



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO  
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA  
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA

ALINE DE FÁTIMA LOPES OLIVEIRA

**SISTEMA DE MONITORAMENTO REMOTO DE ENERGIA ELÉTRICA**

Recife  
2023

ALINE DE FÁTIMA LOPES OLIVEIRA

**SISTEMA DE MONITORAMENTO REMOTO DE ENERGIA ELÉTRICA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Elétrica.

Orientador: Prof. Dr. Zanoni Dueire Lins

Recife  
2023

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,  
através do programa de geração automática do SIB/UFPE

Oliveira, Aline de Fátima Lopes.

Sistema de monitoramento remoto de energia elétrica / Aline de Fátima  
Lopes Oliveira. - Recife, 2023.

48 p. : il., tab.

Orientador(a): Zanoni Dueire Lins

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal de  
Pernambuco, Centro de Tecnologia e Geociências, Engenharia Elétrica -  
Bacharelado, 2023.

1. Gerenciamento de energia elétrica. 2. Monitoramento remoto. 3.  
Eficiência energética. I. Lins, Zanoni Dueire. (Orientação). II. Título.

620 CDD (22.ed.)

ALINE DE FÁTIMA LOPES OLIVEIRA

## **SISTEMA DE MONITORAMENTO REMOTO DE ENERGIA ELÉTRICA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Elétrica.

Aprovado em: 27/04/2023.

### **BANCA EXAMINADORA**

---

Prof. Dr. Zanoni Dueire Lins (Orientador)  
Universidade Federal de Pernambuco

---

Prof. Dr. Geraldo Leite Maia (Examinador Interno)  
Universidade Federal de Pernambuco

---

Prof. Dr. Rafael Cavalcanti Neto (Examinador Interno)  
Universidade Federal de Pernambuco

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus, por ter me permitido chegar até aqui sob Sua graça e proteção divina. Aos meus pais, pelos valores ensinados e apoio incondicional em todas as etapas da minha vida. Aos meus avós, por toda força, carinho e orações direcionadas a mim. A prestatividade, escuta ativa e presença de cada um foram fundamentais ao longo da minha trajetória e me deram impulso para superar os desafios. Todos vocês me ofereceram tudo que fosse necessário para me sentir fortalecida e capaz. Palavras são insuficientes para agradecer por vosso amor, zelo e apreço genuínos por mim. Vocês são os pilares da minha vida, meus maiores motivadores, aos quais dedico este trabalho e conquista.

## RESUMO

Um dos custos que mais impacta no orçamento de uma organização e pode influenciar iniciativas que buscam maior rentabilidade é a energia elétrica. Por ser um insumo operacional tão importante, seu gerenciamento inteligente pode levar a economias significativas. Pensando nisso, este trabalho consiste no desenvolvimento e implementação de um sistema piloto de monitoramento remoto de energia elétrica e sua análise em tempo real, aplicado a determinado setor de um complexo hospitalar. Sua construção é baseada na conexão do multimedidor digital SENTRON PAC3200 ao *software* Powerconfig, ambos da marca Siemens, via protocolo de comunicação Modbus TCP/IP suportado mediante interface Ethernet. Através do processamento e envio remoto das medições registradas para a rede corporativa, será possível acompanhar a leitura e monitoramento das grandezas elétricas, a fim de gerenciá-las e otimizá-las diretamente a partir de um computador localizado remotamente. O sistema visa conceder meios para estruturar uma metodologia ágil e confiável de gestão energética, cuja intenção é oferecer aos usuários um recurso que os auxilie na melhoria da economia e qualidade de energia elétrica, tornando-se útil em soluções de eficiência energética.

**Palavras-chave:** gerenciamento de energia elétrica; monitoramento remoto; eficiência energética.

## ABSTRACT

One of the costs that most impacts an organization's budget and can influence initiatives that seek greater profitability is electricity. Because it is such an important operational input, its intelligent management can lead to significant savings. With that in mind, this work consists of the development and implementation of a prototype of a remote monitoring system for electric power and its analysis in real time, applied to a certain sector of a hospital complex. Its construction is based on the connection of the SENTRON PAC3200 digital multimeter to the Powerconfig *software*, both from Siemens, via the Modbus TCP/IP communication protocol supported by an Ethernet interface. Through the remote processing and sending of recorded measurements to the corporate network, it will be possible to monitor the reading and monitoring of electrical magnitudes, in order to manage and optimize them directly from a remotely located computer. The system aims to provide means to structure an agile and reliable energy management methodology, whose intention is to offer users a resource that helps them to improve the economy and quality of electrical energy, making it useful in energy efficiency solutions.

**Keywords:** electrical power management; remote monitoring; energy efficiency.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Multimetro Siemens SENTRON PAC3200 .....	19
Figura 2 - Características técnicas do SENTRON PAC3200 .....	21
Figura 3 - Transformador de corrente Siemens.....	23
Figura 4 - Topologia do sistema .....	25
Figura 5 - Esquema de ligação do multimetro .....	26
Figura 6 - Ajustes de comunicação .....	27
Figura 7 - Ajustes do aparelho preenchidos para estabelecer comunicação .....	28
Figura 8 - Propriedades da conexão local .....	29
Figura 9 - Propriedades do protocolo (TCP/IP) .....	30
Figura 10 - Propriedades do protocolo (TCP/IP) .....	31
Figura 11 - Resposta positiva do multimetro ao executar a função ping .....	32
Figura 12 - Procura por dispositivos acessíveis na Ethernet.....	33
Figura 13 - Criação e cadastro do dispositivo .....	34
Figura 14 - Atualização do dispositivo.....	34
Figura 15 - Aba de parâmetros do SENTRON PAC3200 .....	35
Figura 16 - SENTRON PAC3200 instalado no quadro de medição .....	36
Figura 17 - Botões para monitoramento remoto das grandezas elétricas no Powerconfig.....	37
Figura 18 - Janela “ <i>Energy</i> ” .....	38
Figura 19 - Janela “ <i>Power</i> ” .....	39
Figura 20 - Janela “ <i>Current</i> ” .....	39
Figura 21 - Janela “ <i>Voltage</i> ” .....	40
Figura 22 - Janela “ <i>Overview</i> ” .....	41
Figura 23 - Janela “ <i>Measurements</i> ” .....	42
Figura 24 - Janela “ <i>Measurements</i> ” .....	43

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Grandezas de medição do SENTRON PAC3200 .....	20
--	----

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANEEL Agência Nacional de Energia Elétrica

IP *Internet Protocol*

QGBT Quadro Geral de Baixa Tensão

TC Transformador de Corrente

TCP *Transmission Control Protocol*

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>11</b>
1.1	OBJETIVOS .....	14
1.1.1	Geral.....	14
1.1.2	Específicos .....	15
1.2	ESTRUTURAÇÃO DO TRABALHO .....	15
<b>2</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>	<b>17</b>
2.1	MULTIMEDIDOR DIGITAL SIEMENS SENTRON PAC3200 .....	18
2.2	SOFTWARE SIEMENS POWERCONFIG .....	21
2.3	TRANSFORMADOR DE CORRENTE SIEMENS.....	22
<b>3</b>	<b>DESENVOLVIMENTO DO TRABALHO .....</b>	<b>24</b>
3.1	METODOLOGIA .....	25
3.1.1	Esquema de ligação do multimedidor.....	26
3.1.2	Configuração da rede de comunicação .....	26
3.1.3	Comunicação entre SENTRON PAC3200 e software Powerconfig.....	28
3.2	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	36
<b>4</b>	<b>CONCLUSÃO.....</b>	<b>45</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>47</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A energia elétrica representa um dos principais custos para as empresas nos mais diversos ramos. É bem sabido que para uma empresa aumentar sua produtividade, os custos com a energia precisam ser bem controlados e, quando possível, reduzidos. Para fazer uma gestão de energia voltada à eliminação de desperdícios e ao combate à ineficiência, é preciso conhecer o perfil detalhado de consumo desses estabelecimentos e seus potenciais de economia [1].

A busca pela eficiência no consumo e pela redução de custos tem levado muitos gestores a se atentarem para a necessidade de colocar em prática o gerenciamento de energia elétrica, insumo fundamental e, normalmente, de expressiva representatividade na parcela de suas despesas, daí o grande interesse em se realizar uma correta gestão. Dessa forma, o primeiro passo rumo a uma gestão energética mais eficiente, econômica e principalmente segura consiste em um gerenciamento de energia que ofereça a transparência necessária como base para reduzir os custos operacionais [2].

Gestão de energia elétrica são ações que têm como objetivo alcançar a eficiência energética por meio da mensuração do consumo [3]. Isso é possível graças ao uso de sistemas de monitoramento e análise detalhada das grandezas elétricas em tempo real e remotamente, promovendo uma aplicação mais eficaz dos recursos energéticos e a identificação mais objetiva dos potenciais de economia. Por isso, é imprescindível a realização de medições para compreender o consumo de energia, afinal não se pode gerenciar adequadamente aquilo que não é medido [4].

Com base nos dados obtidos, o gerenciamento de energia elétrica permite monitorar indicadores de desempenho energético, bem como promove uma visão completa e antecipada do comportamento, qualidade e consumo energéticos, além de poder identificar em tempo hábil quais setores podem estar consumindo mais do que deveriam, por exemplo [5].

Além dos benefícios citados acima, dentre as principais vantagens de fazer uma gestão da energia elétrica de forma remota e em tempo real, estão:

- Conhecer o consumo de energia em cada setor (setorização), sendo possível a adoção de medidas para redução nos setores que geram os maiores custos;
- Acompanhar níveis de energia reativa, que geram multas quando não controlados e monitorados;
- Observar dados de energia de diversos pontos da instalação, remotamente e em tempo real, sem qualquer conexão física;
- Ao analisar criteriosamente as informações, é possível verificar a existência de picos de consumo. Uma ação importante que pode ser feita é checar quais equipamentos estavam sendo usados no momento e averiguar se não é válido substituí-los por outros mais eficientes;
- A partir de uma auditoria energética, é possível estabelecer metas a serem cumpridas com o sistema de gestão de energia e acompanhar o progresso das ações que visam diminuição de consumo e redução de gastos [6];
- Encontrar oportunidades para otimizar a demanda atualmente consumida e, assim, melhorar o contrato de energia, realocando a economia gerada para outras demandas financeiras da organização;
- Ter maior controle sobre o consumo das instalações e capacidade de identificar onde estão os maiores desperdícios e oportunidades de economia, favorecendo o uso eficiente de energia;
- Redução do risco de um consumo descontrolado ultrapassar o montante da energia contratada, acarretando em custos adicionais de ultrapassagem, subdimensionamento, ou até mesmo pagar por uma demanda que não foi utilizada, no caso de um superdimensionamento [3].
- Avaliar oportunidades de readequação horária do funcionamento das cargas;
- Conhecer e viabilizar estudos acerca da qualidade de energia elétrica;

- Substituir um processo manual por um processo automatizado, através da leitura e análise de dados precisos e detalhados por qualquer pessoa, a qualquer momento, sem que haja necessidade de deslocamento de um profissional para conferência dos registros no *display* do instrumento, reduzindo, assim, o tempo improdutivo.

Diante desse contexto, como forma de contribuir para uma melhor administração dos recursos energéticos e otimizar seu emprego, este trabalho propõe a implementação e desenvolvimento de um sistema de monitoramento remoto de grandezas elétricas, baseado em: multimedidores digitais da marca Siemens, modelo SENTRON PAC3200; *software* Powerconfig, também do mesmo fabricante; interface de rede Ethernet, cabos de rede RJ-45, *switch* de rede, protocolo de comunicação Modbus TCP/IP e transformadores de corrente (TC's).

O sistema de monitoramento foi desenvolvido na intenção de atender uma nova metodologia de supervisão, controle e qualidade da energia elétrica consumida no maior complexo hospitalar Norte-Nordeste do país, cuja sede é localizada no bairro do Paissandu e filial, no bairro de Boa Viagem [7]. Ambos os bairros localizam-se na cidade de Recife.

Este Trabalho de Conclusão de Curso visa apresentar o projeto piloto deste sistema de monitoramento, cuja localidade escolhida foi a unidade de atendimento em Boa Viagem, por ser uma propriedade de dimensão menor, podendo ser resumida a um único setor, porém, ao mesmo tempo, a mais desafiadora, devido a maior distância até local de supervisão, na matriz, a 5 km de distância.

A princípio, o procedimento de registro das medições do consumo energético de cada setor do complexo hospitalar era realizado por uma pessoa que anotava as leituras manualmente, uma vez por mês. Em vista disso, o principal intuito deste sistema de monitoramento e controle é substituir um processo manual por um processo automatizado, transformando a leitura que era realizada manualmente, anotando o valor do quilowatt-hora (kWh) de medidor a medidor, por um sistema automatizado, via computador, a fim de viabilizar as vantagens já comentadas neste capítulo.

O multimedidor SENTRON PAC3200, instrumento utilizado neste sistema e responsável pela leitura contínua das grandezas elétricas referentes ao setor a ser

examinado, fornece estrutura de automatização e acompanhamento em tempo real de mais de 50 grandezas elétricas através de *softwares* e redes de comunicação, e que, por vezes, é subutilizado, pois os responsáveis pelo processo de gestão e monitoramento, que adquirem este tipo de dispositivo, muitas vezes não têm a visão técnica das ferramentas vinculadas a ele.

Para o gerenciamento e controle dos dados, o *software* que será utilizado é o Powerconfig, da própria marca Siemens. Este programa é uma ferramenta que permite monitorar em tempo real e remotamente as grandezas elétricas registradas em cada multimedidor nele cadastrado. Isso significa não ter mais que esperar a conta de energia chegar para avaliar o consumo e tomar as providências [8].

Vale salientar que, por ser um projeto piloto, o objetivo é observá-lo em uma primeira experiência para, em caso de constatação de sua eficácia, expandi-lo por todos os setores, ou seja, testar em menor escala o sistema que dá nome a este Trabalho de Conclusão de Curso que, se legitimado, oferecerá potencial para ampliação em larga escala, apenas replicando os mesmos procedimentos do arquétipo inicial para todos os setores do complexo hospitalar. Seguem alguns benefícios da setorização:

- Comparar as diversas áreas de uma empresa e identificar quais oferecem potenciais de economia energética, possibilitando a aplicação de metas por setor para redução de consumo;
- Obter informações mais detalhadas de consumo por área, observando quais setores demandam mais energia para que possam ser priorizados em um plano de ações de eficiência energética.

## **1.1 Objetivos**

### **1.1.1 Geral**

Este Trabalho de Conclusão de Curso tem como objetivo geral apresentar a implantação de um sistema de monitoramento remoto de energia elétrica, aplicado a determinado setor de um complexo hospitalar, e analisar em tempo real e

remotamente as medições das grandezas elétricas a fim de promover o gerenciamento da energia elétrica para otimizar a qualidade e eficiência energéticas.

### **1.1.2 Específicos**

- Explorar documentações e manuais das ferramentas que possibilitaram a concepção do projeto;
- Discriminar as características, funções e parametrizações dos multimedidores digitais da marca Siemens modelo SENTRON PAC3200 e realizar análises e testes de seu funcionamento;
- Apresentar as funcionalidades e configurações do *software* Powerconfig da Siemens;
- Estruturar e testar a comunicação e o funcionamento dos multimedidores interligados na rede ao *software* Powerconfig para o gerenciamento e monitoramento das grandezas elétricas;
- Comentar sobre os resultados e as vantagens da implementação do sistema proposto.

## **1.2 Estruturação do Trabalho**

O presente trabalho é organizado em quatro capítulos, apresentados da seguinte forma:

Capítulo 1 constitui a introdução, sustentada pela contextualização, justificativa, relevância, motivação, objetivos e estruturação do trabalho.

Capítulo 2 aborda o referencial teórico para embasamento ao desenvolvimento do trabalho, onde são apresentadas as funcionalidades e características técnicas dos recursos utilizados.

Capítulo 3 descreve o desenvolvimento do trabalho, constituído pela metodologia utilizada para execução do sistema proposto, bem como a discussão dos resultados obtidos.

Capítulo 4 discorre sobre a conclusão do trabalho, considerações finais e sugestões de trabalhos futuros.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

O termo monitoramento de energia significa usar efetivamente tecnologias de medição para obter informações mais detalhadas do que a fatura de energia elétrica pode fornecer e transformar leituras que são acessadas mensalmente em leituras disponíveis a qualquer momento [9]. As medições fazem parte do processo de monitoramento. Um bom processo de medição fornece as informações necessárias para uma análise adequada e facilita o processo de tomada de decisão. Para realizar medições de qualidade, deve-se usar equipamentos adequados e um processo estruturado. Portanto, o monitoramento pode ser visto como o seguinte ciclo de melhoria contínua: Medir – Analisar – Atuar. As medições fornecem dados, que podem ser analisados e transformados em informações úteis para apoiar a tomada de decisões e produzir resultados benéficos para a organização.

A Resolução Normativa ANEEL 414 de 2010 define como medição o processo realizado por um instrumento que possibilite a quantificação e o registro de grandezas elétricas associadas à geração ou consumo de energia elétrica, bem como à potência ativa ou reativa [10]. Na prática, a medição de energia elétrica serve para a concessionária poder faturar o consumo deste insumo de seus clientes.

A medição de energia elétrica tem diversas finalidades, entre elas o levantamento do consumo de energia elétrica mensal de um estabelecimento [11]. Para isso, são utilizados instrumentos de medição que registram a diferença de consumo total do mês anterior e o atual, obtendo assim o consumo atribuído ao mês corrente, medido em kWh.

Nesse contexto, existem medidores que possuem a capacidade de ler não só o consumo, como também as outras grandezas elétricas. Ou seja, em um mesmo instrumento pode-se medir as energias ativa e reativa, demanda de energia, tensão, corrente, entre outras, cujo nome dado é multimedidor de energia eletrônico ou digital. Este é o modelo que faz parte do escopo do sistema proposto neste Trabalho de Conclusão de Curso.

As medições eletrônicas de energia possuem a possibilidade de monitoramento à distância, o que proporciona a leitura remota e a integração com sistemas de gestão de energia. Medidores eletrônicos, normalmente, são dotados de uma

memória de massa onde são registradas todas as grandezas elétricas medidas por ele [12]. Os dados gravados nestes medidores podem servir para o gerenciamento de manutenção, auxílio na tomada de decisões, melhorias e ações em termos de eficiência energética.

A implantação de ações de eficiência energética tem a intenção de obter o menor índice de custo em relação à energia utilizada em um processo. Muitas dessas medidas são exemplificadas em: otimização do contrato de energia, correção do fator de potência, utilização de equipamentos mais eficientes e melhoria dos processos.

Com este objetivo, os dados necessários para estudos em eficiência energética podem ser coletados por meio de um sistema de gerenciamento de energia, que deve ser capaz de realizar diversas medições de demanda energética continuamente durante o dia, a partir de um multimedidor [13]. Em termos de agilidade, confiabilidade e eficácia, é preferível que a leitura seja feita remotamente a partir de um computador, ao invés de localmente, de medidor a medidor.

## **2.1 Multimedidor digital Siemens SENTRON PAC3200**

O multimedidor SENTRON PAC3200, da marca Siemens, é um dispositivo compacto e versátil que registra com elevada precisão e confiabilidade os dados de consumo das instalações elétricas de baixa tensão, bem como proporciona a transparência necessária para reduzir os custos e melhorar a qualidade de energia. A parametrização pode ser feita diretamente no visor do dispositivo ou através da integração a um sistema de gerenciamento de energia de nível superior, via interface Ethernet que permite a comunicação com o protocolo Modbus TCP/IP. A Figura 1 ilustra o modelo do multimedidor que será utilizado no sistema de monitoramento remoto de energia elétrica que foi projetado.

Figura 1 - Multimetro Siemens SENTRON PAC3200



Fonte: [14]

O SENTRON PAC3200 é um multimetro que permite visualizar todos os parâmetros de rede relevantes para a distribuição de energia em baixa tensão. Tem capacidade para efetuar medições em sistemas monofásicos, bifásicos, trifásicos estrela e delta, podendo ser utilizado em redes TN, TT e IT com dois, três e quatro condutores. Graças ao seu formato compacto (96 x 96 mm), é o substituto ideal para os instrumentos de visualização analógicos comuns. A particularidade deste equipamento consiste no fato de que a ampla faixa de tensões de medição com fonte de alimentação universal permite conectá-lo diretamente a qualquer rede de baixa tensão, até uma tensão nominal de rede de 690 V, sem necessidade de transformadores de potencial, a menos se as tensões forem mais elevadas. Já para coletar os valores das correntes, podem ser utilizados transformadores de corrente com relação de transformação de x/1 A ou x/5 A. Ademais, o dispositivo dispõe de uma série de funções úteis de monitoração e diagnóstico, de um contador de tarifa dupla, de energia ativa e reativa, de um contador universal, assim como de um contador de horas de serviço para monitorar o tempo de operação de carga [15]. A Tabela 1 lista todas as grandezas elétricas disponibilizadas pelo multimetro.

Tabela 1 - Grandezas de medição do SENTRON PAC3200

Grandeza de medição	Designação da grandeza de medição no	
	Título da visualização	Menu principal
Tensão de fase $U_{L1-N} / U_{L2-N} / U_{L3-N}$	UL-N	TENSÃO
Tensão composta $U_{L1-L2} / U_{L2-L3} / U_{L3-L1}$	UL-L	TENSÃO
Corrente $I_{L1} / I_{L2} / I_{L3}$	I	CORRENTE
Potência aparente $S_{L1} / S_{L2} / S_{L3}$	S	POTÊNCIA AP.
Potência ativa $\pm P_{L1} / \pm P_{L2} / \pm P_{L3}$	P	POTÊNCIA ATIVA
Potência reativa $\pm Q_{L1} / \pm Q_{L2} / \pm Q_{L3}$	Q	POTÊNCIA REAT.
Valores de potência coletivos: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Potência aparente total</li> <li>• Potência ativa total</li> <li>• Potência reativa total</li> </ul>	$\Sigma S, P, Q$	POTÊNCIA TOTAL
Fator de potência $ FP_{L1}  /  FP_{L2}  /  FP_{L3} $	FP	FATOR POTÊNCIA
Fator de potência total	FP TOTAL	FAT. POT. TOT.
Frequência de rede $f$	FREQÜÊNCIA	FREQÜÊNCIA
THD Tensão $THD-U_{L1} / THD-U_{L2} / THD-U_{L3}$	THD-U	THD TENSÃO
THD Corrente $THD-I_{L1} / THD-I_{L2} / THD-I_{L3}$	THD-I	THD CORRENTE
Energia ativa Import/Export $\pm W_{L1..3}$ <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tarifa elevada</li> <li>• Tarifa reduzida</li> </ul>	ENERGIA ATIVA	ENERGIA ATIVA
Energia reativa positiva/negativa $\pm W_{QL1..3}$ <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tarifa elevada</li> <li>• Tarifa reduzida</li> </ul>	ENERGIA REAT.	ENERGIA REAT.
Energia aparente $W_{SL1..3}$ <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tarifa elevada</li> <li>• Tarifa reduzida</li> </ul>	ENERGIA APARENTE	ENERGIA APAR.
Contador universal	CONTADOR UNIVERSAL	CONTADOR UNIVERSAL

Fonte: [15]

Dessa forma, as diversas funções de medição e monitoramento do SENTRON PAC3200 contribuem indiretamente para um nível superior de disponibilidade devido ao fato dos desvios a nível de, por exemplo, fator de potência, sobtensões, sobretensões ou distorções harmônicas serem percebidos previamente. Esses aparelhos são responsáveis pela leitura contínua de mais de 50 grandezas de medição, a partir das grandezas de medição básicas referentes a um local específico, tais como potências ativa, reativa e aparente, tensões (de fase e de linha) e correntes eficazes, distorções harmônicas, energias ativa e reativa, fator de potência e frequência. Sua memória interna permite um armazenamento dos valores medidos para até 40 dias. Adicionalmente, são registrados os valores mínimo, médio e máximo das variáveis de medição, que podem ser exibidos além do valor instantâneo, diretamente no *display* do equipamento. A exatidão de medição para as energias ativa e reativa e para as potências é de 0,5%. Para tensões e correntes, a

exatidão é de 0,2%. Além disso, o multimedidor também permite a determinação da demanda de energia por período de medição, chamado tempo de integralização, que pode ser ajustado entre 1 e 60 minutos tanto via *display*, quanto via *software* [14]. Normalmente, o consumo de energia é medido continuamente dentro de uma janela de tempo de 15 minutos. A Figura 2 apresenta as características técnicas deste dispositivo.

Figura 2 - Características técnicas do SENTRON PAC3200

Entradas/Saídas		
Entrada digital	Multifuncional	1
Saída digital	Multifuncional	1
Diversos		
Proteção por senha		√
Características técnicas		
Dois quadrantes (entrada) / Quatro quadrantes Medição (entrada e alimentação de retorno)		4Q
Medição em rede monofásica / múltiplas fases		Monofásica, bifásica, ou trifásica
Pode ser utilizado para redes		TN, TT, IT
Registro de sinal		Contínuo
Entradas de tensão:	Ligação direta sem transformador até	690 V / 400 V (CAT III)
Entradas de corrente	pode ser ajustado no aparelho	x1 A ou x5 A
Tensão auxiliar	AC DC	95-240 V AC (± 10%) 110-340 V DC (± 10%)
Dimensões	C x L x P em mm Profundidade de montagem sem módulo (mm) Profundidade de montagem com módulo (mm)	96 x 96 x 56 51 73
Classe de proteção	Frente Verso	IP65 IP20
Temperatura de serviço	°C	-5 ... +55
Display	Tipo Resolução (pontos)	LCD gráfico com iluminação de fundo 128 x 96
Indicações de texto		Vários idiomas

Fonte: [16]

## 2.2 Software Siemens Powerconfig

O *software* Powerconfig é a combinação de comissionamento e diagnóstico de aparelhos de medição com capacidade de comunicação. A ferramenta facilita a configuração remota dos multimedidores SENTRON PAC3200, resultando em considerável economia de tempo, especialmente quando vários deles precisam ser

configurados. Através deste programa é possível parametrizar, operar e testar os multimedidores SENTRON PAC3200 por meio de interfaces de comunicação a fim de documentar, monitorar e supervisionar, em tempo real, as grandezas elétricas medidas instantaneamente por tais dispositivos de medição.

A Siemens disponibiliza gratuitamente para *download* este *software* para supervisão, gerenciamento, controle e configuração dos parâmetros do SENTRON PAC3200 em rede. Essa é uma das características que traz um diferencial no custo benefício e é um dos pontos de maior incentivo para quem deseja implementar um sistema de medição remoto [7]. A comunicação com os aparelhos é feita por rede Ethernet, via protocolo Modbus TCP/IP. O *software* possui um menu com várias funções para auxiliar no gerenciamento da rede dos dispositivos cadastrados, bem como possibilita que as leituras de cada um sejam gravadas. O conteúdo é idêntico ao da tela de medição do SENTRON PAC3200, assim os usuários poderão evidenciar leituras para análise remotamente e a qualquer momento.

O *software* Powerconfig ainda combina as seguintes funções: documentação amigável de configurações e valores medidos; apresentação clara dos parâmetros disponíveis, incluindo testes de plausibilidade dos valores de entrada; exibição dos status do dispositivo disponíveis e valores medidos em visualizações padronizadas; armazenamento orientado a projetos de dados do dispositivo; operação e usabilidade consistentes; suporte a várias interfaces de comunicação.

### **2.3 Transformador de corrente Siemens**

Os transformadores de medição de corrente são equipamentos elétricos responsáveis especificamente por adequar as correntes do circuito medido a níveis mensuráveis para os dispositivos de medição, sem alterar a natureza dos sinais, como frequência e forma de onda [12]. Seu enrolamento primário é conectado em série com o circuito onde a corrente elétrica é mais elevada, enquanto seu enrolamento secundário é ligado às bobinas de corrente dos medidores.

Como a medição pautada é feita em baixa tensão, até 690 V, é possível efetuar a ligação direta dos multimedidores à rede, dispensando o uso de transformadores de potencial. Já para coletas de valores das correntes, com cargas às quais operam

com correntes elevadas, utiliza-se a medição indireta de baixa tensão somente com a instalação dos transformadores de corrente em série com a carga. Os transformadores de corrente utilizados neste trabalho também são do fabricante Siemens, cuja relação de transformação é 400/5 A, conforme visualizado na Figura 3.

Figura 3 - Transformador de corrente Siemens



Fonte: a própria autora

Os transformadores de corrente utilizados para fins de medição de energia devem pertencer a uma classe de exatidão mínima [12]. No caso dos TC's empregados neste projeto piloto, o seu erro é de 0,6% para mais ou para menos com as correntes próximas dos valores nominais.

Os TC's podem apresentar diferentes características construtivas em relação à forma como a corrente primária circula por ele. O modelo utilizado no sistema de monitoramento do projeto é do tipo janela, no qual o condutor cruza pelo núcleo onde está enrolado o secundário do mesmo. Este modelo possui a vantagem de não necessitar interromper o circuito durante sua instalação.

### 3 DESENVOLVIMENTO DO TRABALHO

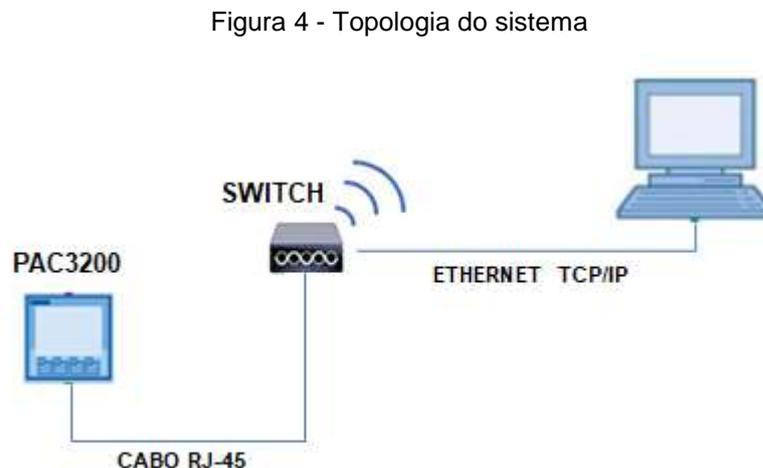
Este Trabalho de Conclusão de Curso consiste em apresentar e analisar o processo otimizado de medição do consumo de energia elétrica de um complexo hospitalar em Recife. As instalações elétricas do hospital são formadas por quadros gerais de baixa tensão (QGBT's), localizados nas subestações de 13,8 kV/380 V espalhadas por todo o estabelecimento. Cada subestação abriga determinada quantidade de QGBT's, que atendem aos respectivos setores hospitalares e que já possuem instalados os multimedidores digitais da marca Siemens, modelo SENTRON PAC3200. Antes o procedimento, executado pela empresa terceirizada de manutenção (cuja identidade, neste trabalho, foi omitida por questão de acordo sigiloso), era realizado de medidor a medidor em cada um dos quadros elétricos existentes no estabelecimento. Esta leitura manual apresenta sérios problemas no gerenciamento de energia elétrica de uma organização, pois uma leitura errada ou transferência equivocada das leituras para uma planilha pode significar em erros financeiros, além do tempo que é despendido nesta atividade [7].

Em meio a este cenário improdutivo e inconfiável, viu-se a oportunidade de implementar um sistema para medição e monitoramento remoto de energia elétrica, bem como sua análise em tempo real, ao longo de toda a instalação hospitalar. Entretanto, o desenvolvimento deste trabalho limita-se à concepção em apenas um setor do hospital, localizado a 5 km de distância da sala de supervisão.

Ainda se tratando do cenário em que foi concebido este projeto, não foi preciso nenhum investimento para substituir a tradicional leitura manual de energia por um sistema que promove o envio dos dados registrados pelos multimedidores, em tempo real, para um computador, via comunicação Ethernet, pois o hospital já dispunha de todos os elementos necessários.

Basicamente, o sistema funciona da seguinte forma: o multimedidor SENTRON PAC3200 colhe as grandezas básicas de energia, através de transformadores de corrente, e viabiliza uma série de outras grandezas elétricas interessantes a nível de eficiência e qualidade de energia elétrica. Por intermédio da interface Ethernet, via protocolo de comunicação Modbus TCP/IP, é conectado um cabo RJ-45 do multimedidor até o *switch* da rede corporativa mais próximo, a fim de enviar os dados coletados para toda a rede na intenção de acompanhá-los em tempo real, de

qualquer lugar (a qualquer momento e sem qualquer conexão física), a partir do *Software Powerconfig*, que é compatível com o multimedidor SENTRON PAC3200. Esta descrição pode ser visualizada na topologia do sistema ilustrada na Figura 4.



Fonte: a própria autora

O sistema proposto além de promover a transformação de um processo manual em um processo automatizado, traz consigo as vantagens já apresentadas no primeiro capítulo. Dessa forma, o desenvolvimento de sistemas e novas metodologias de supervisão e controle da quantidade e qualidade da energia elétrica consumida demonstra-se como forma de contribuir para a melhor administração dos recursos energéticos, otimizando seu emprego [7]. Para um melhor entendimento, será apresentado a seguir o passo a passo, a fim alcançar cada um dos objetivos específicos e posteriormente, o objetivo geral, bem como serão demonstradas as configurações aplicadas aos componentes integrantes deste projeto, juntamente com as análises e resultados obtidos.

### 3.1 Metodologia

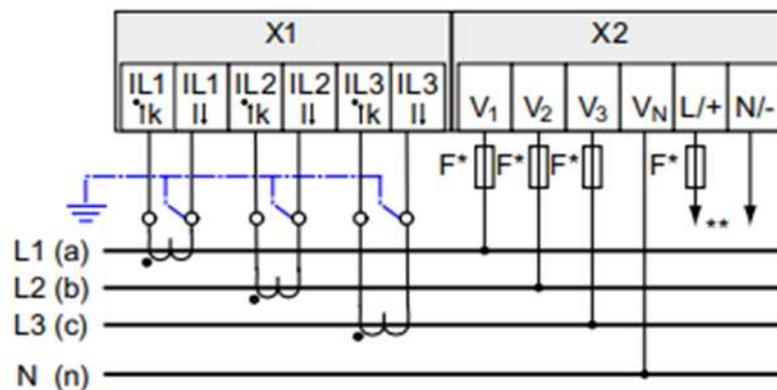
Para a implementação do sistema de monitoramento remoto de energia, a primeira etapa consiste em instalar o SENTRON PAC3200 através do esquema de ligação designado. Em seguida, estabelecer a transferência de dados do

multimedidor até o *software* Powerconfig, mediante configuração da rede de comunicação e, por fim, consolidar o processo de cadastramento e comunicação entre aparelho e *software*.

### 3.1.1 Esquema de ligação do multimedidor

O esquema de ligação do SENTRON PAC3200 à rede de alimentação trifásica, designado para este projeto, se deu por medição trifásica, a quatro condutores, sem transformador de potencial e com três transformadores de corrente para carga assimétrica, conforme ilustra a Figura 5.

Figura 5 - Esquema de ligação do multimedidor



- \* O cliente deve colocar fusíveis.
- \*\* Conexão da tensão de alimentação

Fonte: [15]

### 3.1.2 Configuração da rede de comunicação

O multimedidor é conectado ao *switch* da rede corporativa através do cabo de rede RJ-45. Os quadros gerais de baixa tensão possuem uma infraestrutura de

canaletas de acabamento que facilitam a passagem do cabo à rede Ethernet. A comunicação é feita mediante protocolo Modbus TCP/IP.

Antes de transmitir os dados através da rede, primeiro é preciso parametrizar o aparelho para o protocolo Modbus TCP e estabelecer uma ligação TCP/IP entre servidor e usuário, introduzindo parâmetros de rede, como endereço IP, máscara de subrede e *gateway*. Esses parâmetros podem ser obtidos consultando o administrador da rede.

Para a parametrização do dispositivo e sua configuração de endereço IP, deve-se ir à guia MENU, depois em AJUSTES e posteriormente em COMUNICAÇÃO. Em seguida, pode-se visualizar o *display* do SENTRON PAC3200 semelhantemente à Figura 6.

Figura 6 - Ajustes de comunicação



Fonte: a própria autora

Cada dispositivo a ser monitorado deve ser registrado com um endereço IP único para que sejam evitados conflitos de comunicação, portanto, deve-se colocar o endereço IP com a mesma base declarada no computador. Se a base for 192.168.XXX.XXX, com máscara de subrede 255.255.0.0, por exemplo, é possível estabelecer o endereço IP do aparelho como 192.168.219.118, com a mesma

máscara de subrede designada e protocolo Modbus TCP, conforme ilustra a Figura 7. O *gateway* pode ser obtido com o administrador da rede e o endereço MAC é para somente leitura.

Figura 7 - Ajustes do aparelho preenchidos para estabelecer comunicação

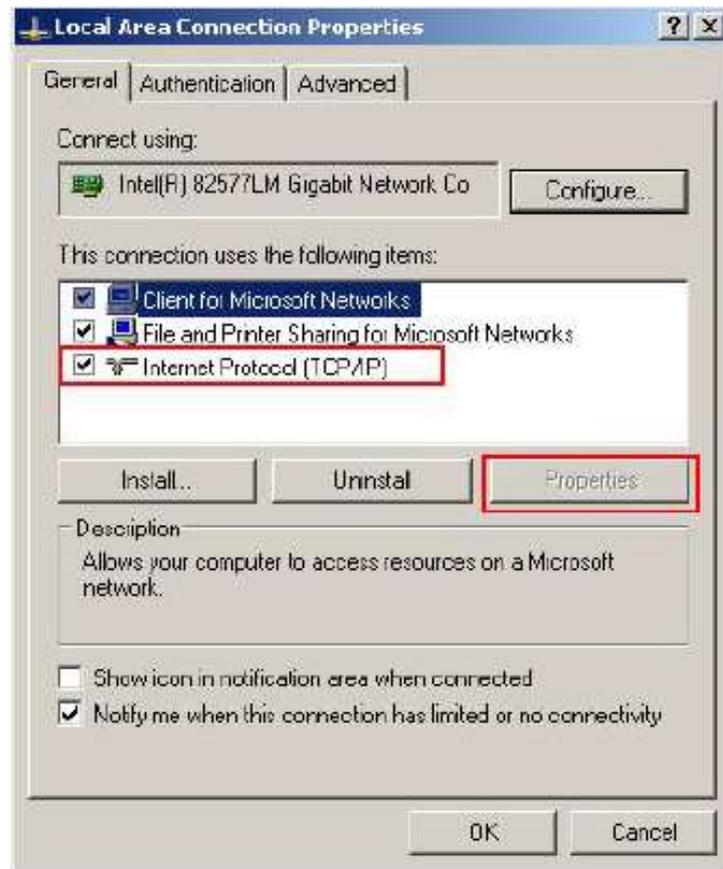


Fonte: a própria autora

### 3.1.3 Comunicação entre SENTRON PAC3200 e software Powerconfig

Considerando que o computador tenha previamente instalado o *software* Powerconfig, disponibilizado gratuitamente no site da Siemens, para estabelecer a comunicação com o SENTRON PAC3200, primeiro configura-se o endereço IP do computador. Em Conexões de Rede no Windows, pode-se abrir as propriedades da Conexão Local, conforme ilustrado na Figura 8.

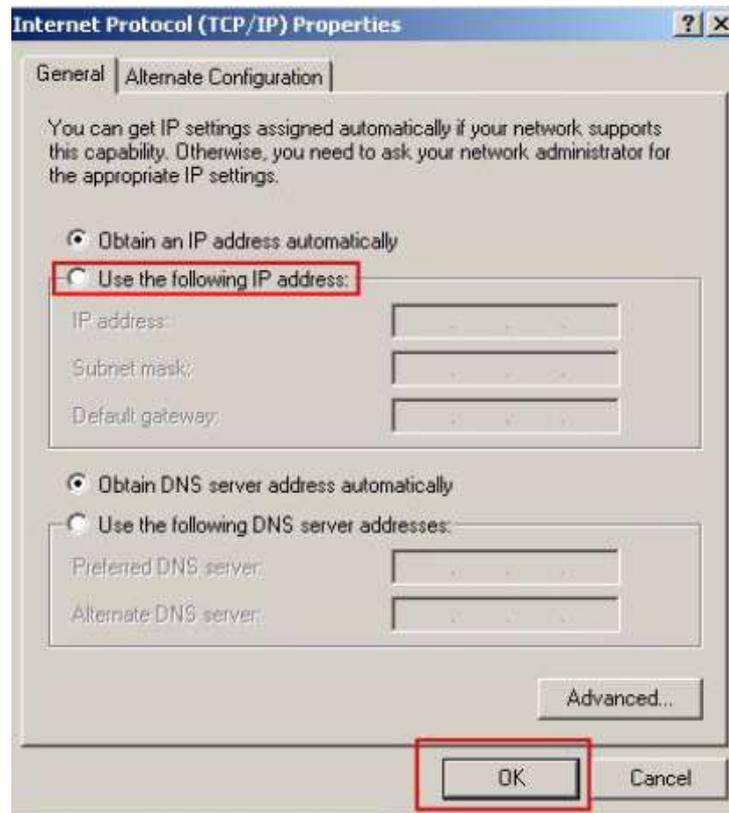
Figura 8 - Propriedades da conexão local



Fonte: a própria autora

Após clicar em “*Internet Protocol (TCP/IP)*” e depois em “*Properties*”, mostrados na Figura 8, deve-se selecionar o item “*Use the following IP address*”, como observado na Figura 9.

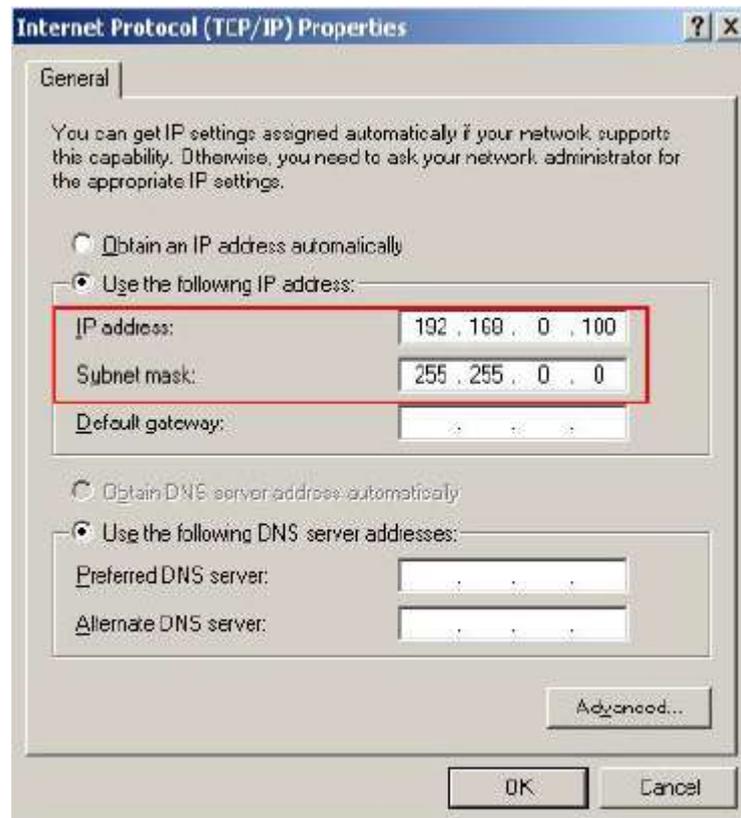
Figura 9 - Propriedades do protocolo (TCP/IP)



Fonte: a própria autora

Ainda em propriedades de Protocolo (TCP/IP), finalmente pode-se adotar um endereço IP e uma máscara de subrede. É importante ficar claro que, os endereços IP escolhidos, tanto para o computador quanto para o instrumento que for se comunicar, devem ter a mesma base. Neste caso, se foi declarado no computador o endereço IP 192.168.0.100, com máscara de rede 255.255.0.0, significa que o endereço IP do dispositivo que for se comunicar com o computador, deve iniciar com 192.168.XX.XXX. Por fim, basta clicar em “OK” para finalizar o endereçamento IP da máquina. O procedimento descrito pode ser visto na Figura 10.

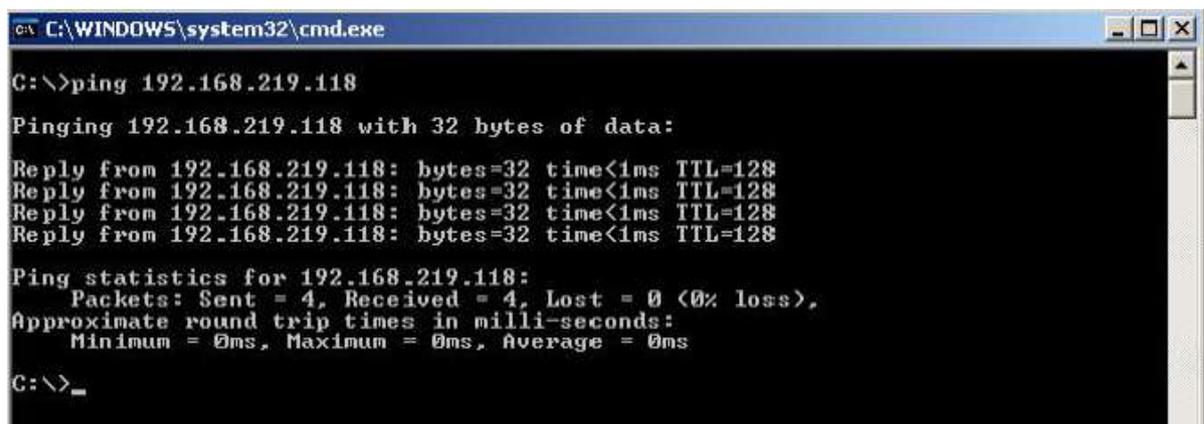
Figura 10 - Propriedades do protocolo (TCP/IP)



Fonte: a própria autora

Para testar a conexão entre o computador e o SENTRON PAC3200 na rede, deve-se primeiramente confirmar se a conexão entre o cabo de rede e o *switch* está funcionando. Para isso, basta executar a função ping no Prompt de comando do Windows e digitar o endereço IP estabelecido para o SENTRON PAC3200. O teste demonstra que o computador requisitou uma resposta e o dispositivo respondeu, conforme ilustra a Figura 11.

Figura 11 - Resposta positiva do multimetro ao executar a função ping



```
C:\WINDOWS\system32\cmd.exe
C:\>ping 192.168.219.118

Pinging 192.168.219.118 with 32 bytes of data:

Reply from 192.168.219.118: bytes=32 time<1ms TTL=128

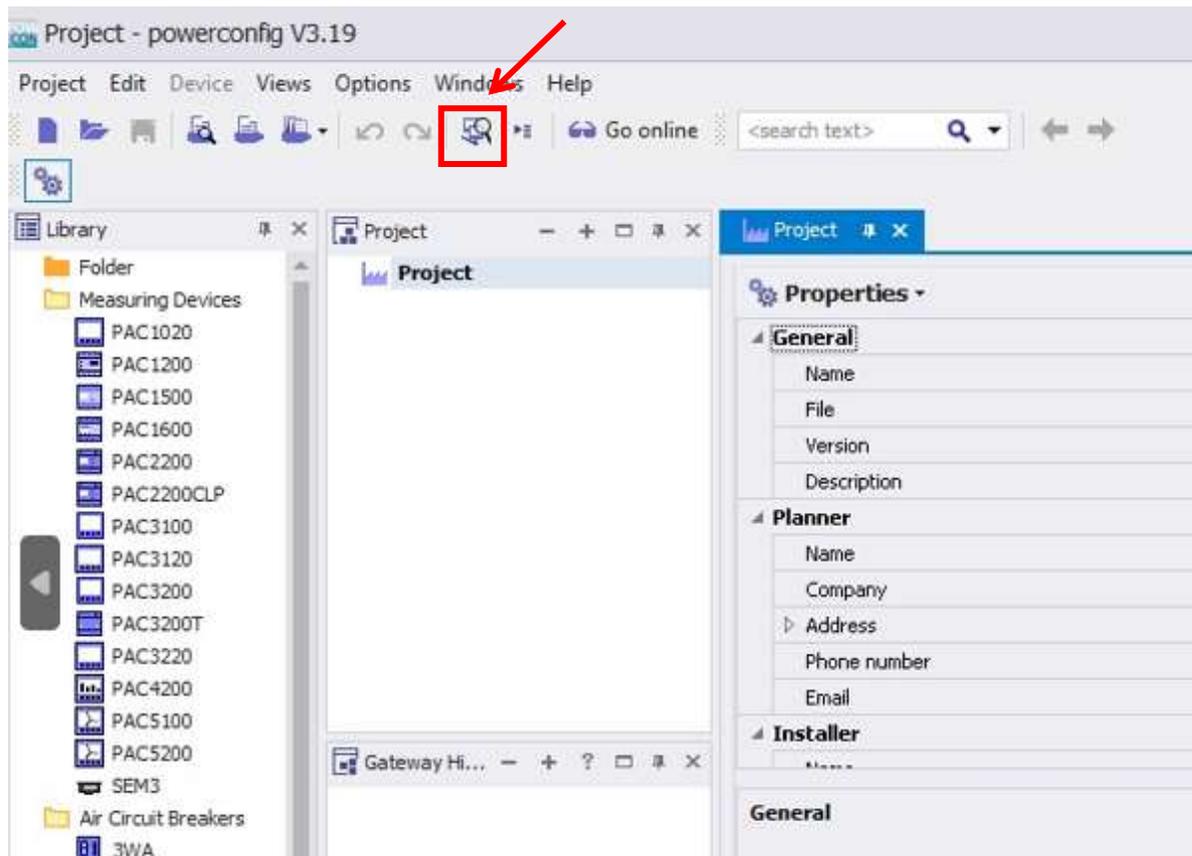
Ping statistics for 192.168.219.118:
    Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0% loss),
    Approximate round trip times in milli-seconds:
        Minimum = 0ms, Maximum = 0ms, Average = 0ms

C:\>_
```

Fonte: a própria autora

Em seguida, para estabelecer efetivamente a comunicação entre o *software* e o multimedidor, deve-se primeiramente procurar por dispositivos acessíveis na Ethernet, clicando em “*Search for accessible devices on the Ethernet*”, vide botão destacado na Figura 12.

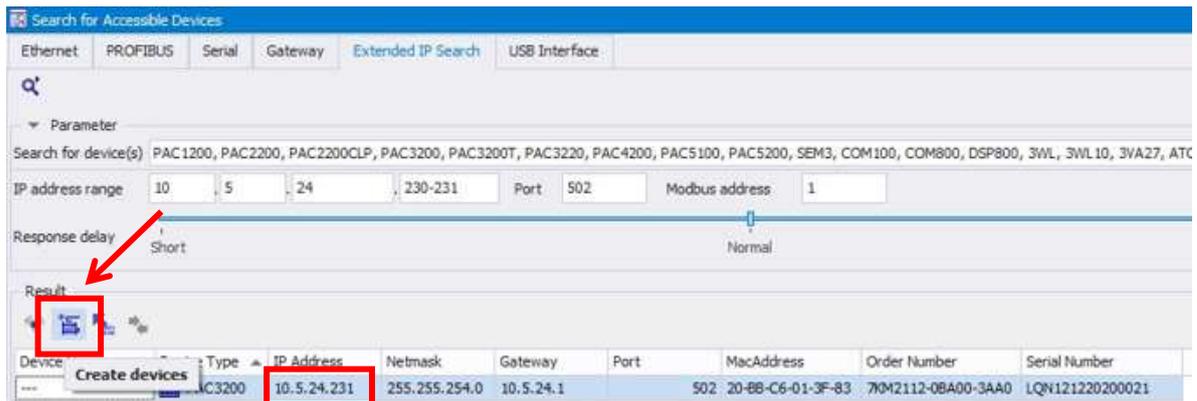
Figura 12 - Procura por dispositivos acessíveis na Ethernet



Fonte: a própria autora

Posteriormente, o Powerconfig listará o SENTRON PAC3200 encontrado, inclusive mostrando o endereço IP. Após isso, basta selecioná-lo e clicar em “*Create devices*”, a fim de cadastrar o dispositivo no programa. Estas descrições podem ser observadas na Figura 13.

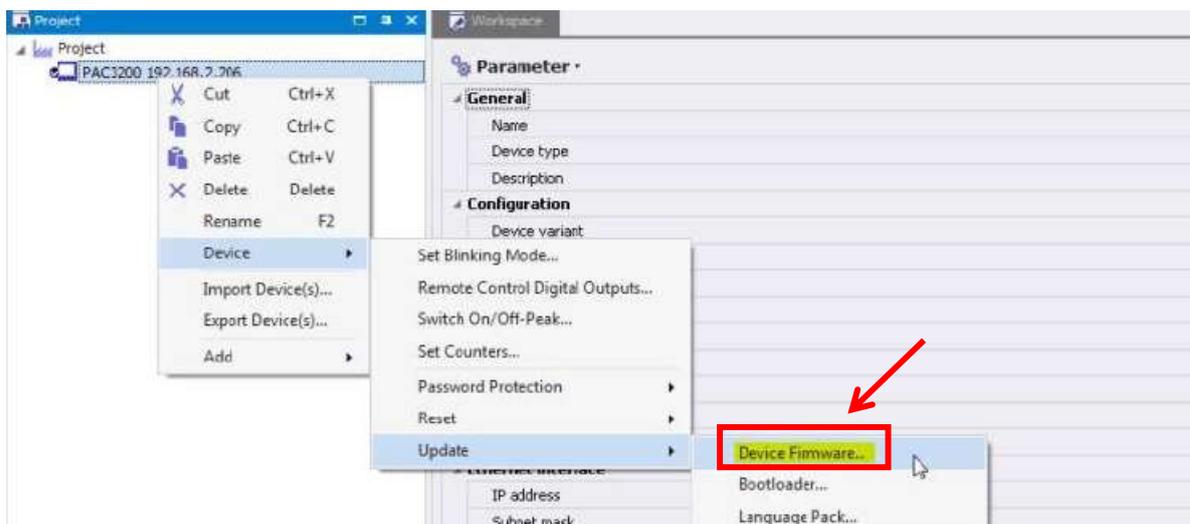
Figura 13 - Criação e cadastro do dispositivo



Fonte: a própria autora

Por fim, o *software* solicitará a atualização do dispositivo inserido. Para isso, basta selecionar o botão “*Device Firmware*”, indicado na Figura 14.

Figura 14 - Atualização do dispositivo



Fonte: a própria autora

A partir de então, é possível ter acesso a todos os parâmetros do multimetro, conforme ilustrado na Figura 15.

Figura 15 - Aba de parâmetros do SENTRON PAC3200

<b>General</b>	
Name	PAC3200 192.168.219.118
Device Type	PAC3200
Description	Multifunktionsmessgerät
<b>Configuration</b>	
Firmware	V 2.0
Device Variant	Power Supply > 80 Vdlt; Screw Terminals
Expansion Slot 1	PAC PR.FIBUS DP
<b>Device Information</b>	
Plant Identifier	
Location Identifier	
Installation Date	
Comment	
Signature	
<b>Manufacturer Information</b>	
<b>Communication</b>	
Device Interface	Ethernet RJ45
PC Interface	Ethernet
<b>Ethernet Interface</b>	
IP Address	10.100.120.89
Subnet Mask	255.0.0.0
Gateway	0.0.0.0
Protocol	Modbus TCP
MAC Address	00-00-00-9C-96-D7
<b>Expansion Slot 1</b>	
<b>PROFIBUS Interface</b>	
<b>Module Information</b>	
<b>Basic Settings</b>	
Connection Type	3P4W
<b>Voltage Input</b>	
<b>Current Input</b>	
<b>Advanced</b>	
Password Protection	No
<b>Limits</b>	
Universal Counter Source	Digital Input
<b>Integrated I/O</b>	
<b>Digital Input</b>	
<b>Digital Output</b>	
<b>Power Demand</b>	
Time Period (min)	15
Synchronization Mode	No Synchronization
<b>Display</b>	
Refresh Time (ms)	330
Contrast	5
Backlight Level "Bright"	3
Backlight Level "Dimmed"	1
Time until Dimmed (min)	3
<b>Language / Regional</b>	
Supported Languages	DE, EN, FR, ES, IT, PT, TR, RU, ZH
Language	Português
Phase Identifier	IEC (L1, L2, L3)

Fonte: a própria autora

### 3.2 Resultados e discussões

Após o multimedidor ser instalado, parametrizado e energizado, foi verificada a coerência das leituras dos parâmetros medidos por ele [7]. Realizou-se a checagem dos registros de tensão, corrente, potências, distorções harmônicas, fator de potência e energia, entre outras grandezas. A Figura 16 ilustra o dispositivo instalado no QGBT e sua tela de *display* na janela de potências trifásicas ativa, reativa e aparente.

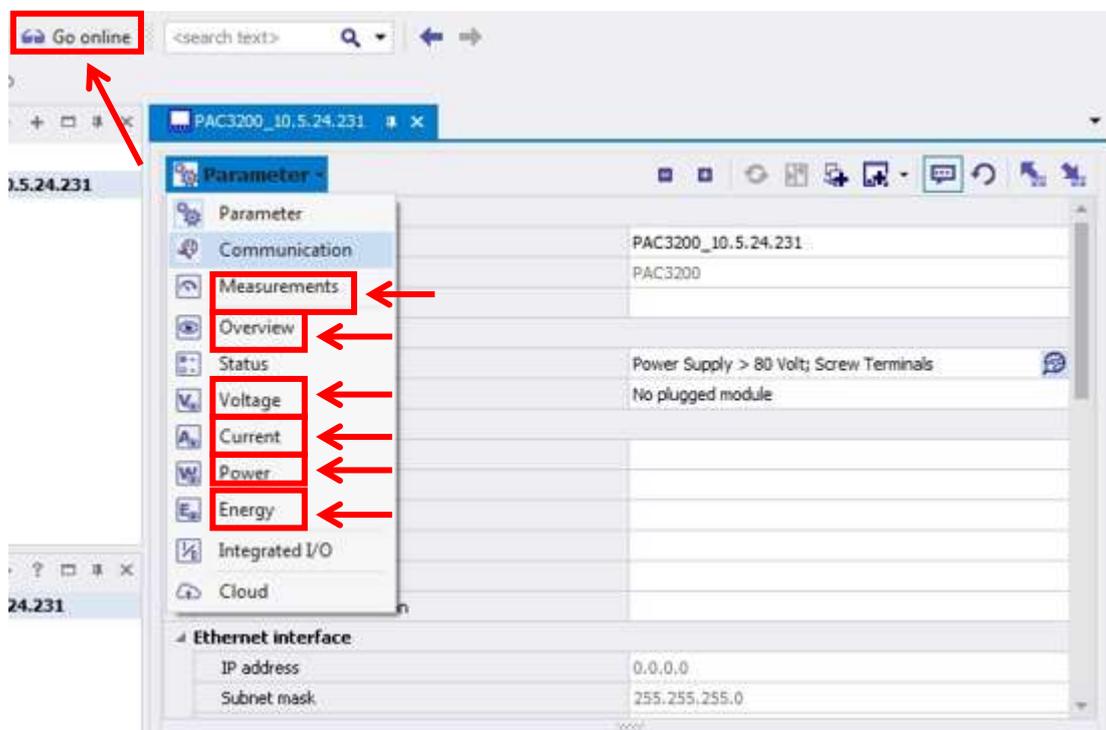
Figura 16 - SENTRON PAC3200 instalado no quadro de medição



Fonte: a própria autora

Depois de estabelecidas as configurações e parametrizações dos recursos envolvidos, implantação da rede de comunicação, cadastramento do multimetro no programa e conferência da operação correta do SENTRON PAC3200, torna-se possível monitorar as grandezas elétricas remotamente através do *software*, ao clicar no botão “Go online”, destacado na Figura 17. Nota-se que a cor da tela do Powerconfig sob esta condição altera-se para laranja, o que significa que se está online, conforme observado na Figura 18.

Figura 17 - Botões para monitoramento remoto das grandezas elétricas no Powerconfig



Fonte: a própria autora

A partir de então, será possível visualizar cada uma das grandezas elétricas disponibilizadas através do sistema de monitoramento remoto. Ao clicar no botão “Energy”, apontado na Figura 17, o usuário é dirigido para uma janela de mesmo nome. Observa-se, na Figura 18, em modo online, o consumo de energia do ponto de medição avaliado, através das leituras das energias ativa, reativa e aparente.

Figura 18 - Janela “Energy”

Energy -			
Tariff 1			
	Active Energy	Reactive Energy	Apparent Energy
Σ Import	657,28 kWh	325,78 kvarh	
Σ Export	1053290,14 kWh	572439,42 kvarh	
Σ			1229865,60 kVAh
Tariff 2			
	Active Energy	Reactive Energy	Apparent Energy
Σ Import	0,00 kWh	0,00 kvarh	
Σ Export	0,00 kWh	0,00 kvarh	
Σ			0,00 kVAh

Fonte: a própria autora

Já na aba “Power”, contemplam-se as medições dos fatores de potência e das potências ativas, reativas e aparentes, trifásicas e por fase, conforme ilustrado na Figura 19.

Figura 19 - Janela “Power”

The screenshot shows a software window titled 'PAC3200\_10.5.24.230'. The main content area is titled 'Power -' and contains two tables. The first table, 'Instantaneous Power', shows data for phases L1, L2, L3, and a total (Σ). The second table, 'Mean Values of the Power', shows maximum and minimum values for Active and Reactive Power.

Instantaneous Power				
	Active Power	Reactive Power VARn	Apparent Power	Power Factor
L1	7.114 kW	3.092 kvar	8.645 kVA	0.82
L2	4.824 kW	1.830 kvar	5.613 kVA	0.86
L3	6.608 kW	1.731 kvar	7.309 kVA	0.90
Σ	18.55 kW	6.653 kvar	21.57 kVA	0.86

Mean Values of the Power		
	Active Power	Reactive Power
Maximum	32.82 kW	10.48 kvar
Minimum	14.95 kW	6.438 kvar

Fonte: a própria autora

Na janela “Current”, Figura 20, pode-se visualizar as leituras instantâneas das correntes mínimas, máximas e atuais, de cada uma das fases, que percorrem o ponto aferido da instalação.

Figura 20 - Janela “Current”

The screenshot shows a software window titled 'PAC3200\_10.5.24.230'. The main content area is titled 'Current -' and contains a table titled 'Instantaneous Current'.

Instantaneous Current			
	Actual Value	Minima	Maxima
L1	33.53 A	0.000 A	216.3 A
L2	20.06 A	0.000 A	207.2 A
L3	26.50 A	0.000 A	224.2 A
Ø	26.70 A	0.000 A	215.9 A

Fonte: a própria autora

Na guia “Voltage”, é possível enxergar as medições instantâneas das tensões mínimas, máximas e atuais, de fase-neutro e fase-fase, da rede de alimentação trifásica, vide Figura 21.

Figura 21 - Janela “Voltage”

The screenshot shows a software window titled 'Voltage' with two data tables. The first table, 'Instantaneous Voltage L-N', shows phase-to-neutral voltages. The second table, 'Instantaneous Voltage L-L', shows phase-to-phase voltages. Both tables include columns for 'Actual Value', 'Minima', and 'Maxima'.

Instantaneous Voltage L-N			
	Actual Value	Minima	Maxima
L1-N	219.1 V	0.000 V	236.2 V
L2-N	218.9 V	0.000 V	236.3 V
L3-N	219.1 V	0.000 V	235.9 V
Ø	219.0 V	0.000 V	236.0 V

Instantaneous Voltage L-L			
	Actual Value	Minima	Maxima
L1-L2	379.3 V	0.000 V	409.0 V
L2-L3	379.3 V	0.000 V	408.7 V
L3-L1	379.5 V	0.000 V	408.8 V
Ø	379.4 V	233.7 V	408.7 V

Fonte: a própria autora

Na opção “*Overview*”, concebe-se uma visão resumida das leituras das tensões fase-neutro e fase-fase, correntes e potências ativas de cada uma das três fases da rede, além da energia ativa total, conforme visto na Figura 22.

Figura 22 - Janela “*Overview*”

The screenshot shows a software window titled "Overview" for device "PAC3200\_10.5.24.231". The window contains several data tables:

Plant identifier		Location identifier	
<b>Voltages L-N</b>			
L1-N	218.9 V		
L2-N	218.9 V		
L3-N	219.1 V		
Ø	219.0 V		
<b>Voltages L-L</b>			
L1-L2		379.1 V	
L2-L3		379.4 V	
L3-L1		379.4 V	
Ø		379.3 V	
<b>Currents</b>		<b>Active Power</b>	
L1	33.51 A	L1	6.100 kW
L2	20.09 A	L2	3.909 kW
L3	26.60 A	L3	5.425 kW
Ø	26.73 A	Σ	15.43 kW
<b>Energy Counters</b>			
Total Active Energy Import Tariff 1		657.98 kWh	
Total Active Energy Import Tariff 2		0.00 kWh	
Total Active Energy Export Tariff 1		1053290.14 kWh	
Total Active Energy Export Tariff 2		0.00 kWh	

Fonte: a própria autora

Por fim, dentro da guia “*Measurements*”, vislumbra-se todas as medições das grandezas elétricas que o multimedidor SENTRON PAC3200 consegue mensurar e transferir até o *Software Powerconfig*. A partir desta perspectiva mais abrangente e detalhada, é possível enxergar leituras de outras grandezas que ainda não foram abordadas, como: distorções harmônicas totais das tensões e correntes de fase (Figura 23), frequência da rede e amplitudes de desbalanceamento da tensão e corrente (Figura 24).

Figura 23 - Janela “*Measurements*”

Name	Value
Harmonic Distortion	
THD Current	
Actual Instantaneous Measurement Values	
THD Current L1	33.1 %
THD Current L2	11.0 %
THD Current L3	11.5 %
Greatest Measured Values	
Maximum THD Current L1	99.9 %
Maximum THD Current L2	99.8 %
Maximum THD Current L3	99.4 %
THD Voltage L-N	
Actual Instantaneous Measurement Values	
THD Voltage L1-N	1.8 %
THD Voltage L2-N	0.0 %
THD Voltage L3-N	1.8 %
Greatest Measured Values	
Maximum THD Voltage L1-N	41.7 %
Maximum THD Voltage L2-N	26.5 %
Maximum THD Voltage L3-N	13.8 %
Global Device Diagnostics	
Local Device Status	
Global Device Status	
Input Status	

Fonte: a própria autora

Figura 24 - Janela "Measurements"

Name	Value
Voltage L-N	
Actual Instantaneous Measurement Values	
Greatest Measured Values	
Lowest Measured Values	
Voltage L-L	
Current	
Power	
Energy	
Global Values	
Actual Instantaneous Measurement Values	
Net Frequency	59.99 Hz
Greatest Measured Values	
Maximum Net Frequency	126.8 Hz
Lowest Measured Values	
Minimum Net Frequency	1.000 Hz
ThreePhaseSystem	
Amplitude Unbalance Voltage	0.02 %
Amplitude Unbalance Current	25.10 %
Counter	
Cost Management	
Harmonic Distortion	
Global Device Diagnostics	
Local Device Status	

Fonte: a própria autora

De posse dos resultados mostrados a partir do piloto do sistema de monitoramento remoto de energia elétrica proposto neste trabalho, a motivação da situação problema do cenário descrito no primeiro capítulo foi atendida, pois através da ampliação deste piloto para os demais setores do complexo hospitalar, torna-se permitido o rateio e gerenciamento de energia online sem qualquer tipo de deslocamento aos quadros elétricos.

É importante ficar claro que o monitoramento em si não substitui nenhuma ação de eficiência energética, mas sim, serve como ferramenta propulsora de informações que podem ser úteis para implementação dessas ações. Além disso, permite realizar a conferência dos ganhos esperados com a implantação de medidas de eficiência e verificar se o consumo está dentro do planejado ou se são necessárias ações adicionais para otimizar o consumo. Os dados podem também responder o quanto de energia foi economizada por cada medida, bem como mostrar o momento em que elas fizeram efeito e se os desvios foram corrigidos.

A partir dessas e outras vantagens, comentadas no primeiro capítulo, que podem ser proporcionadas, torna-se claro o quanto esta ferramenta é relevante e até essencial para os consumidores que têm interesse em otimizar seus custos com a energia elétrica.

## 4 CONCLUSÃO

Com o piloto sugerido e aplicado na unidade de um complexo hospitalar, constatou-se que sua concepção foi validada, bem como se mostrou apta de ampliação em todos os setores do estabelecimento. Vimos que o monitoramento, controle e otimização do desempenho energético é possível graças ao uso de um sistema de gestão de energia. Esse sistema pode ser segmentado por área e têm a função de auxiliar os gestores a reduzir efetivamente o consumo, a fim de promover o uso eficiente de energia, o que impacta na redução de custos. O gerenciamento de energia elétrica parte de uma análise prévia sobre os hábitos de consumo, ao passo que mede e monitora grandezas elétricas, promovendo decisões de melhoria contínua em eficiência, agilidade e principalmente confiabilidade. Tal ferramenta sugere numerosos impactos positivos para as corporações, uma vez que passam a ter maior controle sobre o consumo de suas instalações e maior capacidade de identificar onde há desperdício de energia. Além disso, aumenta-se a produtividade dos profissionais responsáveis pela gestão, indicando o caminho para alcançar a eficiência operacional.

Através do processamento e envio remoto das medições registradas pelo multimedidor para a rede corporativa, foi possível acompanhar a leitura e monitoramento das grandezas elétricas, a fim de gerenciá-las e otimizá-las, diretamente a partir de um computador localizado na sede do hospital. Este projeto concedeu meios para estruturar uma metodologia simples, ágil e confiável de gestão energética. A principal intenção em oferecer aos usuários um recurso que os auxiliasse na economia e qualidade da energia elétrica foi alcançada.

A partir dos resultados obtidos, pode-se afirmar, então, que a implementação do sistema piloto de medição e monitoramento remoto de energia elétrica elucidado cumpriu de forma satisfatória o que era esperado, abrindo caminho para ampliação aos demais setores do estabelecimento abordado e, conseqüentemente, viabilizando ganhos significativos.

Como sugestão de trabalhos futuros e tendo como roteiro passos semelhantes aos descritos, este projeto piloto pode ser continuado para os demais setores do complexo hospitalar, bem como testado com um outro *software*, de preferência da própria Siemens, que promova alertas e relatórios com indicadores de desempenho

energético estratificados por setor. Dessa forma, teremos um sistema robusto com potencial de ser uma das mais relevantes soluções em termos de eficiência energética. Além disso, podem também ser feitos estudos de eficiência energética a partir deste sistema a fim de evidenciar suas vantagens.

## REFERÊNCIAS

1. HIOKA, O que é a medição setorial de energia? **Way2**, 2019. Disponível em: <<https://www.way2.com.br/blog/medicao-setorial/>>. Acesso em: 7 Junho 2022.
2. MONITORAMENTO de energia elétrica com IOT. **Afira**. Disponível em: <<https://www.afira.io/monitoramento-de-energia-eletrica-com-iot/>>. Acesso em: 18 Dezembro 2022.
3. DE SOUZA, O. O que é gestão de energia elétrica?, 2022. Disponível em: <<https://pt.linkedin.com/pulse/o-que-%C3%A9-gest%C3%A3o-de-energia-eletrica-osmarina-amancio-de-souza>>. Acesso em: 9 Agosto 2022.
4. ENERGIA. **Afira**. Disponível em: <<https://www.afira.io/energia/>>. Acesso em: 2 Dezembro 2022.
5. CORDEIRO, E. Por que o monitoramento de energia elétrica é importante? **Tractian**, 2022. Disponível em: <<https://tractian.com/blog/por-que-o-monitoramento-de-energia-eletrica-e-importante>>. Acesso em: 20 Agosto 2022.
6. SANTOS, F. Faça uma auditoria energética à sua empresa. **Galp**, 2023. Disponível em: <<https://galp.com/pt/pt/empresas/blog/blog-post/faca-uma-auditoria-energetica-a-sua-empresa>>. Acesso em: 25 Fevereiro 2023.
7. PINTO, W. **SISTEMA DE MONITORAMENTO E GERENCIAMENTO REMOTO DE ENERGIA ELÉTRICA**, Juiz de Fora, 05 Julho 2019. 1-188.
8. VOCÊ sabe o que é Smart Grid?. **GE Reports Brasil**, 2016. Disponível em: <<https://gereportsbrasil.com.br/voc%C3%AA-sabe-o-que-%C3%A9-smart-grid-tire-suas-d%C3%BAvidas-no-ge-reports-brasil-191fc22998c4>>. Acesso em: 9 Setembro 2022.
9. TURELLA, R. Monitoramento de Energia: tudo que você precisa saber! **CUBI Energia**, 2018. Disponível em: <<https://www.cubienergia.com/monitoramento-de-energia/>>. Acesso em: 19 Novembro 2022.
10. ANEEL. Resolução Normativa ANEEL Nº 414/2010, 2010. Disponível em: <<https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=112868>>. Acesso em: 7 Dezembro 2022.
11. MEDIÇÕES de Energia. **APDS Consultoria e Serviços de Engenharia Elétrica**. Disponível em: <<https://www.apdsengenharia.com.br/medicoesdeenergia>>. Acesso em: 5 Dezembro 2022.
12. LINHARES, M. **DESENVOLVIMENTO DE MULTIMEDIDOR ELETRÔNICO DE ENERGIA ELÉTRICA**, Caxias do Sul, 10 Dezembro 2015. 1-77.
13. OZUR, F.; PEREIRA, T.; CORREA, J. **CONTROLE DE DEMANDA DE ENERGIA ELÉTRICA**, Belo Horizonte, 30 Dezembro 2011. 1-12.
14. SIEMENS. GERENCIAMENTO DE ENERGIA, 2017. Disponível em: <<https://silo.tips/download/gerenciamento-de-energia-answers-for-industry>>. Acesso em: 15 Outubro 2022.
15. SIEMENS. Manual do aparelho Multimetro SENTRON PAC3200. **Siemens**, 2008. Disponível em: <[https://cache.industry.siemens.com/dl/files/150/26504150/att\\_906554/v1/A5E01168664-F-03\\_PT\\_122016\\_201612221316310894.pdf](https://cache.industry.siemens.com/dl/files/150/26504150/att_906554/v1/A5E01168664-F-03_PT_122016_201612221316310894.pdf)>. Acesso em: 22 Julho 2022.

16 SIEMENS. PRECISÃO E CONFIABILIDADE EM SISTEMAS ELÉTRICOS. Disponível em: <<https://docplayer.com.br/67048808-Precisao-e-confiabilidade-em-sistemas-eletricos.html>>. Acesso em: 4 Janeiro 2023.