

JESUS, Ianca Moraes Silva de¹

TOLFO, Thaís Maria²

GODOY, Ruben Barros³

MATEUS, Tiago Henrique de Abreu⁴

RESUMO: O Programa de Educação Tutorial (PET) consolida-se pelo princípio da indissociabilidade entre Pesquisa, Ensino e Extensão acrescidos à educação tutorial. Os grupos PET desenvolvem ações que colaboram para a formação da comunidade acadêmica, bem como das comunidades externas. Neste sentido, o presente artigo discorrerá sobre a visita assistencial realizada pelo Grupo PET-Engenharia Elétrica à Escola Municipal Rural Mirim Extensão Jatobazinho. A visita teve como objetivo instruir membros da escola responsáveis pela manutenção sobre os riscos do choque elétrico, bem como a importância do aterramento para prover a segurança da instituição. Além disso, realizar estudos e testes no solo local e, por fim, aplicar os dados em cálculos para a aprovação do projeto e implementação de uma malha de aterramento.

PALAVRAS-CHAVE: Extensão Universitária; Malha de Aterramento; Educação Tutorial; Escola Jatobazinho; Pesquisa.

ASSISTANCE AT JATOBAZINHO SCHOOL: STUDY AND IMPLEMENTATION OF A GROUNDING GRID AT THE INSTITUTION

ABSTRACT: The Tutorial Education Program (PET) is consolidated by the principle of inseparability between Research, Teaching and Extension added to tutorial education. The PET groups develop actions that contribute to the formation of the academic community, as well as external communities. In this sense, this article will discuss the assistance visit carried out by the PET-Electrical Engineering Group to Escola Municipal Rural Mirim Extensão Jatobazinho. The purpose of the visit was to instruct members of the school responsible for maintenance about the risks of electric shock, as well as the importance of grounding to provide the safety of the institution. As well as carry out studies and tests on the local soil and, finally, apply the data in calculations for the approval of the project and implementation of an

¹ Integrante do Grupo PET-Engenharia Elétrica UFMS (Universidade Federal de Mato Grosso do Sul). Email: ianca.moraes@ufms.br

² Integrante do Grupo PET-Engenharia Elétrica UFMS (Universidade Federal de Mato Grosso do Sul). Email: thais.tolfo@ufms.br

³ Tutor do Grupo PET-Engenharia Elétrica UFMS (Universidade Federal de Mato Grosso do Sul). Email: ruben.godoy@ufms.br

⁴ Professor do curso de Engenharia Elétrica UFMS (Universidade Federal de Mato Grosso do Sul). Email: tiago.henrique@ufms.br

grounding grid.

KEYWORDS: University Extension; Grounding Grid; Tutorial Education; Jatobazinho School; Research.

INTRODUÇÃO

O Grupo PET-Engenharia Elétrica da UFMS foi implantado em agosto de 1994 e consolida-se pelo princípio da indissociabilidade entre pesquisa, ensino e extensão somados à educação tutorial. A linha de ação definida, na criação inicial do grupo, envolvia o estudo e desenvolvimento de ações no âmbito de conservação de energia elétrica, objetivando estabelecer economia de energia nas instalações elétricas.

Seguindo as diretrizes do Programa PET, o grupo PET-Engenharia Elétrica UFMS atua em atividades de ensino como cursos didáticos de *softwares* aplicados à engenharia elétrica, montagem de apostilas para professores e colaboração em eventos. As atividades de extensão se direcionam ao apoio à comunidade externa, como a assistência à comunidades, e a contribuição em eventos, como feiras de ciência em colégios, divulgação do curso e monitorias de ensino. Além disso, tem-se a participação em visitas técnicas e eventos da comunidade que expressem afinidade com os propósitos do grupo. Ademais, as pesquisas desenvolvidas pelo grupo tornam-se monografias acerca de temas de relevância acadêmica e profissional.

À vista disso, o grupo PET-Engenharia Elétrica UFMS atua como um desenvolvedor de ações que colaboram para a formação universitária dos PETianos e da comunidade acadêmica, bem como das comunidades externas. Enseja-se, assim, a boa formação dos discentes, atingindo um dos pilares das atividades do PET, que é uma formação sólida técnica e multidisciplinar.

INSTITUTO ACAIA PANTANAL – ESCOLA JATOBAZINHO

O Instituto Acaia é uma entidade sem fins lucrativos dedicada à educação. Fundado em 2001, o instituto orienta suas atividades através de três núcleos: ateliescola acaia, Centro de Estudar Acaia Sagarana e Acaia Pantanal, que desenvolvem atividades socioeducativas e são financiados

por doações, convênios e um fundo patrimonial capaz de garantir a perenidade dos núcleos e seus projetos.

Em 2006, visando criar uma área de preservação ambiental no entorno da lagoa Baía Vermelha, em Corumbá, MS, Teresa Cristina Ralston Bracher adquiriu as áreas das fazendas das margens. No entanto, percebeu-se diversas oportunidades para o desenvolvimento socioambiental da comunidade do entorno. Através de uma prospecção, para compreender melhor a região e seus problemas, identificou-se o acesso à educação e à saúde como as principais carências da região. Em novembro de 2007 constituiu-se o Acaia Pantanal, com o objetivo de implementar ações para o desenvolvimento humano e social e contribuir para a conservação do bioma Pantanal (INSTITUTO ACAIA, 2009). Ilustre-se, conforme a Figura 1, a vista aérea da escola.



Figura 1: Vista aérea da Escola Jatobazinho (Julho de 2022)

Fonte: <https://acaiapantanal.wordpress.com/atividades/>

Em 2009, iniciaram-se as atividades da Escola Jatobazinho em parceria com a Secretaria de Educação do Município de Corumbá. A Escola Jatobazinho ofertava então o Ensino Fundamental I, com classes de aceleração multisseriadas do 1º ao 5º ano. Também em 2009, o Acaia Pantanal deu início à atividade “Relações com a Comunidade”, voltada ao fortalecimento de políticas públicas, apoio e incentivo em ações de saúde e cidadania e acompanhamento de ex-alunos.

A Escola Jatobazinho funciona em regime de alternância –

proposta implantada nas áreas rurais que mescla períodos em regime de internato na escola com outros em casa. O transporte escolar é realizado pela rede municipal através do “Barco Escola”, ilustrado conforme a Figura 2.



Figura 2: Barco Escola

Fonte: <https://acaipantanal.wordpress.com/atividades/>

A fim de garantir uma educação integral, conciliou-se o ensino formal com uma base diversificada desenvolvida no contraturno, denominadas Oficinas Socioeducativas. O escopo de ação das oficinas é trabalhar habilidades e competências exigidas na vida cotidiana, além do exercício da cidadania através da ampliação de repertório cultural, sociabilidade, conhecimentos e valores. Mostra-se, conforme a Figura 3, a realização de uma oficina socioeducativa.



Figura 3: Oficina Socioeducativa

Fonte: <https://acaipantanal.wordpress.com/atividades/>

ASSISTÊNCIA DO GRUPO PET-ENGENHARIA ELÉTRICA UFMS À ESCOLA JATOBAZINHO

Desde 2012, o tutor do grupo PET Professor Ruben Barros Godoy realiza atividades de auxílio à Escola Municipal Rural Mirim Extensão Jatobazinho. A escola proporciona uma infraestrutura de qualidade para receber visitantes e pesquisadores, além de promover um excelente local para consolidar o conhecimento. É de grande importância o auxílio provido pela comunidade acadêmica à escola, principalmente em palestras de conscientização e capacitação profissional.

A atividade efetuada objetiva integrar a tríade ensino, pesquisa e extensão aplicada à Escola Municipal Rural Mirim Extensão Jatobazinho. Os professores Ruben Barros Godoy e Tiago Henrique de Abreu Mateus, e as PETianas Ianca Moraes Silva de Jesus e Thaís Maria Tolfo, deslocaram-se de Campo Grande para Corumbá de carro. Para chegar à escola, a partir do porto de Corumbá, percorreu-se o trajeto de subida do Rio Paraguai por aproximadamente duas horas até o destino final, a Escola Jatobazinho. Ilustra-se, conforme a Figura 4, a viagem pelo Rio Paraguai.



Figura 4: Viagem de barco pelo Rio Paraguai

Fonte: acervo do Grupo PET-Engenharia Elétrica UFMS (2023)

Ao chegar, o grupo foi apresentado à equipe e às instalações da instituição, onde houve um momento de integração. O professor Ruben

Barros Godoy e a equipe técnica apresentaram às PETianas as instalações elétricas, bem como o motor gerador e um sistema de geração fotovoltaico que alimentam a energia das instalações da escola.

Era de conhecimento prévio do professor Tutor Ruben Barros Godoy e do grupo PET as exigências e reparos referentes à instalação elétrica que a escola rural carecia. Essa consciência relaciona-se com anteriores visitas do grupo, contando com outro grupo de 2 alunos, onde constatou-se as problemáticas existentes.

Entre as demandas em foco, notava-se recorrentes irregularidades presentes na instalação, como o mau funcionamento e a queima de equipamentos durante intempéries, como na incidência de raios durante tempestades. Além disso, constatou-se, em uma visita prévia ao local, uma falta de alta impedância em um bebedouro.

Os professores Ruben Barros Godoy e Tiago Henrique de Abreu Mateus, juntamente com as PETianas Ianca Moraes Silva de Jesus e Thaís Maria Tolfo, ministraram uma palestra para três membros da equipe de manutenção da instituição, instruindo-os sobre os riscos do choque elétrico e da importância da instalação de um projeto de aterramento local. Explicitou-se que toda instalação elétrica, que seja segura contra risco de acidentes fatais, deve possuir um sistema de aterramento dimensionado adequadamente para as condições de cada projeto. Um sistema de aterramento visa a: segurança de atuação da proteção; proteção das instalações contra descargas atmosféricas; proteção do indivíduo contra contatos com partes metálicas da instalação energizadas acidentalmente; uniformização do potencial em toda área do projeto, prevenindo contra lesões perigosas que possam surgir durante uma falta fase e terra (MAMEDE, 2019).

Expôs-se, ainda, que o acidente elétrico mais comum a que estão submetidas as pessoas, principalmente aquelas que desempenham tarefas de manutenção e operação de sistemas industriais, é o toque acidental em partes metálicas energizadas. O limite de corrente alternada suportada pelo corpo humano é de 25 mA, sendo que, na faixa entre 15 e 25 mA, o indivíduo sente dificuldades em soltar o objeto energizado. Entre 15 e 80 mA, o indivíduo é acometido de grandes contrações dos músculos peitorais e asfixia, impedindo a respiração da vítima. Acima de 80 mA, até a ordem de grandeza de poucos ampères, o indivíduo sofre lesões musculares, parada

cardiorrespiratória e queimaduras, além de asfixia imediata. Acima disso, as queimaduras são intensas, o sangue sofre o processo de eletrólise, a asfixia é instantânea e há necrose dos tecidos (MAMEDE, 2019).

Abordou-se também a definição de contato indireto, sendo aquele em que um indivíduo mantém com determinada carcaça que perdeu sua isolamento e permitiu que esse indivíduo ficasse submetido a determinado potencial elétrico. Os tipos de contato indireto são: Tensão de contato ou de toque, quando o sujeito está em contato com partes metálicas acidentalmente energizadas; e Tensão de passo, ocasionada quando um indivíduo se encontra no interior de uma malha de terra e, por meio desta, está fluindo, naquele instante, determinada corrente de defeito, ficando submetido a uma diferença de potencial entre os dois pés (MAMEDE, 2019). Ilustra-se, conforme a Figura 5, a apresentação do grupo.



Figura 5: Palestra ministrada pelo Grupo PET à equipe de manutenção

Fonte: acervo do Grupo PET-Engenharia Elétrica UFMS (2023)

Após a palestra ministrada, realizaram-se outras atividades no local, como reparos no sistema de iluminação e de monitoramento por câmeras, ilustrados conforme a Figura 6.



Figura 6: Grupo PET realizando reparos em sistema de iluminação e de monitoramento

Fonte: acervo do Grupo PET-Engenharia Elétrica UFMS (2023)

Visto a necessidade vigente de estudar a implementação de uma malha de aterramento no local, realizou-se o conhecimento prévio do tipo de solo existente. Primeiramente, obteve-se a curva de resistividade do solo, para que seja de reconhecimento a composição e homogeneidade do mesmo (MAMEDE, 2019; VISACRO FILHO, 2002; KINDERMANN, 1995). Para se obter com precisão, realizou-se as medições com o instrumento do tipo *Megger* de terra, a partir do método de Wenner (SAZALI, 2020; ZHANG, 2022; JESENİK, 2021).

O método de Wenner consiste em posicionar quatro eletrodos alinhados, separados igualmente de uma distância D , em metros, e enterrados no solo com uma profundidade de, aproximadamente, 20 cm. Os dois eletrodos situados nas extremidades devem ser conectados aos terminais de corrente $C1$ e $C2$, e os dois eletrodos situados no centro, conectados aos terminais de potencial $P1$ e $P2$ do *Megger* de terra (MAMEDE, 2019; VISACRO FILHO, 2002; KINDERMANN, 1995). O fundo de escala utilizado no instrumento foi de 10Ω . A distância entre os eletrodos deve variar de acordo com a uma progressão geométrica com razão igual a 2, sendo portanto as distâncias adotadas de 2 metros, 4 metros, 8 metros e 16 metros subsequentemente. Ilustra-se, conforme a Figura 7, a realização dessa etapa pelos alunos, professores e colaboradores.



Figura 7: Realização do método de Wenner

Fonte: acervo do Grupo PET-Engenharia Elétrica UFMS (2023)

Após obtidos os valores de resistência (R) do solo, indicados no aparelho em ohms, pôde-se realizar o cálculo do valor da resistividade do solo (ρ), a partir da equação (1) (MAMEDE, 2019; VISACRO FILHO, 2002; KINDERMANN, 1995).

$$\rho = 2 \times \pi \times D \times R \quad (1)$$

A Tabela 1 expõe os dados medidos, bem como a resistividade calculada.

D [m]	R [Ω]	ρ [$\Omega.m$]
2	2	25,132
4	1,7	42,725
8	1,48	75,398
16	0,7	70,371

Tabela 1: Cálculo da resistividade a partir das resistências medidas.

Fonte: autoria do Grupo PET-Engenharia Elétrica UFMS (2023)

Portanto, foi possível traçar a curva de resistividade com os dados calculados, conforme ilustrado na Figura 8. O eixo das abscissas refere-se à distância D entre as estacas e, no eixo das ordenadas, a resistividade do solo calculada.

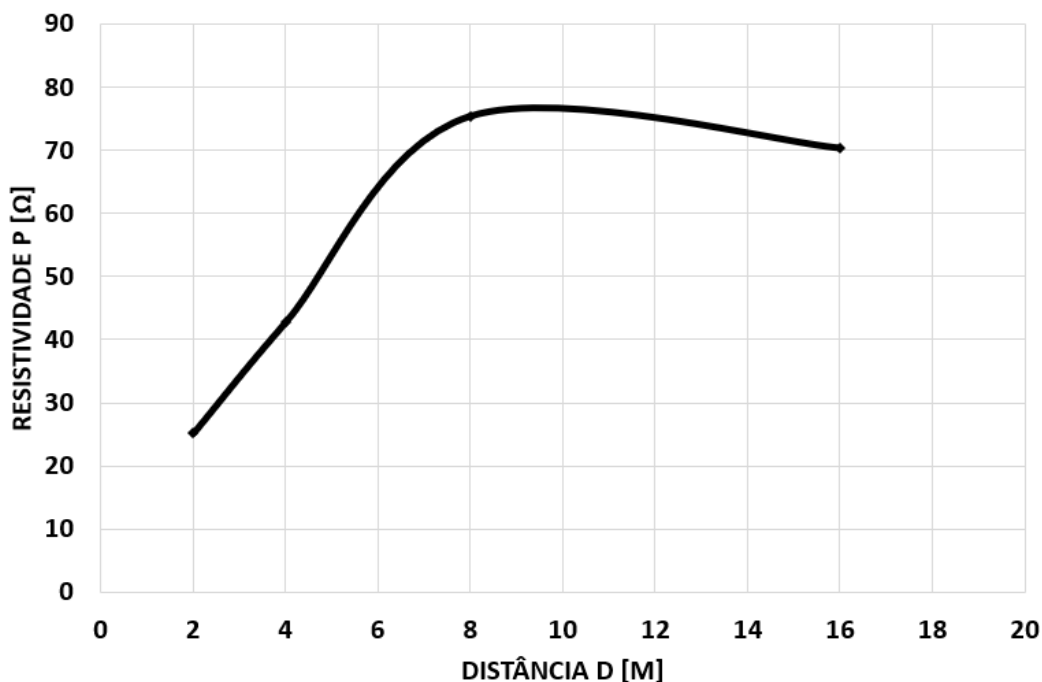


Figura 8: Curva de resistividade do solo

Fonte: autoria do Grupo PET-Engenharia Elétrica UFMS (2023)

Deve-se prolongar a curva no ponto (2, 25,132) até o eixo das ordenadas, determinando-se, assim, o valor de ρ_1 . Para determinar-se o valor de ρ_2 , faz-se necessário traçar uma assíntota à curva de resistividade e prolongá-la até o eixo das ordenadas (MAMEDE, 2019). Dessa forma, aproximando-se os valores, foi possível obter os seguintes resultados:

$$\rho_1 = 20 \Omega \cdot m$$

$$\rho_2 = 80 \Omega \cdot m$$

Após, foi necessário o cálculo da resistividade média do solo ρ_m , de acordo com a equação (2) (MAMEDE, 2019).

$$\rho_m = \rho_1 \times K_1 \tag{2}$$

Para obter-se o valor do fator de multiplicação K_1 , deve-se recorrer à tabela 11.3 (MAMEDE, 2019), a partir da relação $\frac{\rho_2}{\rho_1} = 4$. Dessa forma, obtém-se o valor de K_1 igual a 1,26. Sendo assim, o valor de ρ_m equivale a 25,2 Ω .

$$K_1 = 1,26$$

$$\rho_m = 25,2 \Omega \cdot m$$

Deve-se introduzir o valor da resistividade média na curva

exposta na Figura 8 para se obter o valor da profundidade equivalente H_m . Portanto, estima-se H_m igual a 2 metros.

$$H_m = 2 \text{ m}$$

Posteriormente, determinou-se a resistividade aparente do solo ρ_a . Seguindo-se a metodologia realizada em (MAMEDE, 2019), introduz-se, na tabela 11.4 (MAMEDE, 2019), o valor do fator K_1 , anteriormente calculado, além do valor de K_2 , calculado segundo a equação (3) (MAMEDE, 2019).

$$K_2 = \frac{R}{H_m} \quad (3)$$

O valor de R corresponde ao raio do círculo equivalente à área da malha de terra da subestação, dado segundo a equação (4) (MAMEDE, 2019).

$$R = \sqrt{\frac{S}{\pi}} \quad (4)$$

Em que S corresponde à área da malha de terra, em m^2 .

Supõe-se, inicialmente, a geometria da malha de terra em triângulo equilátero, contendo três hastes de aterramento dispostas nos vértices do triângulo, com lado igual a 3 metros. Logo, a altura do triângulo para as características elencadas corresponde a, aproximadamente, 2,6 metros. Sendo assim, a área da figura geométrica é igual a, aproximadamente, $3,9 \text{ m}^2$.

$$S = 3,9 \text{ m}^2$$

O valor do raio do círculo equivalente, portanto, é igual a 1,114 metros.

$$R = \sqrt{\frac{3,9}{\pi}} = 1,114 \text{ m}$$

Portanto, o valor do coeficiente K_2 é igual a 0,557.

$$K_2 = \frac{1,114}{2} = 0,557$$

Finalmente, para obter-se o valor de ρ_a a partir da equação (5), dispondo-se dos valores de K_1 e K_2 , encontra-se K_3 , conforme a tabela 11.4 (MAMEDE, 2019). Estima-se o valor de K_3 igual a 1,25.

$$\begin{aligned}K_3 &= 1,25 \\ \rho_a &= K_3 \times \rho_1 \\ \rho_a &= 1,25 \times 20 = 25 \Omega \cdot m\end{aligned}\tag{5}$$

O valor de ρ_a é, portanto, igual a 25 $\Omega \cdot m$.

Para a aprovação da malha de terra sugerida, e, conseqüentemente, a implementação, era necessário comprovar que a resistência da malha de terra fosse menor ou igual a 10 Ω . Para tanto, calculou-se, primeiramente, a resistência de aterramento de um eletrodo vertical, R_{el} , de acordo com a equação (6) (MAMEDE, 2019; VISACRO FILHO, 2002; KINDERMANN, 1995).

$$R_{el} = \frac{\rho_a}{2 \times \pi \times L_h} \times \ln \left(\frac{400 \times L_h}{2,54 \times D_h} \right)\tag{6}$$

Em que L_h equivale ao comprimento cravado da haste de terra, que, por norma, é igual a 2,4 metros, no mínimo. Além disso, D_h corresponde ao diâmetro equivalente da haste de terra, igual a 5/8". Sendo assim, obtém-se R_{el} igual a 10,62 Ω .

$$R_{el} = 10,62 \Omega$$

Após obtido o valor da resistência de aterramento de um eletrodo vertical, é necessário calcular a influência mútua dos três eletrodos, para, assim, atingir o valor final da resistência da malha de terra. Para tanto, basta multiplicar pelo fator de geometria. Sendo assim, a malha final de terra corresponde a 4,67 Ω . Portanto, a malha de terra foi aprovada para a implementação.

$$R_{triângulo} = R_{el} \times 0,44 = 4,67 \Omega$$

Iniciou-se o processo de construção da malha de aterramento. Com o auxílio da equipe técnica da escola, escavou-se o local predefinido respeitando-se a geometria da malha previamente projetada. Alocou-se as

hastes de cobre nos vértices do triângulo, bem como o fio de interligamento entre as estacas, conforme ilustrado pela Figura 9. Os materiais, como as hastes e fios de cobre, foram doados à escola.



Figura 9: Escavação e implementação da malha de aterramento

Fonte: acervo do Grupo PET-Engenharia Elétrica UFMS (2023)

Uma vez implementada a malha de aterramento, fez-se a medição do valor da resistência da malha. Utilizou-se um terrômetro eletrônico, conectando-se os terminais à malha de aterramento, aplicando-se um fundo de escala de $10\text{ k}\Omega$. O valor obtido de resistência foi de aproximadamente $2\ \Omega$, conforme ilustrado pela Figura 10. Portanto, a malha atende aos critérios exigidos, além de apresentar resistência da malha implementada inferior à calculada.



Figura 10: Medida de resistência da malha implementada

Fonte: acervo do Grupo PET-Engenharia Elétrica UFMS (2023)

Foi possível realizar a interligação do quadro de distribuição geral (QDG) com a malha de aterramento estruturada, conforme ilustrado pela Figura 11, promovendo, assim, a segurança de atuação da proteção do sistema elétrico, além da uniformização do potencial em toda área do projeto. Solucionou-se os problemas anteriormente identificados, como o mau funcionamento e a queima de equipamentos em meio à más condições climáticas, além de eliminar a falta de alta impedância.



Figura 11: Conexão da malha de terra ao QDG

Fonte: acervo do Grupo PET-Engenharia Elétrica UFMS (2023)

CONCLUSÃO

Contribuiu-se, portanto, com a formação acadêmica dos discentes da UFMS, a partir da solidificação do conhecimento teórico na prática, além da aprimoração das relações interpessoais do grupo. Demonstrou-se, assim, a integração da tríade ensino, pesquisa e extensão numa atividade de cunho social, realizada com base em demandas identificadas anteriormente pelo professor Tutor.

A atividade foi importante para a formação acadêmica das petianas, uma vez que estimulou-se o espírito crítico e a atuação profissional

fundamentada na cidadania e na responsabilidade social com a qual a educação superior tem compromisso. Capacitou-se a equipe responsável pela manutenção do instituto para a realização de pequenos reparos nas instalações elétricas.

Foi possível realizar a implantação de uma malha de terra, promovendo-se a melhoria da instalação elétrica, bem como a segurança dos alunos, professores e equipe da instituição como um todo.

No final da atividade, realizou-se uma entrevista de satisfação com os membros da equipe técnica. Os participantes relataram gratidão pelas atividades desenvolvidas, sendo proveitosas e importantes para o desenvolvimento contínuo da escola. Sendo assim, o *feedback* é positivo referente à qualidade do conteúdo abordado e nas melhorias consequentes da implementação da malha de terra.

Os membros responsáveis pela Escola Jatobazinho solicitaram, por fim, posteriores visitas do Grupo PET-Engenharia Elétrica UFMS ao local, com a realização de novos minicursos e palestras, assim como a sequência de melhorias na instalação elétrica da instituição. Ilustra-se, conforme a Figura 11, as PETianas, professores e equipe técnica.



Figura 12: PETianas, professores e responsáveis técnicos da escola

Fonte: acervo do Grupo PET-Engenharia Elétrica UFMS (2023)

REFERÊNCIAS

B. Zhang and Z. Liu, "**Applicability of Wenner's Method for Measuring Resistivity and Permittivity of Deep Soil at High Frequency,**" in IEEE Letters on Electromagnetic Compatibility Practice and Applications, vol. 4, no. 2, pp. 40-43, June 2022, doi: 10.1109/LEMCPA.2022.3149686.

INSTITUTO ACAIA. **Relatório Anual 2008.** Relatório. São Paulo, 2009. Disponível em: < <https://acaiapantanal.wordpress.com/relatorio> >.

KINDERMANN, Jorge Mário; CAMPAGNOLO, Geraldo. **Aterramento elétrico.** São Paulo: SAGRALUZZATTO, 1995.

MAMEDE FILHO, João. **Instalações elétricas industriais:** de acordo com a norma brasileira NBR 5419:2015. Rio de Janeiro: LTC, 2019.

M. Jesenik, A. Hamler and M. Trlep, "**Analyzing of a Soil Model Using the Finite Element Method for Simulation of Soil Resistivity Measurement,**" in IEEE Transactions on Magnetics, vol. 57, no. 7, pp. 1-4, July 2021, Art no. 7402304, doi: 10.1109/TMAG.2021.3075580.

M. S. Sazali, C. L. Wooi, S. N. M. Arshad, T. S. Wong, Z. Abdul-Malek and H. Nabipour-Afrouzi, "**Study of Soil Resistivity using Wenner Four Pin Method: Case Study**", 2020 IEEE International Conference on Power and Energy (PECon), Penang, Malaysia, 2020, pp. 386-391, doi: 10.1109/PECon48942.2020.9314400.

VISACRO FILHO, Silvério. **Aterramentos elétricos:** Conceitos Básicos Técnicas de Medição e Instrumentação Filosofias de Aterramento. São Paulo: ARTLIBER, 2002.