



Análise da aplicação de tinta a base de grafeno em sistemas de aterramento.

Analysis of graphene-based paint application in grounding systems

Emilly Adriane Boschen Pereira ¹, Marcelo Nanni ²

RESUMO

Neste trabalho busca-se aprimorar hastes de aterramento por meio da aplicação de tinta condutiva à base de grafeno, com o intuito de reduzir a resistência de aterramento e proteger as hastes contra corrosão ao longo dos anos. A metodologia inclui pesquisa sobre tintas de grafeno e suas aplicações, seguida da aplicação nas hastes de teste e análise da espessura da camada de tinta na resistência de contato solo-eletrodo. Testes variando a camada de tinta serão conduzidos para avaliar seu impacto nas propriedades elétricas e proteção contra corrosão. Técnicas de inspeção serão empregadas para analisar a eficácia da tinta. Essa abordagem estruturada visa obter resultados conclusivos, comprovando cientificamente a eficácia da tinta de grafeno na diminuição da resistência de aterramento e na proteção contra corrosão, promovendo avanços tecnológicos na área de sistemas de aterramento e oferecendo uma solução inovadora, eficiente e sustentável para aprimorar a eficiência e prolongar a vida útil desses sistemas críticos.

PALAVRAS-CHAVE: grafeno; haste de aterramento; resistência de aterramento.

ABSTRACT

This project seeks the improvement of ground rods using the application of graphene based conductive ink, intending to reduce electrical resistance on grounding rods and protect them against oxidation and corrosion over the years. The methodology includes the research about graphene based inks and its implementations, following with the application of the ink over grounding rods and the analysis of the ink's layer and its thickness with the implied results upon the ground rod surface's electrical resistance. Tests will be conducted using different thicknesses of graphene based ink in order to evaluate its impacts over electrical properties and protection against corrosion. Different inspection techniques will be used to analyze the efficiency of the graphene based ink. The objective of this scientific approach pursues the obtainment of conclusive results, proving scientifically the efficiency of graphene based ink on the reduction of the electrical resistance and protection against corrosion and oxidation on ground rods, helping the development of technological advances in the grounding system's field and showing an innovative, efficient and Eco-friendly solution to improve the system's efficiency and prolonging the lifespan of those grounding systems.

KEYWORDS: graphene; earth rod; grounding resistance.

INTRODUÇÃO

O aterramento é um elemento fundamental nos sistemas elétricos, e desempenha um papel essencial, o de proteger pessoas de contato não intencional com fios e equipamentos energizados e de proteger estruturas e equipamentos. A importância do aterramento consiste na sua capacidade de fornecer um caminho seguro e de menor resistência para a dissipação de corrente elétrica indesejada (SWITZER, 1999). A relevância desse trabalho é devido a haste, ou eletrodo, ser o

¹ Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, Paraná, Brasil.

² Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, Paraná, Brasil.



XIII Seminário de Extensão e Inovação XXVIII Seminário de Iniciação Científica e Tecnológica da UTFPR

Ciência e Tecnologia na era da Inteligência Artificial: Desdobramentos no Ensino Pesquisa e Extensão
20 a 23 de novembro de 2023 - Campus Ponta Grossa, PR



SEI-SICITE
2023

elemento protagonista em sistemas de aterramento, desempenhando tal papel ao longo de décadas (KINDERMANN; CAMPAGNOLO, 1995).

Em instalações elétricas são considerados dois tipos de aterramentos: funcional e de proteção. O aterramento funcional estabelece uma conexão dos condutores ativos do sistema, geralmente o neutro, à terra, garantindo que a tensão da instalação seja definida e estabilizada. A função do aterramento funcional é garantir um funcionamento correto, seguro e confiável da instalação (COTRIM, 2009). O aterramento de proteção proporciona um caminho de baixa impedância para a corrente de falha, pois estabelece uma conexão da terra às massas e aos elementos condutores externos à instalação. O aterramento de proteção tem a finalidade de proteger as pessoas e as instalações elétricas, pois oferece proteção contra choques elétricos por contato indireto (COTRIM, 2009).

Em 2015, a International Zinc Association conduziu um levantamento que revelou que, no Brasil, aproximadamente 4% do Produto Interno Bruto (PIB) foi perdido devido à corrosão. Esta corrosão se refere à deterioração e desgaste de materiais metálicos e estruturas, como pontes, dutos, tanques de armazenamento, veículos, equipamentos industriais e infraestrutura em geral, devido à ação de processos corrosivos que causam danos e perdas econômicas significativas. Esse montante equivale a cerca de R200 bilhões, e essa situação persiste devido ao fato de muitas empresas recorrerem à manutenção corretiva em vez de adotarem medidas preventivas para retardar os efeitos corrosivos e reduzir os custos (FIEP, 2019).

A descoberta do grafeno remonta a cerca de 80 anos atrás, mas foi somente em 2004 que os pesquisadores conseguiram isolar e estudar esse material de forma prática (MANCHESTER, Year not specified). Desde então, nos campos da ciência e da engenharia, o grafeno tem sido objeto de estudos aos longos dos anos, e materiais a base de grafeno mostram impactos em dispositivos eletrônicos, elétricos, armazenamento de energia e na biomédica (SINGH et al., 2022).

A pesquisa da aplicação de uma tinta à base de grafeno, com o foco na redução da resistência de aterramento e na diminuição da corrosão das hastes, emerge como uma abordagem promissora para a segurança e proteção ao longo dos anos desses sistemas (DATTA et al., 2015). A escolha do grafeno é devida a sua natureza hidrofóbica, que evita com que o hidrogênio se ligue com a água, o tornando um material inerte em relação a oxidação (LEENAERTS; PARTOENS; PEETERS, 2009).

A corrosão eletroquímica é um processo natural que ocorre quando dois materiais distintos com níveis energéticos diferentes entram em contato, gerando uma diferença de potencial (DDP), que resulta na formação de uma corrente elétrica. Esse processo é considerado eletroquímico porque envolve o movimento de partículas carregadas (WOLYNEC, 2003). Os testes de corrosão eletroquímica permitem avaliar a taxa de corrosão, a capacidade de proteção de revestimentos e a eficácia de materiais específicos em condições semelhantes às reais.

MATERIAIS E MÉTODOS

Para comprovar a eficácia da aplicação tinta condutiva à base de grafeno, este estudo conduzirá dois tipos de testes distintos. O primeiro tem como objetivo verificar a diminuição da resistência de aterramento em uma haste inserida na malha de aterramento, com o uso do terrômetro, que é um aparelho específico para a medição da resistência de aterramento. O segundo teste consiste



na corrosão eletroquímica, para simular a degradação das hastes ao longo do tempo e avaliar sua resistência à corrosão.

A Tabela 1 mostra a divisão dos corpos de prova a serem utilizados, sendo 3 hastes para o teste de resistência de aterramento e 3 amostras parciais, onde cada amostra é uma seção de uma haste de aterramento, para o teste de corrosão eletroquímica. A fim de se avaliar a influência da espessura da camada de tinta, ambos os testes devem ser realizados com um elemento de controle e dois elementos com diferentes espessuras.

Tabela 1 – Hastes de aterramento a serem testadas

Teste	Espessura da camada de tinta		
	0mm(controle)	1,5mm	2,4mm
Medição da resistência	H_0	H_1	H_2
Medição da corrosão	A_0	A_1	A_2

Fonte: Autoria própria (2023)

MEDIÇÃO DA RESISTÊNCIA DE ATERRAMENTO

Para o teste nas hastes H_0 , H_1 , e H_2 , será feita a medição de resistência de aterramento em cada uma das hastes, e essas medições serão repetidas ao longo do tempo a fim de se obter uma curva de resistência ao longo do tempo. A metodologia para a medição da resistência de aterramento nas hastes consistirá nas seguintes etapas:

a) Preparação das hastes: As hastes de aterramento devem ser instaladas adequadamente no solo, seguindo as normas e diretrizes de instalação definidas pela (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1994).

b) Medição inicial: Após a instalação das hastes, com o uso do terrômetro será realizada a medição inicial da resistência de aterramento para cada uma das três hastes de teste, que fornecerá uma referência inicial da resistência de cada haste.

c) Medição periódica: As medições de resistência de aterramento serão repetidas a cada mês. As medições serão feitas seguindo o mesmo procedimento da medição inicial.

d) Análise dos resultados: Os valores obtidos de resistência de aterramento para cada haste em cada medição serão registrados, e assim será possível obter uma curva de resistência ao longo do tempo para cada haste, permitindo a análise comparativa da eficiência da tinta condutiva de grafeno em relação à haste de controle.

ANÁLISE DA CORROSÃO DA HASTE

As amostras da haste de aterramento A_0 , A_1 , A_2 , devem ser submetidas a corrosão eletroquímica, para simular a corrosão das hastes ao longo do tempo. A corrosão é analisada de duas formas: a primeira é o ensaio de circuito aberto, que é uma técnica de monitoramento passivo que observa as mudanças no potencial elétrico ao longo do tempo, e a segunda é o ensaio de curva de polarização, que é uma técnica ativa que aplica uma corrente controlada para obter informações detalhadas sobre



o comportamento eletroquímico de materiais em ambientes corrosivos. Para o ensaio de circuito aberto, as amostras devem ser preparadas como descrito na metodologia, e a medição ocorre antes da saturação do eletrodo. O ensaio de curva de polarização acontece após a medição do circuito aberto, com a aplicação de uma corrente controlada pelo potenciostato.

A metodologia para o teste de corrosão das amostras consistirá nas seguintes etapas:

a) Preparação das amostras: preparação das amostras da haste de aterramento.

b) Preparação da Solução Eletrolítica: Formulação de uma solução eletrolítica que emule as características do ambiente de enterramento das hastes, considerando quatro sistemas de imersão em condições estáticas, contendo 100mL dos eletrólitos: NaCl 3,5 (m/v) em condição neutra (pH 7,0), acidificada (pH 5,0) e basificada (pH 8,0), bem como uma solução de solução NaHCO₃ (84 g/L).

c) Montagem do Sistema de Teste: Implementação do sistema experimental, o qual compreende a haste de aterramento, o eletrodo de trabalho, o eletrodo de platina e o eletrodo de referência de calomelano saturado. O eletrodo de referência de calomelano saturado é empregado como ponto de referência e estabilidade para todas as medições.

d) Realização de Medidas e Monitoramento: Execução de medições e monitoramento dos parâmetros eletroquímicos, incluindo o ensaio em circuito aberto e o ensaio de curva de polarização, mediante a utilização do eletrodo de trabalho e o eletrodo de platina. O eletrodo de referência de calomelano saturado assegura a precisão e consistência das medidas realizadas.

e) Análise de Dados: Análise dos dados obtidos durante o período de monitoramento a fim de avaliar a taxa de corrosão, a eficácia de eventuais revestimentos aplicados.

RESULTADOS ESPERADOS

Com base nos resultados antecipados, almeja-se a confirmação experimental da redução da resistência de aterramento por meio do incremento do contato entre as hastes e o solo, evidenciando, assim, a contribuição da tinta condutiva à base de grafeno na otimização do desempenho dos sistemas de aterramento.

Adicionalmente, busca-se a obtenção de provas substanciais acerca da diminuição da corrosão ao longo do tempo nas hastes. Através da aceleração controlada do processo corrosivo, pretende-se analisar a eficácia protetora da tinta condutiva à base de grafeno. A expectativa é que a aplicação desta tinta estabeleça uma barreira resistente à corrosão, retardando os efeitos naturais que poderiam comprometer a integridade das hastes de aterramento.

Por último, é aspirado que os desdobramentos deste estudo contribuam para o avanço das aplicações do grafeno, através dos benefícios práticos derivados da utilização da tinta condutiva à base de grafeno. Demonstrando sua habilidade em prolongar a vida útil das hastes e em manter a integridade do sistema, almeja-se proporcionar uma solução mais sustentável, econômica e ambientalmente responsável quando comparada aos métodos convencionais de proteção contra corrosão que fazem uso de metais nobres.



Conflito de interesse

“Não há conflito de interesse”.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13571: Haste de aterramento aço-cobreada e acessórios**. Rio de Janeiro, 1994.

COTRIM, A. M. B. **Instalações elétricas**. 5. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2009.

DATTA, A. J. et al. An Investigation of Earth Grid Performance Using Graphene-Coated Copper. **IEEE Access**, v. 3, p. 1042–1050, 2015. DOI: [10.1109/ACCESS.2015.2454295](https://doi.org/10.1109/ACCESS.2015.2454295).

FIEP, Agência Sistema. **Efeitos da corrosão afetam o PIB de um país, mas podem ser controlados – Agência Sistema Fiep**. Disponível em. 2019. Disponível em: [🔗](#).

KINDERMANN, G.; CAMPAGNOLO, J. M. **Aterramento elétrico**. 3. ed. Porto Alegre: Sagra-Dc Luzzatto, 1995.

LEENAERTS, O.; PARTOENS, B.; PEETERS, F. M. Water on graphene: Hydrophobicity and dipole moment using density functional theory. **Physical Review B**, v. 79, n. 23, 2009.

MANCHESTER, University of. **University of Manchester scientists win the Nobel Prize for Physics**. Disponível em. Year not specified. Disponível em: [🔗](#).

SINGH, S. S. et al. Graphene nanomaterials: The wonder material from synthesis to applications. v. 3, p. 100190–100190, 2022. Disponível em. Disponível em: [🔗](#).

SWITZER, W. K. **Practical Guide to Electrical Grounding**. E-book. 1999. Disponível em: [🔗](#).

WOLYNEC, Stephan. **Técnicas Eletroquímicas em Corrosão**. [S.l.]: Edusp, 2003. v. 49.