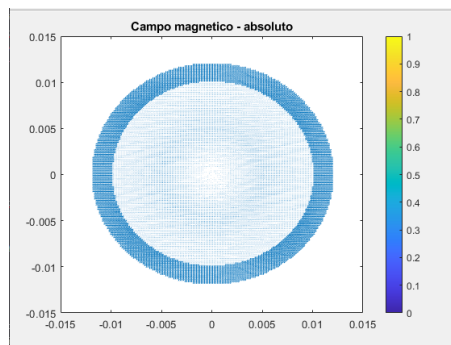


Figura 2: Campo magnético absoluto encontrado via MEF. Fonte: autor.

Neste trabalho, analisamos cabos umbilicais unipolares, e com o auxílio do MEF, encontramos  $9,43 \cdot 10^{-4} \Omega$  para a resistência,  $2,99 \cdot 10^{-7} H$  para a indutância e impedância total de módulo igual a  $9,42 \cdot 10^{-4} \Omega$ , como pode ser visto em [1]. Esses parâmetros elétricos calculados são informações importantes que podem ser utilizadas para uma melhor modelagem e fabricação de cabos umbilicais mais complexos.

## Agradecimentos

Esse trabalho possui suporte em parte pela FAPES, FAPEMIG, CNPq e CAPES.

## Referências

- [1] J. J. Bremnes, A. Bruaset, B. Gustavsen e A. Hassel. “A Finite-Element Approach for Calculating Electrical Parameters of Umbilical Cables”. Em: **IEEE Transactions on Power Delivery** 24.4 (2009), pp. 2375–2384.
- [2] S. Cristina e M. Feliziani. “A finite element technique for multiconductor cable parameters calculation”. Em: **IEEE Transactions on magnetics** 25.4 (1989).
- [3] Z. J. Csendes e J. Weiss. “A one-step finite element method for multiconductor skin effect problems”. Em: **IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems** 101.10 (1982), pp. 3796–3803.