

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

NUIQUER SILVA RESENDE DE OLIVEIRA

**ANÁLISE E MEDIÇÃO DO CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA DOS BLOCOS
DA UTFPR CAMPUS MEDIANEIRA**

MEDIANEIRA

2022

NUIQUER SILVA RESENDE DE OLIVEIRA

**ANÁLISE E MEDIÇÃO DO CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA DOS BLOCOS
DA UTFPR CAMPUS MEDIANEIRA**

**Analysis and measurement of the electricity consumption of the UTFPR
Campus Medianeira buildings**

Trabalho de conclusão de curso de graduação
apresentado como requisito para obtenção do título de
Bacharel em Engenharia Elétrica da Universidade
Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Orientador: Alex Lemes Guedes

MEDIANEIRA

2022



[4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/)

Esta licença permite download e compartilhamento do trabalho desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es), sem a possibilidade de alterá-lo ou utilizá-lo para fins comerciais. Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.

NUIQUER SILVA RESENDE DE OLIVEIRA

**ANÁLISE E MEDIÇÃO DO CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA DOS BLOCOS
DA UTFPR CAMPUS MEDIANEIRA**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação
apresentado como requisito para obtenção do título
de Bacharel em Engenharia Elétrica da
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
(UTFPR).

Data de aprovação: 25/novembro/2022

Alex Lemes Guedes
Mestrado
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Leandro Antonio Pasa
Doutorado
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Diogo Marujo
Doutorado
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

MEDIANEIRA

2022

Dedico este trabalho à minha família, por nunca terem medido esforços para me proporcionar um ensino de qualidade.

AGRADECIMENTOS

Certamente estes parágrafos não irão atender a todas as pessoas que fizeram parte dessa importante fase de minha vida. Portanto, desde já peço desculpas àquelas que não estão presentes entre essas palavras, mas elas podem estar certas que fazem parte do meu pensamento e de minha gratidão.

Primeiramente à Deus, por ter me concedido saúde e força durante os períodos mais difíceis.

Aos meus pais, Lucinei e Fernanda Oliveira, por todo o incentivo e amor incondicionais, sem medir esforços para me ajudar nesta longa caminhada. Sem eles, não teria chegado a lugar algum. Sou eternamente grato por todos os sacrifícios que fizeram para que eu pudesse alcançar meus objetivos e a eles devo absolutamente tudo.

Ao meu orientador, na qual tenho a honra de chamar de grande amigo, Prof. Me. Alex Lemes Guedes, por todos os conselhos, toda a dedicação, paciência, auxílio, e fé em mim depositadas ao longo de toda minha vida acadêmica. Se eu e meus colegas atingimos nossos objetivos, não há dúvidas que foi graças ao grande mentor que tivemos. Tenho uma grande dívida e serei eternamente grato por todas as oportunidades concedidas.

Ao Laboratório de Automação e Desenvolvimento (LAD) e a todos os seus integrantes, na qual faço imensa questão de citar os nomes de cada um: Anderson Camargo, Agnaldo Neri, André Pereira, Bruno Ademir, Bruno Maihach, Henrique Peron, Jailson Narcizo, Lucas Rauber, Luan Rancan, Matheus Casa, Matheus Ferreira, Marco Foltran, Paula Moura e Victor Augusto. Agradeço pelo companheirismo nos dias divertidos e também nas noites em claro, pelos grandes momentos de descontração quando não se haviam férias nas execuções dos trabalhos e por todas as experiências que me proporcionaram. A todos vocês, obrigado pelo privilégio da amizade e por serem minha segunda família.

Reafirmo, em especial, o agradecimento aos meus grandes amigos, Bruno Maihach, Bruno Ademir, Jailson Narcizo e Victor Augusto, que contribuíram imensamente na confecção e instalação dos equipamentos utilizados neste trabalho.

E, por fim, agradeço a todos que colaboraram com minha graduação e a todos que torceram pelo meu sucesso. A todos vocês, meu MUITÍSSIMO OBRIGADO!

RESUMO

O diagnóstico energético de instalações prediais é um passo essencial para levantamento de dados sobre as características de uso da energia, assim como elaboração de planos de efficientização das instalações elétricas e de suas cargas. É através deste diagnóstico que se permite conhecer as cargas de uma instalação, assim como suas características de uso. Se o diagnóstico contar com dados de medições reais, mais fundamentado e eficaz se torna, permitindo verificar de forma facilitada os locais mais propícios de intervenção para ações que podem diminuir os custos com energia elétrica em um prédio. Em um campus universitário, onde os ambientes de utilização da energia são bastante espaçados fisicamente, com pessoas e características de uso diversas, sem um sistema de medição eficiente se torna virtualmente impossível determinar ações que possam aumentar a eficiência do uso desse recurso tão necessário e que ao mesmo tempo é responsável por uma despesa expressiva em relação ao orçamento anual da instituição. Neste contexto, este trabalho propõe o desenvolvimento do projeto e da instalação de 25 medidores de consumo de energia elétrica nos blocos que compõem o campus da UTFPR Medianeira. A proposta surge devido a necessidade da elaboração de estudos mais aprofundados para definição das características de consumo do campus Medianeira. Os medidores utilizados são do modelo ELO2123, com medição indireta, que foram adquiridos através de licitação pública pela universidade juntamente com 75 transformadores de corrente. A partir da coleta mensal dos dados obtidos pelos equipamentos, foram delineados indicadores de eficiência energética e após isso, desenvolvido uma interface de verificação dos dados, contendo gráficos da memória de massa de cada bloco, análises das condições de consumo, geração de histórico mensal, comparação entre blocos e diagnósticos gerais dos índices de eficiência energética da universidade.

Palavras-chave: medidores elétricos; diagnóstico; consumo de energia elétrica; aquisição de dados; interface gráfica.

ABSTRACT

The energy diagnosis of building installations is an essential step for collecting data on the characteristics of energy use, as well as drawing up plans for the efficiency of electrical installations and their loads. It is through this diagnosis that it is possible to know the loads of an installation, as well as its usage characteristics. If the diagnosis relies on real measurement data, it becomes more grounded and effective, allowing for an easier verification of the most favorable places for intervention for actions that can reduce electricity costs in a building. On a university campus, where energy use environments are quite physically spaced, with different people and characteristics of use, without an efficient measurement system it becomes virtually impossible to determine actions that can increase the efficiency of the use of this much-needed resource and that at the same time, it is responsible for a significant expense in relation to the institution's annual budget. In this context, this work proposes the development of the design and installation of 25 electricity consumption meters in the blocks that make up the UTFPR Medianeira campus. The proposal arises due to the need to carry out more in-depth studies to define the consumption characteristics of the Medianeira campus. The meters used are of the ELO2123 model, with indirect measurement, which were acquired through public bidding by the university together with 75 current transformers. From the monthly collection of data obtained by the equipment, energy efficiency indicators were outlined and after that, a data verification interface was developed, containing graphs of the mass memory of each block, analysis of consumption conditions, generation of monthly history, comparison between blocks and general diagnoses of the university's energy efficiency indices.

Keywords: meters electric; consumption of electric power; data acquisition.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Funcionamento do Medidor Eletrônico.....	17
Figura 2 – Características construtivas do TC do tipo barra.....	20
Figura 3 – TC do tipo janela	20
Figura 4 – Vista aérea da UTFPR campus Medianeira	25
Figura 5 – Painéis metálicos e fusíveis subestação 1	26
Figura 6 – Painéis metálicos e disjuntores subestação 2	27
Figura 7 – Medidor ELO2123(ind)	27
Figura 8 – Transformador de Corrente MSQ-40.....	28
Figura 9 – Tela Inicial ELO50	30
Figura 10 – Módulo de Falta de Energia ELO50	31
Figura 11 – Módulo de Página Fiscal ELO50	31
Figura 12 – Módulo de Memória de Massa ELO50	32
Figura 13 – Instalação dos 5 medidores na Subestação 2 do campus	35
Figura 14 – Painel instalado na subestação 1 do campus	35
Figura 15 – Medidores instalados no bloco J4 e bloco A	36
Figura 16 – Quadro Geral do Bloco I5.....	37
Figura 17 – Curva comparativa medidores ELO e COPEL	38
Figura 18 – Percentual de correspondência com faturamento COPEL.....	40
Figura 19 – Curva característica do consumo da UTFPR	46
Figura 20 – Curva característica do consumo do bloco J4.....	47
Figura 21 – Curva característica do consumo por dia da semana	47
Figura 22 – Perfil de consumo de horários por dias da semana	48
Figura 23 – Setores com maior consumo percentual durante fins de semana.....	52
Figura 24 – Classificação dos consumos por setor	53
Figura 25 – Classificação de Reativa Indutiva por setor	54
Figura 26 – Classificação de Reativa Capacitiva por setor	54
Figura 27 – Dashboard de verificação dos dados	56

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Relações nominais simples	21
Quadro 2 – Áreas construídas dos blocos monitorados	25
Quadro 3 – Características do medidor ELO2123D	28
Quadro 4 – Características do Transformador de Corrente MSQ-40	29
Quadro 5 – Comparação dos dados do consumo de energia	38
Quadro 6 – Resultados PCT por setor	41
Quadro 7 – Resultados PCT por bloco.....	42
Quadro 8 – Resultados PCR por bloco	43
Quadro 9 – Resultados PCR por setor.....	44
Quadro 10 – Resultados CMM por setor.....	44
Quadro 11 – Resultados CMM por bloco	45
Quadro 12 – Ultrapassagem de demanda 2018 a 2020.....	49
Quadro 13 – Blocos com consumo durante a madrugada	49
Quadro 14 – Percentual total de consumo dentro e fora de ponta por bloco	50
Quadro 15 – Percentual total de consumo dentro e fora de ponta por setor	51
Quadro 16 – Consumo de potência ativa durante o sábado	52
Quadro 17 – Consumo de potência ativa durante o domingo	52
Quadro 18 – Blocos com maior consumo de reativa indutiva.....	54
Quadro 19 – Blocos com maior consumo de Reativa Capacitiva.....	55

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

p.	Página
nº.	Número
VA	Volt-Ampère
kVA	Kilovolt-Ampère
W	Watts
kW	Quilowatts
kWh	Quilowatt-hora
MWh	Megawatt-hora
Hz	Hertz
A/D	Analógico/Digital
TC's	Transformadores de Corrente
TP's	Transformadores de Tensão
FP	Fator de potência
ms	Milisegundos
RU	Restaurante Universitário

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	13
1.1	Objetivos Gerais	14
1.1.1	Objetivos Específicos	14
2.	REFERENCIAL TEÓRICO	15
2.1	Medição de Energia Elétrica	15
2.1.1	Medidores de Energia	16
<u>2.1.1.1</u>	<u>Protocolo de Comunicação do Medidor</u>	<u>17</u>
2.1.2	Transformador de Corrente	18
<u>2.1.2.1</u>	<u>Características Construtivas</u>	<u>19</u>
<u>2.1.2.2</u>	<u>Especificação das Normas</u>	<u>21</u>
2.2	Indicadores de Eficiência Energética	21
3.	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	24
3.1	Caracterização do Ambiente de Estudo	24
3.1.1	Subestações	26
3.2	Equipamentos Utilizados	27
3.3	Coleta de Dados	29
3.4	Tratamento Dos Dados	32
4.	RESULTADOS E DISCUSSÕES	34
4.1	Instalação dos Medidores	34
4.2	Comparação dos dados com faturamento COPEL	37
4.3	Resultados de Indicadores de Eficiência Energética	41
4.4	Diagnósticos e Análise dos Resultados de Consumo energético ...	45
4.5	Interface Gráfica	55
5.	CONCLUSÃO	58
5.1	Trabalhos futuros	59

1. INTRODUÇÃO

No ano de 2001, como resultado da falta de planejamento e de investimentos no setor energético, o Brasil enfrentou uma grave crise energética que afetou o fornecimento e distribuição de energia elétrica em todo seu território. A crise energética serviu para despertar a conscientização para a questão do uso racional da energia elétrica e a partir desse momento, diversos programas foram implementados em todo o país com o objetivo de promover a racionalização do consumo de energia elétrica, combater o desperdício e reduzir os custos e os investimentos setoriais, aumentando a eficiência energética.

Segundo Bortolin (2015), a aplicação da eficiência energética pode ser empregada em todos os setores da economia nacional, seja no setor privado, público e residencial, visando o melhor uso energético dos sistemas, assim como a redução dos custos. No Brasil, quando se refere a sistemas educacionais, os setores de iluminação e ar-condicionado são os que mais consomem energia no uso final. Desse modo, o uso consciente da energia elétrica, assim como a realização de gestão estratégica, deve estar incluso no planejamentos de redução de custos das instituições.

Segundo Saidel et al. (2004), uma gestão concreta da energia elétrica requer procedimentos bem estruturados que envolvem, de modo abrangente, a elaboração de diagnósticos energéticos para caracterização do consumo, um plano de ação para o uso eficiente dos equipamentos, estudos para uma melhor contratação da energia e um posterior programa permanente de acompanhamento das ações.

Diante disso, a Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Campus Medianeira instituiu uma Comissão de Eficiência Energética em seu polo universitário. Segundo Pellegrini (2000), a efficientização energética desempenha um papel chave em diversas áreas na gestão de organizações, pois com a correta gestão do consumo de energia elétrica, os setores administrativos podem dispender mais recursos em outros setores do funcionamento do campus.

Nesse contexto, portanto, surge a necessidade da elaboração de estudos mais aprofundados para definição das características de consumo do campus Medianeira da UTFPR, visto que, no contexto atual, considera-se que há falta de dados sobre as características de consumo do campus.

1.1 Objetivos Gerais

O objetivo deste trabalho é realizar o projeto e a instalação de 25 medidores de consumo de energia elétrica, modelo ELO2123, nos blocos que compõem o campus da UTFPR Medianeira. Após a instalação dos medidores, será elaborada uma interface de verificação dos dados, contendo gráficos da memória massa de cada bloco, análises das condições de consumo, geração de histórico e comparação entre blocos.

1.1.1 Objetivos Específicos

- Realizar projeto do painel para instalação dos medidores;
- Instalar medidores de energia;
- Analisar Indicadores de Eficiência Energética;
- Analisar as condições de consumo, gerar histórico e comparar blocos das dependências da universidade;
- Desenvolver interface para Disponibilização dos dados.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

Este capítulo apresenta uma revisão bibliográfica sobre os principais conceitos a respeito das formas de Medição de Energia Elétrica, quais são suas características, equipamentos necessários e normas associadas. Além disso, será abordado também, os princípios fundamentais e os métodos que permitem a determinação da Eficiência Energética de uma edificação.

2.1 Medição de Energia Elétrica

No início do século dezenove, a energia elétrica era utilizada apenas para a telefonia. Os primeiros testes para medir energia elétrica foram realizados em um circuito de lâmpadas alimentadas em série. Conhecendo-se os valores de tensão aplicados a um circuito, e a potência das lâmpadas ligadas nesse circuito, foi possível a previsão do consumo realizado em um certo período de tempo, que até então foi expresso em lâmpada-horas (David Dahle, 2010).

Ao passar dos anos a energia elétrica se tornou cada vez mais presente no cotidiano das pessoas, e, uma vez que existia a grande necessidade de uma cobrança apropriada do consumo de energia elétrica, vários cientistas contribuíram para o aperfeiçoamento de um dispositivo para sua medição.

Ao longo do século, em intervalos de aproximadamente 10 anos, cientistas como Thomas Edson, Samuel Gardiner, George Westinghouse, e até mesmo empresas de maior porte como a General Eletric (GE), participaram dessa corrida tecnológica na obtenção de um modo mais moderno de medição do consumo de energia elétrica. Somente nos anos 90, com os avanços na eletrônica, que se permitiu a fabricação de medidores sem o uso de partes móveis, começando a aparecer modelos mais similares com os conhecidos em residências e estabelecimentos nos dias de hoje (David Dahle, 2010).

Atualmente todas as residências possuem a instalação de um medidor de energia elétrica, uma vez que a Aneel, na Resolução no 414 de 2010, obriga as concessionárias a instalarem o medidor de energia elétrica nas instalações elétricas de seus consumidores, com o objetivo de registrar o consumo de energia e posteriormente realizar a cobrança por fatura.

2.1.1 Medidores de Energia

Os medidores são divididos em duas categorias básicas: medidores analógicos e medidores digitais. Ambos realizam a medição do consumo de energia através da totalização da potência consumida em um circuito.

Segundo Schlobohm (2005), os medidores analógicos, ou medidores eletromecânicos de indução, possuem em sua estrutura um disco de alumínio fixado sobre duas bobinas. O disco faz conexão com diversas engrenagens, que, por sua vez, realizam o movimento de diversos mostradores, que registram o número total de voltas que o disco realiza. A depender da quantidade de horas e dias de consumo, será registrado a quantidade de energia consumida no período observado. A unidade de consumo de energia elétrica é o quilowatt-hora kWh.

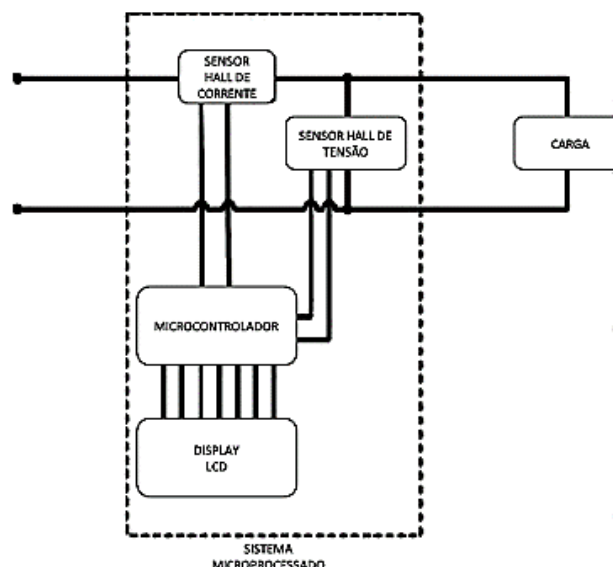
Devido ao seu baixo custo e à sua disponibilidade no mercado, o medidor eletromecânico ainda representa a tecnologia de medição dominante no setor elétrico brasileiro. Em geral, a medição de energia das unidades consumidoras supridas por fornecimento de energia em baixa tensão é realizada com medidores eletromecânicos. Como nessas instalações é medida somente uma grandeza, a energia elétrica ativa (kWh), esse tipo de medidor atende às necessidades.

A evolução da eletrônica trouxe grandes avanços aos medidores de energia. Os medidores eletrônicos mais modernos são totalmente digitais e microprocessados. Quando comparados aos medidores analógicos, os medidores digitais de energia oferecem uma melhor precisão na leitura durante o processo de medição uma vez que, as leituras da corrente e da tensão elétrica são realizadas por conversores analógicos-digitais.

As leituras são convertidas em informações numéricas e digitais que, por sua vez, são processadas matematicamente, disponibilizando-se os resultados com os dados do sistema elétrico, tais como: a energia ativa, a energia reativa e o fator de potência.

Caso a corrente elétrica seja mais elevada, é preciso instalar um transformador de corrente, conhecido como TC, detalhado no item 2.1.2 deste trabalho. A Figura 1 demonstra o funcionamento básico de um medidor eletrônico.

Figura 1 - Funcionamento do Medidor Eletrônico



Fonte: Barros (2016)

Segundo Barros (2016), para registrar a demanda, o medidor eletrônico integraliza as medições instantâneas de 15 minutos, resultando em um único valor que representa a média das demandas instantâneas desse intervalo. Assim, a cada 15 minutos é registrado um valor de demanda.

A Resolução ANEEL no 456, de 29 de novembro de 2000, em seu Artigo 2º, inciso XII, define como Demanda medida, a maior demanda de potência ativa verificada por medição, integralizada no intervalo de 15 (quinze) minutos durante o período de faturamento, expressa em quilowatts (kW). Portanto, em um mês típico há: 30 dias x 24 horas x 4 intervalos por hora = 2 880 intervalos. Logo, a demanda medida será a máxima demanda registrada em qualquer um dos 2 880 intervalos ao longo do mês.

No caso do fator de potência, o medidor eletrônico faz um cálculo similar, porém o período de integralização é de 1 hora, portanto são registrados diariamente 24 valores do fator de potência.

2.1.1.1 Protocolo de Comunicação do Medidor

Os medidores eletrônicos de energia elétrica geralmente possuem a comunicação de dados por meio de uma saída serial, por infravermelho, RS-232 ou RS-485.

A interface RS-232 permite a comunicação apenas ponto-a-ponto, tornando-se então adequada quando se emprega apenas um equipamento. Além disso, a comunicação por meio do padrão RS-232 possui como desvantagens a velocidade de transmissão, relativamente baixa, e as limitações de distância máxima. Já a comunicação através do padrão RS-485 permite a comunicação com um número maior de dispositivos, bem como por extensões maiores e com uma taxa de transmissão de dados maior (PARANHOS, 2007,p. 33).

Em uma comunicação de dados, o protocolo é um padrão que especifica o formato dos dados que serão transmitidos, bem como as regras a serem seguidas na transmissão destes dados. Segundo Salim (2007, p.10), um protocolo de comunicação rege principalmente a formatação dos dados em um determinado sistema de comunicação.

Um protocolo de comunicação utilizado na transmissão de dados pelos medidores eletrônicos de energia é o definido na norma ABNT NBR 14522. Assim, seguindo as definições desta, os dados transmitidos entre os equipamentos de leitura e o medidor eletrônico podem ser interpretados, ainda que os equipamentos sejam de diferentes fabricantes (CUNHA, 2000, p. 40).

2.1.2 Transformador de Corrente

Os transformadores de corrente são equipamentos projetados e construídos para serem empregados em sistemas elétricos de medição, controle e proteção. Na sua forma mais simples, os transformadores de corrente possuem um primário, geralmente de poucas espiras, e um secundário, no qual a corrente nominal transformada é, na maioria dos casos, igual a 5 A.

Baseados na lei de indução eletromagnética de Michael Faraday e nas leis do eletromagnetismo André-Marie Ampère, os TC's transformam correntes elevadas, que circulam no seu primário, em correntes de menor intensidade no secundário. As tensões induzidas em cada enrolamento são diretamente proporcionais ao número de espiras deste enrolamento e podem ser descritas segundo a relação apresentada na equação 1.

$$\frac{V_2}{V_1} = \frac{N_1}{N_2} \quad (1)$$

Considerando-se um transformador ideal, a potência injetada no enrolamento primário deve ser igual àquela consumida nos terminais secundários, e através disso, também é possível estabelecer uma relação entre as correntes em ambos os enrolamentos.

$$\frac{I_2}{I_1} = \frac{N_1}{N_2} \quad (2)$$

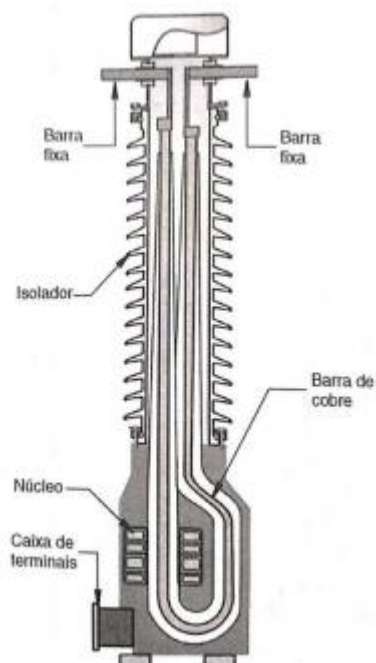
Desse modo, conhecendo a relação de transformação do TC e conectando um amperímetro no enrolamento secundário, é possível estimar a corrente que circula pelo enrolamento primário.

Os TCs normalmente são definidos através da sua relação de transformação na hora da compra, por exemplo 300/5, significando que 300 A no primário irá produzir 5 A no secundário, possuindo comportamento linear de 0 até este valor.

2.1.2.1 Características Construtivas

São encontrados diferentes tipos de transformadores de corrente disponíveis no mercado quanto às suas características construtivas, ou seja, à localização do núcleo, enrolamentos primário e secundário e terminais. Segundo João M. F. (2020), os transformadores de corrente podem ser construídos de diferentes formas e para diferentes aplicações e dentre os diversos tipos, destacam-se: TC tipo barra, tipo enrolado, tipo janela, tipo bucha.

O TC mais comum em aplicações de alta tensão, é o TC do tipo barra, cujo enrolamento primário consiste em uma única barra que atravessa o núcleo magnético, onde são enroladas as espiras secundárias. A Figura 2 mostra as características construtivas deste tipo de TC.

Figura 2 – Características construtivas do TC do tipo barra

Fonte: Manual de equipamentos elétricos (2019)

Já o TC do tipo janela é dedicado a aplicações de baixa e média tensão, por possuir um tamanho reduzido em relação ao TC do tipo barra. Nestes equipamentos, o núcleo é toroidal possui uma abertura pela qual atravessa o cabo condutor. Por isso, eles também apresentam a vantagem de não necessitarem a interrupção do circuito primário para sua instalação.

Figura 3 – TC do tipo janela

Fonte: Manual de equipamentos elétricos (2019)

2.1.2.2 Especificação das Normas

Existem três normas brasileiras que especificam TC-s, sendo essas: NBR 6546/91, NBR 6856/92 e NBR6821/92 que tratam a respeito da Terminologia, da Especificação e Método de Ensaio, respectivamente.

A NBR 6856/92 especifica três classes de exatidão: 0,3 - Aparelhos laboratoriais e medidas com baixo fator de potência; 0,6 - Aparelhos indicadores de precisão e contadores; 1,2 - Aparelhos indicadores normais.

Ainda, segundo a NBR 6856/92, as correntes nominais primárias devem ser compatíveis com a corrente de carga do circuito primário. As correntes nominais primárias e as relações de transformação nominais estão discriminadas nas Tabelas 1, utilizadas para ligação série/paralelo no enrolamento primário.

Quadro 1 - Relações nominais simples

Corrente Primária Nominal (A)	Relação nominal	Corrente Primária Nominal (A)	Relação nominal	Corrente Primária Nominal (A)	Relação nominal
5	1:1	100	20:1	1000	200:1
10	2:1	150	30:1	1200	240:1
15	3:1	200	40:1	1500	300:1
20	4:1	250	50:1	2000	400:1
25	5:1	300	60:1	2500	500:1
30	6:1	400	80:1	3000	600:1
40	8:1	500	100:1	4000	800:1
50	10:1	600	120:1	5000	1000:1
60	12:1	800	160:1	6000	1200:1

Fonte: NBR 6856/92 (2016)

2.2 Indicadores de Eficiência Energética

Segundo Ferreira et Ferreira (1994), os indicadores energéticos podem ser definidos como macro-indicadores, quando caracterizam a eficiência de um país ou região e micro-indicadores, quando caracterizam a eficiência de uma empresa, edifício ou habitação.

Esses indicadores podem ser divididos em duas categorias em função dos seus objetivos: Indicadores descritivos, quando caracterizam a situação de eficiência energética sem procurar justificativa para as causas ou desvios e Indicadores explicativos, quando explicam as razões pelas quais se deram variações ou desvios nos indicadores descritivos, ou seja, ajudam a identificar a contribuição dos vários

efeitos sejam eles tecnológicos, estruturais ou de comportamento nas variações de eficiência energética.

Com o objetivo principal de estabelecer uma base de referência auxiliar para a criação de conjuntos específicos para o projeto em desenvolvimento, serão apresentados a seguir, exemplos de indicadores explicativos relacionados ao consumo energético e à intensidade energética que normalmente são utilizados em análises de eficiência energética.

2.2.1 PCT - Índice Percentual de Consumo Total

Segundo FAVATO (2005), o PCT tem por finalidade estabelecer a parcela de consumo de cada unidade no consumo total, e é expresso por:

$$PCT = \frac{\text{Energia Ativa da Unidade (kWh)}}{\text{Energia Total Consumida (kWh)}} \quad (3)$$

Por meio deste indicador é possível verificar o quanto, percentualmente, cada unidade impacta no consumo total, identificando os maiores consumidores com o objetivo de estabelecer políticas energéticas que promovam a redução do consumo nos locais mais adequados.

2.2.2 PCR – Índice Percentual de Consumo Noturno verificado no Período de Faturamento Reservado

O PCR tem por objetivo caracterizar qual é o impacto do consumo noturno observado durante o Período Reservado de uma Unidade Consumidora (UC), no Consumo Total, e é expresso por:

$$PCR = \frac{\text{Energia no período reservado (kWh)}}{\text{Energia Total Consumida (kWh)}} \quad (4)$$

Através deste indicador é possível verificar se a unidade consumidora está apresentando um consumo noturno elevado, permitindo tomar decisões estratégicas de uso racional de energia elétrica ao ser detectado o consumo exagerado de energia em um período na qual não se é esperado.

2.2.3 CMM – (Índice de Consumo Médio Mensal por m²)

O CMM é caracterizado pela razão entre o consumo médio mensal de cada unidade e a área construída em m², ou seja:

$$\text{CMM} = \frac{\text{Energia média mensal (kWh)}}{\text{Área Construída (m}^2\text{)}} \quad (5)$$

Com este indicador, pode-se efetuar comparações entre as diversas unidades e estabelecer-se valores ideais de consumo por m², visando os futuros projetos de novos edifícios.

3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Este trabalho visa o projeto e a instalação de um sistema de monitoramento de energia elétrica, composto por 25 medidores eletrônicos, nas unidades consumidoras que compõem o campus universitário da UTFPR Medianeira.

Nas próximas sessões serão abordados os levantamentos de informações significativas da instituição de ensino, com o objetivo de analisar e avaliar o consumo da energia elétrica. A partir da planta baixa, serão localizadas as subestações e as suas características para o desenvolvimento do estudo, e, posteriormente, será apresentado o planejamento da instalação, a forma como os dados serão coletados e o tratamento dos dados realizados através da interface gráfica que desenvolvida para disponibilização dos dados coletados.

3.1 Caracterização do Ambiente de Estudo

O campus universitário principal da UTFPR Medianeira possui 221.379,89 m² de área total, sendo que 36.000 m² são de área construída por onde circulam cerca de 2.200 alunos diariamente.

A universidade funciona das 07:30h da manhã às 23:00h da noite, de segunda-feira a sexta-feira e aos sábados com aulas no período das 07:30h às 17:30h. Cinco dos cursos de graduação disponíveis no campus são oferecidos em período integral e quatro em período noturno. Na Figura 4 é possível visualizar a vista aérea da universidade.

Ao todo 17 blocos, destinados a salas de aula e laboratórios, uma área administrativa e um restaurante universitário constituem o campus da universidade. A área construída de cada um dos Blocos que serão monitorados encontra-se no Quadro 2.

Figura 4 – Vista aérea da UTFPR campus Medianeira



Fonte: Google Maps (2022)

Quadro 2 – Áreas construídas dos blocos monitorados

ITEM	BLOCO	ÁREA (m ²)
1	Administrativo	3.400
2	J1	1.200
3	J2	1.200
4	J3	1.200
5	J4	1.200
6	I1	760
7	I2	760
8	I3	760
9	I4	760
10	I5	800
11	A	660
12	M	400
13	R.U	900
14	L1	1.200
15	L2	1.200
16	L3	1.200
17	L4	1.300
18	H3	760
Área Total Construída Monitorada (m²)		19.660

Fonte: Próprio Autor (2022)

3.1.1 Subestações

O campus possui ao todo 33 Quadros de distribuição geral e 2 subestações. A primeira subestação possui maior capacidade de carga e abriga em seu anterior um transformador de 500kW, além de 6 quadros metálicos onde localizam-se fusíveis de proteção geral. Desta subestação derivam os circuitos responsáveis pela alimentação de todos os blocos listados entre o item 1 ao 10 no Quadro 1, que ficam localizados na região oeste da universidade. Na Figura 5 é possível visualizar o interior da subestação 1, bem como a disposição de seus painéis metálicos.

Figura 5 – Painéis metálicos e fusíveis subestação 1



Fonte: Próprio Autor (2021)

A segunda subestação, de menor capacidade, possui transformador de 350kW de potência nominal e distribui circuitos para 6 quadros de distribuição, que alimentam os itens 14 ao 18 do Quadro 1. Na Figura 6 é possível visualizar o interior da subestação 2, bem como a disposição de seus painéis metálicos.

Figura 6 – Painéis metálicos e disjuntores subestação 2

Fonte: Próprio Autor (2021)

3.2 Equipamentos Utilizados

A universidade adquiriu, através de licitação pública, 25 medidores de energia do tipo eletrônico para realizar a medição do consumo de energia. O modelo do medidor eletrônico adquirido e que será utilizado neste trabalho é o modelo ELO2123D, de fabricação da Elo Sistemas Eletrônicos, conforme Figura 7.

Figura 7 - Medidor ELO2123(ind)

Fonte: ELO Sistemas Eletrônicos S.A (2010)

O ELO2123 se caracteriza por ser de baixo custo, simplicidade de operação e manutenção, flexibilidade operacional e tamanho reduzido. Além disso, é provido de bateria que mantém os dados e o relógio funcionando em caso de falta de energia. Possui um sistema de “cão de guarda”, garantindo a confiabilidade do medidor, que controla o bom funcionamento do Programa Operacional, bem como seus parâmetros carregáveis em campo pelos funcionários da concessionária.

No Quadro 3, é possível visualizar as principais características elétricas e metroológicas deste equipamento.

Quadro 3 - Características do medidor ELO2123D

ELO2123D	
Frequência nominal	60Hz
Tensão Nominal	120/240 V_{CA}
Faixa de alimentação	90 a 280 V_{CA}
Corrente nominal (In)	2,5A/15A
Corrente mínima	0,4% In
Corrente máx. contínua (Imáx)	20A/120A
Tensões de isolamento	2 kVCA 60 Hz, 1 minuto
Consumo máximo <i>120 V_{CA} / 240 V_{CA}</i>	3 W 15 VA por elemento
Conector para comunicação:	Tipo magnético
Temperatura Armazenamento:	-10° a 70° C
Operação:	-5° a 60° C
Classe de exatidão: B Conforme Regulamento Técnico Metroológico do INMETRO – Portaria 431 de 04/12/07.	

Fonte: Adaptado de ELO Sistemas Eletrônicos S.A (2010)

O medidor é preparado para efetuar a medição horo-sazonal, e atende aos padrões da norma NBR 14.522 – Intercâmbio de Informações para Sistemas de Medição de Energia Elétrica. A constante de medição (Kh), que equivale ao menor valor de energia registrado, é de 4,0 Wh/pulso e 4,0 VARh/pulso para este modelo de equipamento.

Por se tratar de um medidor com medição indireta, em conjunto com o equipamento foram adquiridos pela universidade 75 Transformadores de Corrente do tipo Janela.

Figura 8 – Transformador de Corrente MSQ-40



Fonte: Transformadores De Corrente MSQ Sibratec (2017)

Os TC's, do modelo MSQ-40, são fabricados pela empresa Sibratec de acordo com as normas internacionais IEC185-1987 e se adequam com as necessidades do projeto. No Quadro 4, é possível verificar as principais características do equipamento.

Quadro 4 - Características do Transformador de Corrente MSQ-40

Características técnicas	
Tensão máx. de serviço	660VCA
Frequência de operação	50/60Hz
Classe de precisão	0,01
Fator Térmico Nominal	1,2.In
Corrente Térmica (Ith)	60.In 1s
Corrente Dinâmica (Id)	150.In 0,5s
Tensão Máx. de Isolação	3kV
Classe de Temperatura	B (130°)
Relação de Transformação	30/5
Consumo	5VA
Dimensões (LxAxP)	75 x 97 x 42.5 mm

Fonte: Adaptado de Transformadores De Corrente MSQ Sibratec (2017)

3.3 Coleta de Dados

O Medidor Eletrônico ELO2123 pode disponibilizar informações por meio de uma Leitora Programadora ELO543 ou coleta por uma interface serial. Para esse trabalho, a aquisição de dados foi feita através da porta serial disponível no medidor, baseada no protocolo físico de comunicação RS-232.

A cada trinta dias os dados armazenados na memória de massa interna de cada medidor são coletados e transferidos para um microcomputador através da porta de comunicação serial, formando um banco de dados mensal de utilização da energia. A partir deste banco são emitidos gráficos e relatórios analíticos.

Para realizar a comunicação entre o medidor e o microcomputador foram utilizados dois *softwares* de comunicação disponibilizados pela ELO Medidores, conhecidos como ELO71 e ELO50. Ambos os *softwares* foram desenvolvidos com base na ABNT NBR 14522 – 2000, que define o padrão de intercâmbio de informações no sistema de medição de energia elétrica, de forma a se alcançar a compatibilidade entre os sistemas e equipamentos de medição de energia elétrica de diferentes procedências.

A utilização de dois *softwares* é necessária pois ambos possuem finalidades diferentes. O ELO71 tem a função de realizar a extração da memória armazenada no

medidor eletrônico. O ELO50, por sua vez, é utilizado com o propósito de visualizar e verificar os dados, informações que só podem ser acessadas e visualizadas após a extração da memória utilizando o ELO71.

Na Figura 9 é possível visualizar como é a área de trabalho do *software* ELO50, nesta figura em questão está representada a tela inicial da aplicação.

Figura 9 – Tela Inicial ELO50

ELO50 - [Medidor: 01629912 Leitura: Verificação Completa 29912@RTRMO.lmd]
 Arquivo Janela Ajuda

Parâmetros	Faltas De Energia	Registro De Alterações	Memória De Massa	Registradores Parciais	Página Fiscal	Registradores	Memória De Massa Alterada	Informações de Erros
Geral	Sincronismo	Fatura	Constantes	Postos Horários	Horário de Verão	Dados Não Interpretados		
Versão de Software do Medidor:	01.18	Tipo de Medidor:	02 Quadrantes	Modelo do Medidor:	ELO 2123			
Estado da Bateria:	BOA	Tipo de Tarifa:	Verde	Cond. Diviso por 100:	Indefinido			
Direcionalidade:	Linha-Carga	Arquivo Linha Carga:	29912@RTRMO.lmd	Arquivo Carga Linha:	Não Configurado			
Intervalo de Memória de Massa:	05:00:00	Demanda Pesquisada:	Inativa					
Data e Hora Atuais:	13/09/2021 13:57:34	Limite Período Integrado:	13/09/2021 13:45:00					
Tempo das Grandezas no Mostrador:	06 Seg.	Mostrador Exibindo:	KGrandezas					
Número de Casas Decimais dos Totalizadores:	0	Número de Casas Decimais das demandas:	0					
Registradores Multiplicados por:	1	Tipo de Grandeza nos Registradores:	Pulso					
Feriados:	Não Configurado		Código do Consumidor:	Não Configurado				
		Sída de Usúrio:	Monodirecional					

Fonte: Próprio Autor (2022)

Observa-se várias opções de visualização de dados disponíveis na interface do programa, entre elas: Parâmetros, Faltas de Energia, Registro de alterações, Memória de massa, Página Fiscal, entre outros.

Os medidores utilizados possuem em sua memória os últimos 20 (vinte) eventos de faltas de energia com interrupção igual o superior a 2 (dois) segundos. A tela deste módulo lista todas as faltas ocorridas no medidor selecionado na aplicação e, além disso, também são listadas as durações de cada evento em dias e horas, como é possível observar na Figura 10.

Figura 10 – Módulo de Falta de Energia ELO50

ELO50 - [Medidor: 01629912 Leitura: Verificação Completa 29912@RTRMO.lmd]

Arquivo Janela Ajuda

Parâmetros | **Faltas De Energia** | Registro De Alterações | Memória De Massa | Registradores Parciais | Página Fiscal | Registradores | Memória De Massa Alterada | Informar Erros

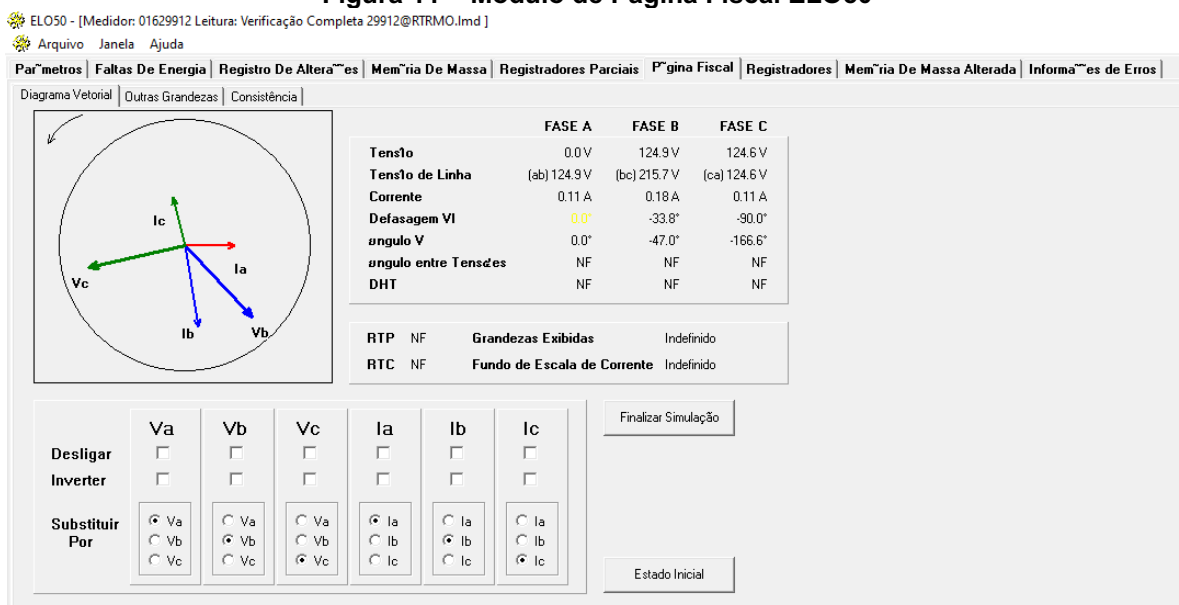
Data Inicio	Hora Inicio	Data Fim	Hora Fim	Duração Dias	Duração Horas
12/03/2020	04:45:23	12/03/2020	11:19:18	0 dia(s)	06:33:55
12/03/2020	11:20:10	12/03/2020	11:28:31	0 dia(s)	00:08:21
12/03/2020	13:02:02	12/03/2020	13:02:41	0 dia(s)	00:00:39
12/03/2020	13:16:41	02/06/2020	19:30:04	82 dia(s)	06:13:23
02/06/2020	19:35:59	18/02/2021	16:33:12	260 dia(s)	20:57:13
18/02/2021	16:33:12	21/04/2021	16:18:04	61 dia(s)	23:44:52
21/04/2021	16:21:19	21/04/2021	16:21:22	0 dia(s)	00:00:04
21/04/2021	16:21:22	21/04/2021	16:21:24	0 dia(s)	00:00:02
21/04/2021	17:03:12	21/04/2021	17:27:59	0 dia(s)	00:24:47
21/04/2021	17:31:01	17/07/2021	20:40:09	87 dia(s)	03:09:08
22/07/2021	10:16:48	22/07/2021	11:42:23	0 dia(s)	01:25:35
26/07/2021	10:58:51	26/07/2021	11:47:57	0 dia(s)	00:49:06
26/07/2021	15:34:58	26/07/2021	15:42:56	0 dia(s)	00:07:58
31/07/2021	14:52:31	31/07/2021	16:35:56	0 dia(s)	01:43:25
16/08/2021	03:45:21	16/08/2021	05:01:02	0 dia(s)	01:15:41
19/08/2021	14:56:04	19/08/2021	16:52:42	0 dia(s)	01:56:38

Fonte: Próprio Autor (2022)

Além das faltas ocorridas, os medidores possuem armazenados em sua memória os registros correspondentes às últimas 20 (vinte) alterações. Através do módulo registro de alterações é possível verificar o registro histórico destas alterações.

O módulo responsável pelo monitoramento instantâneo é chamado de Página Fiscal. Este módulo é composto por três telas que permitem fazer o monitoramento de grandezas, sendo que a primeira das telas mostra o digrama vetorial. Outra funcionalidade desta página é o diagrama fasorial entre as tensões e correntes do sistema medido, conforme ilustrado na Figura 11. Com ele o usuário poderá ter uma melhor compreensão do defasamento angular entre as tensões bem como entre as tensões e correntes.

Figura 11 – Módulo de Página Fiscal ELO50



Fonte: Próprio Autor (2022)

Na guia Memória de Massa, é possível analisar e acompanhar a integralização das informações obtidas pelo medidor no intervalo de tempo definido na parametrização. Como é possível observar na Figura 12, nesta tela são apresentados os dados de potência ativa, potência reativa indutiva, potência reativa capacitiva e fator de potência, juntamente com a respectiva data e horário da leitura.

Figura 12 – Módulo de Memória de Massa ELO50

Data e Hora	kW LC Pulsos	kvarL LC Pulsos	kvarC LC Pulsos	SH LC	FP LC
07/08/2021 09:00 Sab	0,00	0	0,00	0	FP 100,00
07/08/2021 09:15 Sab	0,00	0	0,00	0	FP 100,00
07/08/2021 09:30 Sab	0,00	0	0,00	0	FP 100,00
07/08/2021 09:45 Sab	0,00	0	0,00	0	FP 100,00
07/08/2021 10:00 Sab	0,00	0	0,00	0	FP 100,00
07/08/2021 10:15 Sab	0,00	0	0,00	0	FP 100,00
07/08/2021 10:30 Sab	0,00	0	0,00	0	FP 100,00
07/08/2021 10:45 Sab	0,00	0	0,00	0	FP 100,00
07/08/2021 11:00 Sab	0,00	0	0,00	0	FP 100,00
07/08/2021 11:15 Sab	0,00	0	0,00	0	FP 100,00
07/08/2021 11:30 Sab	0,00	0	0,00	0	FP 100,00
07/08/2021 11:45 Sab	0,00	0	0,00	0	FP 100,00
07/08/2021 12:00 Sab	0,00	0	0,00	0	FP 100,00
07/08/2021 12:15 Sab	0,00	0	0,00	0	FP 100,00
07/08/2021 12:30 Sab	0,00	0	0,00	0	FP 100,00
07/08/2021 12:45 Sab	0,00	0	0,00	0	FP 100,00
07/08/2021 13:00 Sab	0,00	0	0,00	0	FP 100,00
07/08/2021 13:15 Sab	0,00	0	0,00	0	FP 100,00
07/08/2021 13:30 Sab	0,00	0	0,00	0	FP 100,00
07/08/2021 13:45 Sab	0,00	0	0,00	0	FP 100,00
07/08/2021 14:00 Sab	0,00	0	0,00	0	FP 100,00
07/08/2021 14:15 Sab	0,00	0	0,00	0	FP 100,00
07/08/2021 14:30 Sab	0,00	0	0,00	0	FP 100,00
07/08/2021 14:45 Sab	0,00	0	0,00	0	FP 100,00
07/08/2021 15:00 Sab	0,00	0	0,00	0	FP 100,00
07/08/2021 15:15 Sab	0,00	0	0,00	0	FP 100,00
07/08/2021 15:30 Sab	0,00	0	0,00	0	FP 100,00
07/08/2021 15:45 Sab	0,00	0	0,00	0	FP 100,00
07/08/2021 16:00 Sab	0,00	0	0,00	0	FP 100,00
07/08/2021 16:15 Sab	0,00	0	0,00	0	FP 100,00
07/08/2021 16:30 Sab	0,00	0	0,00	0	FP 100,00
07/08/2021 16:45 Sab	0,00	0	0,00	0	FP 100,00

Fonte: Próprio Autor (2022)

Para que seja possível tratar os dados externamente, o *software* conta com a função extrair em formato de texto, onde toda informação de memória de massa é copiada para um arquivo fora da aplicação.

3.4 Tratamento Dos Dados

Para realizar o tratamento e visualização das informações coletadas nos equipamentos de medição de energia ELO2123, foi desenvolvida uma interface gráfica para gerenciamento das grandezas elétricas dos prédios monitorados no campus da UTFPR Medianeira.

Através do painel foi possível realizar a acesso a todas as informações extraídas, como os dados de cada bloco individualmente medido, ano de consulta, gráficos com memória de massa, diagnósticos de consumo, indicadores, etc

Além disso também foi possível verificar informações de faltas de energia, fator de potência, comportamento do consumo do campus ao longo da semana, entre outros parâmetros mais gerais da universidade.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nas próximas sessões será possível verificar como foi realizada a instalação dos medidores, a comparação das leituras coletadas frente ao que vem sendo faturado pela COPEL, os resultados obtidos para os indicadores de consumo energético e as análises realizadas a partir das informações coletadas. Além disso, será abordado também a interface elaborada para verificação dos dados, onde é possível realizar a verificação das informações e também efetuar a comparação entre as unidades consumidoras para verificar possíveis similaridades de perfis de consumo.

4.1 Instalação dos Medidores

A instalação dos medidores foi realizada dentro das duas subestações de alvenaria do campus. Esta alternativa se apresentou como a mais adequada para o projeto em questão, visto que apresenta maior agilidade para coleta de dados e manuseio dos medidores, pois podem ser operados ou desligados em apenas dois únicos locais. Além disso, encontram-se em ambiente controlado de difícil acesso a alunos e professores, oferecendo menor risco de incidentes.

Os TC's foram instalados antes dos fusíveis NH ou disjuntores que estão montados nos armários nas subestações. Os medidores foram acomodados em um painel de MDF ao lado dos armários metálicos já instalados na subestação e a fiação dos TC's e da alimentação dos medidores foi passada externamente no vão inferior entre os armários.

Por possuir um grau de complexidade menor, com menos disjuntores e melhor identificação dos quadros, a primeira instalação foi realizada na subestação 2. O primeiro painel foi instalado no mês de Julho de 2021 e possui ao todo 5 medidores instalados, que realizam a medição dos blocos L1, L2, L3, L4 e H3. Na Figura 13 é possível observar o painel instalado ao lado dos quadros metálicos no interior da subestação.

Figura 13 – Instalação dos 5 medidores na Subestação 2 do campus



Fonte: Próprio Autor (2021)

Após realizada a instalação do primeiro painel, iniciou-se a instalação dos medidores na subestação 1, com total de 12 medidores, tendo sido concluída no mês de agosto de 2021. Os dispositivos instalados nessa subestação realizam a leitura dos blocos administrativos, J1, J2, I1, I2, I3, além de leituras de disjuntores que não possuíam identificação de local e foram classificados como “Sem identificação”.

Para o caso de expansões futuras das estruturas da universidade, outros 3 medidores foram instalados e nomeados como reservas.

Na Figura 14 é possível visualizar o painel instalado no interior da subestação 1, bem como a disposição de todos os seus medidores.

Figura 14 – Painel instalado na subestação 1 do campus

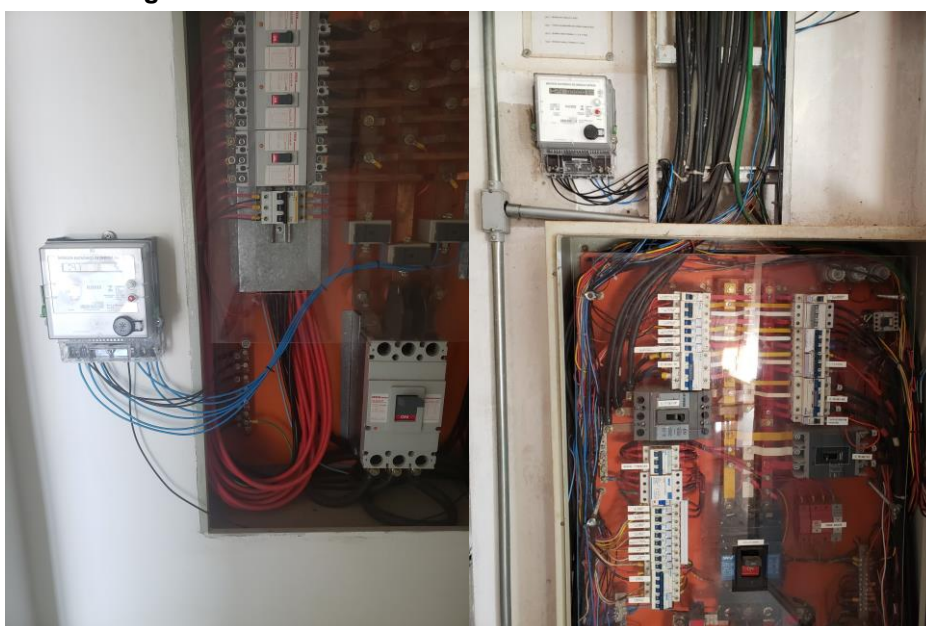


Fonte: Próprio Autor (2021)

Os Blocos A, J3, J4, RU, I4 e I5 e M não possuem a proteção de seus circuitos nas subestações descritas. Portanto, aqueles que não dispunham de disjuntores de proteções gerais dentro das subestações, tiveram os medidores instalados isoladamente ao lado de seus respectivos quadros de distribuição, que estão localizados no corredor de entrada dos locais.

Na Figura 15 é possível verificar os medidores que foram instalados nos blocos J4 e Bloco A.

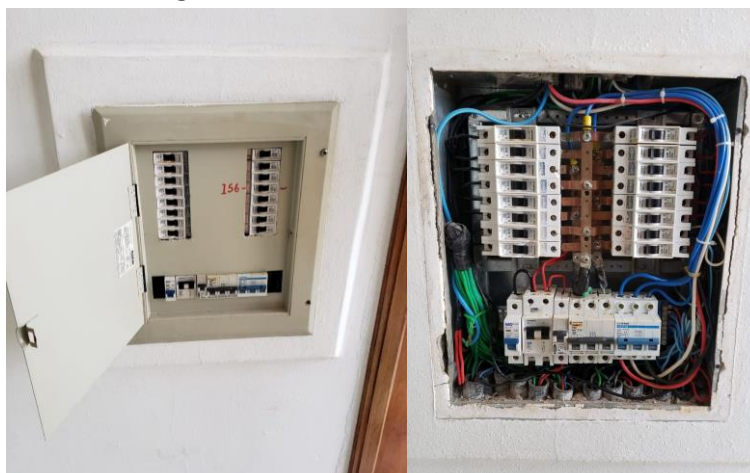
Figura 15 – Medidores instalados no bloco J4 e bloco A



Fonte: Próprio Autor (2021)

A instalação dos medidores foi inviabilizada nos blocos I4, I5 e M em razão da impossibilidade da acomodação dos TC's para realização das leituras. Na Figura 16 é possível visualizar o Quadro Geral do Bloco I5, onde observa-se a lotação do espaço interior do quadro, ficando evidente a necessidade de adequação em obras futuras do campus.

Figura 16 – Quadro Geral do Bloco I5



Fonte: Próprio Autor (2021)

Dessa maneira, não foi possível realizar a instalação dos medidores ELO2123 para medições e coleta de leituras dos blocos M, I4 e I5.

O restaurante universitário já possui medição própria com medidor individual que foi instalado em estudos anteriores levantados pela Comissão de Eficiência Energética da universidade. Devido à impossibilidade de acesso aos seus dados, porém, o medidor foi trocado para o ELO2123 no mês de julho de 2022, de forma que os dados do restaurante não são considerados neste trabalho.

4.2 Comparação dos dados com faturamento COPEL

Com o objetivo de avaliar e verificar a aderência dos dados de consumo mensal de energia elétrica obtido pelos medidores instalados frente ao consumo de energia real do campus, foram reunidos os históricos de consumo e de demanda faturados pela concessionária de energia elétrica COPEL, responsável pela distribuição de energia elétrica para o campus da UTFPR Medianeira.

Os dados foram obtidos através da Agência Virtual do Cliente, como é chamada a plataforma online da distribuidora. Além dos dados de consumo e demanda, na plataforma também puderam ser obtidos históricos de faturamento, histórico de demanda sub e sobre contratada, gráficos de demanda, de energia ativa e reativa, fator de potência, entre outras informações para comparações.

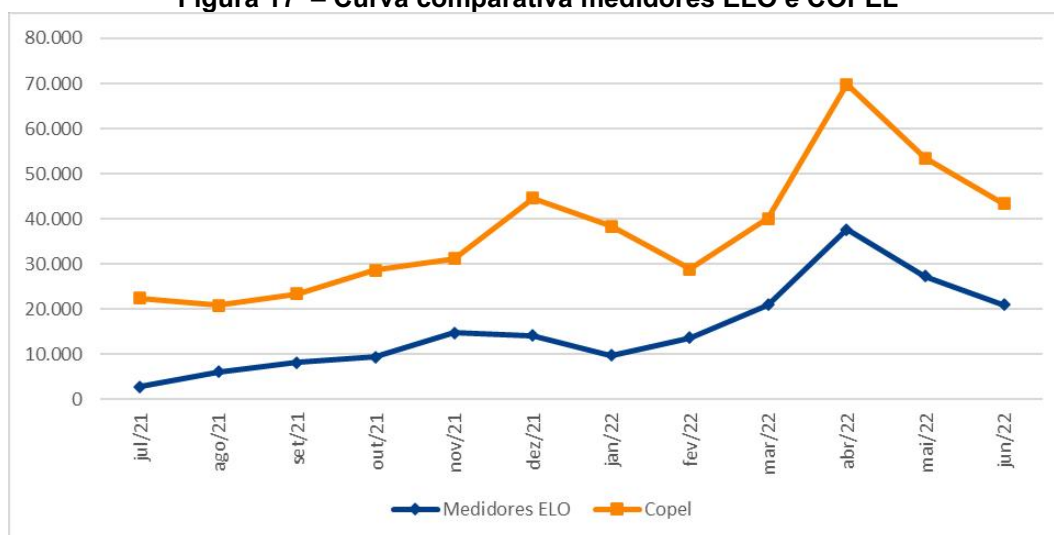
No Quadro 5 é apresentado os dados anuais de consumo de energia elétrica do Campus Medianeira medido pelos medidores ELO2123 instalados e os valores faturados pela COPEL. O período analisado foi de julho de 2021 a junho de 2022.

Quadro 5 – Comparação dos dados do consumo de energia

Ano	Mês	Consumo Medido Medidores ELO (kWh)	Faturado Copel (kWh)	Percentual (%)
2021	Julho	2.892	22.416	13%
	Agosto	6.117	20.816	29%
	Setembro	8.247	23.407	35%
	Outubro	9.427	28.685	33%
	Novembro	14.737	31.156	47%
	Dezembro	14.151	44.547	32%
2022	Janeiro	9.748	38.415	25%
	Fevereiro	13.650	28.848	47%
	Março	20.988	40.144	52%
	Abril	37.680	69.777	54%
	Mai	27.301	53.439	51%
	Junho	21.013	43.329	48%

Fonte: Próprio Autor (2022)

Na Figura 17 é apresentado a curva comparativa entre os dados apresentados no Quadro 5, ou seja, a comparação da conformidade entre o consumo de energia elétrica em kWh registrado pelos medidores ELO2123 instalados e o consumo total do campus faturado pela distribuidora COPEL.

Figura 17 – Curva comparativa medidores ELO e COPEL

Fonte: Próprio Autor (2022)

Ao verificar as informações apresentadas na Figura 17, observa-se que, apesar da curva respeitar a tendência apresentada pelo faturamento da COPEL, os valores medidos estão significativamente abaixo dos valores totais.

Por dificuldades já citadas nas sessões anteriores, os blocos M, I4, I5, A e RU não estão sendo contabilizados nas análises desse trabalho, uma vez que, não foi possível a instalação dos medidores nos respectivos locais em tempo hábil.

Segundo informações disponibilizadas pela Comissão de Eficiência Energética em estudos realizados anteriormente, o consumo dessas unidades apresenta um percentual significativo do consumo, sendo apenas o RU estimado em cerca de 25% do consumo total do campus.

Além disso, verificou-se durante ensaios que valores inferiores a aproximadamente 80mA não são contabilizados pelo ELO2123 na sua entrada de corrente. Aplicando as relações de transformação dos TCs utilizados, conclui-se então que correntes abaixo de cerca de 5A não são contabilizados pelos medidores. Isso ocorre possivelmente por limitações do medidor e por possíveis problemas de configuração. Para valores de corrente abaixo do citado, a leitura do consumo de potência é considerada como zero, de forma que os resultados obtidos não são confiáveis para baixos níveis de consumo de potência, e os valores finais de consumo são subestimados em até 1,1kWh para quando a corrente consumida está abaixo do limiar citado. Considerando-se, porém, que o tempo de baixo consumo é pequeno e que esse erro não existe para consumos maiores, conclui-se que apesar dos valores medidos serem subestimados, este erro não é significativo.

Cabe ressaltar também a resolução dos modelos do medidor eletrônico ELO2123 e do transformador de corrente MSQ-40 especificados pelos fabricantes e abordados no tópico 3.2 deste trabalho.

Na Figura 18, é possível visualizar o gráfico do percentual de correspondência do consumo medido frente ao faturado pela COPEL mensalmente, entre julho de 2021 e junho de 2022.

Figura 18 – Percentual de correspondência com faturamento COPEL



Fonte: Próprio Autor (2022)

Conforme constata-se através do histórico levantado e exibido no gráfico da Figura 18, a partir do mês de fevereiro ano de 2022 a média do percentual de consumo registrado pelos medidores instalados estabilizou-se próximo a 51% do total consumido. O mês de fevereiro foi marcado pelo retorno das aulas presenciais e pelo início das atividades acadêmicas no campus após longo período em atividades remotas devido a pandemia do COVID-19, sendo que, anterior ao período os blocos não estavam sendo utilizados em sua totalidade e em regime normal.

Em suma, portanto, a diferença verificada entre as medições se justifica pelos seguintes fatores:

- a) Baixo nível de confiabilidade para consumo abaixo de 5A de corrente;
- b) Não contabilização dos blocos I4, I5, M, RU e bloco A;
- c) Resolução do modelo de medidor eletrônico, como já citado anteriormente;
- d) Tolerância de 10% na resolução do modelo do transformador de corrente, especificado pelo fabricante.

Para confirmação dos tópicos citados, no mês de setembro de 2022 foram coletadas novas informações e adicionadas as leituras dos blocos A e do restaurante universitário do campus aos dados totais. Com esse acréscimo, verificou-se a correspondência do monitoramento coincidindo com 77% da leitura faturada pela COPEL para aquele mês.

Desse modo, apesar dos pontos levantados, os valores percentuais de medição do consumo obtidos apresentam-se dentro de faixas aceitáveis e são adequados considerando as dificuldades encontradas.

4.3 Resultados de Indicadores de Eficiência Energética

Os indicadores visam identificar o comportamento do uso da energia através das informações e particularidades das unidades consumidoras. A utilização e avaliação periódica auxiliam na verificação de mudanças no comportamento.

A aplicação foi realizada utilizando as informações de consumo dos blocos da UTFPR, coletadas nos medidores ELO2123 entre agosto de 2021 a julho de 2022, e analisados separadamente considerando as características de cada um dos indicadores.

4.3.1 PCT - Índice Percentual de Consumo Total

O levantamento do índice percentual de consumo total do período analisado para as unidades consumidoras contempladas nesse trabalho é apresentado no Quadro 6 a seguir.

Quadro 6 - Resultados PCT por setor

Setor	PCT
Blocos L	27,64%
Blocos J	25,80%
Sem Identificação	25,66%
Blocos I	11,03%
Administração	6,15%
Blocos H	3,38%

Fonte: Próprio Autor (2022)

O indicador PCT trouxe fatos relevantes para a gestão energética na Universidade, pois verifica-se que os setores L, J e os sem identificação se apresentam como os maiores consumidores do campus, uma vez que juntos representam aproximadamente 79,1% do total do consumo medido.

Quando verificado cada bloco individualmente, conforme é possível observar no Quadro 6, o destaque no consumo total do campus fica para as unidades J4, medidor sem identificação 31 e L1, que representam cerca de 43% de todo o consumo medido. Nesse sentido, projetos de Eficiência Energética como substituição de equipamentos de iluminação e ar condicionado ineficientes por outros eficientes devem ser direcionados e priorizados nessas unidades.

Quadro 7 - Resultados PCT por bloco

Bloco	PCT
J4	16,47%
Sem Identificação 31	14,99%
L1	11,72%
Sem Identificação 24	10,77%
L3	7,53%
I3	7,17%
L4	6,63%
J3	4,05%
Administração Geral	3,97%
H3	3,95%
L2	2,94%
J1	2,75%
Administração de Ensino	2,25%
I1	2,18%
I2	1,83%
J2	0,80%

Fonte: Próprio Autor (2022)

Destaca-se, porém, que algumas salas e laboratórios do Bloco J4 foram utilizadas de forma intensa durante todo o período de aulas não presenciais, no segundo semestre de 2021, o que pode ter influenciado no seu alto valor de consumo percentual.

4.3.2 PCR –Índice Percentual de Consumo Noturno verificado no Período de Faturamento Reservado

A classificação pelo indicador PCR foi aplicada no período das 18:00 as 21:00 horas, intervalo classificado como horário de ponta pela concessionária COPEL. Os resultados tem como referência a soma acumulada do consumo de energia registrados pelos medidores entre o período de agosto de 2021 a julho de 2022 no horário mencionado.

A partir da análise dos resultados verificou-se que alguns blocos possuem característica de consumir grande parte da energia total da UTFPR nos horários com baixa atividade humana.

Nota-se, por exemplo, que os locais medidos que não possuem identificação são responsáveis por aproximadamente 26% do consumo total no período de ponta. Estes valores indicam que existe grande quantidade de equipamentos que permanecem acionados mesmo após a saída de alunos e funcionários dos locais, ou

que esta seja uma característica intrínseca daquela instalação, de forma que se fosse possível ser modificada, poderia ocasionar uma diminuição no valor da fatura de energia elétrica da universidade, devido à diminuição do consumo neste horário.

Cabe ressaltar que, o Bloco J4 destacado em primeiro lugar com 24,33% do consumo total do intervalo analisado, possui aulas do curso de tecnologia em Manutenção Industrial no horário noturno. As aulas são ministradas no bloco J4 de segunda a sexta-feira no período de 18:00 as 22:00 horas, o que justifica o valor expressivo do bloco no percentual total apresentado no Quadro 8.

Quadro 8 – Resultados PCR por bloco

Bloco	PCR
J4	24,33%
Sem Identificação 31	15,76%
Sem Identificação 24	9,83%
L1	9,66%
I3	7,47%
L3	6,32%
H3	4,31%
J3	3,61%
L2	3,09%
Administração Geral	2,92%
L4	2,76%
J1	2,75%
I1	2,14%
Administração de Ensino	2,09%
I2	1,71%
J2	1,25%

Fonte: Próprio Autor (2022)

Os demais blocos possuem circulação de alunos e/ou professores apenas pontualmente no período noturno, não apresentando ministração de cursos ou tendo salas utilizadas após as 17:30 horas.

Quando verificadas as unidades agrupadas por setores, conforme apresentado no Quadro 9, nota-se que os blocos J e os não identificados possuem característica de percentual de consumo maior que os demais, conforme já abordado anteriormente. Verifica-se que o Bloco L possui característica de consumir parte significativa da energia nos horários com baixa atividade humana.

Quadro 9 - Resultados PCR por setor

Setor	PCR
Blocos J	31,90%
Sem Identificação	25,64%
Blocos L	21,88%
Blocos I	11,24%
Administração	5,03%
Blocos H	4,31%

Fonte: Próprio Autor (2022)

4.3.3 CMM – Índice de Consumo Médio Mensal por m²

O indicador CMM tem por objetivo principal apresentar valores que servirão como base ou referência para futuras padronizações visando projetos de novos edifícios na Universidade, ou ainda para adequar a níveis de consumo aceitáveis aos já existentes e que apresentem inconformidades.

Os resultados das unidades L e J, sobretudo quando verificadas agrupadas em setores, mostram-se mais próximos. Esta característica aponta semelhanças no comportamento de uso da energia elétrica, no que diz respeito às instalações físicas. Os resultados do CMM por setor são apresentados no Quadro 10.

Quadro 10 – Resultados CMM por setor

Setor	Média Consumo (kWh)	Área (m ²)	Índice
Blocos L	2.942	4.900	0,60
Blocos J	2.756	4.800	0,57
Blocos H	386	760	0,51
Blocos I	1.171	3.040	0,38
Administração	650	3.400	0,19

Fonte: Próprio Autor (2022)

A avaliação dos resultados de classificação das unidades pelo indicador por área construída aponta novamente o bloco J4, seguido pelo bloco I3 e L1 como as três unidades com maior índice de consumo.

Não foi possível observar similaridade ou traçar o perfil de consumo das unidades por m². Portanto, análogo aos dados obtidos, faz-se necessário o levantamento mais aprofundado das particularidades das unidades, para que seja possível obter melhores resultados para o indicador.

Quadro 11 – Resultados CMM por bloco

Bloco	Média de Consumo (kWh)	Área (m ²)	Índice
J4	1.962	1.200	1,64
I3	751	760	0,99
L1	1.171	1.200	0,98
L3	778	1.200	0,65
L4	693	1.300	0,53
H3	386	760	0,51
J3	535	1.200	0,45
I1	230	760	0,30
I2	191	760	0,25
L2	301	1.200	0,25
J1	289	1.200	0,24
Administração	651	3.400	0,19
J2	83	1.200	0,07

Fonte: Próprio Autor (2022)

Novamente, destaca-se que algumas salas e laboratórios do Bloco J4 foram utilizadas de forma intensa durante todo o período de aulas não presenciais, no segundo semestre de 2021, o que pode ter influenciado no seu alto valor de CMM. Dessa forma recomenda-se que estes índices sejam recalculados considerando apenas o ano de 2022, e se esse comportamento se mantiver, pode ser verificado se há problemas como fuga de corrente no bloco.

4.4 Diagnósticos e Análise dos Resultados de Consumo energético

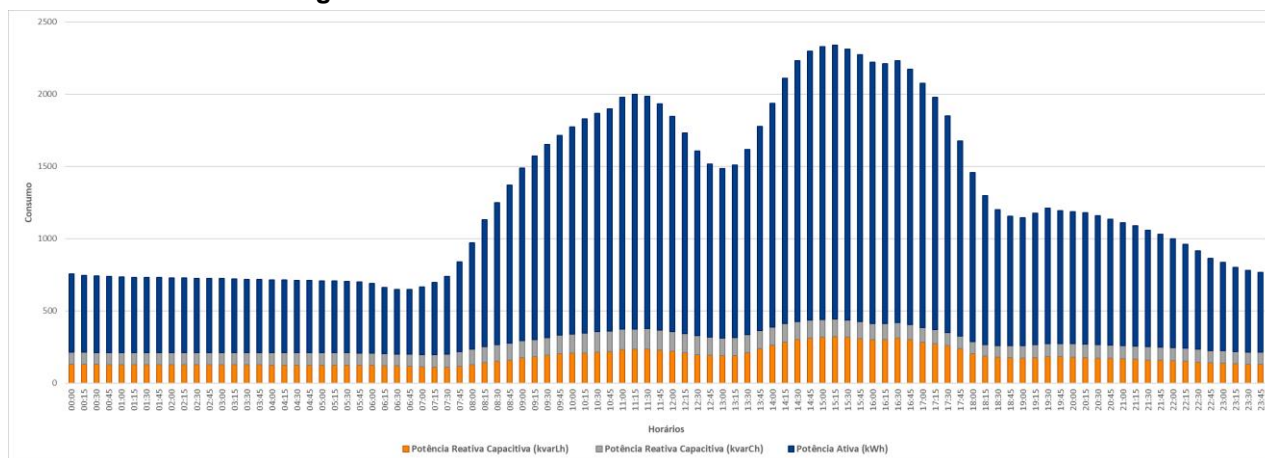
Na Figura 19 observa-se a curva de consumo da UTFPR com a somatória acumulada das leituras obtidas com intervalo de 15 minutos de segunda a domingo para o período de julho de 2021 a junho de 2022.

É possível observar o início da ascensão da curva de consumo no período da manhã a partir das 7 horas, com pico de consumo do horário matutino entre 11:00 e 11:30.

Após a escalada do consumo do período matutino, nota-se o declínio do consumo no após as 12:00, horário que as aulas são interrompidas para o almoço. O consumo volta a elevar-se novamente e atinge seu pico máximo do dia entre 15:00 e 16:00 horas, tendo queda abrupta após as 17:30, período em que se encerram as aulas vespertinas.

No local em que se encontra o Campus Medianeira, oeste do Paraná, as maiores temperaturas são registradas à tarde. Segundo AccuWeather (2022), no mês de março de 2022 houve registros de temperatura máxima de 38°, mínima de 22°, por esse motivo há uma maior utilização de aparelhos condicionadores de ar, o que explica o fato dos picos de energia estarem em tal período.

Figura 19 – Curva característica do consumo da UTFPR



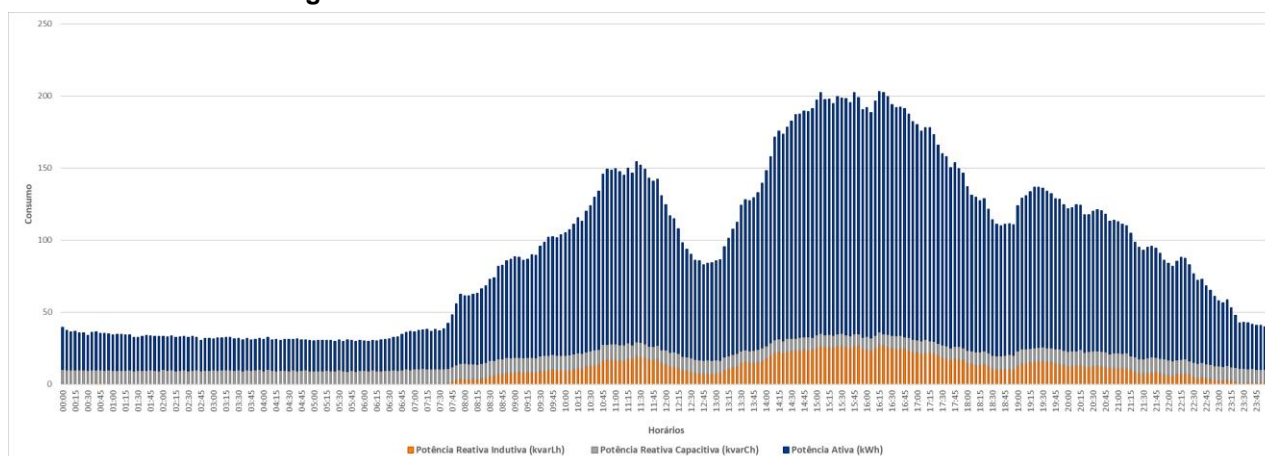
Fonte: Próprio Autor (2022)

Cada bloco apresenta uma curva característica de consumo própria, conforme ocorrem os horários da disponibilização do local para ministração das aulas. Na Figura 20 apresenta-se a curva característica de consumo por horário do Bloco J4, que se apresentou como destaque de consumo nos indicadores de eficiência energética abordados na Sessão 4.3.1 deste trabalho.

Observa-se que a concentração do consumo de energia elétrica do horário matutino está deslocada entre as 10:30 e as 12:00, demonstrando através do consumo que a maior quantidade de aulas do período matutino está centralizada no fim da manhã.

Em disparidade com a média dos demais blocos da UTFPR, nota-se que há uma nova elevação do consumo após as 19:00 horas, mantendo-se elevada e crescente até que caí gradativamente ao longo do período e cessa as 23:00 horas, mantendo apenas leitura residual de lâmpadas e equipamentos que necessitam ficar ligados mesmo após o encerramento das atividades.

Figura 20 – Curva característica do consumo do bloco J4

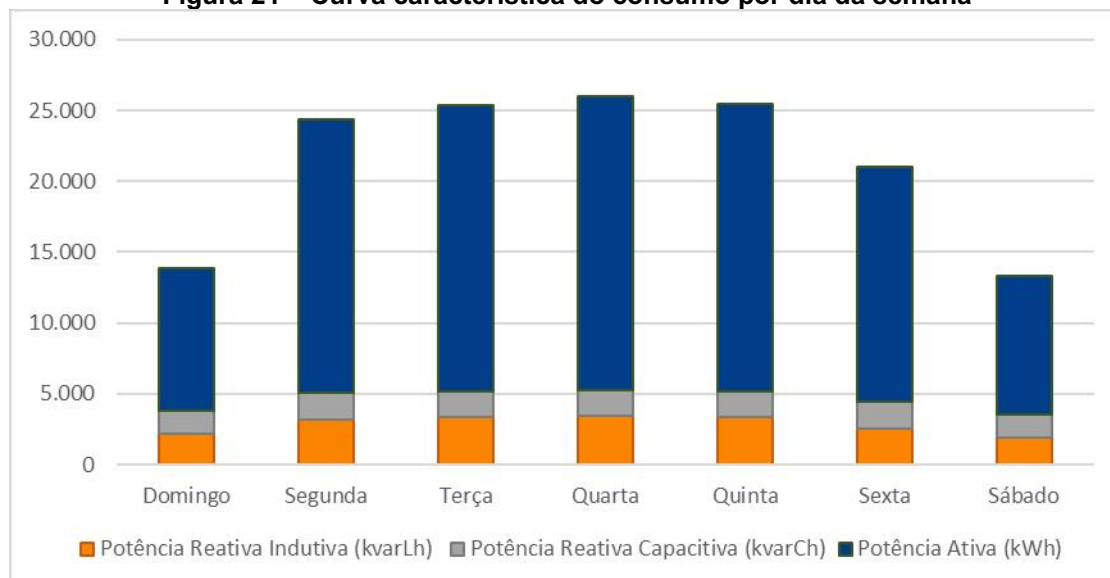


Fonte: Próprio Autor (2022)

Quando analisado o perfil de consumo da UTFPR em cada um dos dias da semana, verifica-se que o maior índice de consumo de energia elétrica concentra-se no meio da semana, entre terça e quinta-feira, sendo quarta-feira o dia com maior pico de consumo se comparado aos demais dias.

Examinando os valores percentualmente tem-se sábados e domingos com 8,4% e 8,61% do consumo total respectivamente, seguido de sexta-feira com 14,21%, segunda com 16,51%, terça-feira com 17,25% e quinta e quarta-feira com 17,37% e 17,68% seguindo a ordem. A Figura 21 apresenta a curva de consumo de potências ativas e reativas por dias da semana.

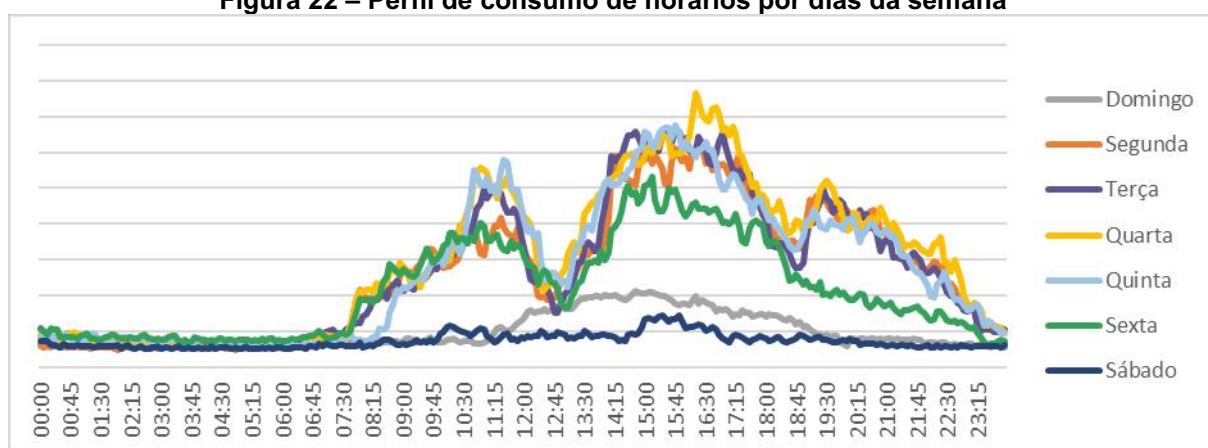
Figura 21 – Curva característica do consumo por dia da semana



Fonte: Próprio Autor (2022)

No mesmo sentido, unificando as duas análises anteriores, na Figura 22 apresenta-se o perfil de consumo de horário por cada dia na semana. A curva foi traçada utilizando a somatória acumulada das leituras obtidas com intervalo de 15 minutos de segunda a domingo para o período de julho de 2021 a junho de 2022. Observa-se mais uma vez, conforme já abordado, os picos de utilização concentrados no meio da semana, entre terça e quinta-feira.

Figura 22 – Perfil de consumo de horários por dias da semana



Fonte: Próprio Autor (2022)

Na segunda, quarta e sexta-feira é possível verificar a ascensão da curva de consumo iniciando após as 07:30 da manhã, enquanto que na terça e na quinta-feira verifica-se ascensão principal da curva após as 9 horas da manhã, com diminuição abrupta próximo as 12 horas em todos os dias da semana, horário em que as aulas são interrompidas para almoço.

Na quarta-feira, é possível identificar a concentração do consumo no fim do período vespertino, com principal pico de utilização entre as 15:30 e 17 horas, enquanto que na terça-feira o consumo se apresenta diluído em todo período da tarde.

Fica evidente a quantidade menor de aulas na sexta-feira ao longo de todo o dia, com destaque principal no horário noturno em relação aos demais dias da semana, com queda brusca na utilização após as 18 horas.

O Quadro 12 apresenta o histórico de ultrapassagem de demanda verificados nos 3 anos anteriores a paralização das atividades devido a pandemia do COVID-19. As informações foram obtidas através das faturas de energia elétrica da concessionária em suas plataformas digitais. Os dados corroboram para as conclusões obtidas através das leituras dos medidores ELO2123 instalados, pois verifica-se que a maior parte das ultrapassagens de demanda ocorrem nas quartas-

feiras, sendo que todas as vezes o valor máximo de ultrapassagem ocorreu no período da tarde, entre 13:45 e 16:15, sendo o horário mais frequente às 14:15 e 14:45, ambas com 4 ocorrências cada. Provavelmente este comportamento, e as multas, poderiam ser diminuídas através de uma melhor distribuição das aulas ao longo dos dias da semana, e sendo alocadas, preferencialmente, o período da manhã.

Quadro 12 – Ultrapassagem de demanda 2018 a 2020

Ultrapassagens de demanda			
Dia	Horário	Dia semana	Multa
14/03/2018	14:15	Quarta	R\$ 6.514,39
19/03/2018	14:45	Segunda	R\$ 3.827,18
25/04/2018	16:15	Quarta	R\$ 1.526,93
24/09/2018	14:45	Segunda	R\$ 2.976,38
13/11/2018	15:30	Terça	R\$ 5.767,17
22/11/2018	13:45	Quinta	R\$ 1.354,78
15/04/2019	14:15	Segunda	R\$ 1.962,04
16/09/2019	15:00	Segunda	R\$ 4.201,20
02/10/2019	14:15	Quarta	R\$ 3.401,15
30/10/2019	14:15	Quarta	R\$ 7.273,95
20/11/2019	14:45	Quarta	R\$ 4.908,07
12/03/2020	14:45	Quinta	R\$ 4.131,98

Fonte: Próprio Autor (2022)

Quando examinado os consumos durante o período da madrugada, entre 00:00 e 05:30, destaca-se com 52% do consumo total do período, quatro principais blocos, sendo: bloco L1 com 13,75%, os medidores com leitura sem identificação dos locais somando-se com 26% e o bloco I3 com 12,74%. As informações percentuais dos blocos com maior consumo durante a madrugada são apresentadas no Quadro 12.

Quadro 13 – Blocos com consumo durante a madrugada

Blocos	Consumo (kWh)	Percentual (%)
L1	1.764,76	13,75%
Sem Identificação 24	1.688,2	13,16%
Sem Identificação 31	1.649	12,85%
I3	1.634,03	12,74%

Fonte: Próprio Autor (2022)

No bloco L1 ficam localizados os servidores com sistema de computação centralizada que fornece serviços para a rede da UTFPR Medianeira. Estes equipamentos permanecem em funcionamento mesmo após encerramento das

atividades no campus, justificando, portanto, o destaque de consumo de energia no período da madrugada.

O bloco I3 possui diversos equipamentos como geladeiras, condensadores, estufas e entre outros que são utilizados nos cursos técnicos em química e de engenharia ambiental, além de equipamentos para realização de pesquisas e pós-graduação. Por vezes, para realização de análises e desenvolvimento de pesquisas, faz-se necessário que os equipamentos permaneçam ligados e sendo utilizados de forma ininterrupta por vários dias, o que também explica o destaque como um dos blocos com maior utilização no período da madrugada.

Ainda tratando-se do perfil de horários de consumo de energia elétrica do campus, conforme já foi abordado no tópico 4.3.1 deste trabalho, o bloco J4 é o representante do maior índice percentual de consumo verificado no período de faturamento reservado, ou também nomeado de período de Ponta. No entanto, o quadro a seguir traz a avaliação do percentual da totalidade do consumo em kWh realizado dentro e fora do período reservado por cada um dos blocos.

Quadro 14 – Percentual total de consumo dentro e fora de ponta por bloco

Bloco	Fora Ponta	Ponta
J2	81,42%	18,58%
J4	83,20%	16,80%
H3	84,89%	15,11%
L2	86,06%	13,94%
SI 31	86,33%	13,67%
I3	86,52%	13,48%
J1	87,09%	12,91%
I1	87,43%	12,57%
Administração de Ensino	87,96%	12,04%
SI 24	88,18%	11,82%
J3	88,40%	11,60%
I2	88,54%	11,46%
L1	88,83%	11,17%
L3	88,98%	11,02%
Administração Geral	90,47%	9,53%
L4	94,61%	5,39%
Total Geral	87,24%	12,76%

Fonte: Próprio Autor (2022)

Conforme é apresentado no Quadro 13, o destaque de maior percentual de consumo no período de ponta frente a tudo que foi consumido pela unidade, fica para

o bloco J2, com cerca de 18,6% de sua totalidade de utilização empregue no período reservado. Na sequência apresenta-se os blocos J4 com 16,8% e H3 com 15,11%.

Percebe-se que, apesar do baixo consumo dos blocos J2 e H3, conforme já abordados no Tópico 4.3.1 deste trabalho, com 1,25% e 4,31% respectivamente do consumo percentual total medido no campus, os blocos tem quantidade significativa de atividade e possuem perfil de utilização de consumo de energia elétrica nos períodos onde o valor da tarifa energia elétrica e demanda chega a três vezes o valor da tarifa cobrada nas demais horas do dia.

O Quadro 14 apresenta os resultados do consumo total dentro e fora do período reservado agrupado por setor do campus.

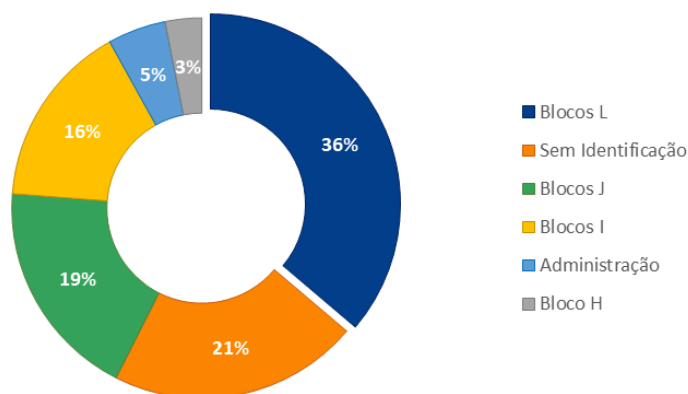
Quadro 15 - Percentual total de consumo dentro e fora de ponta por setor

Setor	Fora Ponta	Ponta
Bloco J	84,35%	15,65%
Bloco H	84,89%	15,11%
Bloco I	87,03%	12,97%
Sem Identificação	87,11%	12,89%
Bloco L	89,95%	10,05%
Administração	89,56%	10,44%
Total Geral	87,24%	12,76%

Fonte: Próprio Autor (2022)

Avaliando o consumo das unidades medidas durante os finais de semana, obtém-se que 36% do consumo acumulado de sábado e domingo são de responsabilidade dos blocos do setor L, sendo o bloco L1 o maior consumidor dentro do setor, seguido dos medidores que não tiveram a localização identificados, com 21% do consumo total do final de semana e blocos J na terceira colocação percentual, com 19% do consumo. O gráfico de rosca com o consumo percentual do fim de semana pode ser observado na Figura 23.

Figura 23 – Setores com maior consumo percentual durante fins de semana



Fonte: Próprio Autor (2022)

O consumo detalhado de cada um dos blocos e seus respectivos setores, separados entre sábado e domingo pode ser observado nos Quadro 15 e Quadro 16, respectivamente.

Quadro 16 – Consumo de potência ativa durante o sábado

Dia da Semana	Setor	Bloco	Consumo (kWh)
Sábado	Administração	Administração Geral	123,68
		Administração de Ensino	120,63
	Bloco H	H3	129,85
	Bloco I	I1	62,03
		I2	91,52
		I3	469,22
	Bloco J	J1	194,55
		J2	17,21
		J3	172,13
		J4	461,46
	Bloco L	L1	737,29
		L2	107,82
		L3	342,83
		L4	624,7
Sem Identificação	SI 24	628,59	
	SI 31	425,74	

Fonte: Próprio Autor (2022)

Quadro 17 – Consumo de potência ativa durante o domingo

Dia da Semana	Setor	Bloco	Consumo (kWh)
Domingo	Administração	Administração de Ensino	125,51
		Administração Geral	101,37
	Bloco H	H3	101,53
	Bloco I	I1	66,07

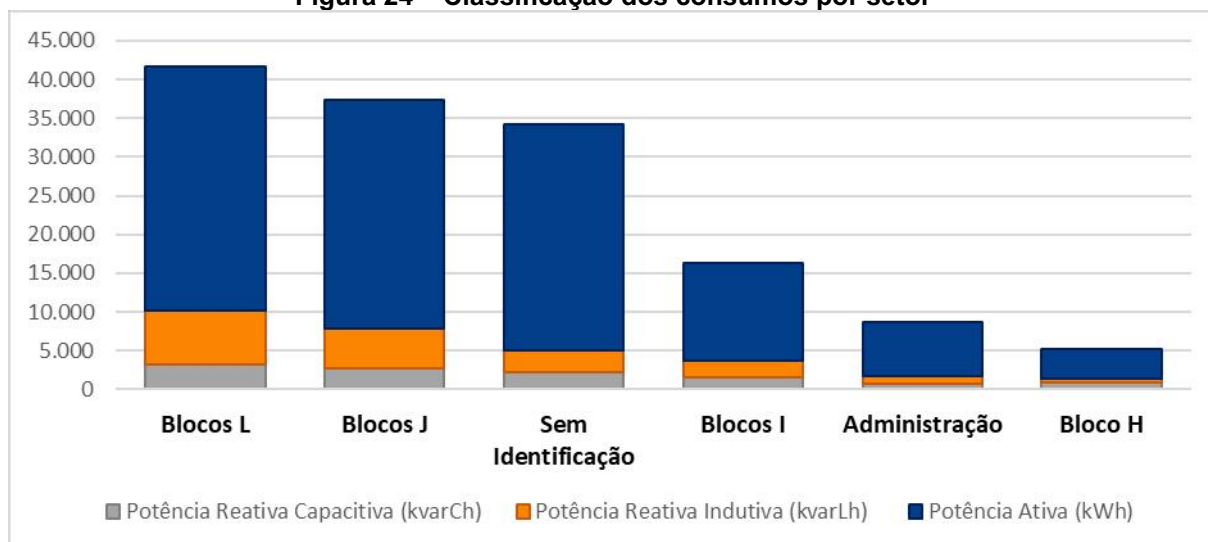
		I2	81,89	
		I3	464,17	
		Bloco J		
	J1	184,66		
	J2	12,58		
	J3	98,36		
	J4	420,24		
	Bloco L		L1	652,4
	L2	90,05		
	L3	270,75		
	L4	664,1		
	Sem Identificação		SI 24	559,85
	SI 31	373,35		

Fonte: Próprio Autor (2022)

A Figura a seguir, traz uma análise geral do consumo das potências ativa, reativa indutiva e reativa capacitiva registrado pelos medidores ELO2123 em todo período.

Conforme é possível observar, aponta-se o setor dos blocos L como o maior consumo total acumulado, seguido pelos blocos J e os sem identificação, corroborando para o índice percentual de consumo total já abordado no Tópico 4.3.1 desse trabalho.

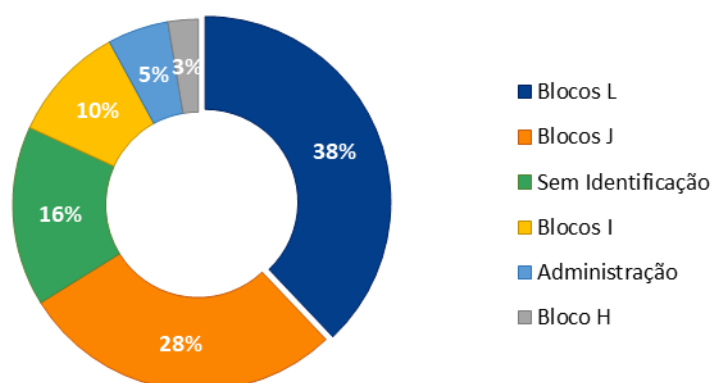
Figura 24 – Classificação dos consumos por setor



Fonte: Próprio Autor (2022)

A maior parte da energia reativa indutiva total consumida no campus tem destaque para os Blocos L, com 38% do percentual total, seguido pelo Blocos J com 28% e os não identificados com 15%. Na Figura 25 é possível observar o gráfico de rosca com o percentual do total de reativa indutiva consumida pelos setores.

Figura 25 – Classificação de Reativa Indutiva por setor



Fonte: Próprio Autor (2022)

O destaque dos três blocos com maior potência reativa indutiva consumida no período estão evidenciados no Quadro 17.

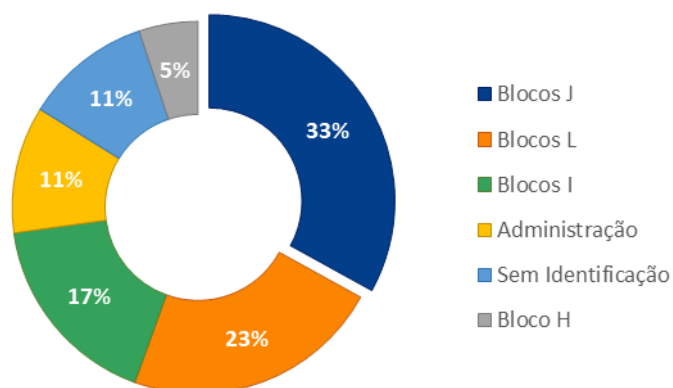
Quadro 18 – Blocos com maior consumo de reativa indutiva

Blocos	Potência Reativa Indutiva (kvarLh)
L3	2.836
J4	2.602
L1	2.459

Fonte: Próprio Autor (2022)

Quando verificado o consumo de reativa capacitiva, conforme é possível verificar na Figura 26, a maior parcela do total consumido no campus tem destaque para os Blocos J, com 33% do percentual total, seguido pelo Blocos L com 23% e os Blocos I com 17%.

Figura 26 – Classificação de Reativa Capacitiva por setor



Fonte: Próprio Autor (2022)

. A tabela a seguir representa os três principais blocos destacados com maior consumo de energia reativa capacitiva no período analisado.

Quadro 19 – Blocos com maior consumo de Reativa Capacitiva

Blocos	Potência Reativa Capacitiva (kvarCh)
J4	2.373
SI 31	1.737
L1	1.591

Fonte: Próprio Autor (2022)

4.5 Interface Gráfica

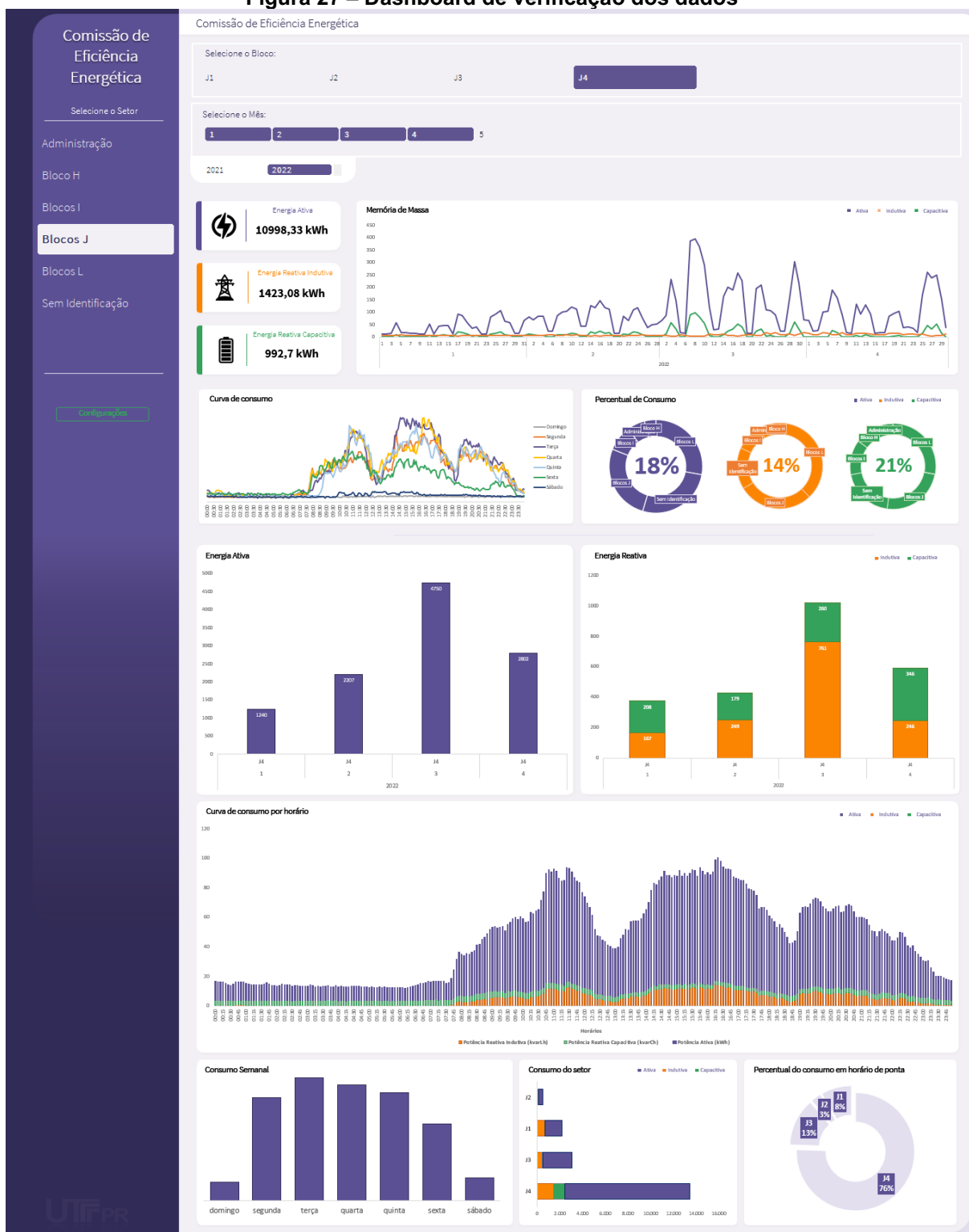
Com o objetivo de visualizar as informações coletadas dos equipamentos de medição de energia ELO2123, foi desenvolvida uma interface gráfica para gerenciamento das grandezas elétricas dos prédios monitorados no campus da UTFPR Medianeira.

A interface gráfica é a forma de interação entre um usuário e os dados obtidos, e deve permitir a interação com as informações através de elementos gráficos como ícones, objetos de tela, gráficos e outros indicadores visuais, em contraste à interface de linha de comando.

Entre as possibilidades disponíveis, optou-se pela utilização do *software* Microsoft Excel para o desenvolvimento da análise dos dados e da interface gráfica, uma vez que o *software* é amplamente difundido e de fácil utilização.

Na Figura 27 é possível visualizar a tela principal do painel que foi desenvolvido. A partir desta tela é possível realizar o acesso a todos os dados disponíveis. Através dos botões localizados no lado superior esquerdo do painel, pode-se selecionar o setor desejado para consulta de dados. O período temporal, como mês e ano, e a escolha individual ou agrupada dos blocos medido para visualização pode ser selecionada nos botões centralizados no topo do painel.

Figura 27 – Dashboard de verificação dos dados



Fonte: Próprio Autor (2022)

Após selecionado os locais e período desejado, os dados abaixo se ajustam automaticamente permitindo a análise das informações obtidas pelos medidores. Prontamente no topo é possível verificar a memória de massa com histórico dia a dia

do período selecionado separados por potência ativa em kWh, potência reativa indutiva em kvarLh e potência reativa capacitiva em kvarCh. Além disso, ao lado é apresentado o resultado total acumulado do período para as três grandezas.

Na sequência, duas exibições principais são apresentadas, uma delas trata-se do perfil de consumo de horários por dias da semana dos blocos para o período selecionado, e ao lado três gráficos de rosca exibem os percentuais totais dos consumos de energia ativa e reativas consumidos.

Adiante, dois gráficos de barra são expostos com os resultados acumulados por mês do bloco selecionado e logo abaixo, a curva característica acumulada no consumo por horário.

Por último, visualizam-se as informações dos resultados delineados para o consumo por dias da semana, tal como, o consumo acumulado do setor e o percentual total de consumo durante o período reservado.

5. CONCLUSÃO

O presente trabalho teve como objetivo realizar a instalação de 25 medidores de consumo de energia elétrica, modelo ELO2123, nos blocos que compõem o campus da UTFPR Medianeira para verificação e diagnósticos gerais do comportamento e da utilização de energia elétrica.

Após o desenvolvimento e a concepção do projeto dos painéis, foi iniciada a instalação dos 25 medidores e a medição dos blocos que compõem o campus da UTFPR Medianeira. Deste momento em diante, iniciou-se a coleta, realizada a cada 30 dias, dos dados armazenados na memória de massa de cada um dos medidores, sendo estes arquivados em armazenamento compartilhado na nuvem para consulta dos membros que compõe a equipe de eficiência energética.

Com a obtenção dos dados coletados no período de julho de 2021 a junho de 2022, realizou-se o levantamento de indicadores de eficiência energética, como: índice percentual de consumo total, índice percentual de consumo noturno verificado no período de faturamento reservado e índice de consumo médio mensal por m². O bloco J4 resultou-se como o grande destaque de consumo em todos os indicadores expostos neste trabalho.

Salienta-se que apesar do consumo elevado dos Blocos J, estes se apresentam com maiores índices de aulas noturnas e com maior área construída que os demais locais presentes no estudo. No entanto, ressalta-se a importância do levantamento de estudos mais aprofundados e detalhados a respeito das características específicas do consumo do J4 para entendimento do alto consumo. Além disso, fica evidente que projetos de Eficiência Energética como substituição de equipamentos de iluminação e ar condicionado ineficientes por outros eficientes devem ser direcionados e priorizados nessas unidades.

Também se apresentou os resultados obtidos com a construção do perfil de consumo e curva de carga dos blocos. As informações revelam o baixo número de aulas noturnas na sexta-feira e o número elevado de aulas concentradas no período vespertino de terça a quinta-feira, período onde ocorre com frequência a ultrapassagem da demanda contratada e conseqüentemente o pagamento de multas pela universidade a distribuidora de energia COPEL, sendo possível de avaliar a

possibilidade de diluição do número de aulas ao longo dos demais dias e horários da semana para que sejam evitados prejuízos financeiros a instituição.

Para verificação dos dados obtidos foi desenvolvida uma interface gráfica, onde é possível realizar a verificação das informações e também efetuar a comparação entre as unidades consumidoras para verificar possíveis similaridades de perfis de consumo.

De modo geral, pensa-se ter atingido, os objetivos que foram propostos, ligados ao estudo da eficiência energética e aos diagnósticos de consumo de energia do campus Medianeira da UTFPR sendo realizadas as análises e disponibilização dos dados para futuras verificações de oportunidades de efficientização.

5.1 Trabalhos futuros

Devido às condições climáticas da região, o campus da UTFPR Medianeira é o que apresenta maior consumo energético por aluno, comparando com os demais campus da universidade.

Nesse sentido, o levantamento do total de alunos e professores que utilizam as instalações do campus da UTFPR e o tempo médio de permanência é essencial para que os indicadores de eficiência energética apresentem resultados mais coerentes com o comportamento de uso das unidades e de seus equipamentos.

Portanto, para trabalhos futuros destaca-se a possibilidade do levantamento do Índice de Consumo Médio Mensal por Número de Usuários que utilizam o Ambiente. Com este indicador, da mesma forma que o CMM, pode-se efetuar comparações entre as diversas unidades e estabelecer-se valores ideais de consumo por número de usuários, de acordo com a ocupação dos ambientes.

Além disso, evidencia-se a possibilidade da instalação de novos medidores para verificação das condições de consumo dos blocos I4, I5 e M, que não foram obtidas nesse trabalho, além de, adição das leituras dos Blocos A e R.U nas análises futuras.

REFERÊNCIAS

- ANEEL, Agência Nacional de Energia Elétrica. **Resolução Normativa N° 414/2010:** Condições Gerais de Fornecimento De Energia Elétrica. 2010. Disponível em: http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com_docman&view=download&alias=15774-ept-relatorio-06062014&Itemid=30192. Acesso em: 12 out. 2022.
- BARROS, B. F., BORELLI, R., & GEDRA, R. L. (2016). **Gerenciamento de Energia:** ações administrativas e técnicas de uso adequado da energia elétrica. São Paulo: Érica.
- BARROS, Benjamim.Ferreira. D.; BORELLI, Reinaldo.; GEDRA, Ricardo. L. **Gerenciamento de Energia:** Ações Administrativas e Técnicas de Uso Adequado da Energia Elétrica. Editora Saraiva, 2016. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788536517483/>. Acesso em: 22 out. 2022.
- BORTOLIN, T. A. (2015). **Eficiência Energética em iluminação:** Estudo de Caso do Campus de uma Instituição de Ensino Superior da Serra Gaúcha. Camargo: Universidade Federal de Santa Maria.
- Duailibe, Prof Paulo. **Consultoria para uso Eficiente de Energia.** Janeiro, 2000. Disponível em: <<http://www.uff.br/lev/downloads/apostilas/Capacitores.pdf>>. Acesso em: 10 out. 2022.
- HORDESK, M. (2005). **Dictionary of Energy Efficiency Technologios**, GA. Estados Unidos: The Fairmont Press.
- INEE. (2022). **Instituto Nacional de Eficiência Energética.** Disponível em INEE: www.inee.org.br. Acesso em: 28 nov. 2022.
- JOÃO, MAMEDE. F. **Manual de Equipamentos Elétricos.** Grupo GEN, 2019. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788521636434/>. Acesso em: 17 out. 2022.
- JOÃO, MAMEDE. F. **Proteção de Sistemas Elétricos de Potência.** Grupo GEN, 2020. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788521637219/>. Acesso em: 17 out. 2022.
- MÍNGUEZ, Agustín. **Medidores de energia ativa:** Funcionamento, práticas usuais, principais ensaios e análise das fraudes mais comuns. Rio de Janeiro, 2007. Disponível em: http://www.uel.br/ctu/deel/TCC/TCC2016_JoaoLuisGrizinskyBrito.pdf. Acesso em: 27 out. 2022.
- PINCHEMEL, R. **Sistemas de medição de Energia Elétrica.** São Paulo, 2008. Disponível em: <https://www.doccity.com/pt/capitulo-2-final/4703020/>. Acesso em: 28 out. 2022.
- VIANA, A. N. (2012). **Eficiência Energética:** Fundamentos e Aplicações. Campinas: Elektro.