

Evaluation of Surface Transfer Impedance of Coaxial Cables

K. Santos, C. de Andrade, V. Silva, M. Novo, G. Fontgalland, M. Bender, and D. Faria

Abstract—This paper presents a set of measurements in order to experimentally study transfer impedance of coaxial cable RG 213. Both the transfer impedance (Z_t) and the Shielding Effectiveness (SE) are essential in the considerations of the EMC project. In this context, this work presents a procedure to measure the transfer impedance of two coaxial cables RG 213 under the same conditions and compare the measurements with theoretical references. The results of transfer impedance (Z_t) measurements and theoretical references are quantified through the Feature Selective Validation technique.

Index Terms—Coaxial cable, Transfer Impedance, Feature Selective Validation technique.

I. INTRODUÇÃO

A indústria automotiva está investindo muito em tecnologias para que veículos se tornem cada vez mais autônomos. A SAE (*Society of Automobile Engineers*) classificou os veículos autônomos em cinco níveis. O SAE nível 1, define como característica principal o auxílio ao motorista com o uso de funções como, por exemplo, o *Cruise Control não-adaptativo*, obriga o condutor a atuar no veículo somente em mudanças de direção ou quando freiar é algo imprescindível. O SAE nível 2, é uma automação parcial, onde o *Cruise Control adaptativo* é capaz de, por exemplo, realizar frenagens em condições emergenciais. O SAE nível 3 define uma automação condicional com veículos que se movimentam por conta própria tanto na parte de aceleração, gestão da direção, quanto no monitoramento ativo do ambiente. O SAE nível 4, define um processo de alta automação, nesse nível a expectativa é que o motorista possa dormir ao longo do trajeto até o destino já que quase todas as atividades serão feitas pelo sistema autônomo do automóvel, incluindo habilidades relacionadas à situações de risco. No SAE nível 5, o volante é opcional e não há nenhuma intervenção humana, é um veículo totalmente autônomo e robótico que poderá ser chamado pelo celular [1].

Em todo processo de automação a compatibilidade eletromagnética (EMC) tem um papel extremamente relevante. Dado aos riscos envolvidos, um veículo autônomo deve ter um elevado nível de imunidade eletromagnética [1, 2, 3, 4]. Para

mitigar um problema de EMC é possível atuar na fonte, no receptor ou no meio de acoplamento. Neste artigo, o cabo coaxial, que pode ser analisado como um meio de acoplamento, é investigado com a finalidade de aumentar sua imunidade ao ruído eletromagnético [4, 5, 6, 7].

As medidas de Eficácia de Blindagem (EB) e Impedância de Transferência (Z_t) em cabos blindados são fundamentais para controlar a imunidade ou emissões de ondas eletromagnéticas. Em cabos e conectores as medições da EB e da Z_t tem sido objeto de uma grande quantidade de análises e pesquisas [3, 4, 8, 9]. Determinar a Z_t ou EB dos cabos blindados e conectores para aplicações em veículos e outros equipamentos é um fator relevante em todo projeto [2, 6, 7, 10].

Dado a importância da compatibilidade eletromagnética, cabos de duas ou mais vias blindados ou cabos coaxiais de boa qualidade são necessários para realização da blindagem de sensores e atuadores. Esta tarefa não é fácil quando entra em jogo a relação custo/benefício.

Este trabalho se baseia em medições com o método triaxial na faixa de frequência de 400 kHz a 100 MHz, e apresenta as vantagens e desvantagens desta técnica quando comparada com as referências proposta pelo método de Kley [3,5]. Para validação das medidas realizadas foi utilizado o algoritmo FSV (*Feature Selective Validation*) comparando as medições realizadas com valores teóricos [11, 12, 13, 15].

II. FORMULAÇÃO DO PROBLEMA

Várias metodologias e arranjos com ênfase em medir a impedância de transferência foram propostos, entretanto não há uma metodologia eficiente e confiável para realizar estas medições em frequências acima de 1 GHz [9]. A partir de 100 MHz já ocorrem vários fenômenos de radiação eletromagnética, os quais interferem e inviabilizam as medições [4, 8, 9]. As principais metodologias usadas atualmente em frequências até 1 GHz para a medição da eficiência da blindagem em cabos são o método de injeção em linha e o triaxial [8, 9, 10], e estes métodos não são eficientes em microondas.

No artigo [8], os autores descrevem uma configuração de ensaio para a medição da impedância de transferência em cabos coaxiais blindados. O artigo demonstra que nas frequências até 100 MHz o arranjo proposto, com a criação de um algoritmo no EMC-32 para automatizar o processo [4], é simples, poderá ser utilizado em (*open area test site*), e suficiente para fazer este tipo de medição.

Em veículos e em aeronaves é muito comum a utilização de cabos coaxiais, blindados de duas ou mais vias, para

Kenedy Marconi G. Santos are with the IFBA Federal Institute of Bahia, Brazil (kenedymarconi@gmail.com).

Caio Luminatti Andrade are with the Kollektor Energias Renováveis, Brazil. Valeria L. da Silva are with the SENAI CIMATEC, Brazil.

Marcela Silva Novo are with the UFBA Federal University of Bahia, Brazil. Glaucio Fontgalland are with the UFCG Federal University of Campina Grande, Brazil.

Marcelo B. Perotoni are with the UFABC Federal University of ABC, Brazil.

Décio Rennó de M. Faria are with the UNIFEI Federal University of Itajubá, Brazil.

mitigar problemas relacionados a EMC [4,10,16]. Blindagens eficientes apresentam um fator de blindagem de 100 dB ou mais [16]. O valor ideal da impedância de transferência Z_t é zero [8,17]. A Z_t de uma blindagem é uma medida da eficiência da blindagem. A impedância de transferência experimental é definida na Norma EN 50289-1-6 como a relação entre a tensão longitudinal induzida no ambiente ou circuito externo e a corrente que circula pela blindagem do cabo coaxial, ou vice e versa, como mostra a Fig. 1 [15, 16].

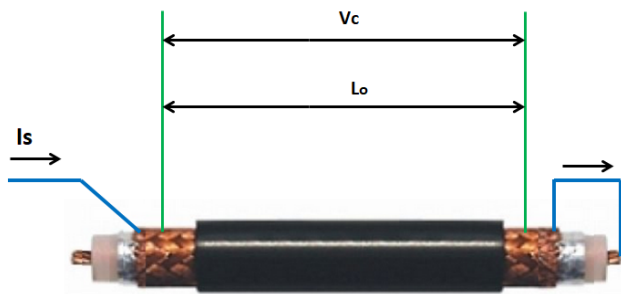


Fig. 1. Parâmetros que determinam a impedância de transferência [2].

A. Impedância de Transferência

A impedância de transferência Z_t pode ser determinada pela relação entre a corrente e a tensão na blindagem [2] sendo definida pela Equação (1):

$$Z_t = \frac{1}{L_o} \left(\frac{V_c}{I_s} \right) \quad (1)$$

onde V_c é chamada de tensão residual e é devido à imperfeições na blindagem (malha), I_s é o valor da corrente ao longo da malha sendo L_o o comprimento efetivo de acoplamento do cabo. Assumindo que a malha externa seja formada por um condutor e envolva totalmente o circuito interior [9, 11], Z_t assume a seguinte expressão:

$$Z_t = \frac{1}{\sigma 2\pi R_{sh} T_{sh}} \frac{\gamma T_{sh}}{\sinh(\gamma T_{sh})} \quad (2)$$

Na Equação (2), σ é a condutividade da malha, R_{sh} o raio interno da blindagem e T_{sh} a espessura da blindagem. A constante de propagação γ pode ser definida pelas Equações (3) and (4):

$$\gamma = \frac{(1 + j1)}{\delta} \quad (3)$$

A profundidade de penetração δ pode ser caracterizada pela constante dos materiais que formam a malha de blindagem do cabo, especificamente a condutividade σ , a permeabilidade no vácuo μ_0 e a frequência f . como definido pela Equação (4) [9]:

$$\delta = \frac{1}{\sqrt{(\pi f \mu_0 \sigma)}} \quad (4)$$

Um outro parâmetro relevante para a eficiência de blindagem de um cabo coaxial é a impedância de acoplamento

capacitivo Z_f , representada pela admitância de acoplamento capacitivo, que para um cabo uniforme e eletricamente curto, está relacionada à corrente que circula no circuito interno produzida através do acoplamento capacitivo com o circuito externo. As Equações (5) e (6) representam esta relação.

$$Y_c = j\omega C_T \quad (5)$$

$$Z_f = Z_1 Z_2 Y_c \quad (6)$$

onde C_T é a capacitância por unidade de comprimento entre o condutor central e uma referência externa; L é o comprimento de acoplamento; U_2 a diferença de potencial ao longo da blindagem; I_1 é a corrente que circula pelo circuito; Y_C é a admitância capacitiva; Z_1 é a impedância característica do circuito interno; Z_2 é a impedância característica do circuito externo e Z_f a impedância de acoplamento capacitivo.

III. METODOLOGIA

Utilizou-se as normas vigentes IEC62153-4-3 e EN50289-1-6 com ênfase na escolha da instrumentação necessária, a criação dos arranjos e a realização dos ensaios, referente ao método escolhido, e o ambiente [4,8,11,12].

O método triaxial utilizado requer vários cuidados e há várias possibilidades de erros especialmente se não forem observadas as frequências de corte [8,9]. Diante disso, duas amostras distintas do mesmo fabricante foram utilizadas denominadas neste trabalho de RG-213A e RG-213B, ambas de 1 metro de comprimento.

A máxima frequência permitida para o método triaxial é denominada frequência de corte e esta condicionada ao comprimento de acoplamento [8,9]. A frequência de corte é a máxima frequência na qual a Z_t pode ser medida sem oscilações causadas pelo arranjo de medição, e é definida como 3 dB de desvio da interpolação linear dos resultados medidos [10,16].



Fig. 2. Cabo coaxial sob ensaios.

As Fig. 2 e Fig. 3 apresentam o cabo sob ensaio RG-213B e o diagrama em bloco do arranjo de medição, o qual utiliza um resistor R1 de amortecimento das oscilações.

Criou-se um algoritmo, com o uso do programa EMC-32, para realizar o controle dos equipamentos e a aquisição dos dados com o objetivo de minimizar os erros humanos, o que tornar as análises mais objetivas e aumenta a repetitividade e reprodutibilidade [4]. A Fig. 4 mostra os detalhes do tubo e os equipamentos utilizados.

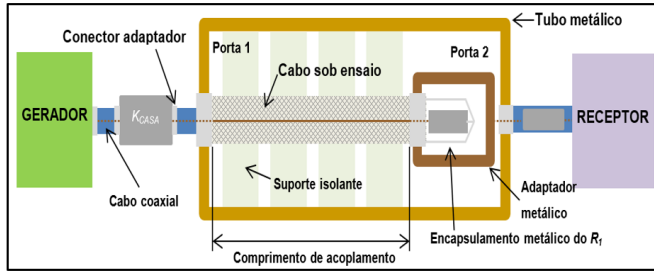


Fig. 3. Diagrama em bloco dos equipamentos e dispositivos sob ensaios.

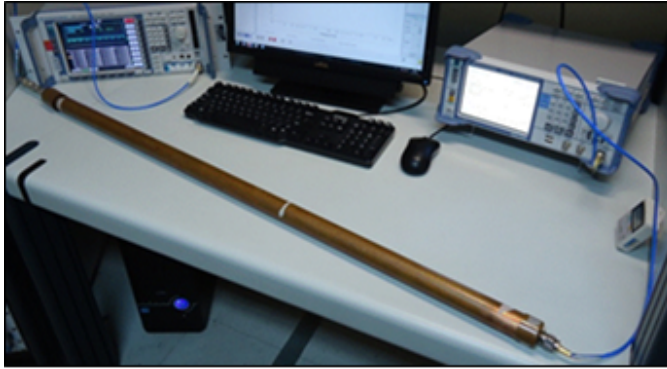


Fig. 4. Equipamentos e dispositivos sob ensaios.

Os cabos sob ensaio foram instalados dentro de um tubo de cobre.

Após a realização das medições, uma análise objetiva dos dados medidos versus o método de Kley foi realizada utilizando o algoritmo “*Feature Selective Validation*” (FSV) possibilitando análises qualitativas e quantitativas [13,15]. O recurso FSV é um método objetivo e muito eficaz, é particularmente adequado para verificar a correlação dos dados obtidos, usando simulações computacionais, e validar métodos de medições [10,11]. As principais motivações para a aplicação deste método, que simplifica as análises qualitativas e quantitativas, foram:

- 1) Verificar a repetibilidade das medições;
- 2) Verificar o efeito da portabilidade, se há ou não variações nas medições do arranjo;
- 3) Analisar o efeito do operador, neste trabalho este efeito é minimizado pois o ensaio é automatizado;
- 4) Avaliar as variações de um método para outro.

A base da técnica FSV é a decomposição do resultado em dois componentes e, em seguida, a recombinação dos resultados para obtenção de uma visão geral da coerência global. Os componentes utilizados são as medidas referentes a diferença da amplitude (ADM), que compara as amplitudes e tendências de conjuntos de dados individuais, e a diferença de medida característica (FDM), que compara caracteres rapidamente variáveis, ou seja, variações em frequência. AMD e FDM são então combinados na forma GMD, um resultado global.

A. Resultado das Medições e Análises com Embasamento Na Técnica FSV

A Fig. 5 apresenta uma análise no domínio da frequência, referente a Z_t medida versus o modelo teórico.

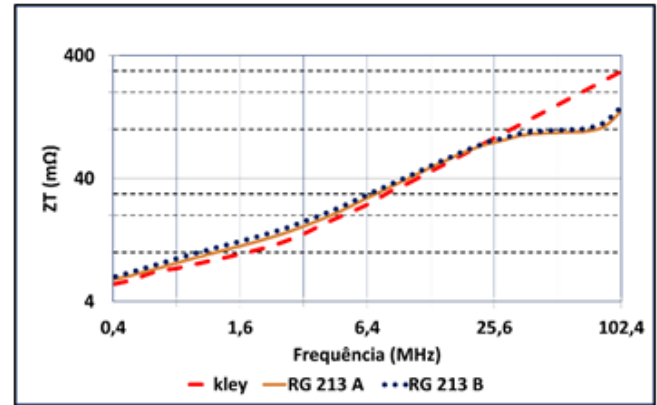


Fig. 5. Valores da impedância de transferência medida versus o modelo de Kley.

Visualmente observa-se que há uma boa correlação até a frequência de 25,6 MHz. No gráfico da Fig. 6 pode-se observar as discrepâncias entre os valores obtidos experimentalmente e os valores teóricos acima de 26,5 MHz o algoritmo FSV foi utilizado considerando somente valores abaixo de 30 MHz.

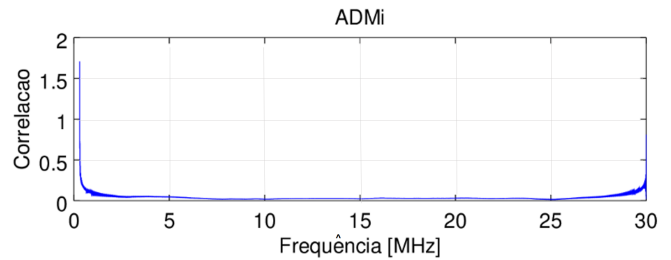


Fig. 6. Medida da diferença de amplitude - ADMi.

A Fig. 6 apresenta a medida de diferença de amplitude – ADMi no domínio da frequência de 400 kHz a 30 MHz. Verifica-se que há uma correlação excelente, conforme indica a Tabela 1, na ótica qualitativa da correlação de amplitude. A Equação 7 descreve o termo denominado ADM, onde DC – corrente contínua e $Lo1$ e $Lo2$ são os componentes de baixa frequência dos dados originais e n é o número total de pontos considerados.

$$ADM(n) = \left[\frac{\alpha}{\beta} \right] + \left[\frac{x}{\delta} \right] \exp\left[\frac{x}{\delta} \right] \quad (7)$$

onde,

$$\alpha = ([Lo_1(n)] - [Lo_2(n)]) \quad (8)$$

$$\beta = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^N ([Lo_1(i)] + [Lo_2(i)]) \quad (9)$$

$$X = ([Dc_1(n)] - [Dc_2(n)]) \quad (10)$$

$$\delta = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^N ([Dc_1(i)] + [Dc_2(i)]) \quad (11)$$

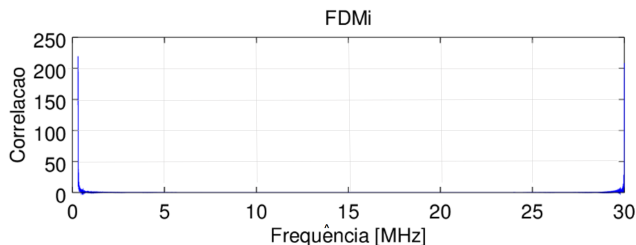


Fig. 7. Médida de diferença de características - FDMi.

A Fig. 7 apresenta a medida de diferença de frequência - FDMi. O gráfico é apresentado no domínio da frequência de 400 kHz a 30 MHz, relacionando o sinal medido versus modelo teórico. O FDM analisa a diferença entre as características do sinal. A alta correlação entre os valores obtidos gerou um gráfico com valores muito próximos de zero em toda a faixa de frequência.

TABELA I
CLASSIFICAÇÃO DE QUALIDADE DE CORRELAÇÃO

FSV (Quantitativo)	FSV (Qualitativo)
Menor que 0.1	Excelente
Entre 0.1 and 0.2	Muito bom
Entre 0.2 and 0.4	Bom
Entre 0.4 and 0.8	Razoável
Entre 0.8 and 1.6	Pobre
Maior que 1.6	Muito pobre

O FDMi é uma representação gráfica ponto a ponto do FDM. A Medida da diferença global (GDM), conforme ilustra a Fig. 8, é relevante e permite que uma simples decisão seja tomada sobre a qualidade de uma comparação. Isso pode ser numérico ou convertido para um descritor de linguagem natural (excelente, muito bom, bom, justo, pobre, muito pobre). Isso é obtido a partir dos valores gerais para os dois componentes, a medida de diferença de amplitude (ADM) e a diferença de medida (FDM). O IEEE 1597.2 requer a classificação dos valores do índice FSV em uma escala de interpretação [15]. A Tabela 1 apresenta a classificação qualitativa e quantitativa da correlação utilizada por essa norma.

As Equações correspondentes estão descritas em (12), (13), (14) e (15):

$$FDM(n) = 2(|(FDM)_1(n) + (FDM)_2(n) + (FDM)_3(n)|) \quad (12)$$

$$FDM_1(n) = \frac{([Lo'_1(n)] - [Lo'_2(n)])}{\frac{2}{n} \sum_{i=1}^N ([Lo'_1(i)] + [Lo'_2(i)])} \quad (13)$$

$$FDM_2(n) = \frac{([Hi'_1(n)] - [Hi'_2(n)])}{\frac{6}{n} \sum_{i=1}^N ([Hi'_1(i)] + [Hi'_2(i)])} \quad (14)$$

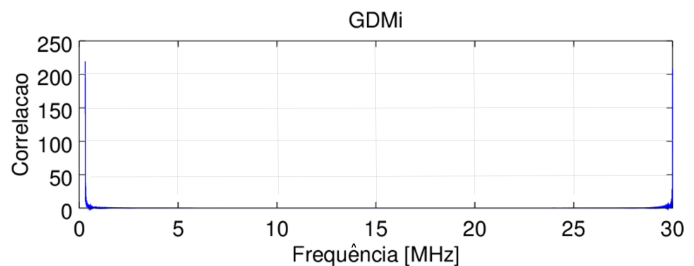


Fig. 8. Diferenças global-GDMI de 400 kHz a 30 MHz.

$$FDM_3(n) = \frac{([Hi''_1(n)] - [Hi''_2(n)])}{\frac{7.2}{n} \sum_{i=1}^N ([Hi''_1(i)] + [Hi''_2(i)])} \quad (15)$$

A medida da diferença global (GDM) é obtida com os valores ADM e FDM. A Equação correspondente está descrita em (16):

$$GDM(n) = \sqrt{((ADM(n))^2 + (FDM(n))^2)} \quad (16)$$

Acima da frequência de 30 MHz ocorrem diferenças significativas entre os valores medidos e o valor teórico de Kley, ou seja, de 30 MHz a 100 MHz ocorre um aumento significativo na média global ilustrado na Figura 9, conforme a Tabela 1 isso representa uma correlação qualitativamente razoável. A Fig. 9 apresenta a média referente às diferenças de amplitude do sinal medido versus os valores teóricos propostos pelo método de Kley [3,5]. A média referente as diferenças de amplitude apresentaram um bom resultado igual a aproximadamente 0.04 em toda a faixa de frequência, ou seja, sendo menor que 0.1 que representa um qualitativo excelente. Na mesma Figura apresenta-se o resultado da média, no domínio da frequência, referente as diferenças de frequência. Conforme a Tabela 1, o resultado próximo a 0,36 em toda a faixa é considerado qualitativamente bom.

Uma das representações mais úteis é a análise ponto a ponto. Esta análise faz um estudo pontual ao longo dos conjuntos de dados, destacando as áreas onde existem grandes diferenças. Em linhas gerais, A Fig. 9 apresenta os resultados, no domínio da frequência, referentes as médias: ADMi, FDMi e GDMi.

O resultado médio global GDMi apresentado na Fig. 9 vem da análise ponto a ponto no domínio da frequência de 400 kHz a 100 MHz. Um dos argumentos científicos, para explicação dos resultados obtidos é que em frequências acima de 30 MHz ocorrem oscilações e até radiações eletromagnéticas conforme descrito em [8,9].

IV. CONCLUSÕES

Os cabos coaxiais RG-213A e RG-213B apresentaram impedâncias de transferência (Zt) similares e muito próximas ao valor teórico descrito pelo modelo de Kley, com valores baixos de impedância de transferência (Zt) até 102,4 MHz. Tal fato foi confirmado pelos resultados obtidos pelo arranjo de medição proposto, o que indica assim uma excelente

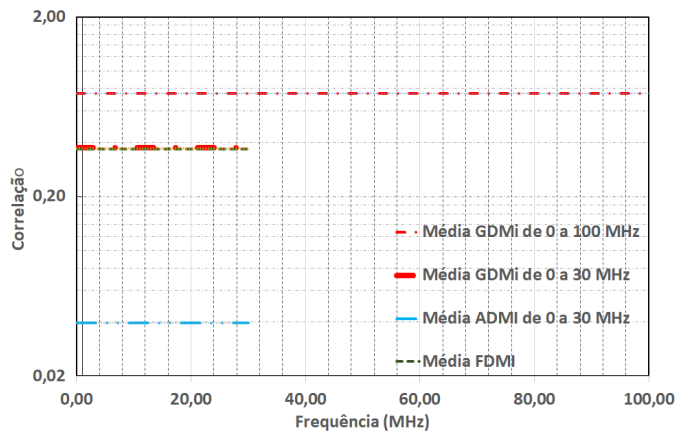


Fig. 9. Média referente as diferenças: ADMi, FDMi e GDMi.

blindagem destes condutores na faixa de frequência de 400 kHz a 102,4 MHz.

O arranjo proposto, que é simples e pode ser usado fora da câmara blindada semi anecóica, utiliza um resistor R1 de amortecimento das oscilações, apresentou resultados razoáveis até a frequência de 100 MHz sendo que, acima deste valor o método apresentou oscilações e radiações eletromagnéticas inviabilizando a utilização desta técnica em faixas de frequências superiores.

Com o FSV realizou-se uma análise, qualitativa e quantitativa, objetiva os dados medidos e comparou-se com os valores de referência propostos por Kley, o método teórico permite calcular a impedância de transferência. As análises foram realizadas com ênfase na amplitude (ADM), na frequência (FDM) e na combinação dos valores referentes a ADM e FDM, obtendo assim uma Medida de Diferença Global (GDM). Desta forma conclui-se que o arranjo utilizado foi validado com as medições e poderá ser utilizado com segurança na faixa de frequência de 400 kHz a 30 MHz. Acima desta frequência, o arranjo apresentou uma excelente repetitividade e reprodutibilidade até 100 MHz, observa-se uma impedância de transferência similar entre os cabos RG-213A versus RG-213B. Outras metodologias deverão ser utilizadas para análise em frequências acima de 100 MHz como, por exemplo, a metodologia descrita em [4].

AGRADECIMENTOS

Os autores gostariam de agradecer ao Senai Cimatec pelo uso dos equipamentos e da câmara blindada semianecóica. A CAPES, CNPq e a FAPESB pelo apoio financeiro.

REFERÊNCIAS

- [1] Sell, Raivo et al. Self-driving car ISEAUTO for research and education. In: 2018 19th International Conference on Research and Education in Mechatronics (REM). IEEE, p. 111-116, 2018.
- [2] Ott, Henry W., Electromagnetic Compatibility Engineering, John Wiley & Sons, 2011.
- [3] Xiao, Pei; DU, Ping-An; ZHANG, Bingxue. An Analytical Method for Radiated Electromagnetic and Shielding Effectiveness of Braided Coaxial Cable. IEEE Transactions on Electromagnetic Compatibility, VOL.61,n.1, p.121-127, Feb.2019.
- [4] Kenedy Marconi G. Santos, Marcela Silva Novo, Glauco Fontgalland, Marcelo Bender Perotoni, "A simple test for measuring the shielding effectiveness of coaxial cables and connectors", International Journal of Applied Electromagnetics and Mechanics, p. 1-16,2017.
- [5] F. M. Tesche, M. V. Ianoz, and T. Karlsson, EMC Analysis Methods and Computational Models[M]. Hoboken, NJ, USA: Wiley, 1997.
- [6] J. D. Sanchez Arango and A. Arias Londono and M. Granada Echeverri, Electric Vehicles for merchandise transportation: Integrated planning taking into account the electrical distribution system, journal IEEE Latin America Transactions, 2018, volume 16, number 8, pages 2192-2198.
- [7] C. Tremola and M. Aurelio Azpuru and E. Javier Paez and G. Moruga, Electromagnetic Compatibility in Latin America - A technological and regulatory perspective, journal IEEE Latin America Transactions, 2013, volume 11, number 6, pages 1307-1317.
- [8] B. Demoulin and L. Kon, Shielded Cable Transfer Impedance Measurements, IEEE-EMC Newsletter (Fall 2010), 30–37.
- [9] B. Demoulin and L. Kon, Shielded Cable Transfer Impedance Measurements in the Microwave Range of 1 GHz to 10 GHz, IEEE-EMC Newsletter (Winter 2011), 52–61.
- [10] Andrade, Caio Luminatti, et al. "Avaliação da Impedância de Transferência de Cabos Coaxiais RG-213 e RG-213 de Fabricantes Distintos." In Anais do XXIII Simpósio Internacional de Engenharia Automotiva-SIMEA(2014): 720-729.
- [11] Ricobom, Bruno Pohlot et al. Development of a Measurement Apparatus for Conducted Electromagnetic Emissions. IEEE Latin America Transactions, v. 16, n. 8, p. 2122-2130, 2018.
- [12] Santos, K. M. G. et al. Shielding Effectiveness Measurements of Coaxial Cable and Connectors Using Compact Open Area Test Site. Journal of Microwaves, Optoelectronics and Electromagnetic Applications, v. 16, n. 4, p. 997-1011, 2017.
- [13] Ogundapo, O., Charles Nche, Alistair Duffy, and Gang Zhang. 'Application of the Feature Selective Validation Method and Kolmogorov-Smirnov Test to Evaluate Handling Effects on Crosstalk of Ethernet Cables.' American Journal of Electrical and Electronic Engineering 6, no. 1 (2018): 32-37.
- [14] RUZEK, Vaclav; DRINOVSKY, Jiri; CUPAK, Jan. Feature Selective Validation of Automotive EMC Pre-compliance Tests. Radioengineering, v. 27, n. 1, p. 135, 2018.
- [15] IEEE Recommended Practice for Validation of Computational Electromagnetics Computer Modeling and Simulations, IEEE Std 1597.2-2010, pp. 1-124, 2011.
- [16] IEC/TR 62153-4-1, Metallic communication cable test methods – Part 4-1: Electromagnetic compatibility (EMC) –Introduction to electromagnetic (EMC) screening measurements, International Electrotechnical Commission Central Office, May 2010.
- [17] European Committee for Electrotechnical Standardization. EN 50289-1-6: Communication cables – Specification for test methods Part 1-6: Electrical test methods – Electromagnetic performance, 1999.

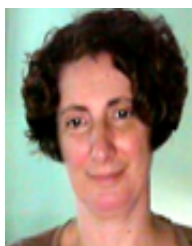


Kenedy Marconi G. Santos Possui graduação em Engenharia Elétrica pela Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais (2006), mestrado em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG, 2011) e Doutorado em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal da Bahia (UFBA, 2018). Profissional com vinte anos de experiência na área de Laboratórios Elétricos, Telecomunicações e EMC. Destes vinte anos, trabalhou onze anos em laboratórios de Compatibilidade Eletromagnética atuando com ensaios de EMC com ênfase em normas CISPR, diretiva Europeia, IEC e normas ISO. Foi coordenador na FIAT Automóveis dos projetos Punto, Bravo, Idea, Linea e Palio elétrico na ótica da compatibilidade eletromagnética. Exerceu o cargo, por critério de aprovação em concurso público, de pesquisador no Instituto de Pesquisas Tecnológicas - IPT / USP. Atualmente é Professor efetivo do IFBA e leciona no curso de Eng. Elétrica.



Caio Luminatti de Andrade Mestre em Gestão e Tecnologia Industrial pelo SENAI CIMATEC (2015). Graduação em Engenharia Elétrica - Ênfase em Eletrônica pela ULBRA - Universidade Luterana do Brasil (2003). Técnico em Eletrônica iniciado na Fundação Escola Técnica Liberato Salzano Vieira da Cunha, concluindo o curso no Colégio Cristo Redentor - ULBRA (1995). Sólida experiência com ensaios em laboratórios de compatibilidade eletromagnética. Experiência em coordenação de laboratório de ensaio - SENAI CIMATEC e desenvolvimento de produto como Analista de Produto pela Fiat Automóveis em ensaios de Compatibilidade Eletromagnética. Trabalhou como bolsista na Fundação de Ciência e Tecnologia - CIENTEC realizando ensaios e calibrações nos laboratórios de grandezas elétricas, temperatura e Compatibilidade Eletromagnética (1998-2002; 2004-2006)

Foi consultora para o AT&T Bell Laboratories, também nos EUA, na pesquisa e desenvolvimento de amplificadores ópticos bombeados remotamente para sistemas de transmissão submarinos sem repetidores. Em 1995, começou a trabalhar na Corning Incorporated, EUA, inicialmente como pesquisadora na área de dispositivos de fibra óptica e do impacto de fenômenos ópticos não lineares em redes ópticas de alta capacidade. Desde 2011, é professora adjunta no SENAI - CIMATEC da Bahia onde pesquisa novas aplicações de sensores ópticos na indústria e na área de saúde e atua em projetos de Inovação financiados pela EMBRAPPII.



Valéria Loureiro da Silva Valéria Loureiro da Silva possui graduação (1984), Mestrado (1986) e Doutorado (1990) em Física pela Universidade Estadual de Campinas onde ela pesquisou a geração de pulsos ultracurtos utilizando efeitos não lineares em fibras ópticas. Fez o pós-doutorado no BELLCORE, EUA, onde ela investigou o fenômeno de eco de pulso em fibras dopadas com Érbio e sua aplicações para precessamento de sinais ópticos. Investigou também técnicas de equalização de ganho de amplificadores ópticos com fibras dopadas com Érbio.

Foi consultora para o AT&T Bell Laboratories, também nos EUA, na pesquisa e desenvolvimento de amplificadores ópticos bombeados remotamente para sistemas de transmissão submarinos sem repetidores. Em 1995, começou a trabalhar na Corning Incorporated, EUA, inicialmente como pesquisadora na área de dispositivos de fibra óptica e do impacto de fenômenos ópticos não lineares em redes ópticas de alta capacidade. Desde 2011, é professora adjunta no SENAI - CIMATEC da Bahia onde pesquisa novas aplicações de sensores ópticos na indústria e na área de saúde e atua em projetos de Inovação financiados pela EMBRAPPII.



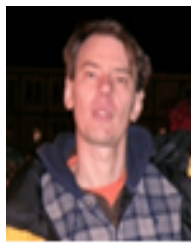
Marcela Silva Novo Possui graduação em Engenharia de Telecomunicações pela Universidade Federal Fluminense (2001), mestrado em Engenharia Elétrica pela Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (2003) e doutorado em Engenharia Elétrica pela Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (2007). De 2005 a 2006 foi pesquisadora visitante no Electro Science Laboratory, The Ohio State University, USA. De 2007 a 2009 foi pesquisadora no Instituto Nacional de Metrologia, Padronização e Qualidade Industrial

(INMETRO). Atualmente é professora adjunto III no Departamento de Engenharia Elétrica da UFBA. Tem experiência na área de Engenharia Elétrica, com ênfase em Telecomunicações, atuando principalmente nos seguintes temas: eletromagnetismo computacional, análise e síntese de dispositivos de microondas e antenas, compatibilidade eletromagnética e processamento de sinais.



Glauco Fontgalland Professor Fontgalland possui Graduação e Mestrado em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal da Paraíba Campus de Campina Grande (1990 e 1993) e Doutorado em Eletrônica - Institut National Polytechnique de Toulouse - ENSEEIHT(1999), onde seu trabalho de Tese foi indicado ao prêmio Leopold Escande 1999. Atualmente é professor Titular na Universidade Federal de Campina Grande (UFCG). Tem experiência na área de Engenharia Elétrica, com ênfase em Teoria Eletromagnética, Micro-ondas, Propagação de

Ondas, Antenas, Compatibilidade Eletromagnética e circuitos RF. O Prof. Fontgalland é membro da SBMO, SBMag, SBMicro, ACES, AMTA e Senior Member do IEEE. De janeiro a março de 2007 foi professor visitante na ESISAR/INPG- França, e de outubro/2010 a setembro/2012 pos-doutorando na The Ohio State University - OSU, USA, com o Prof. J. L. Volakis. Atualmente é coordenador do grupo de pesquisa LEMA cadastrado no CNPq, dos laboratórios LASen e LAMP, e presidente do capítulo IEEE AP-S, seção Bahia, em Campina Grande.



Marcelo Bender Perotoni Possui graduação em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (1995), mestrado em Engenharia Elétrica pela Universidade de São Paulo (2001) e doutorado em Engenharia elétrica pela Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (2005). Atualmente é professor da Universidade Federal do ABC. Tem experiência na área de engenharia elétrica, com ênfase em teoria eletromagnética, microondas, propagação de ondas, antenas, atuando principalmente nos seguintes temas: compatibilidade

eletromagnética, microondas, antenas, circuitos monolíticos de microondas e simulação eletromagnética.



Décio Renno de Mendonça Faria Possui formação Técnica em Eletrônica pela E. E. Técnico Industrial Tancredo Neves de Brasópolis, MG (1989), graduação em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal de Itajubá (2002), graduado em Matemática Aplicada à Informática (análise de sistemas) pela Fundação de Ensino e Pesquisa de Itajubá (1994). Possui Licenciatura em Eletrônica pela Faculdade Paulista São José (2015), mestrado e doutorado (Microondas e Fotônica) em Engenharia Elétrica pela UNIFEI, Universidade Federal de Itajubá (2016-

2019).