

## IOT APLICADA PARA MONITORAMENTO ENERGÉTICO NA INDÚSTRIA

Altamir Passos dos Santos<sup>1</sup>  
Danilo dos Santos Queiroz<sup>2</sup>  
Erick Diego Araujo SilvaGonçalves<sup>3</sup>  
Yuri Ferreira Montenegro<sup>4</sup>  
Antônia Ferreira dos Santos Cruz<sup>5</sup>  
Gilson Amorim Crvalho<sup>6</sup>  
Raul Cesar Mello dos Santos<sup>7</sup>

### RESUMO

A indústria é um dos setores que mais consomem energia elétrica. Assim, torna-se essencial o monitoramento do consumo energético, tanto para identificar oportunidades de redução de custos quanto para realizar melhoria da eficiência energética. A Internet das Coisas é um conjunto de hardwares e softwares que permite a coleta e análise de dados em tempo real, possibilitando o monitoramento eficiente do consumo de energia. Dessa forma, este artigo objetiva apresentar um estudo sobre o uso da IoT para monitoramento energético na indústria. Para isso foi realizado um estudo de caso sobre o consumo de energia elétrica de uma fábrica que passou a utilizar essa tecnologia para monitorar os dados da subestação. Além disso, o trabalho possibilitou verificar a importância dessas inovações tecnológicas dentro do segmento industrial.

**PALAVRAS-CHAVE:** IoT, Monitoramento, Energético, Energia, Eficiência Energética.

### 1 INTRODUÇÃO

A indústria 4.0 é uma nova etapa da evolução industrial que traz consigo a convergência entre a tecnologia da informação e comunicação com o processo produtivo, tendo como finalidade tornar as empresas mais eficientes, flexíveis e competitivas. Nesse contexto, o conceito de Internet das Coisas (IoT) surge como uma das principais tecnologias habilitadoras da indústria 4.0.

A IoT pode ser definida como um conjunto de dispositivos conectados à internet que são capazes de coletar e trocar informações entre si e com os sistemas de gestão da empresa.

<sup>1</sup> Bacharelado em Engenharia Elétrica pelo Centro Universitário Jorge Amado, altamirps14@hotmail.com

<sup>2</sup> Bacharelado em Engenharia Elétrica pelo Centro Universitário Jorge Amado, dansantos\_01@hotmail.com

<sup>3</sup> Bacharelado em Engenharia Elétrica pelo Centro Universitário Jorge Amado, araujo.erick4@gmail.com

<sup>4</sup> Bacharelado em Engenharia Elétrica pelo Centro Universitário Jorge Amado, yurymontenegro@hotmail.com

<sup>5</sup> Orientadora Professora Msc, Professora Titular do Centro Universitário Jorge Amado, E-mail:acruz1107@unijorge.pro.br

<sup>6</sup> Co-Orientador Professor Titular do Centro Universitário Jorge Amado, E-mail:gilson.carvalho@unijorge.edu.br

<sup>7</sup> Co-Orientador Coordenador e Professor Titular do Centro Universitário Jorge Amado, E-mail:raul.mello@unijorge.edu.br

Esses dispositivos podem ser sensores, atuadores, controladores de processo, entre outros, que estão integrados aos equipamentos e máquinas da linha de produção.

Um dos benefícios da IoT para monitoramento energético na indústria é a possibilidade de acompanhar remotamente o consumo de energia. Os sensores IoT podem ser instalados em equipamentos e maquinários em toda a fábrica, coletando dados em tempo real e enviando-os para uma plataforma central. Isso permite o monitoramento e controle do consumo de energia, identificando rapidamente qualquer problema de eficiência energética e tomando medidas para corrigi-lo.

Segundo o Balanço Energético Nacional (BEN) do ano de 2022, a indústria é o segundo maior consumidor dentre todos os setores, sendo responsável por 32,3% do consumo total. Diante deste dado pode-se considerar a importância do monitoramento energético nas plantas industriais.

A relevância deste trabalho justifica-se, pois, o monitoramento de energia torna cada vez mais visível os problemas que, por muitas vezes, são críticos na gestão industrial, como por exemplo excedente de demanda e fator de potência baixo. Desta forma este artigo tem como objetivo realizar uma análise sobre a aplicação da Internet das Coisas no monitoramento energética na indústria.

Ademais, para fundamentar as ideias propostas neste trabalho foram utilizados os conceitos de IoT. A interação entre dispositivos é fundamental para a formação de uma rede *mesh*, que pode ser composta por diversas conexões ponto a ponto e realizar o roteamento dos dados com base no endereço físico de cada dispositivo na segunda camada do modelo OSI, conforme apontado por FACCIN et al. (2008 apud ABEL, 2019). Esses conceitos de interconexão de dispositivos são essenciais para o desenvolvimento de soluções de IoT e podem ser aplicados em diversas áreas, incluindo a monitoração de subestações elétricas.

Para atingir o objetivo deste trabalho foi realizado um estudo de caso. O objeto de pesquisa escolhido foi uma fábrica de papel e celulose localizada em São Paulo, que implantou, no mês de agosto de 2022, um medidor de grandezas elétricas devido a necessidade da utilização do monitoramento remoto para que esses dados fossem agregados na matriz da empresa situada fora do Brasil.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 2.1 Internet of Things - IoT

O conceito de IoT (*Internet of Things*) refere-se a uma tecnologia que permite a conexão de dispositivos à internet, possibilitando a coleta de dados em tempo real, o

controle remoto de processos e sistemas. Segundo Gokhale, O. Bhat e S. Bhat (2018, p. 41) a Internet das Coisas é “uma rede de objetos físicos – dispositivos, instrumentos, veículos, edifícios e outros itens incorporados com eletrônicos, circuitos, software, sensores e conectividade de rede que permitem que esses objetos colem e troquem dados”. Essa tecnologia tem sido amplamente utilizada no monitoramento energético em diversos setores, incluindo a indústria, a infraestrutura urbana e edifícios comerciais e residenciais.

O monitoramento energético é uma ferramenta essencial para a gestão de energia, permitindo a identificação de oportunidades de melhoria na eficiência energética e a redução de custos. A IoT permite a coleta de dados de consumo energético em tempo real, fornecendo informações precisas sobre as grandezas elétricas (tensão, corrente, potência, fator de potência, etc) em diferentes sistemas e processos. Esses dados podem ser usados para identificar padrões de consumo, detectar desperdícios, otimizar a vida útil dos equipamentos e a gestão das equipes de manutenção.

A Internet das Coisas tem um grande potencial para o monitoramento em diferentes setores. Na indústria, a implementação da IoT permite às empresas focarem na eficiência energética, reduzir os custos, melhorar a produtividade e o melhor desempenho competitivo no mercado.

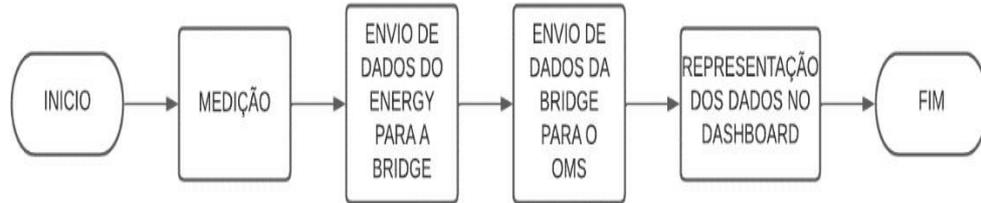
Assim, a utilização de conceitos de IoT permite a criação de uma rede de dispositivos interconectados que possibilita a coleta e o envio de dados em tempo real para análise e tomada de decisão. No caso específico de subestações elétricas, isso pode permitir a identificação e prevenção de possíveis falhas, além da otimização do uso dos recursos disponíveis e melhoria da eficiência operacional.

A citação apud ABEL (2019) apresenta uma das formas possíveis de implementar essa arquitetura de rede, por meio de uma *rede mesh*, que possibilita a conexão ponto a ponto entre os dispositivos e o roteamento dos dados com base no endereço físico de cada um através de diversos dispositivos, plataforma e protocolos específicos a seguir:

### **2.1.1 Dispositivo *One Bridge***

Este equipamento denominado de *One bridge* é um *gateway* de comunicação com a função de transmitir os dados adquiridos por meio do *One Energy Meter* instalados em campo os dados são enviados para a plataforma de dados chamada de *One Management System*. Na Figura 1 é possível ver a representação dos passos que são seguidos para o monitoramento dos dados e a tecnologia *One bridge* está representada na Figura 2.

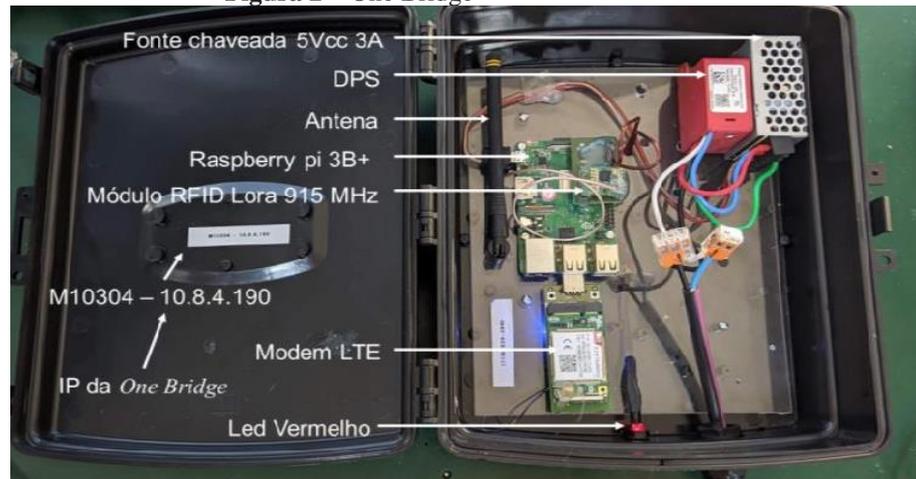
**Figura 1** – Fluxograma do processo de transmissão de dados



Fonte: Elaborado pelos autores .

Sua construção interna utiliza um *raspberry pi 3B+*, módulo RFID Lora 915 MHz, uma antena para aumentar o alcance do RFID, dispositivo protetor de surto (DPS), uma fonte chaveada 5Vcc de 3A, um modem ou cabo rj45 para conectar o *gateway* a internet e por fim um led vermelho indicador de status que pisca com intervalos curtos indicando que o *firmware* está atuando normalmente, recebendo dados do *Energy Meter* e enviando para o dashboard *One Management System (OMS)*.

**Figura 2** – One Bridge

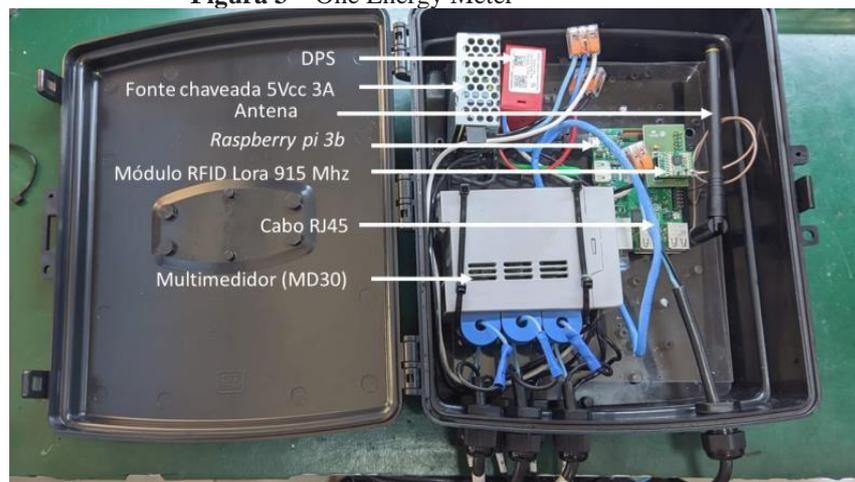


Fonte: Elaborado pelos autores do estudo.

## 2.1.2 One nergy Meter

O dispositivo em questão é responsável pela medição de grandezas elétricas e transmissão de telemetrias à *One Bridge*. Para realizar tal tarefa, o dispositivo é equipado com um medidor trifásico modelo Embrasul MD-30 e um microcomputador Raspberry Pi 3B+, os quais se comunicam através do protocolo Modbus TCP/IP, os dispositivos realizam a transferência de dados por meio de um cabo RJ45. O Raspberry Pi 3B+ é responsável por interpretar os dados transmitidos pelo protocolo, e converter as informações em sinais sem fio, que serão entregues aogateway de comunicação para serem gerenciados na plataforma de *dashboard*. Fisicamente o *One Energy Mater* esta apresentado na Figura 3.

**Figura 3 – One Energy Meter**

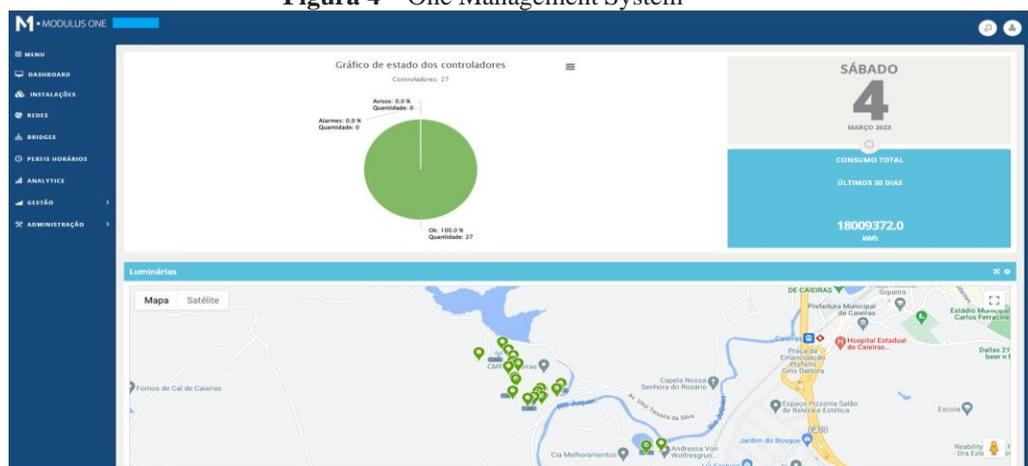


Fonte: Elaborado pelos autores do estudo.

### 2.1.3 One Management System - OMS

A plataforma em referência, Figura 4, consiste em uma interface que tem como propósito gerenciar e configurar os dispositivos instalados em campo, com o intuito de proporcionar um controle interno eficiente dos mesmos e permitir a realização adequada dos testes de comissionamento. É relevante salientar que tal plataforma é integralmente online, apresentando um formato de *dashboard*, e hospedada em um servidor brasileiro, com um espelhamento em Amsterdã.

**Figura 4 – One Management System**



Fonte: Disponível em <<https://oms.modulusone.com/>> Acesso em: 02 de mar de 2023.

### 2.1.4 Protocolo LoRa Mesh

O protocolo LoRa (*Long Range*) é uma tecnologia de comunicação sem fio de longo alcance, amplamente utilizada em aplicações de IoT. Ela foi desenvolvida pela



sensores e atuadores para monitorar e controlar.

Em resumo, a topologia mesh do protocolo LoRa é uma solução eficaz para criar redes de dispositivos sem fio em ambientes dinâmicos e em larga escala, permitindo a criação de redes autônomas e auto-organizadas, capazes de se adaptar a mudanças na topologia da rede e suportar grande quantidade de dispositivos. Essa tecnologia tem um grande potencial para aplicações de IoT em diferentes setores, incluindo a indústria, a agricultura, as cidades inteligentes, entre outros.

## 3 ESTUDO DE CASO

### 3.1 Local do Monitoramento

O presente estudo de caso foi conduzido em uma unidade industrial de fabricação de papele celulose situada em Caieiras-SP. A referida instalação possui um sistema de alimentação elétrica composto por duas entradas de energia trifásica de alta tensão que são denominadas Caieiras Velha e Caieiras Nova, com tensão de entrada 138 kV, que ao passar por essa subestação são reduzidas para 13,8 kV. Essas fontes de energia alimentam as diversas unidades consumidoras presentes na fábrica, garantindo o suprimento elétrico necessário para o pleno funcionamento das operações industriais.

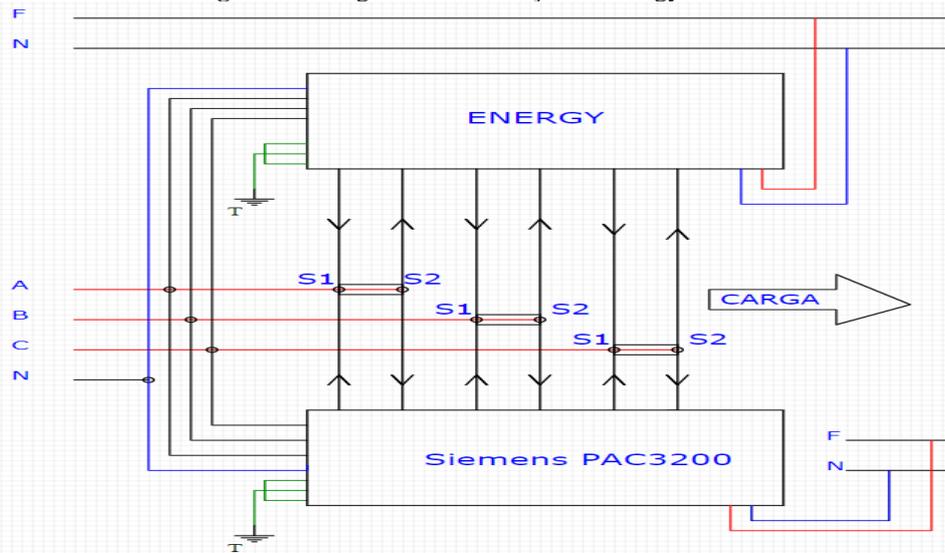
### 3.2 Metodologia

Para este estudo, fez-se necessário a realização da análise do perfil energético das duas entradas de alimentação, com a coleta de dados remota através do *One Energy Meter* instalados nos painéis de medição da subestação, foi determinado o período de um mês para demonstrar o funcionamento do sistema.

O monitoramento energético consiste na observação das telemetrias pontuais dos dados, que mostram o comportamento do consumo nas duas entradas consumidoras denominadas de Caieiras Velha e Caieiras Nova, essa análise produz informações detalhadas baseando se no consumo por demanda.

O *One Energy Meter* foi acoplado ao multimedidor Siemens PAC3200 presente nos quadros de medição dessa subestação, a partir deste ponto o gestor responsável pelo controle energético tem medições instantâneas as quais se tornarão importantes para monitorar o uso da demanda, visto que os principais objetivos são a não ultrapassagem de demanda e o mau uso da energia elétrica. Diagrama de instalação conforme Figura 6.

Figura 6 – Diagrama de instalação do energy meter



Fonte: Elaborado pelos autores

Na figura 7 e 8 é possível ter uma visão geral do *dashboard* onde são agregados os dados do One Energy Meter.

Figura 7 – Visão geral *dashboard* Caieiras Velha



Fonte: Disponível em <<https://analytics.modulusone.com/>> Acesso em: 02 de mar de 2023

Figura 8 – Visão geral *dashboard* Caieiras Nova



Fonte: Disponível em <<https://analytics.modulusone.com/>> Acesso em: 02 de mar de 2023

Os dados coletados foram extraídos para uma planilha na ferramenta Excel, onde foi possível mostrar em formato de tabela o consumo diário, a média diária do fator de potência

entres fases de Caieiras Velha e Caieiras Velha (Tabela 1).

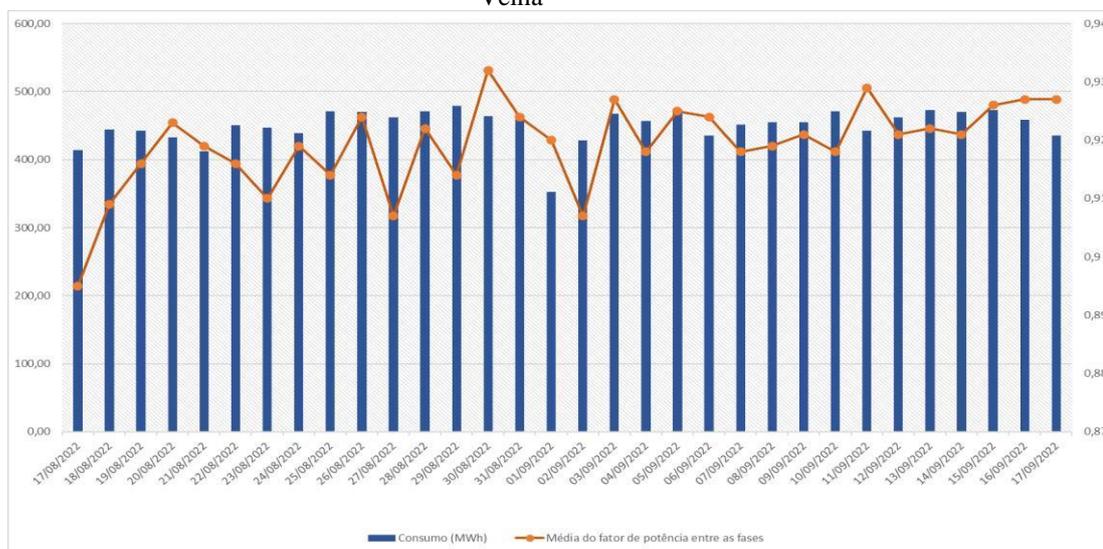
**Tabela 1** – Consumo diário e média diária do fator de potência entre as fases.

Caieiras Velha			Caieiras Nova		
Data	Consumo (MWh)	Média do fator de potência entre as fases	Data	Consumo (MWh)	Média do fator de potência entre fases
01/09/2022	352,18	0,92	01/09/2022	176,60	0,902
02/09/2022	428,31	0,907	02/09/2022	88,80	0,892
03/09/2022	467,31	0,927	03/09/2022	155,46	0,887
04/09/2022	456,55	0,918	04/09/2022	154,58	0,881
05/09/2022	473,24	0,925	05/09/2022	155,90	0,89
06/09/2022	435,38	0,924	06/09/2022	134,10	0,892
07/09/2022	451,03	0,918	07/09/2022	160,53	0,89
08/09/2022	455,2	0,919	08/09/2022	163,48	0,897
09/09/2022	455,03	0,921	09/09/2022	154,56	0,915
10/09/2022	470,77	0,918	10/09/2022	163,32	0,9
11/09/2022	442,41	0,929	11/09/2022	170,59	0,899
12/09/2022	461,66	0,921	12/09/2022	172,73	0,901
13/09/2022	473,13	0,922	13/09/2022	184,12	0,908
14/09/2022	469,68	0,921	14/09/2022	186,82	0,908
15/09/2022	472,36	0,926	15/09/2022	185,57	0,908
16/09/2022	458,27	0,927	16/09/2022	187,77	0,915
17/09/2022	435,48	0,927	17/09/2022	188,32	0,916
MÉDIA	450,53	0,921	MÉDIA	169,31	0,902

Fonte: Elaborado pelos autores do estudo.

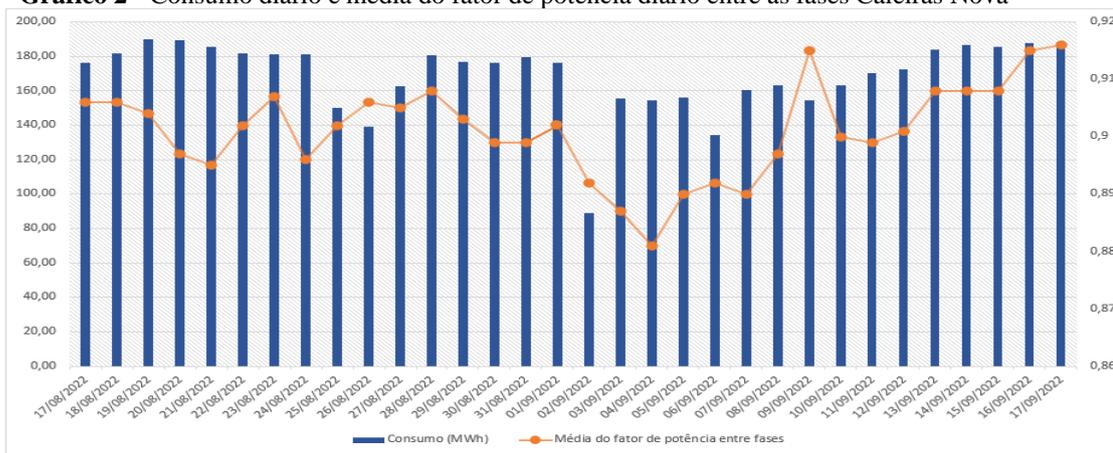
A partir dos dados da plataforma é possível evidenciar o consumo diário de energia elétrica e a média do fator de potência entre as fases, para facilitar a observação dos dados os pesquisadores optaram por extrair os dados e dividir Gráficos 1 e 2 com base na tabela anterior.

**Gráfico 1** - Consumo diário e média do fator de potência diário entre as fases em Caieiras Velha



Fonte: Elaborado pelos autores do estudo.

**Gráfico 2 - Consumo diário e média do fator de potência diário entre as fases Caieiras Nova**



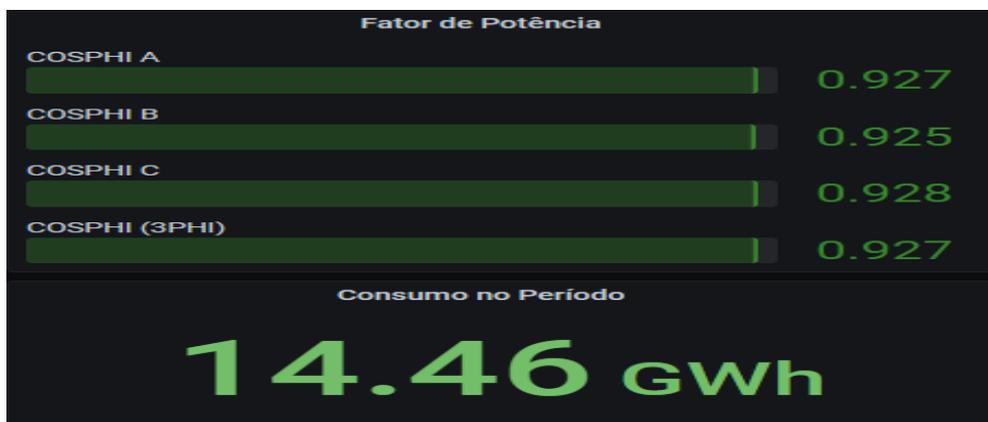
Fonte: Elaborado pelos autores do estudo.

Observa-se que, para ambas entradas de alimentação, o consumo diário oscilou ao longo do período, mas manteve-se relativamente estável em torno de uma média de 450 MWh para Caieiras Velha e 170 MWh para Caieiras Nova. Em contraste, a média do fator de potência entre as fases variou significativamente entre os dias. Para Caieiras Velha, a média do fator de potência ficou em torno de 0,92, enquanto para Caieiras Nova foi em torno de 0,90.

As figuras 9 e 10 apresentam o *dashboard* da aplicação de monitoramento energético por meio da IoT na indústria. O dashboard é a interface visual que permite aos usuários monitorar e controlar o consumo de energia da empresa em tempo real.

Um dashboard nada mais é do que um painel que reúne informações importantes para determinada empresa. A centralização de tais indicadores contribui para a análise e comparação de dados e desempenho, culminando em um melhor relatório de desempenho e otimização de processos.

**Figura 9 – Fator de potência e de consumo no período da planta Caieiras Velha.**



Fonte: Disponível em <<https://analytics.modulusone.com/>> Acesso em: 02 de mar de 2023.

**Figura 10** – Gráfico do fator de potência e de consumo no período da planta Caieiras Nova.



Fonte: Disponível em <<https://analytics.modulusone.com/>> Acesso em: 02 de mar de 2023.

A análise desses dados permite destacar a importância da IoT no monitoramento energético, visando a manutenção do fator de potência na eficiência energética de um sistema elétrico. Um fator de potência baixo significa que há uma ineficiência no uso da energia, o que pode levar a um aumento do custo da energia elétrica. Por isso, é importante monitorar constantemente o fator de potência e adotar medidas corretivas, para mantê-lo em níveis adequados. Além disso, a análise dos dados de consumo diário é fundamental para identificar padrões e oportunidades de economia de energia, como a adoção de práticas de eficiência energética.

A Tabela 2 apresenta as tensões elétricas em quilovolts (kV) das fases A, B e C em dois pontos distintos do sistema elétrico de Caieiras: Caieiras Velha e Caieiras Nova. Os valores são referentes ao período de 17 de agosto de 2022 a 17 de setembro de 2022. Os dados são relevantes para avaliar a qualidade do fornecimento de energia elétrica nessas localidades.

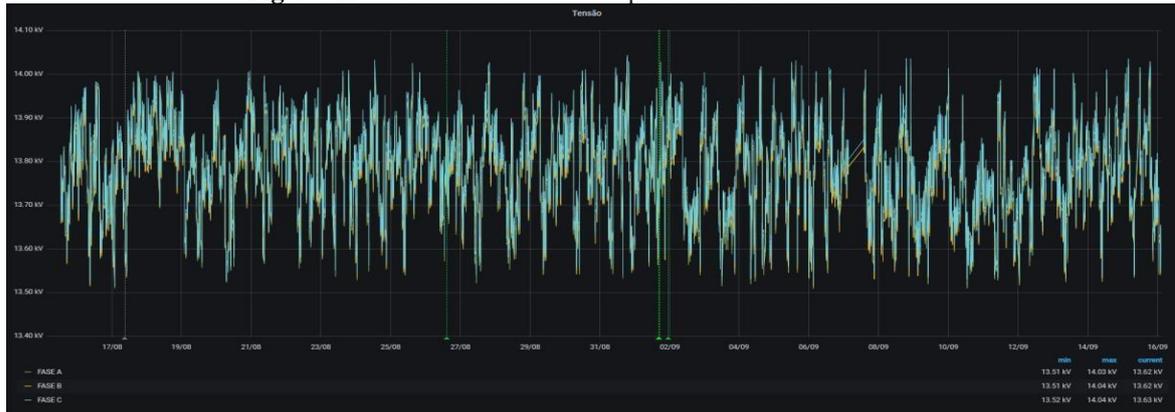
**Tabela 2** – Tabela da variação de tensão mínima, média, máxima.

PERÍODO 17/08/2022 A							
Caieiras Velha				Caieiras			
Tensão (kV)	Fase A	Fase B	Fase C	Tensão (kV)	Fase A	Fase B	Fase C
Mínima	13,51	13,51	13,52	Mínima	12,98	13,00	13,00
Máxima	14,03	14,04	14,04	Máxima	14,01	14,03	14,03
Média	13,77	13,775	13,78	Média	13,495	13,515	13,515

Fonte: Elaborado pelos autores .

A Figura 11 apresentada logo a seguir representa as variações de tensão de três fases elétricas do período definido anteriormente no estudo. A coleta de dados foi realizada diariamente, e as médias das tensões das fases A, B e C foram registradas. O objetivo do gráfico é mostrar as flutuações nas tensões elétricas ao longo do tempo e, com isso, identificar padrões de comportamento que possam afetar o desempenho dos equipamentos elétricos.

**Figura 11 - Gráfico das tensões da planta Caieiras Velha**



Fonte: Disponível em <<https://analytics.modulusone.com/>> Acesso em: 02 de mar de 2023.

A Tabela 3 apresenta os dados de corrente elétrica em Caieiras Velha e Caieiras Nova no período do estudo. Os dados foram obtidos a partir de medições realizadas em três fases denominadas (A, B e C) em cada uma das localidades.

Os valores apresentados na tabela representam a média das medições realizadas em cada dia, tanto em Caieiras Velha quanto em Caieiras Nova. A média do período de medição para Caieiras Velha foi de 860 A (fase A), 870 A (fase B) e 867 A (fase C). Já em Caieiras Nova, a média foi de 339 A (fase A), 342 A (fase B) e 347 A (fase C). Os dados apresentados na Tabela 3 são relevantes para o estudo do comportamento da corrente elétrica em ambas as localidades, permitindo uma análise comparativa da corrente elétrica em diferentes momentos do período de medição.

**Tabela 3 – Média diária da corrente elétrica nos dois quadros de medição.**

CAIERAS VELHA				CAIERAS NOVA			
DATA	MÉDIA	MÉDIA	MÉDIA	DATA	MÉDIA	MÉDIA	MÉDIA
01/09/2022	867	870	873	01/09/2022	344	347	351
02/09/2022	879	886	885	02/09/2022	270	273	276
03/09/2022	891	891	897	03/09/2022	309	312	316
04/09/2022	868	877	874	04/09/2022	310	315	318
05/09/2022	887	908	894	05/09/2022	313	316	320
06/09/2022	886	894	894	06/09/2022	304	307	312
07/09/2022	855	873	863	07/09/2022	318	321	326
08/09/2022	865	880	872	08/09/2022	322	325	330
09/09/2022	874	881	883	09/09/2022	335	338	343
10/09/2022	887	897	896	10/09/2022	322	326	330
11/09/2022	880	894	891	11/09/2022	336	340	344
12/09/2022	874	883	881	12/09/2022	341	344	348
13/09/2022	889	885	897	13/09/2022	362	365	370
14/09/2022	886	890	893	14/09/2022	366	369	374
15/09/2022	879	890	887	15/09/2022	365	368	373
16/09/2022	866	875	873	16/09/2022	365	368	373
17/09/2022	859	870	866	17/09/2022	366	370	374
<b>MÉDIA DO PERÍODO</b>	<b>860</b>	<b>870</b>	<b>867</b>	<b>MÉDIA DO PERÍODO</b>	<b>339</b>	<b>342</b>	<b>347</b>

Fonte: Elaborado pelos autores do estudo

O conjunto de dados apresentados na tabela refere-se à variação média de corrente em Caieiras Velha e Caieiras Nova. Para facilitar a compreensão e visualização desses dados, podemos construir um gráfico de linhas, onde cada linha representa a média de corrente de cada fase (A, B e C) ao longo do tempo.

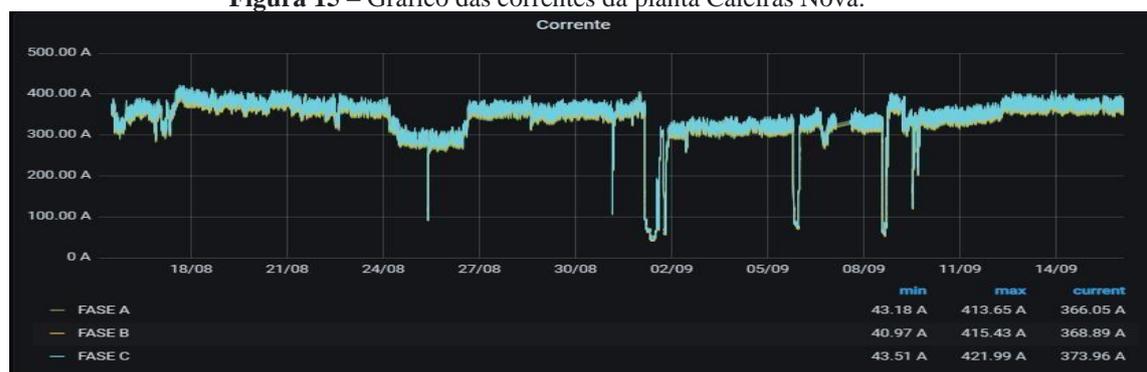
Através da Figura 14 e 15, é possível observar a variação diária da corrente elétrica em cada fase da instalação, bem como a sua média ao longo do período.

**Figura 14** – Gráfico das correntes planta Caieiras Velha



Fonte: Disponível em <<https://analytics.modulusone.com/>> Acesso em: 02 de mar de 2023.

**Figura 15** – Gráfico das correntes da planta Caieiras Nova.



Fonte: Disponível em <<https://analytics.modulusone.com/>> Acesso em: 02 de mar de 2023.

A Tabela 4 apresenta dados de potência elétrica em duas subestações de energia na cidade de Caieiras, sendo a primeira subestação denominada "Caieiras Velha" e a segunda "Caieiras Nova". Os valores de potência são apresentados em Megawatts (MW) e estão organizados em três colunas, representando as fases A, B e C. A coluna "Máximo" indica a potência máxima atingida em cada uma das fases durante o período analisado, enquanto a coluna "Total" indica a potência total consumida pelas subestações.

No caso da entrada de alimentação denominada de Caieiras Velha, a potência máxima atingida durante o período analisado foi de 7,01 MW na fase A, 7,08 MW na fase B e 7,08 MW na fase C. Já a potência total consumida pela subestação foi de 21,18 MW. Por sua vez, Caieiras Nova, a potência máxima atingida foi de 2,84 MW na fase A, 2,87 MW na fase B e 2,94 MW na fase C. A potência total consumida por esta subestação foi de 8,66

MW. Seguida das figuras 16 e 17 onde são apresentados os gráficos do histórico de potência registrados diariamente.

**Tabela 4 – Potência ativa nas fases da subestação**

Caieiras Velha				Caieiras Nova			
Potência (MW)	Fase	Fase	Fase	Potência (MW)	Fase	Fase	Fase
<b>Máximo</b>	7,01	7,08	7,08	<b>Máximo</b>	2,84	2,87	2,94
<b>Total</b>	21,18			<b>Total</b>	8,66		

Fonte: Elaborado pelos autores do estudo.

**Figura 16 – Gráfico da potência ativa planta Caieiras Velha**



Fonte: Disponível em <<https://analytics.modulusone.com/>> Acesso em: 02 de mar de 2023.

**Figura 17 – Gráfico da potência ativa planta Caieiras Nova**



Fonte: Disponível em <<https://analytics.modulusone.com/>> Acesso em: 02 de mar de 2023.

## 4 CONCLUSÃO

A Indústria 4.0, com o conceito de Internet das Coisas, representa uma nova era da evolução industrial, que traz inúmeras oportunidades para tornar as empresas mais eficientes e competitivas. Neste contexto, a aplicação da IoT no monitoramento energético na indústria é fundamental, uma vez que a indústria é o segundo maior consumidor de energia dentre todos os setores, de acordo com o Balanço Energético Nacional. O monitoramento de energia permite identificar rapidamente qualquer problema de eficiência energética e tomar medidas para corrigi-lo, o que pode levar a uma redução significativa de custos e a um aumento na eficiência da produção.

A importância deste trabalho justifica-se ainda mais pela visibilidade que o

monitoramento energético traz para os problemas críticos na gestão industrial, como excedente de demanda e fator de potência baixo. Neste sentido, a Internet das Coisas apresenta-se como uma tecnologia habilitadora essencial, capaz de coletar e trocar informações entre os dispositivos conectados à internet, como sensores, atuadores e controladores de processo.

Para fundamentar as ideias propostas neste trabalho, foram utilizados os conceitos de interconexão de dispositivos, fundamentais para o desenvolvimento de soluções de IoT em diversas áreas, incluindo a monitoração de subestações elétricas. Além disso, foi realizado um estudo de caso em uma fábrica de papel e celulose localizada em São Paulo, que implantou um medidor de grandezas elétricas para o monitoramento remoto dos dados, agregados na matriz da empresa situada fora do Brasil.

Em conclusão, a aplicação da IoT no monitoramento energético na indústria é essencial para a redução de custos e aumento da eficiência da produção. A interconexão de dispositivos é fundamental para a formação de uma rede mesh capaz de coletar e trocar informações em tempo real. Por meio do estudo de caso realizado, fica evidente que a IoT é uma tecnologia habilitadora que apresenta resultados significativos para a gestão de energia em plantas industriais, permitindo a identificação rápida de problemas e a tomada de medidas corretivas.

## REFERÊNCIAS

Abel, M. G. (2019). **Protocolo de comunicação de topologia mesh utilizando radiofrequência por modulação LORA**. Monografia de Trabalho de Conclusão de Curso II, Universidade do Vale do Taquari - Univates, Lajeado. 28 Fev. 2023.

**EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA**. Ministério de minas e energia. **Balço Energético Nacional**. Brasília, 2022 p. 23.

**KHAN, M. et al. Internet of Things (IoT)-enabled industrial energy management: A review. Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 113, p. 109309, 2019.

**P. Gokhale, O. Bhat and S. Bhat, Introduction to IOT, International Advanced Research Journal in Science, Engineering and Technology**, vol 5, pp. 41-44, 2018.

**O SETOR ELÉTRICO**. Edição 93- Outubro de 2013. **Aula prática – Redes Inteligentes** Por Murilo Larroza Fonseca, Lucas Torri, Marcelo Götz e Carlos Eduardo Pereira.

Disponível em: <https://www.osetoreletrico.com.br/medicao-eletronica-de-eletricidade/>

RADIOENGE. LoRaMESH Gateway. **Manual Técnico: Rev. 4 Fev. 2022.** Disponível em: <https://www.radioenge.com.br/storage/2021/08/manual-modulo-loramesh-abr2021.pdf>.

FACCIN, S. M. et al. Wireless Mesh Networking Mesh Wlan Networks : Concept and SystemDesign. **Ieee Wireless Communications**, April 2006, p. 10–17, 2008.