



**XXIII SNPTTE  
SEMINÁRIO NACIONAL  
DE PRODUÇÃO E  
TRANSMISSÃO DE  
ENERGIA ELÉTRICA**

FI/GDS/29  
18 a 21 de Outubro de 2015  
Foz do Iguaçu - PR

**GRUPO – X**

**GRUPO DE ESTUDO DE DESEMPENHO DE SISTEMAS ELÉTRICOS – GDS**

**AValiação EXPERIMENTAL DO IMPACTO TÉRMICO DE TÉCNICAS DE BLINDAGEM DE CAMPO  
MAGNÉTICO NA AMPACIDADE DE LINHAS SUBTERRÂNEAS**

**Rodrigo O. C. Moreira(\*)  
CEMIG DISTRIBUIÇÃO S.A.**

**Diogo S. C. Souza   Hélder de Paula   Vítor C. da Costa   Ivan J. S. Lopes  
W. C. Boaventura   José O. S. Paulino   Glássio C. Miranda  
UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS**

**RESUMO**

Neste trabalho são apresentadas medições envolvendo técnicas de mitigação do campo magnético produzido por linhas de distribuição subterrâneas. Experimentos foram realizados em um protótipo constituído de quatro trechos de linhas de 138 kV de 10 metros de comprimento cada, dispostos a 1,50 metros de profundidade e percorridos por correntes de 500 A (120 MVA). São apresentados resultados de medições do campo magnético no entorno da linha e da temperatura dos seus condutores. Os resultados obtidos permitem avaliar a eficiência das diferentes técnicas de blindagem, visando os níveis desejados de atenuação do campo sem comprometer a capacidade de transmissão de corrente da linha.

**PALAVRAS-CHAVE**

Linha subterrânea, Blindagem, Campo magnético, Ampacidade, Temperatura, Medição.

**1.0 - INTRODUÇÃO**

A crescente demanda de energia elétrica nos centros urbanos acarreta o aumento de linhas de transmissão e distribuição de energia elétrica nesses locais e, com elas, de campo magnético em baixa frequência. Da mesma forma, mostra-se igualmente crescente a preocupação quanto aos possíveis problemas causados por estes campos, sendo dois deles considerados de maior importância: as interferências eletromagnéticas causadas em equipamentos eletrônicos e os efeitos nocivos à saúde humana. Neste contexto, as normas e legislações dos valores limites da exposição do campo magnético à população tendem a se tornar cada vez mais restritivas. No presente, uma das principais fontes de campo magnético de baixa frequência são as linhas de distribuição e transmissão subterrâneas. Isso ocorre porque o sistema subterrâneo, devido à proximidade com a superfície do solo, produz maiores intensidades de densidade de fluxo magnético quando comparado ao sistema aéreo. Logo, para algumas situações, torna-se necessária a utilização de técnicas de mitigação do campo para a adequação à legislação vigente, como mostra o documento (1).

Dessa maneira, diversas alternativas de blindagem do campo magnético gerado por linhas subterrâneas vêm sendo estudadas nos últimos anos, dentre as quais destacam-se a utilização de chapas, dutos, canaletas ou cabos adicionais (*loops*). Uma revisão criteriosa a respeito dessas diferentes técnicas de mitigação é encontrada em (2). Contudo, a instalação desses equipamentos nas proximidades das linhas pode influenciar a distribuição de temperatura nas vizinhanças dos condutores das fases, além de adicionar novas fontes de calor, em função das perdas por efeito Joule e/ou magnéticas que ocorrem nesses dispositivos. Isso pode promover uma elevação adicional na temperatura dos condutores da linha, reduzindo, assim, a máxima corrente que pode fluir pela mesma. Logo, para se determinar a técnica a ser empregada na blindagem do campo magnético, é preciso realizar também um estudo detalhado sobre o impacto causado na ampacidade no sistema.

(\*) Avenida Barbacena, n° 1.200 – 8º andar -Ala A2 – CEP 30.190-924 Belo Horizonte, MG, – Brasil  
Tel: (+55 31) 3506-2966 – Email: rmoreira@cemig.com.br

Neste âmbito, vem sendo desenvolvido o Projeto de P&D Cemig/ANEEL D-318, intitulado “Linhas de Distribuição Subterrânea: Soluções para Mitigação de Interferências Eletromagnéticas e Monitoramento da Integridade do Isolamento, sem Comprometimento da Capacidade de Transmissão de Energia”. O projeto é uma parceria entre a Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) e a Cemig Distribuição S.A. (CEMIG-D). Ao longo do desenvolvimento desse projeto, que ainda encontra-se em andamento, um primeiro trabalho foi publicado apresentando medições de campo magnético numa linha de transmissão subterrânea, mais especificamente na região de uma caixa de emendas, num trecho regular e também na entrada da subestação (3). Posteriormente, foi desenvolvida uma metodologia de simulação, baseada no método de elementos finitos, para o cálculo da eficiência de diferentes tipos de blindagem, tais como configurações abertas de chapas de aço (chapa plana, em “U” invertido e em “H”), apresentada em (4). Prosseguindo com os estudos, protótipos foram construídos tendo como base os resultados de simulação obtidos, realizando-se então análises experimentais da blindagem do campo magnético através de *loops* passivos e de chapas de aço, mostradas em (5) e (6), respectivamente. Neste contexto, o objetivo do presente trabalho é apresentar um estudo sobre o impacto térmico da presença de diferentes técnicas de mitigação do campo magnético gerado por linhas subterrâneas, avaliando-se a possível limitação da capacidade de transmissão de corrente da linha.

A partir de um protótipo construído especialmente para este propósito, o qual conta com trechos típicos de linhas de transmissão subterrâneas acompanhados de diferentes tipos de blindagem, os valores do campo magnético foram medidos em cada trecho da linha, obtendo-se assim os níveis de atenuação de campo correspondentes a cada técnica utilizada. Para a determinação da perda de ampacidade dos condutores, mediu-se a temperatura nos trechos de linha com o auxílio de termopares instalados nos cabos e em diferentes profundidades na vala, tendo sido registradas as temperaturas no condutor (em dois pontos distintos da linha), na blindagem metálica do cabo, em sua capa externa e no solo. Dessa forma, os resultados obtidos permitem a avaliação da eficiência das diferentes técnicas de blindagem implementadas, possibilitando a escolha da melhor alternativa de mitigação a ser aplicada em uma determinada situação. A solução a ser escolhida para uma determinada aplicação deve atingir os níveis desejados de atenuação do campo e, ao mesmo tempo, comprometer de maneira mínima a capacidade de transmissão de corrente da linha.

## 2.0 - ARRANJO EXPERIMENTAL

Um campo de testes foi construído no campus da UFMG, junto ao Laboratório de Extra Alta Tensão, sendo formado por quatro circuitos trifásicos compostos por cabos de alta tensão (138 kV e 800 mm<sup>2</sup> Al/XLPE) de 10 metros de comprimento, curto-circuitados e enterrados a 1,50 metros de profundidade, sendo três deles dispostos numa configuração planar horizontal e, o outro, em arranjo triangular. Três diferentes técnicas de mitigação de campo magnético foram implementadas e comparadas. No primeiro circuito, tomado como referência, nenhum sistema de blindagem foi instalado. Uma das técnicas implementadas foi a compensação por *loops* passivos. Para isto, os mesmos foram magneticamente acoplados ao cabo de alta tensão, com o auxílio de transformadores de corrente (maiores detalhes sobre essa técnica são apresentados na sequência), circuito 2. No circuito 3 foi implementada a blindagem aberta por chapas de aço, sendo empregada a configuração das chapas em “H”. No quarto circuito foi instalado um sistema de blindagem utilizando uma canaleta de aço fechada especialmente projetada para este fim. As Figuras 1 a 3 apresentam, respectivamente, uma visão geral do arranjo, os respectivos cortes transversais das valas e fotos de diferentes etapas da obra.

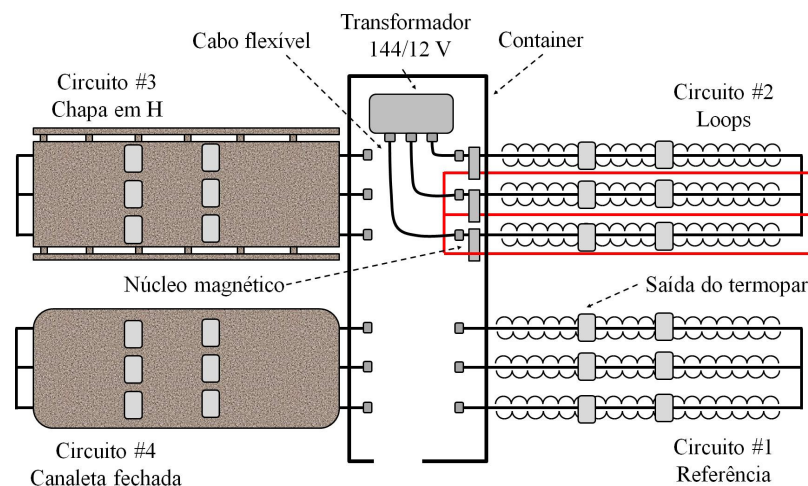


FIGURA 1 – Disposição dos 4 circuitos investigados no arranjo experimental.

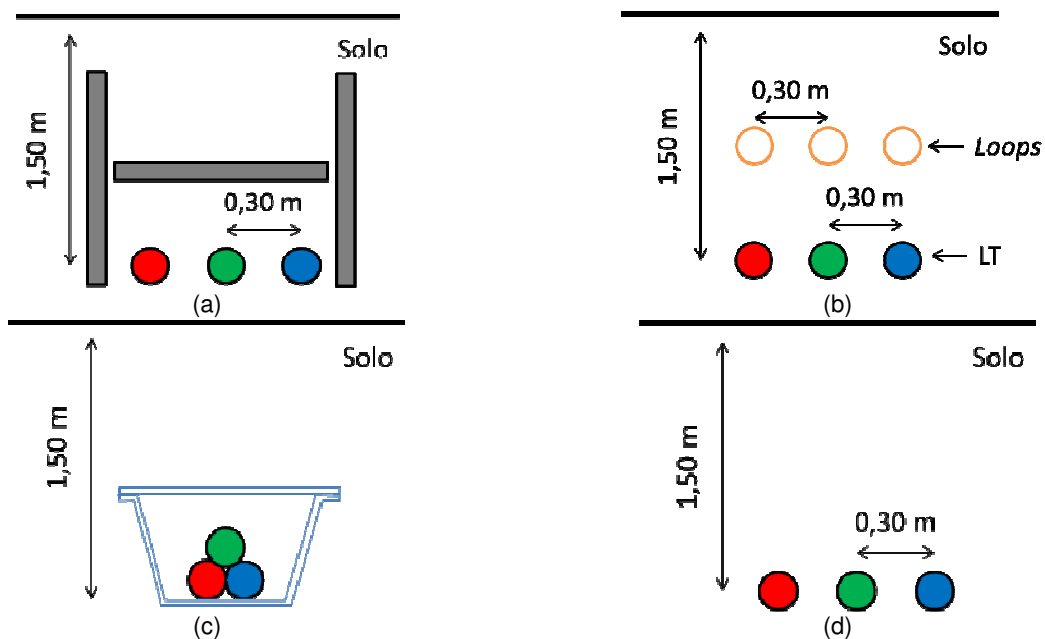


FIGURA 3 – Fotos da construção do campo de testes e do protótipo experimental: (a) Valas dos trechos de linhas subterrâneas; (b) Transformadores de energização do circuito; (c) Cabos dispostos na vala; (d) Chapa em "H"; (e) Canaleta de aço fechada enterrada

A técnica de compensação por *loops* passivos baseia-se na instalação, ao lado do circuito principal da linha, de



condutores curto-circuitados nos quais circula, por indução, a partir da Lei de Lenz, uma corrente que cria um campo magnético contrário à variação do campo incidente no *loop* (Figura 4a). Quanto maior a corrente induzida nos *loops*, maior é o efeito de blindagem resultante. Por outro lado, a corrente que circula nos cabos do sistema de compensação provoca uma elevação da temperatura nas suas vizinhanças, reduzindo a ampacidade da linha. Para diminuir este efeito, é possível utilizar um sistema de compensação onde os *loops* fiquem mais afastados dos cabos da linha. Isso pode ser conseguido com a técnica denominada *loops* de alto acoplamento utilizada neste trabalho. Ela consiste na utilização de transformadores de corrente especialmente projetados para aumentar o acoplamento entre os circuitos, mesmo que fisicamente mais distantes. A Figura 4b ilustra um diagrama esquemático do arranjo, enquanto que uma fotografia da montagem realizada é mostrada na Figura 4c. Maiores detalhes sobre essa técnica podem ser encontrados em (5), (7) e (8).

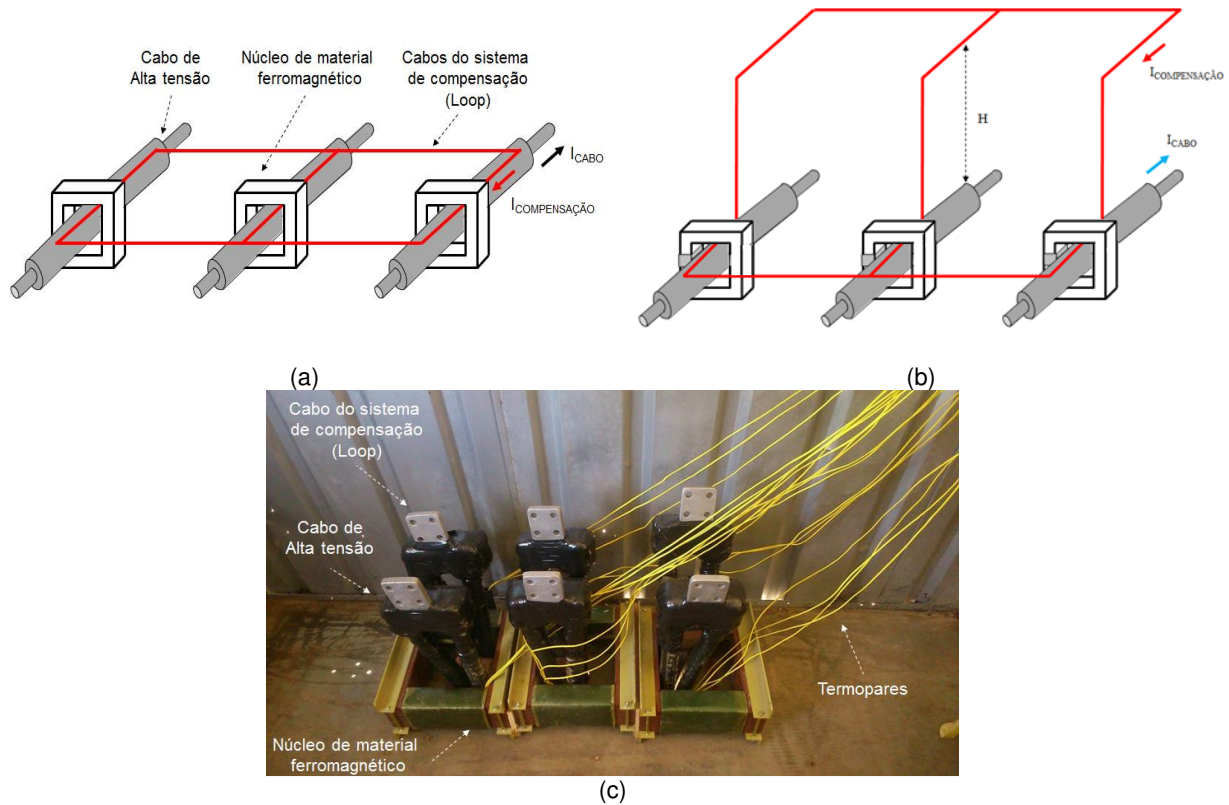


FIGURA 4 – Loops de alto acoplamento: (a) Representação esquemática; (b) Diagrama do arranjo com distância (H) entre os *loops* e os cabos; (c) Fotografia da montagem realizada.

## 2.1 Medições de Campo Magnético

Primeiramente, são apresentados os resultados experimentais dos níveis de atenuação de campo magnético correspondentes a cada técnica utilizada. Nesta primeira etapa, cada trecho da linha foi energizado de forma a se obter a circulação de aproximadamente 500A em cada fase, que corresponde a uma potência de 120 MVA num circuito de 138kV. As medições do campo magnético foram realizadas conforme o protocolo de medição elaborado em uma etapa anterior do Projeto P&D – D318 (9).

Tais valores foram obtidos com o auxílio de um medidor de campo magnético. Dessa forma, foi possível a determinação do nível de atenuação do campo, denominado de Fator de Redução (FR). Esse parâmetro é calculado pela razão entre os valores máximos da indução magnética na ausência ( $B_0$ ) e na presença do sistema de blindagem ( $B_M$ ), ou seja:

$$FR = \frac{\text{máximo } (B_0)}{\text{máximo } (B_M)} \quad (1)$$

Devido à não existência de um circuito de referência com arranjo triangular, foi necessária a determinação do campo magnético gerado por esse arranjo sem a presença de blindagem. Para isso, foi simulado o circuito em trifólio com o auxílio da metodologia de cálculo apresentada em (4). Logo, a partir desse cálculo, tornou-se possível a determinação do fator de redução da canaleta. A Figura 5 apresenta os fatores de redução obtidos na medição para as seguintes técnicas de blindagem: chapa em “H”, *loops* passivos de alto acoplamento e canaleta fechada.

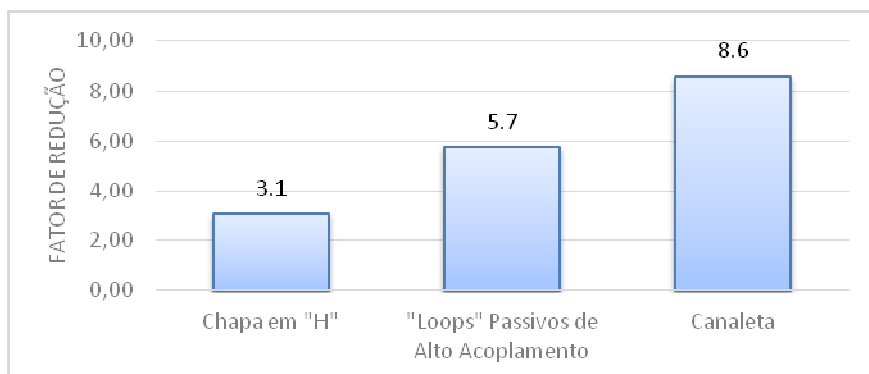


FIGURA 5 – Fatores de redução medidos para as seguintes alternativas de redução do campo: chapa em “H”, *loops* passivos de alto acoplamento e canaleta.

Dentre as alternativas estudadas, a canaleta de aço fechada apresentou os maiores níveis de atenuação de campo, resultando assim, em um FR medido de 8,6. Essa maior eficiência se deve ao fato de que configurações fechadas proporcionam maiores níveis de atenuação do que as configurações abertas condutivas, como pode ser observado na configuração de blindagem com chapa em “H” (3,1). A blindagem por *loops* passivos de alto acoplamento também apresentou um FR bem satisfatório, próximo de 5,7. Essa atenuação se deve ao fato do acoplamento magnético dos *loops* com as fases ter sido de aproximadamente 86%, resultando em correntes de compensação nos *loops* de 430 A.

## 2.2 Medições de Temperatura

A análise do impacto térmico proporcionado pelos sistemas de blindagem foi realizada a partir da medição da temperatura nos quatro trechos de linha. Para isso, a partir de termopares instalados nos cabos subterrâneos, mediu-se a temperatura nos condutores e no solo no entorno da montagem. A Figura 6a mostra o desenho esquemático do sistema de monitoramento da temperatura utilizado em todos os trechos, ao passo que a Figura 6b ilustra o corte transversal da disposição dos termopares.

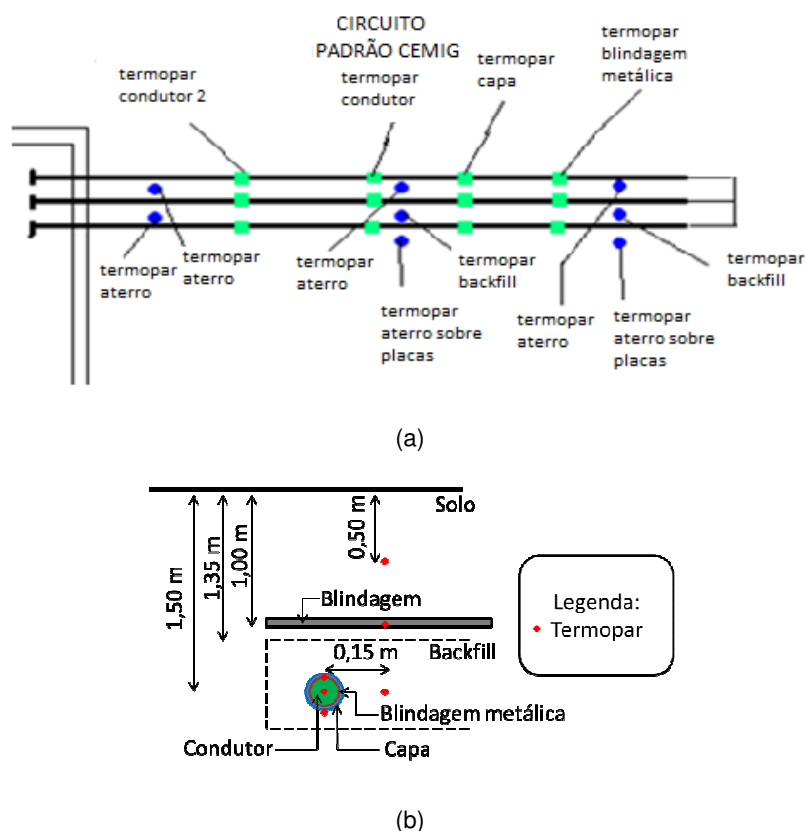


FIGURA 6 – Sistema de monitoramento da temperatura: (a) Desenho esquemático da posição dos termopares presentes em cada trecho; (b) Corte transversal da posição dos termopares.

Nesta etapa, cada um dos trechos do protótipo experimental foi energizado, durante 7 horas, mantendo a corrente na linha em 500A. Dessa forma, foi medido o aquecimento nos três condutores “fases” de cada trecho e a temperatura ambiente do solo durante todo o processo. A Figura 7 apresenta as temperaturas obtidas pelos termopares durante a medição nos quatro trechos: circuito de referência, chapa em “H”, *loops* passivos de alto acoplamento e canaleta fechada. Os condutores são identificados na Figura 7 conforme a disposição dos circuitos apresentados na Figura 2.

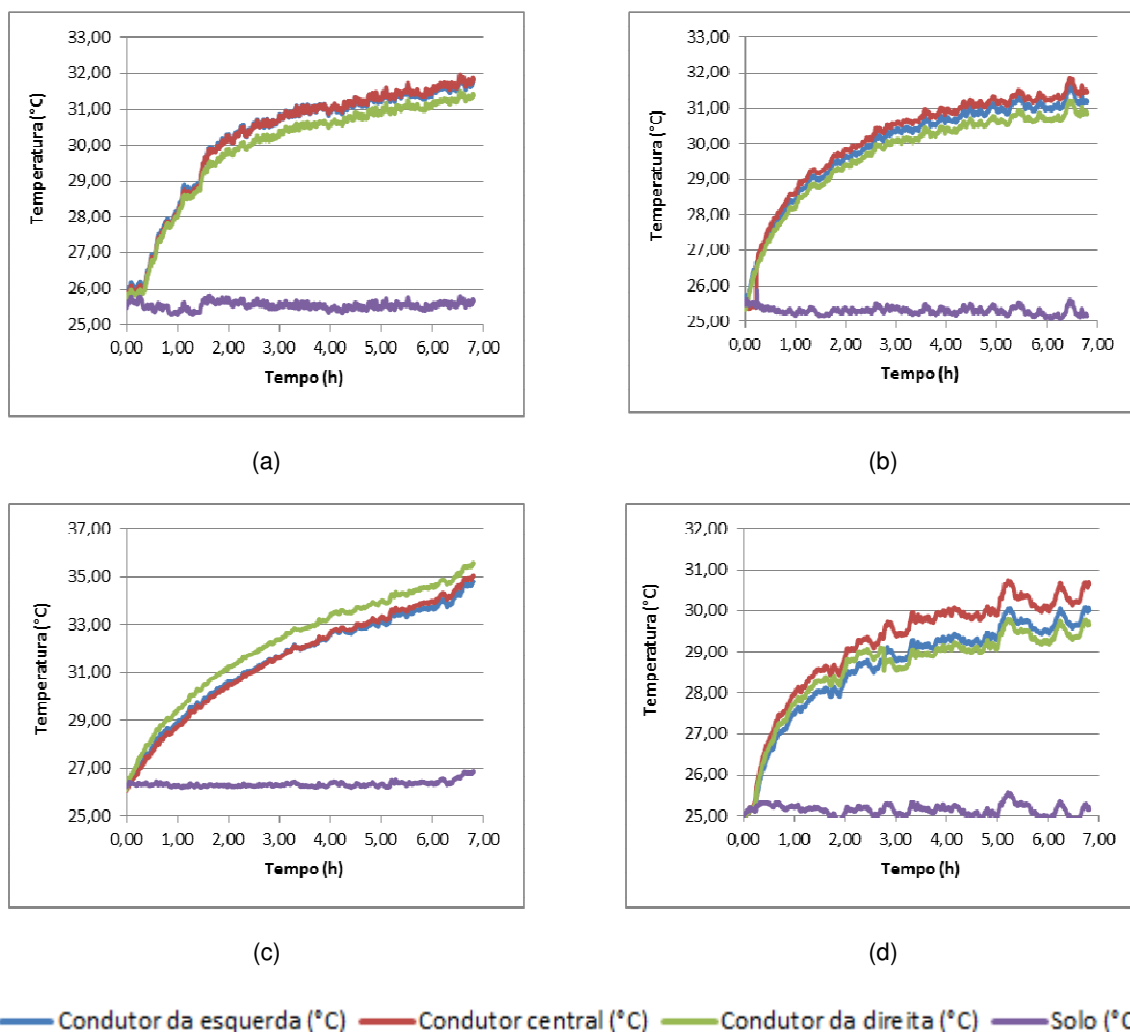


FIGURA 7 – Gráficos das medições de temperaturas nos condutores e no solo: (a) Circuito com a chapa em “H”; (b) Circuito com os *loops* passivos de alto acoplamento; (c) Circuito com a canaleta fechada; (d) Circuito de referência.

As perdas por efeito Joule nos condutores são as principais fontes de aquecimento dos cabos, como pode ser observado na Figura 7. Nas configurações onde as fases foram dispostas no arranjo planar (referência, chapa em “H” e *loops* passivos de alto acoplamento), o condutor central apresentou a maior elevação de temperatura em relação aos outros, uma vez que esse é o condutor que possui a menor distância entre as fases. Para o caso do arranjo triangular utilizado na canaleta, esse comportamento térmico não foi observado, devido aos cabos “fase” estarem equidistantes. Contudo, pequenas variações nas correntes injetadas nas fases proporcionam níveis de aquecimentos distintos nos condutores.

Outro aspecto importante que deve ser ressaltado diz respeito ao fato do circuito térmico não ter alcançado o regime permanente ao final das 7 horas de ensaio. Contudo, para efeito de comparação dos resultados apresentados, foi adotado um mesmo intervalo de tempo para todos os ensaios analisados.

Para a comparação do impacto térmico proporcionado por cada uma das blindagens, foram determinadas as elevações de temperatura de cada um dos quatro trechos analisados. Foi convencionada a maior elevação de temperatura de um dos condutores de cada circuito para se definir o ponto mais crítico de aquecimento. A Figura 8 apresenta a comparação dessas curvas.

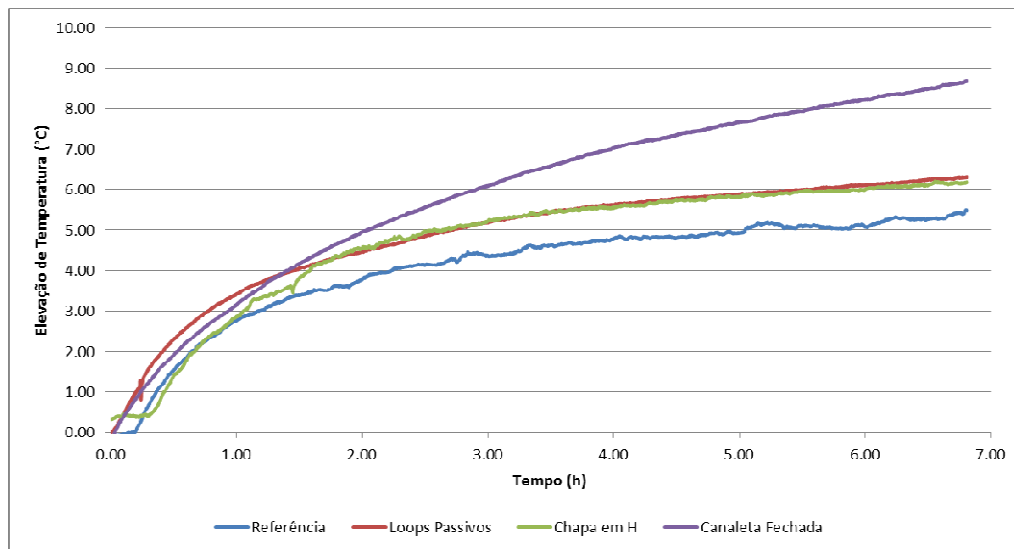


FIGURA 8 – Gráfico da medição da elevação da temperatura média nos condutores para os diferentes trechos do protótipo: referência, *loops* passivos de alto acoplamento, chapa em “H” e canaleta fechada.

Como esperado, a inserção de equipamentos nas proximidades das linhas influencia a distribuição de temperatura e adiciona novas fontes de calor, proporcionando assim, elevações de temperaturas adicionais nos condutores da linha. Tal comportamento é observado na Figura 8, onde as três alternativas de blindagem apresentam temperaturas nos condutores maiores do que a do circuito de referência. O sistema que apresentou a maior elevação de temperatura foi aquele da canaleta de aço fechada, com aumento superior a 8 °C. A disposição da linha empregada no interior da canaleta é a triangular isósceles (trifólio), ou seja, o espaçamento entre as fases é menor que aqueles existentes nos arranjos planares dos demais sistemas (próximo de 30 centímetros). Além disso, tem-se que as blindagens condutivas fechadas apresentam uma elevação de temperatura maior do que outras técnicas de blindagem (10). A Figura 9 mostra a elevação de temperatura final em cada um dos circuitos ensaiados do protótipo experimental.

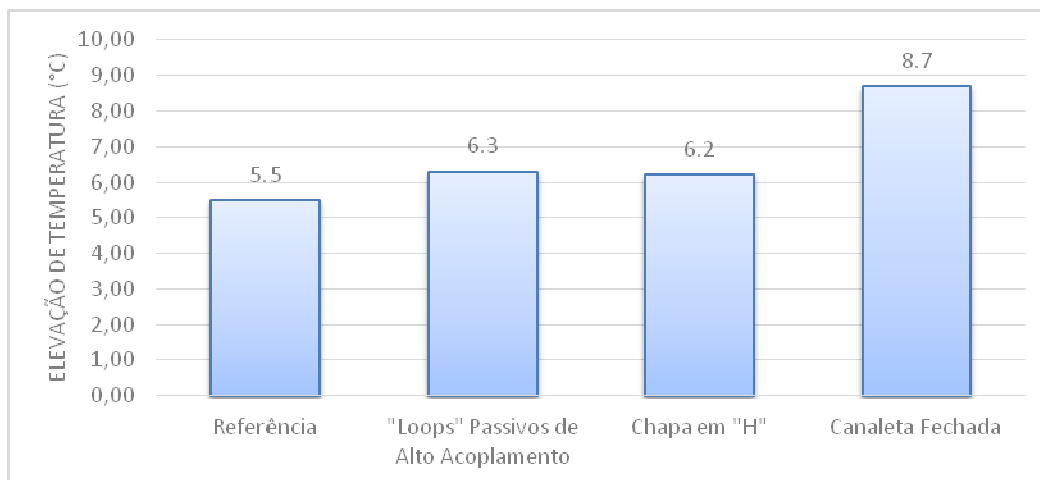


FIGURA 9 – Elevação de temperatura medida nos condutores dos circuitos: referência, *loops* passivos de alto acoplamento, chapa em “H” e canaleta fechada.

### 3.0 - CONCLUSÃO

O trabalho apresentou um estudo experimental a respeito do impacto térmico causado pela aplicação de blindagens nas linhas subterrâneas, tendo sido analisadas as seguintes alternativas: chapa de aço em “H”, *loops* passivos de alto acoplamento, e canaleta de aço fechada. Foram apresentadas medições do fator de redução de campo e da elevação da temperatura nos condutores. Dessa forma, foi possível a avaliação do nível de atenuação do campo magnético e do impacto térmico proporcionado por cada alternativa de mitigação.

Dentre as técnicas estudadas, a canaleta fechada apresentou o maior fator de redução do campo magnético (8,6). Logo, essa alternativa se torna mais recomendada para as situações nas quais maiores atenuações do campo

devem ser obtidas. A técnica dos *loops* passivos com alto acoplamento apresentou um fator de redução 84% maior do que aquele observado para a chapa em “H”, mostrando-se uma solução bastante eficiente. Contudo, a presença das blindagens proporcionou um aquecimento adicional aos cabos, como esperado. No circuito com a canaleta fechada, a temperatura do condutor mostrou uma elevação de 3,2 °C em relação ao circuito de referência. No caso das outras técnicas de mitigação, o aquecimento do condutor foi menor do que 1 °C em relação ao circuito de referência. Logo, a canaleta apresenta o maior nível de atenuação do campo, embora implique no maior impacto térmico na linha. Em termos dos aspectos estudados nesse trabalho, a alternativa dos *loops* mostra uma melhor relação de compromisso comparativamente à chapa em “H”, em virtude de proporcionar uma maior atenuação do campo com um aquecimento equivalente da linha.

A título de informação, vale ressaltar que estudos mais abrangentes referentes aos impactos térmicos proporcionados por arranjos de blindagens vêm sendo realizados no protótipo experimental, objetivando analisar os impactos causados por níveis mais elevados de corrente na linha e maior tempo de duração dos ensaios. Os resultados desses estudos serão reportados em trabalhos futuros.

#### 4.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) ICNIRP – International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection: Guidelines for limiting exposure to time-varying electric and magnetic fields (1 Hz to 100 kHz). Disponível em: <http://www.icnirp.de/documents/LFgdl.pdf>, 2010. [Online].
- (2) CIGRÉ Working Group C4.204, "Guidelines for mitigation techniques of power-frequency magnetic fields originated from electric power systems, TB 373," 2009.
- (3) R. O. C. Moreira, I. J. S. Lopes, H. de Paula, M. T. A. Êvo, D. S. C. Souza, "Avaliação Teórico-Experimental de Campos Magnéticos nas Proximidades de Linhas de Transmissão Subterrâneas". XV ERIAC – Encontro Regional Ibero-Americano do Cigré. Foz do Iguaçu, Maio de 2013.
- (4) M. T. A. Êvo, D. S. C. Souza, H. de Paula, I. J. S. Lopes, R. C. Mesquita, R. O. C. Moreira, "Avaliação computacional da eficiência de blindagem do campo magnético gerado por linhas de transmissão subterrânea", Simpósio Brasileiro de Sistemas Elétricos 2014. Foz do Iguaçu, Abril de 2014.
- (5) D. S. C. Souza, M. T. A. Êvo, G. E. Vieira, C. E. F. Caetano, A. S. Miranda, J. O. S. Paulino, H. de Paula, I. J. S. Lopes, "Estudo Experimental de técnicas de blindagem de campo magnético produzidas por linhas de distribuição subterrâneas de 138 kV", Simpósio Brasileiro de Sistemas Elétricos 2014. Foz do Iguaçu, Abril de 2014.
- (6) D. S. C. Souza, M. T. A. Êvo, C. E. F. Caetano, H. DE Paula, I. J. S. Lopes, R. O. C. Moreira, "Avaliação Teórico-Experimental de Sistemas de Blindagem de Campos Magnéticos nas Proximidades de Linhas Subterrâneas", Artigo a ser apresentado no XVI ERIAC - Encontro Regional Ibero-Americano do Cigré. Maio de 2015.
- (7) M. L. Murta, "Blindagem Ativa para Campos Magnéticos de Baixa Frequência", Tese de doutorado, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica, Universidade Federal de Minas Gerais, 2002.
- (8) A. Canova.; L. Giaccone, "A Novel Technology for Magnetic-Field Mitigation: High Magnetic Coupling Passive Loop", IEEE Transactions on Power Delivery, vol. 26, no. 3, pp 1625 – 1633, Julho 2011.
- (9) Projeto de P&D CEMIG D – ANEEL No D318 - Linhas de Distribuição Subterrânea: Soluções para Mitigação de Interferências Eletromagnéticas e Monitoramento da Integridade do Isolamento sem Comprometimento da Capacidade de Transmissão de Energia; "Relatório Técnico No. 4 - Protocolo para medição dos valores de campo magnéticos nas proximidades das linhas subterrâneas"; Agosto de 2012.
- (10) M. T. A. Êvo, "Estudo de alternativas para a redução do campo magnético de linhas subterrâneas com o menor comprometimento de sua capacidade de transmissão", Dissertação de mestrado, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica, Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), 2014.

#### 5.0 - DADOS BIOGRÁFICOS



**Rodrigo Otávio Carneiro Moreira.** Nascido em 1960 em Belo Horizonte, MG. Engenheiro Eletricista pela Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, Especialização em Gestão Estratégica (2000) e em Engenharia de Sistemas Elétricos de Potência (2005), e Mestrado (2011) todos pela UFMG. É engenheiro de projetos de sistemas elétricos da Cemig Distribuição.



**Vitor Cardoso da Costa.** Nascido em 1992 em Belo Horizonte, MG. aluno de graduação e orientando de iniciação científica do prof. Wallace desde abril/2014

Alta Tensão e Compatibilidade Eletromagnética.





**Ivan José da Silva Lopes** nasceu em Santa Bárbara - MG, em 19/03/1965. Graduou-se em Engenharia Elétrica e recebeu o título de Mestre em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), em 1987 e 1990, respectivamente. Em 2001, recebeu o título de Ph.D. em Engenharia Elétrica e de Computação pela University of Waterloo, Canadá. É professor do Departamento de Engenharia Elétrica da UFMG, desde 1992. Sua área de atuação inclui a engenharia de alta tensão e suas aplicações, materiais dielétricos e isolamento elétrico, e compatibilidade eletromagnética.



**Wallace do Couto Boaventura** nasceu no Brasil em 14/07/1965 em Carmo do Paranaíba - MG. Possui graduação (1988) e mestrado (1990) em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) e obteve o título de Doutor em Engenharia Elétrica pela Universidade de Campinas (UNICAMP), em 2002. É professor do Departamento de Engenharia Elétrica da UFMG desde 1992. Suas áreas de pesquisa incluem compatibilidade eletromagnética e processamento de sinais aplicados aos sistemas elétricos de potência.



**José Osvaldo Saldanha Paulino.** Nasceu em Belo Horizonte, MG, em 09/03/1957. Possui graduação em Engenharia Elétrica (1979) e mestrado em Engenharia Elétrica (1985), ambos pela UFMG, e doutorado em Engenharia Elétrica pela Faculdade de Engenharia Elétrica e de Computação da UNICAMP (1994). É professor associado IV da Universidade Federal de Minas Gerais. Atua na área de Engenharia Elétrica com ênfase em Alta Tensão, Compatibilidade Eletromagnética, Descargas Atmosféricas e Proteção. É bolsista de produtividade em desenvolvimento tecnológico e extensão inovadora nível 2 do CNPq.



**Hélder de Paula** nasceu em Uberlândia – MG, em 1975. Graduou-se em Engenharia Elétrica em 1998, pela Universidade Federal de Uberlândia. Obteve os títulos de Mestrado e Doutor em 2001 e 2005, respectivamente, nesta mesma instituição. Desde 2006 integra o Departamento de Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Minas Gerais, tendo como áreas de atuação: Compatibilidade Eletromagnética, Modelagem de equipamentos para fenômenos transitórios/alta frequência e Acionamentos Industriais.



**Glássio Costa de Miranda** nasceu em Belo Horizonte, MG, em 20/01/1964. Possui graduação em Engenharia Elétrica (1987) e mestrado em Engenharia Elétrica (1990), ambos pela UFMG, e doutorado em Engenharia Elétrica pela Faculdade de Engenharia Elétrica e de Computação da UNICAMP (1994). É professor associado IV da Universidade Federal de Minas Gerais. Atua na área de Engenharia Elétrica com ênfase em Alta Tensão, Compatibilidade Eletromagnética, Transitórios Eletromagnéticos e Qualidade da Energia. É coordenador do laboratório de compatibilidade eletromagnética da EE-UFMG