

ESTUDO SOBRE MEDIÇÕES DE ENERGIA EM REDES DE DISTRIBUIÇÃO DE MÉDIA TENSÃO

Maria Camila Barbosa Farias Holanda¹, Bruno Rodrigues Barbosa Farias Holanda¹, Frederico Silva Moreira¹, Andréa Teresa Riccio Barbosa¹

¹Universidade Federal do Mato Grosso do Sul (UFMS), Campo Grande / MS, Brasil
(mcamilabfh@gmail.com)

Resumo: A medição de energia elétrica em média tensão é um processo importante para garantir a qualidade e a eficiência da distribuição de energia elétrica. Para realizar essas medições é necessário considerar diversos fatores, como a escolha dos equipamentos adequados, o planejamento e os procedimentos de medição, cuidados com a segurança e a minimização das interferências. Através de revisões na literatura, concluiu-se que com cuidados adequados é possível obter medições precisas e confiáveis

Palavras-chave: Instrumentação; Medição de energia em média tensão; Equipamentos de medição

INTRODUÇÃO

A medição de energia em média tensão é um tema muito importante para o setor elétrico. As redes de distribuição de média tensão fornecem energia elétrica para áreas urbanas e rurais, incluindo edifícios comerciais, residenciais e industriais. Para garantir a eficiência e a confiabilidade do sistema elétrico, é essencial medir com precisão a quantidade de energia elétrica consumida em cada ponto da rede de média tensão. Isso é importante para cobrar pelos serviços de energia elétrica, detectar fraudes, monitorar a qualidade da energia e gerenciar a demanda de energia.

Além disso, a medição de energia em média tensão também é importante para garantir a segurança e a proteção do sistema elétrico, uma vez que problemas de medição podem levar a falhas no sistema e até mesmo danos aos equipamentos elétricos. Portanto, o desenvolvimento de técnicas de medição de energia precisas e confiáveis, em redes de média tensão, é crucial para garantir a eficiência e a segurança do sistema elétrico.

A medição de energia em redes de média tensão é um processo complexo, que requer o uso de tecnologias avançadas de medição e monitoramento. Existem várias tecnologias de medição de energia disponíveis para redes de média tensão, incluindo medidores eletrônicos de energia, medidores de energia de núcleo sólido e sistemas de medição remota. Essas tecnologias permitem que as concessionárias de energia monitorem o consumo de energia em tempo real, o que é importante para gerenciar a demanda de energia e evitar sobrecargas na rede.

No entanto, a medição de energia em redes de média tensão também apresenta vários desafios. Um dos principais desafios é lidar com a variação de carga na rede, que pode afetar a precisão da medição de energia, especialmente em sistemas com cargas não-lineares. Além disso, a corrente de fuga em cabos de média tensão pode afetar a medição de energia em sistemas de medição direta, o que pode levar a erros na medição.

Outro desafio é lidar com as interferências eletromagnéticas, que podem afetar a precisão da medição de energia. As interferências podem ser causadas por dispositivos eletrônicos próximos à rede de média tensão, como transformadores e motores elétricos. Para mitigar essas interferências, as concessionárias de energia podem usar tecnologias de blindagem e filtragem.

MATERIAL E MÉTODOS

Este estudo pertence à área de conhecimento de Engenharia e tem como área de concentração o tema eficiência energética e sustentabilidade, como linha de pesquisa Energia e Sistemas de Produção, com abordagem epistemológica e monodisciplinar.

Trata-se de pesquisa pura, com um estudo sistemático, ou seja, realizar uma investigação científica que tem por objetivo reunir, avaliar criticamente e conduzir uma síntese dos resultados de múltiplos estudos primários.

Dessa forma, os fundamentos teóricos desse trabalho têm como base, revisões bibliográficas de fontes como: livros, artigos, manuais de fabricantes, normas

técnicas, projetos de graduação, dissertação de mestrado e teses de doutorado. Os dados, portanto, são de fonte secundária.

Na literatura pesquisada foi importante identificar as informações necessárias para se fazer a escolha dos equipamentos adequados, fazer o planejamento e definir os procedimentos de medição em média tensão, observando os cuidados com a segurança e a minimização das interferências nas medições.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Planejamento para medição em Média Tensão (MT)

Em sua pesquisa, Mishra *et al.* (2019) discute o planejamento necessário para a realização de medições de energia em média tensão, para garantir a precisão e confiabilidade da medição de energia elétrica.

O planejamento inclui a escolha adequada de equipamentos de medição, a seleção de pontos de medição adequados, a avaliação das condições do ambiente de medição e a preparação de um plano de teste detalhado.

O estudo também examina os diferentes métodos para medições em Média Tensão (MT), incluindo medições diretas e indiretas, e discute os procedimentos para medições de energia, como a medição de tensão, corrente, potência e fator de potência.

A seguir, são apresentados alguns dos principais pontos que devem ser considerados no planejamento para a realização de medições em média tensão (Mishra 2019).

1. Seleção dos medidores: A seleção dos medidores adequados é crucial para garantir a precisão e a confiabilidade da medição de energia elétrica. Os medidores devem ser selecionados com base nas características da rede de média tensão, como a tensão nominal, a carga máxima e o tipo de carga;
2. Posicionamento dos medidores: O posicionamento dos medidores na rede de média tensão é outro aspecto importante do planejamento de medições. Os medidores devem ser posicionados de forma estratégica para garantir a medição precisa da energia elétrica consumida em cada ponto da rede. Isso pode envolver a instalação de medidores em diferentes locais, como em subestações, transformadores e pontos de conexão de clientes;
3. Instalação dos medidores: A instalação adequada dos medidores é fundamental para garantir a precisão e a confiabilidade da medição de energia elétrica. Os medidores devem ser instalados de acordo com as especificações do fabricante e com as normas de segurança aplicáveis;

4. Monitoramento das medições: O monitoramento contínuo das medições é importante para detectar quaisquer problemas ou erros na medição de energia elétrica. As concessionárias de energia devem realizar a calibração regular dos medidores e monitorar as leituras dos medidores para garantir que estejam funcionando corretamente.

Além desses aspectos, outros fatores, como a manutenção regular dos medidores e a proteção contra interferências eletromagnéticas, também devem ser considerados no planejamento para a realização de medições em média tensão.

Em resumo, o planejamento adequado é fundamental para garantir a precisão e a confiabilidade da medição de energia elétrica em redes de média tensão (Castro, 2013).

Métodos para medição em MT

Existem diferentes métodos para medição de grandezas elétricas em Sistemas de MT, e a escolha do método mais adequado depende das características específicas do sistema a ser medido. A seguir, destacam-se alguns dos métodos mais comuns (Gomes, 2010).

- Método direto: consiste em instalar um conjunto de instrumentos de medição, como transformadores de corrente, transformadores de potencial e medidores de grandezas elétricas, diretamente na rede de MT. Esse método é muito preciso e confiável, mas pode ser bastante oneroso em termos de custos e requer um tempo considerável para instalação;
- Método indireto: nesse método, as grandezas elétricas são medidas em um transformador de distribuição que esteja conectado à rede de MT. A partir dessas medições, é possível estimar as grandezas elétricas na rede por meio de cálculos e análises matemáticas. Esse método é mais econômico e rápido do que o método direto, mas pode ter uma precisão menor que o anterior;
- Método híbrido: é uma combinação dos métodos direto e indireto, em que são instalados instrumentos de medição tanto na rede de MT quanto em um transformador de distribuição conectado à rede. Esse método visa obter os benefícios de ambos os métodos, ou seja, precisão e rapidez, mas pode ser mais complexo e caro em termos de instalação e manutenção;
- Método de monitoramento *online*: neste método, sensores são instalados em pontos estratégicos da rede de MT, com o objetivo de medir grandezas elétricas em tempo real. Essas informações são transmitidas para um

sistema de monitoramento central, onde são analisadas e processadas. Esse método é útil para detectar rapidamente falhas ou anomalias no sistema elétrico, permitindo a tomada de ações preventivas antes que ocorram falhas maiores.

Cada método tem suas vantagens e desvantagens, e a escolha do método mais adequado dependerá das necessidades específicas de cada sistema elétrico a ser medido.

É importante ressaltar que a medição de grandezas elétricas em sistemas de MT requer conhecimentos técnicos avançados e equipamentos de alta qualidade, além de seguir as normas e regulamentações aplicáveis.

Procedimentos e cuidados para medições em MT

Na pesquisa feita por Kazi *et al.* (2019) foram discutidos os procedimentos e cuidados necessários para medições precisas e confiáveis em MT.

Os autores recomendam que a amostragem e coleta de dados sejam realizadas com uma taxa de amostragem elevada e em intervalos regulares para garantir a precisão das medições. Além disso, é importante garantir que os equipamentos de medição sejam calibrados regularmente e verificados por um laboratório acreditado.

O estudo também aborda as principais interferências que podem ser obtidas em medições em MT, como a interferência eletromagnética de outros equipamentos elétricos próximos.

A realização de medições em MT requer procedimentos cuidadosos e precisos para garantir a segurança dos trabalhadores envolvidos e a precisão das medições. É importante seguir as instruções do fabricante e tomar medidas adequadas para verificar a integridade do circuito antes de realizar medições (Gomes e Moura, 2010).

A seguir estão listados os procedimentos frequentemente usados para a prevenção na medição de MT (Souza e Santos, 2013):

- Desligamento e bloqueio da energia elétrica: antes de realizar qualquer trabalho em um circuito de MT, é necessário desligar e bloquear a energia elétrica. Isso é feito para garantir a segurança dos trabalhadores envolvidos e para evitar danos aos equipamentos;
- Verificação do circuito: antes de realizar medições, é importante verificar se o circuito está em boas condições e se os equipamentos de proteção, como disjuntores e fusíveis, estão funcionando corretamente. Isso pode ajudar a evitar danos aos equipamentos de medição e garantir a precisão das medições;

- Seleção do equipamento de medição: o tipo de equipamento de medição a ser usado depende dos parâmetros elétricos que devem ser medidos e do tipo de circuito em que as medições serão realizadas. É importante escolher o equipamento de medição certo para garantir a precisão das medições;
- Instalação do equipamento de medição: o equipamento de medição deve ser instalado corretamente de acordo com as instruções do fabricante. Isso inclui conectar os cabos de medição corretamente e instalar o equipamento em um local seguro e acessível;
- Calibração do equipamento de medição: antes de realizar as medições, é importante calibrar o equipamento de medição para garantir a precisão das leituras. Isso pode ser feito usando equipamentos de calibração específicos ou seguindo as instruções do fabricante;
- Realização das medições: com o equipamento de medição instalado e calibrado, é possível realizar as medições. É importante seguir as instruções do fabricante para garantir a precisão das leituras.
- Análise dos dados de medição: depois de realizar as medições, é importante analisar os dados para identificar possíveis problemas na rede elétrica e identificar oportunidades para melhorar a eficiência energética. Isso pode ser feito usando *software* de análise de dados ou por meio de técnicas de análise manual.

Equipamentos usados para fazer medições em MT

Monteiro *et al.* (2017) analisam o que pode afetar ou influenciar a medição de energia em MT, incluindo fatores como a variação de carga, distorção harmônica, interferência eletromagnética, e desequilíbrio de tensão.

O mesmo estudo sugere que, o planejamento cuidadoso e a escolha de dispositivos de medição adequados, são essenciais para minimizar esses efeitos e obter medições precisas e confiáveis em MT.

Os autores também examinam os diferentes tipos de equipamentos de medição disponíveis, como medidores de energia, transformadores de corrente e transformadores de potencial, e discute suas vantagens e limitações. A seguir estão expostos de forma detalhadas o funcionamento dos equipamentos citados (Monteiro, 2017).

- Multímetros de média tensão: esses equipamentos são projetados para medir tensões e correntes em circuitos de MT. Eles podem ser usados para medir tensões e correntes em transformadores de corrente e potencial ou em outras

partes do circuito de média tensão, conforme Figura 1 (ABB, 2023);



Figura 1. Multimetro trifásico de energia elétrica.

- Osciloscópios de média/alta tensão: Esses equipamentos são usados para medir a forma de onda de um sinal elétrico em circuitos de MT. Eles são projetados para lidar com tensões e correntes altas e podem ser usados para analisar a forma de onda da tensão ou corrente em um circuito, a exemplo da Figura 2 (Voltsdc, 2023);

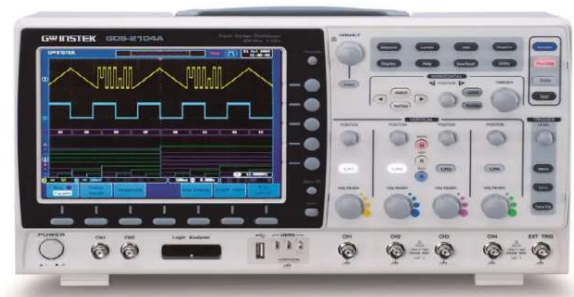


Figura 2. Osciloscópio digital de bancada.

- Medidores de energia: Os medidores de energia inteligentes, conforme a Figura 3, são usados para medir o consumo de energia elétrica em um circuito de MT (Mattede, 2023). Esses dispositivos podem registrar a quantidade de energia que é consumida em um determinado período de tempo e fornecer informações sobre a eficiência energética;



Figura 3. Medidor de energia.

- Analisadores de qualidade de energia: Um analisador de qualidade de energia (Figura 4) é um dispositivo que pode medir vários parâmetros de qualidade de energia, como fator de potência, distorção harmônica total e desequilíbrio de fase (RMS, 2023). Esses dispositivos são usados para diagnosticar problemas de qualidade de energia em circuitos de MT;



Figura 4. Analisador de energia.

- Registradores de dados: Um registrador de dados (Figura 5) é um dispositivo que pode registrar dados elétricos em um circuito de MT, por um determinado período de tempo (Fluke, 2023). Esses dispositivos são usados para analisar o comportamento do circuito e identificar problemas de energia;



Figura 5. Registrador de dados.

- Transformadores de corrente e potencial: Os transformadores de corrente e potencial (Figura 6) são usados para reduzir a tensão e a corrente em um circuito de MT para níveis mais baixos, que podem ser medidos com segurança, usando outros equipamentos de medição (Bolotinha, 2017).



Figura 6. Transformador de MT (à esquerda) e transformador de corrente de MT (à direita).

A escolha dos equipamentos de medição dependerá dos parâmetros elétricos que precisam ser medidos e da natureza do circuito de MT em que as medições serão realizadas (Lopes, 2019).

É importante escolher o equipamento de medição adequado para garantir a precisão das medições e a segurança dos trabalhadores envolvidos.

Interferências nas medições em MT

Durante as medições em MT, muito provavelmente ocorrerão interferência nas medições. Para minimizar essas interferências, é importante seguir os procedimentos adequados de medição e utilizar equipamentos de alta qualidade e precisão (Lopes *et al.*, 2019).

Além disso, é essencial realizar verificações de calibração regulares em todos os equipamentos de medição e garantir que os cabos sejam devidamente blindados e conectados (Lopes *et al.*, 2019).

Algumas interferências mais comuns serão elencadas (Lopes *et al.*, 2019).

- Ruído elétrico: o ruído elétrico pode ser gerado por fontes externas, como motores elétricos ou equipamentos de soldagem, ou por fontes internas, como chaves de desconexão ou equipamentos de controle. Esse ruído pode interferir nas medições, especialmente quando as leituras são em tensão muito baixa ou quando se trata de medições de qualidade de energia;
- Interferência eletromagnética (EMI): a EMI pode ser causada por equipamentos elétricos de alta potência, como transformadores, motores e inversores de frequência, que geram campos eletromagnéticos fortes. Esses campos podem interferir nas medições, especialmente se os cabos de medição não forem blindados;
- Influência de cargas: a presença de cargas variáveis em um circuito de MT pode afetar as medições de corrente, tensão e energia. Isso ocorre porque as cargas podem causar flutuações na tensão e na corrente, o que pode levar a leituras imprecisas;
- Efeito Joule: em circuitos de média tensão, o efeito Joule pode ser significativo, especialmente em cabos longos e em situações de alta carga. Isso pode resultar em quedas de tensão ao longo do cabo, o que pode afetar as medições de tensão e energia;
- Erros de conexão: erros na conexão dos cabos de medição podem levar a medições imprecisas e inconsistentes. É essencial seguir os procedimentos adequados de conexão e verificar a integridade dos cabos antes de fazer medições em um circuito de média tensão.

Amostragem, coleta, análise dos dados e tratamento em medições de MT

Para garantir medições precisas em MT, é importante seguir os procedimentos adequados de amostragem, coleta e análise de dados, além de aplicar técnicas de tratamento de dados para garantir a qualidade dos resultados (ABNT, 2000)

Isso ajuda a garantir que as decisões de operação e manutenção sejam tomadas com base em dados precisos e confiáveis.

A seguir estão as etapas sugeridas para esse processo (ABNT, 2000a e 2000b):

- Amostragem: O primeiro passo é determinar a taxa de amostragem adequada para as medições. A taxa de amostragem deve ser alta o suficiente para capturar com precisão todas as variações de curto prazo em tensão e corrente. Geralmente, a taxa de amostragem recomendada é de 256 amostras por ciclo para um sistema de 60 Hz;
- Coleta de dados: após determinar a taxa de amostragem adequada, o próximo passo é coletar os dados. Isso pode ser feito usando equipamentos de medição adequados, como osciloscópios digitais, analisadores de qualidade de energia ou medidores de energia. É importante garantir que os cabos de medição sejam conectados corretamente e que o equipamento esteja calibrado corretamente.
- Análise de dados: após coletar os dados, eles devem ser analisados para obter informações valiosas sobre o sistema de medição. A análise de dados pode incluir a identificação de harmônicas, a análise de distorção harmônica total, a medição de fator de potência, a detecção de desequilíbrio de tensão e corrente, entre outros parâmetros. As análises podem ser feitas usando *software* de análise de dados ou manualmente com a ajuda de tabelas e gráficos;
- Tratamento de dados: O tratamento de dados é a etapa final do processo de medição em MT e envolve a aplicação de técnicas para melhorar a qualidade dos dados. O tratamento de dados pode incluir a remoção de leituras inválidas, a interpolação de dados ausentes e a correção de erros de fase. A validação de dados também deve ser realizada para garantir que os dados coletados sejam precisos e confiáveis.

Procedimentos básicos de segurança na medição de tensão em MT

O procedimento de segurança para realização de medições em MT é uma questão fundamental para garantir a integridade física dos profissionais envolvidos na operação e manutenção dos sistemas elétricos (Silva e Farias, 2012).

Algumas das medidas de segurança que devem ser tomadas incluem (Silva e Farias, 2012):

- Uso de Equipamentos de Proteção Individual (EPIs): é necessário o uso de EPIs adequados, como luvas, capacetes, óculos de proteção, sapatos de segurança, entre outros, para evitar acidentes;
- Desenergização do sistema: antes de iniciar qualquer trabalho em sistemas de MT, é

fundamental que a energia elétrica seja desligada. Para isso, deve-se usar equipamentos de proteção coletiva, como chaves seccionadoras e disjuntores, que garantam que o sistema esteja completamente desenergizado;

- Bloqueio e etiquetagem: para garantir que o sistema permaneça desenergizado enquanto o trabalho estiver sendo realizado, é importante realizar o bloqueio e etiquetagem do sistema. Esse procedimento consiste em fixar cadeados e etiquetas nos dispositivos de desligamento, impedindo que sejam religados enquanto o trabalho estiver sendo executado;
- Aterramento: é necessário realizar o aterramento do sistema antes de iniciar qualquer trabalho. Esse procedimento visa reduzir os riscos de choque elétrico e é feito através da conexão de cabos de aterramento entre o sistema e o solo;
- Sinalização: é importante sinalizar adequadamente a área onde o trabalho está sendo realizado, para alertar outras pessoas sobre o trabalho em andamento e evitar o acesso não autorizado.

Sendo igualmente importante, seguir as normas de segurança estabelecidas pelos órgãos reguladores e manter os profissionais sempre capacitados e treinados para a realização dessas atividades (Silva e Farias, 2012).

CONCLUSÃO

Com base nas informações fornecidas, pode-se concluir que a medição de energia em MT é uma etapa crítica na operação e manutenção de sistemas elétricos, sendo necessário o uso de equipamentos adequados e a execução de procedimentos corretos para garantir medições precisas e confiáveis.

Os principais equipamentos usados para medição em MT incluem medidores de energia, transformadores de corrente e potencial, osciloscópios digitais, analisadores de qualidade de energia e sistemas de monitoramento remoto. Cada equipamento tem sua própria função específica na medição de energia e deve ser usado de acordo com as especificações do fabricante.

Os procedimentos de medição em MT incluem o planejamento adequado para a realização das medições, a seleção da taxa de amostragem adequada, a coleta de dados com equipamentos calibrados e a análise e tratamento de dados para garantir a qualidade dos resultados.

Durante as medições em MT, várias interferências podem ocorrer, como ruído elétrico, variações de

tensão e corrente, interferência magnética, entre outras. Para minimizá-las, é necessário o uso de técnicas de blindagem, aterramento adequado e a seleção de equipamentos com boa rejeição de interferência.

Em suma, a medição de energia em MT é um processo complexo e crítico, que requer equipamentos adequados, planejamento cuidadoso, execução precisa de procedimentos de medição, análise e tratamento adequados de dados. Com esses cuidados, é possível obter medições precisas e confiáveis, o que é essencial para a operação e a manutenção seguras e eficientes de sistemas elétricos.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o apoio da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS) e da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES).

REFERÊNCIAS

- ABB. Multimedidor de energia trifásico, 4 quadrantes e THD MODBUS TCP, M1M 20 Modbus TCP, Linha M1M, ABB. Site da loja ABB Brasil. 2023. Disponível em: <https://loja.br.abb.com/multimedidor-de-energia-trifasico-4-quadrantes-e-thd-modbus-tcp-m1m-20-modbus-tcp-linha-m1m-abb.html#>. Acesso em: 24/03/2023.
- ABNT. NBR 14519: Medição de grandezas elétricas em sistemas elétricos de potência com equipamentos eletrônicos de medição. ABNT–Associação Brasileira de Normas Técnicas. Rio de Janeiro, 2000a.
- ABNT. NBR 14598: Medição de energia elétrica em sistemas monofásicos e trifásicos de baixa tensão. ABNT–Associação Brasileira de Normas Técnicas. Rio de Janeiro, 2000b.
- Bolotinha, Manuel. Transformadores de Medição de Alta e Média Tensão. Universo Lambda, 2017. Disponível em: <https://universolambda.com.br/transformadores-de-medicao-de-alta-e-media-tensao/>. Acesso em 25/03/2023.
- Castro, J. A. Sistemas de medição de energia elétrica: teoria e prática. São Paulo: Érica, 2013.
- Fluke. Registradores de qualidade de energia trifásicos Fluke 1742, 1746 e 1748. Fluke Corporation, 2023. Disponível em: <https://www.fluke.com/pt-br/produto/teste-eletrico/analisadores-da-qualidade-de-energia/1742-1746-1748>. Acesso em 26/03/2023.
- Gomes, L. A.; Moura, R. C. Medição de energia elétrica em média tensão. In: Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 30, 2010, São Carlos. Anais... São Carlos: ENEGEP, 2010.
- Kazi, N. A.; Muyeen, S. M.; Baset, A. M. A. Medium Voltage Energy Metering System with Data Acquisition and Communication for Energy Management. Energies, 2019.
- Lopes, G. N., et al. Medium Voltage Electrical Energy Measurement: An Overview of Interference Effects and Possible Mitigation Solutions. Energies, 12(6), 1186. 2019.
- Mattede, Henrique. Medidores de energia – Tipos e características!. Mundo da Elétrica, 2023. Disponível em: <https://www.mundodaeletrica.com.br/medidores-de-energia-tipos-caracteristicas/>. Acesso em: 25/03/2023.
- Monteiro, L. F. C., et al. Influence of measurement devices on energy metering in medium voltage networks. In 2017 IEEE International Instrumentation and Measurement Technology Conference (I2MTC), 2017.
- Mishra, S. K.; et al. A Comprehensive Review on Medium Voltage Energy Measurement System. In 2019 International Conference on Power, Instrumentation, Control and Computing (PICC), 2019.
- RMS. Analisador de Energia para instalação direta em Média Tensão - uso ao tempo - IP65. MARH-MTA - Média Tensão * - ANEEL - PRODIST 8, Revisão 7 - funções do MARH-VI - IP65 - com USB e GPRS. RMS Sistemas Eletrônicos, 2023. Disponível em: http://www.rms.ind.br/produtos/marh-mta---media-tensao-*---aneel---prodist-8,-revisao-7---funcoes-do-marh-vi---ip65---com-usb-e-gprs-/122. Acesso em: 25/03/2023.
- Silva, A. M. R.; Farias, T. S. Segurança em trabalhos em redes de média tensão. Revista Eletricidade Moderna, v. 41, n. 468, p. 96-105, 2012.
- Souza, A. C.; Santos, A. L. A. Medição de energia elétrica em sistemas de média tensão: um estudo de caso. Revista Brasileira de Energia, v. 22, n. 2, p. 117-130, 2016.
- Voltsdc. OSCILOSCÓPIO DE BANCADA DIGITAL 4 CANAIS 300MHz - GDS-2304A - GW INSTEK. Voltsdc – Produtos de testes e medição. 2023. Disponível em: <https://www.voltsdc.com.br/eletrotecnica-media-e-alta-tensao/osciloscopio-de-bancada-digital-4-canais-300mhz-gds-2304a-gw-instek>. Acesso em: 24/03/2023.