

# Análise da Rede Elétrica e Estudo da Estrutura de Tarifária de Energia da UFSM Campus de Cachoeira do Sul

1<sup>st</sup> Jéssica Emilly de Moura Lisboa  
*Universidade Federal de Santa Maria*  
Cachoeira do Sul, Brasil  
jessica.lisboa@acad.ufsm.br

2<sup>nd</sup> Criciele Castro Martins  
*Universidade Federal de Santa Maria*  
Cachoeira do Sul, Brasil  
criciele.martins@ufsm.br

3<sup>rd</sup> Pedro Henrique Aires Luiz  
*Universidade Federal de Santa Maria*  
Cachoeira do Sul, Brasil  
pedro.aires@acad.ufsm.br

4<sup>th</sup> Marcelo Augusto de Lima  
*Universidade Federal de Santa Maria*  
Cachoeira do Sul, Brasil  
marcelolimaq15@gmail.com

5<sup>th</sup> Daniel Henrique Stahl  
*Universidade Federal de Santa Maria*  
Cachoeira do Sul, Brasil  
dhstahl.eng@gmail.com

**Resumo**—O presente artigo apresenta um estudo de caso da rede de distribuição do campus de Cachoeira do Sul da Universidade Federal de Santa Maria, com foco em sua eficiência energética. A motivação para este trabalho decorre dos problemas com o excedente de potência reativa que o campus tem enfrentado. A flutuação dos valores do fator de potência ao longo dos dias tem gerado perdas significativas e, conseqüentemente, a cobrança de multas. O objetivo deste estudo é identificar a principal causa dessas flutuações, para que futuramente possa aplicar-se soluções viáveis e implementá-las. Para atingir esse objetivo, foi realizada uma simulação da rede do campus utilizando o software OpenDSS, onde a implementação foi auxiliada pela coleta de dados diretamente da rede elétrica por meio de um analisador de qualidade energia. Além das análises elétricas a partir do software, também foi feita a avaliação do histórico de faturas de energia elétrica.

**Index Terms**—Eficiência Energética, OpenDSS, Fator de Potência, Potência Reativa, Qualidade de Energia

## I. INTRODUÇÃO

O Campus da Universidade Federal de Santa Maria em Cachoeira do Sul (UFSM-CS) está ativo desde agosto de 2014, onde a partir do ano de 2019 os primeiros prédios do campus, no Bairro Passo da Areia, foram inaugurados. Em seu campus definitivo, a UFSM-CS conta com uma área física de aproximadamente 84 hectares. Atualmente, o campus possui em uso duas quadras, cada uma dessas contando com quatro prédios, divididos em salas de aula, salas para docentes, além do funcionamento de laboratórios e salas destinadas a atividades administrativas. Conta com um espaço nomeado como Casa Administrativa, além da casa do estudante, do restaurante universitário e almoxarifado. Para tarifação da energia elétrica, o campus encontra-se enquadrado no grupo A (A4 - Poder Público Federal), na modalidade tarifária horária verde, com demanda contratada de 400 kW, onde seu fornecimento de tensão ocorre em 13,8 kV pela Companhia Paulista de Força e Luz (CPFL) RGE Sul. A rede elétrica

da universidade conta com 12 transformadores de distribuição, sendo que dois ainda não encontram-se em funcionamento, o transformador da Estação de Recarga de Veículo (75 kVA) e o transformador da usina solar fotovoltaica (500 kVA). Além disso, conta com aproximadamente 2,4 km de rede primária com condutor de 70 mm<sup>2</sup> e rede secundária multiplexada com condutor de 35 mm<sup>2</sup>. Como a UFSM-CS ainda é considerada um campus em implantação, o seu projeto inicial até o momento não foi totalmente finalizado, além disso, muitas de suas instalações elétricas ao longo desses anos de funcionamento foram adaptadas conforme as demandas. Diante desse contexto, observou-se uma excelente oportunidade de estudos no que se refere ao consumo de energia elétrica, ao contrato relacionado à tarifação e a avaliação da eficiência energética da rede. Desta forma, este trabalho traz estudos referentes a rede elétrica da UFSM-CS, onde se apresentam suas características físicas, comportamento de carga e faturamento da energia. Além disso, são realizadas simulações na rede, analisando parâmetros elétricos como: fator de potência e perdas elétricas. Para as simulações utilizou-se de análises conhecidas como Quasi-Static Time-Series, sendo estas realizadas a partir do software Distribution Power System (OpenDSS) afim de observar a qualidade da energia e padrões requeridos pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL).

## II. DESENVOLVIMENTO TEÓRICO

A energia elétrica é considerada um serviço essencial, seu impacto se estende a várias áreas da vida cotidiana e da economia. Sendo assim, sua entrega é de extrema importância e envolve um processo complexo até chegar ao consumidor final, denominado Sistema Elétrico de Potência (SEP). Este sistema abrange desde a geração de energia, através de hidrelétricas, usinas eólicas, entre outras fontes, passando pela transmissão, até a distribuição, que entrega a energia diretamente aos consumidores, sejam eles de grande ou pequeno porte. O SEP

deve fornecer essa energia com a qualidade mínima exigida pelas normas vigentes no local de operação e no momento solicitado [1] [2].

No Brasil a regulamentação e fiscalização é feita pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL). Ao encargo de suas funções, a ANEEL estabelece regras documentadas específicas para os setores de geração, transmissão e distribuição. No caso da distribuição, a regulamentação é dada pelos Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica (Prodist) [5] [2]. O Prodist possui 11 módulos que estabelecem os parâmetros para as atividades associadas a distribuição de energia elétrica. Vale destacar que, o sistema de distribuição é composto pela rede elétrica e pelo conjunto de instalações e equipamentos elétricos que operam em níveis de alta tensão (maior ou igual a 69 kV e menor que 230 kV), média tensão (maior ou igual a 2,3 kV e menor que 69 kV) e baixa tensão (menor que 2,3 kV). Desta forma, as unidades consumidoras são separadas em dois grupos, cada um com seus subgrupos e respectivas tensões de entrada: Grupo A e Grupo B.

O Grupo A abrange tensões iguais ou superiores a 2,3 kV, enquanto o Grupo B abrange tensões inferiores a 2,3 kV. O Grupo A utiliza o sistema de tarifação binômio, ou seja, que cobra tanto a potência contratada (demanda em kW) quanto a energia consumida (consumo e, kWh) [2]. Os subgrupos do Grupo A são:

- A1: tensões iguais ou superiores a 230 kV;
- A2: tensões de 88 kV a 138 kV;
- A3: tensões iguais a 69 kV;
- A3a: tensões de 30 kV a 44 kV;
- A4: tensões de 2,3 kV a 25 kV;
- AS: sistema subterrâneo.

Os consumidores do Grupo A podem optar por dois sistemas tarifários: o sistema tarifário azul e o sistema tarifário verde. É importante ressaltar que a escolha entre esses sistemas é permitida apenas para tensões inferiores a 69 kV. Para tensões iguais ou superiores a 69 kV, os consumidores são automaticamente enquadrados no sistema tarifário azul [2]. As opções se diferenciam pela forma como são cobrados o consumo e a demanda ao longo do dia. A tarifa verde possui um único valor de demanda, e cobrança de consumo se dá conforme o horário ponta e fora ponta. Já a tarifa azul possui diferenciação de preços para horário de ponta e fora de ponta, tanto para o consumo quanto para a demanda [2]. Em relação a demanda contratada para consumidores do grupo A, se a mesma for ultrapassada além de 5%, o consumidor será cobrado por essa demanda excedente, conforme a Resolução Normativa (RN) 1000/2021 da ANEEL. Além disso, a RN 1000/2021 (Art. 302) traz que o fator de potência (FP) possui um limite mínimo permitido de 0,92 (indutivo ou capacitivo) para consumidores do Grupo A [4]. Desta maneira, caso o consumidor do Grupo A não esteja cumprindo com as exigências de operação, em sua fatura de energia virá cobrado um valor monetário referente ao montante de energia elétrica e demanda de potência reativas excedentes.

#### A. Fator de Potência - Unidade Consumidora

A energia reativa excedente representa uma parcela de energia que poderia ser ocupada pela potência ativa no transporte de energia [2]. O fator de potência pode ser definido como uma medida de eficiência, indicando quanto da energia de um sistema está sendo convertida em trabalho útil e quanto está sendo usada para gerar campos eletromagnéticos em determinados equipamentos.

Entretanto, para compreender plenamente o fator de potência, é essencial entender as diferentes potências presentes em sistemas elétricos. Segundo Sadiku (2013), a potência ativa absorvida em um sistema é dada a partir da Equação 1 e 2.

$$P = V_{rms} \cdot I_{rms} \cdot \cos(\theta_v - \theta_i) \quad (1)$$

$$P = V_{rms} \cdot I_{rms} \cdot \sqrt{3} \cdot \cos(\theta_v - \theta_i) \quad (2)$$

Sendo 1 utilizada para sistemas monofásicos e 2 para sistemas trifásicos.

A potência ativa (P) é definida como a real potência existente em um sistema, pois ela é a única que realmente realiza trabalho útil e é dada em watts [W]. Em seguida tem-se S, a potência aparente, que representa a potência total consumida pela fonte, e sua unidade de medida é Volt-Amperes [VA] [5] [6]. As Equações 3 e 4 representam como de S é calculada.

$$S = V_{rms} \cdot I_{rms} \quad (3)$$

$$S = V_{rms} \cdot I_{rms} \cdot \sqrt{3} \quad (4)$$

Existe também a potência reativa Q, que é a responsável por gerar os campos magnéticos em componentes indutivos e elétricos nos componentes capacitivos. Ela não é transformada em trabalho e por conta disto é a potência que influencia o FP, sua unidade é Volt-Ampéres-Reativos [VAR] e pode ser calculada a partir das Equações 5 e 6 [5] [6].

$$Q = V \cdot I \cdot \sin \theta \quad (5)$$

$$Q = V \cdot I \cdot \sin \theta \cdot \sqrt{3} \quad (6)$$

O FP é dado pela Equação 7, que representa o cosseno da defasagem entre a tensão e a corrente, sendo a relação entre a potência ativa (P) e a potência aparente (S), ou seja, representa quanto de S está realmente sendo convertido em trabalho, e por isto define-se o FP como um sinal de eficiência do sistema [6]. A potência aparente também é a soma vetorial da potência ativa e da potência reativa, conforme a Equação 8.

$$FP = \cos(\theta_v - \theta_i) \quad (7)$$

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2} \quad (8)$$

O valor do fator de potência de uma carga varia de 0 a 1. Cargas com características indutivas apresentam uma corrente que está atrasada em relação à tensão, resultando em um valor de potência reativa positivo. Isso ocorre porque essas cargas são receptores de potência reativa, a qual é necessária para manter os campos eletromagnéticos nos componentes.

Em contraste, cargas capacitivas têm uma tensão atrasada em relação à corrente, ou, mais precisamente, a corrente está adiantada em relação à tensão. Essas cargas apresentam potência reativa negativa, pois fornecem potência reativa aos outros componentes do sistema [5] [6].

Conforme a RN 1000/2021 tem-se que um consumidor será cobrado por reativo excedente quando o período de 6 horas consecutivas, definido pela distribuidora de energia elétrica entre as 23h30 e 6h30, apenas os fatores de potência menores que 0,92 capacitivo, e no período diário complementar, apenas os fatores de potência menores que 0,92 indutivo.

A cobrança de excedente de reativo para o consumidor final se dá com o intuito de incentivar a eficiência energética e a operação equilibrada do sistema elétrico. O consumo excessivo de energia reativa pode causar o aumento de perdas, o que conseqüentemente, aumenta os custos de operação e manutenção da rede elétrica. Desta maneira, a cobrança de "multas", incentiva os consumidores a adotarem medidas para melhorar o FP, como instalação de capacitores ou filtros de correção.

No que se refere a diferenciação de horários, geralmente o período das 23h30 às 6h30, a rede elétrica encontra-se com uma demanda reduzida, permitindo uma maior flexibilidade na gestão da energia reativa capacitiva. Já nos horários complementares (horários diurnos), a carga é predominantemente indutiva devido ao uso, principalmente, de motores e equipamentos industriais. Desta forma, ao estabelecer limites, a ANEEL promove um equilíbrio no uso da energia reativa ao longo do dia [4].

### III. CARACTERIZAÇÃO E METODOLOGIA

Considerando as informações detalhadas acima, tem-se a seguinte problemática: o campus de Cachoeira do Sul da Universidade Federal de Santa Maria paga multas por excedente de reativos à concessionária, conforme pode-se observar na Fig. 1, que detalha a conta de energia elétrica do mês de junho de 2024. A UFSM-CS se enquadra como um consumidor A4, com tensão de fornecimento entre 2,3 a 25 kV, e desta forma como o consumo de energia reativa excede o fator de potência definido por norma, a concessionária de energia aplica uma tarifa adicional, conhecida como multa por energia reativa excedente. Na Fig. 2 e na Fig. 3 pode-se observar o consumo de reativo excedente na ponta e fora ponta, respectivamente, de agosto de 2021 até junho de 2024. Com isso, pode-se perceber a necessidade de estudos para melhorar a eficiência energética do campus.

Descrição da operação	Unid. Med.	Quant. Faturada	Tarifa ANEEL	Tarifa com tributos RS	Valor total da operação R\$
<b>Descrição da operação Nº 904304467348</b>					
Consumo Ponta (KWh) - TUSD JUN/24	kWh	3.739,6240	1,60398000	2,05105647	7.670,18
Consumo Fora Ponta (KWh)-TUSD JUN/24	kWh	25.727,9120	0,09421000	0,12046917	3.099,42
Cons Ponta - TE JUN/24	kWh	3.739,6240	0,43365000	0,55452367	2.073,71
Cons FPonta TE JUN/24	kWh	25.727,9120	0,27625000	0,35324904	9.088,36
Consumo Reativo Exc Ponta JUN/24	kWh	13,6469	0,29047000	0,37078018	5,06
Consumo Reativo Exc Fora Ponta JUN/24	kWh	2.813,3316	0,29047000	0,37143151	1.044,96
Demanda (kW) - TUSD JUN/24	kW	318,0160	25,68000000	27,25535823	8.667,64
Demanda (kW) - TUSD JUN/24	kW	81,9840	25,68000000	32,83774883	2.692,17

Fig. 1. Recorte fatura jun. 20.

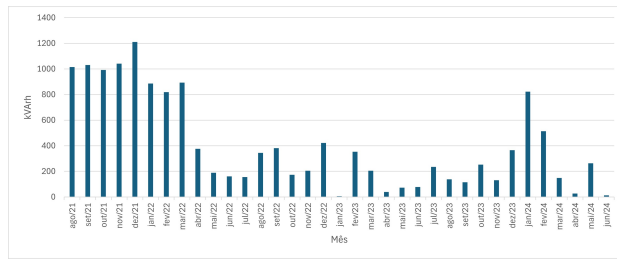


Fig. 2. Excedente de energia reativa na ponta

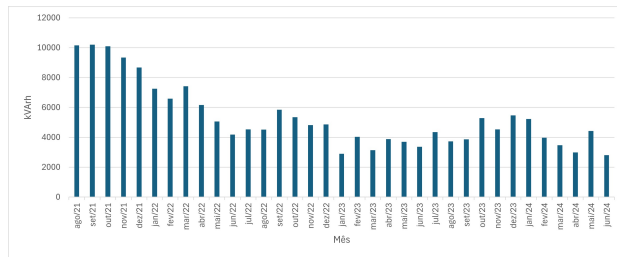


Fig. 3. Excedente de energia reativa na fora ponta

Desta forma, considerando buscar uma forma de analisar e propor soluções a esta problemática, buscou-se implementar a rede distribuição da UFSM-CS no software de análises elétricas OpenDSS (Open Distribution System Simulator), sendo esta uma ferramenta de código aberto desenvolvida pela Electric Power Research Institute (EPRI) [10].

Na Fig. 4 tem-se a representação do diagrama unifilar da rede, onde pode-se verificar que o campus conta com 11 transformadores, sendo eles de 45, 75, 112,5, 150, 225kVA e 500 kVA. O campus de Cachoeira do Sul da UFSM é relativamente novo, completando 10 anos em 2024. Vale destacar que, somente em 2019 que a localização atual foi ocupada, contudo, o início das aulas no ano de 2020 foi interrompido em decorrência da pandemia de COVID-19, retornando às aulas somente em março de 2022.

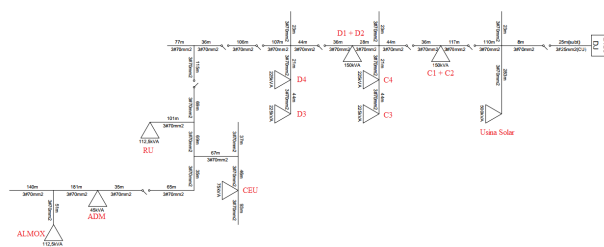


Fig. 4. Diagrama Unifilar do Sistema de distribuição do Campus Cachoeira do Sul.

Como é um campus em desenvolvimento, a UFSM-CS ainda está em expansão, com planos de ampliação em andamento. Em 2024, foi inaugurado oficialmente o prédio do Restaurante Universitário, cuja construção começou em 2023. Antes disso, o restaurante operava em um prédio originalmente destinado a laboratórios. Na Fig. 4 também pode ser observado com

mais detalhes quais carga cada transformador está responsável, onde tem-se as salas de aula (C1, C2 e D2), salas de docentes (D1), laboratórios de ensino e pesquisa (C4, D3 e D4), além da biblioteca (C3). Também tem-se o RU (Restaurante Universitário), ADM (casa administrativa), ALMOX (almozarifado), CEU (Casa do Estudante) e as instalações da Usina Solar, contudo esta não encontra-se em operação até o momento do presente estudo.

Desta forma, para caracterização do sistema e estudos mais fidedignos foi utilizado o analisador de energia elétrica da IMS Power Quality, modelo PowerNET PQ-600 G4 [11]. As medidas foram realizadas no terminal de saída dos transformadores, visto que a tensão limite de medição é de até 500 V. A medidas se deram em intervalos de 10 minutos, buscando caracterizar a carga e analisar a qualidade de energia conforme recomenda o Módulo 8 do PRODIST.

Buscou-se então por buscar a característica da carga em um dia útil e um dia de final de semana, ou seja, período de maior uso do sistema elétrico e um período de baixo consumo, com o intuito de verificar onde se dão os maiores impactos no sistema elétrico.

Vale ressaltar ainda que, a infraestrutura do campus UFSM-CS ainda não está finalizada. No entanto, o sistema elétrico de distribuição não foi projetado levando em consideração o contínuo desenvolvimento do campus. Isso resultou em dimensionamento excessivo no projeto prévio e o mesmo não foi revisado ou ajustado ao longo do tempo de acordo com as cargas elétricas. Diante desse contexto, os transformadores podem estar operando praticamente à vazia em períodos de menor consumo, ou seja, fora do horário de funcionamento do campus, contribuindo para o problema do fator de potência.

#### IV. RESULTADOS E ANÁLISES

A partir do software OpenDSS, a entrada de energia da rede da UFSM-CS foi modelada como um barramento infinito. Conforme o projeto de rede disponibilizado pela Pró-Reitoria de Infraestrutura da UFSM, tanto a rede de distribuição primária quanto secundária foi declarada, além dos transformadores de distribuição.

De acordo com os projetos elétricos do campus da UFSM-CS, tornou-se possível fazer a declaração de potência instalada por fase em cada transformador de distribuição. E, a partir das medidas realizadas pelo analisador, pode-se inserir *loadshapes*, ou seja, curvas de comportamento de carga características de um dia útil e um dia de final de semana.

Conforme citado anteriormente, o intervalo de medições se deu em intervalos de 10 minutos, desta forma, os resultados do software de análises elétricas se deram com 288 pontos, sendo os 144 primeiros pontos referentes a um dia útil e os outros 144, a um dia de final de semana. A Tabela I mostra a correspondência dos pontos com seus respectivos horários, nos quais serão vistos posteriormente nos gráficos dos resultados apresentados, facilitando a visualização.

Ao implementar um monitor na entrada de energia na simulação elétrica, foi obtido o gráfico apresentado na Fig. 5, que ilustra a demanda de energia do sistema de distribuição.

TABLE I  
TABELA DE RELAÇÃO PONTO E HORÁRIO

Ponto	Horário	Ponto	Horário
20	03:10	160	02:30
40	06:30	180	05:50
60	09:50	200	09:10
80	13:10	220	12:30
100	16:30	240	15:50
120	19:10	260	19:10
140	23:10	280	22:30

Ao analisar a Fig. 5, é possível observar que a partir do ponto 40, correspondente às 6:30, há um aumento na demanda devido ao início das atividades da universidade por volta das 7:00 horas da manhã. Ao longo do dia, são registrados vários picos na potência demandada pela instituição. No entanto, no ponto 120, que representa o horário das 19:50, inicia-se uma diminuição na potência demandada. No ponto 140, nota-se que a demanda se estabiliza quase constantemente entre os valores de 50 kW e -50 kVar, mantendo-se assim até o ponto 280. Isso sugere que o consumo reduzido de carga não ocorre apenas à noite, mas também durante os finais de semana. Em paralelo na Fig. 6 pode-se observar o fator de potência na entrada, conforme a rede modelada no OpenDSS.

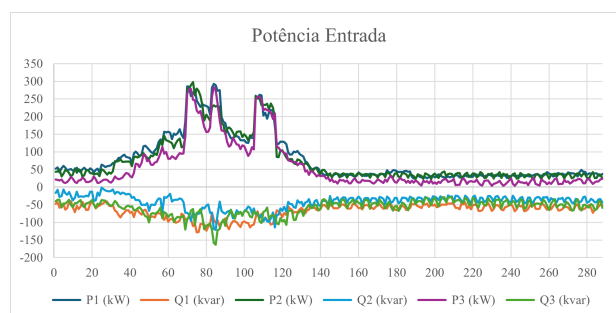


Fig. 5. Potência da subestação de entrada.

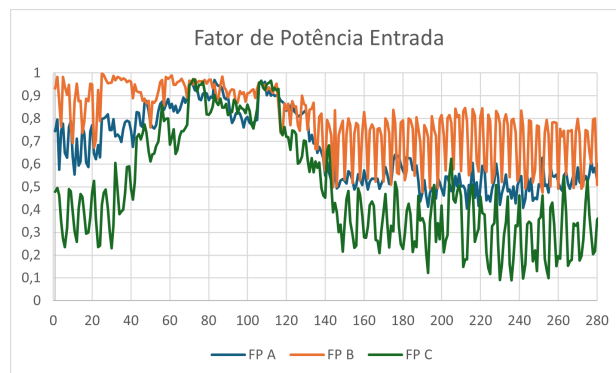


Fig. 6. Fator de potência da subestação de entrada

Em sequência à análise, tem-se a demanda de carga do primeiro transformador após a entrada de energia, com capacidade de 150 kVA, que alimenta os prédios C1, C2 e

a lanchonete do campus. Observando o gráfico da Fig. 7, é possível notar o comportamento similar ao do gráfico de entrada, com picos de consumo durante os primeiros 144 pontos, que representam um dia útil. Em seguida, dos pontos 140 a 280, o consumo se mantém quase constante e relativamente baixo, indicando que o transformador opera à vazio nos finais de semana, resultando em um fator de potência indutivo. Isso reforça o principal argumento deste trabalho: o superdimensionamento dos transformadores contribuir para as multas de excedente de reativo na fatura de energia. Mesmo quando há carga, o gráfico da Fig. 7, mostra que o consumo mal atinge metade da potência nominal do transformador. É possível reforçar esse argumento apresentando a Fig. 8, que mostra o fator de potência no secundário do transformador. Observa-se que os valores das três fases se elevam entre os pontos 40 e 140, correspondendo aos horários de maior demanda do campus.

É importante destacar que os prédios C1 e C2 são utilizados como salas de aula. Em seus três andares, a maior fonte de demanda é representada pelos ares-condicionados. Ao funcionarem, esses equipamentos consomem potência, ajudando a estabilizar o fator de potência durante o dia, visto que a medição do campus localiza-se na entrada, ou seja, em 13,8 kV, o que faz com que a medição "enxergue" os primários dos transformadores de distribuição. Ou seja, quando o analisador está em baixa potência traz resultados de fator de potência capacitivo, devido principalmente a carga eletrônicas, mas em média tensão (entrada de energia), tem-se o impacto do funcionamento do transformador, o que influencia diretamente numa potência reativa indutiva.

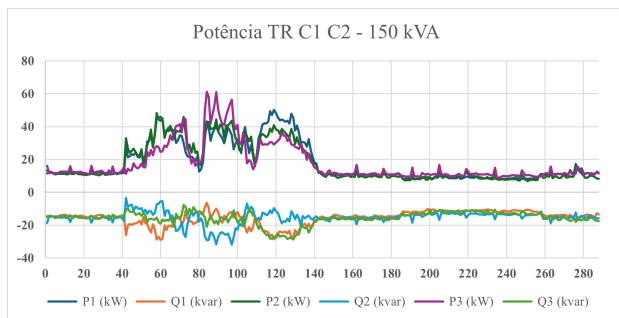


Fig. 7. Potência do transformador dos prédios C1-C2.

Uma outra forma de análise da eficiência energética do campus da UFSM-CS encontra-se na avaliação da fatura de energia, onde encontra-se enquadrada na modalidade tarifária verde, com demanda contratada de 400 kW. No entanto, ao analisar-se a demanda conforme as faturas mais recentes, na Fig. 9, é possível observar que a demanda utilizada não atinge nem metade da contratada. O valor máximo registrado no período de janeiro de 2023 a junho de 2024, foi de 151 kW em março de 2024, que representa aproximadamente 37,75% da demanda atual contratada.

A Fig. 10 apresenta uma análise visual da demanda utilizada em comparação à demanda não utilizada. Observa-se que há uma quantidade significativamente maior de demanda não

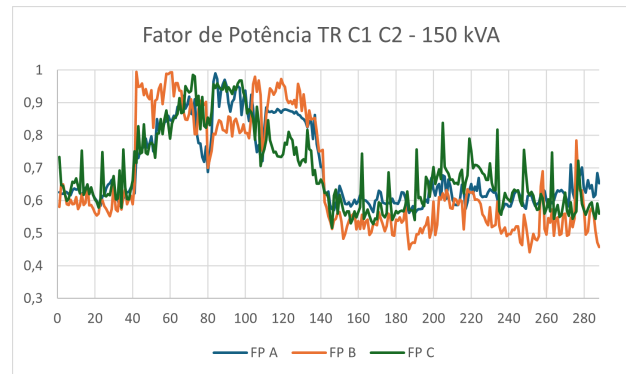


Fig. 8. Fator de potência do transformador dos prédios C1-C2.

Demanda - [kW]	Nº DIAS FAT	Demanda - [kW]	Nº DIAS FAT		
JAN 24	107,00	31	JUN 24	81,00	30
DEZ 23	136,00	31	MAI 24	79,00	31
NOV 23	137,00	30	ABR 24	114,00	30
OUT 23	75,00	31	MAR 24	151,00	31
SET 23	85,00	30	FEV 24	79,00	29
AGO 23	92,00	31	JAN 24	107,00	31
JUL 23	71,00	31	DEZ 23	136,00	31
JUN 23	84,00	30	NOV 23	137,00	30
MAI 23	83,00	31	OUT 23	75,00	31
ABR 23	139,00	30	SET 23	85,00	30
MAR 23	143,00	31	AGO 23	92,00	31
FEV 23	113,00	28	JUL 23	71,00	31
JAN 23	150,00	31	JUN 23	84,00	30

Fatura : Janeiro

Fatura : Junho

Fig. 9. Demanda em kW de jan. de 2023 a jan. de 2024.

utilizada, o que levanta questionamentos sobre a adequação do valor contratado, sugerindo que este possa estar superestimado, acarretando em um gasto financeiro desnecessário. Entretanto, é crucial considerar que o campus possui uma unidade geradora, a usina fotovoltaica, com capacidade de 400 kW. De acordo com a resolução normativa 1.000/21 da ANEEL, tinha-se que qualquer unidade consumidora que instalar geração de energia deve manter um contrato de demanda equivalente à capacidade de sua geração [8]. Contudo, a resolução normativa 1.059/2023 trouxe algumas alterações permitindo que uma unidade consumidora, que também é uma unidade geradora, faça dois contratos: um para a demanda de consumo e outro para a demanda de geração. Desta forma, diferenciando-se a Tarifa do Uso do Sistema de Distribuição em TUSD C e TUSD G, onde a tarifa relacionada a geração pode ser aproximadamente 70 % mais barata que a TUSD relacionada ao consumo.

Nesse contexto, sugere-se uma alteração de contrato, com demanda de 180 kW, prevendo um faturamento de energia mais adequado. E, assim que a usina entrar em operação, adicionar ao contrato, junto a concessionária, a demanda de geração (400 kW), de modo que faz-se a seguinte comparação:

- Contrato atual: 400 kW - considerando TUSD R\$ 10,00 - valor da fatura - R\$4.000,00;
- Alteração de contrato: 180 kW - considerando TUSD R\$ 10,00 - valor da fatura - R\$ 1.800,00;
- Contrato com demanda de consumo e geração - considerando TUSD G R\$ 3,00;



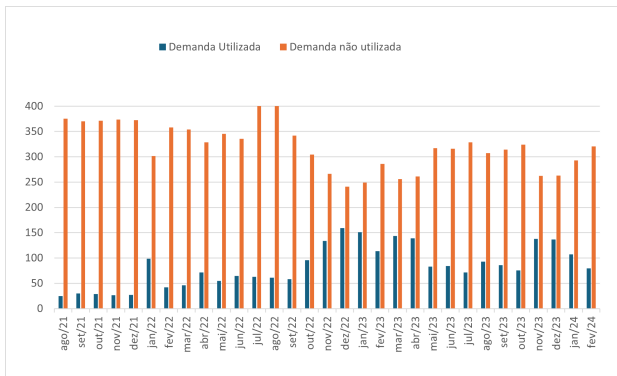


Fig. 10. Demanda utilizada e não utilizada ao longo dos anos

- Demanda de consumo -  $180 \text{ kW} * 10 \text{ R\$/kW} = 1.800,00$ ;
- Demanda de geração -  $(400 \text{ kW} - 180 \text{ kW}) * 3 \text{ R\$/kW} = \text{R\$}660,00$  ;
- Valor fatura -  $\text{R\$}2.246,00$ .

Para contratar uma demanda menor, é necessário fazer um pedido junto à concessionária. Essa mudança não ocorre de imediato; geralmente, o atendimento será realizado mediante formalização de Termos Aditivos aos contratos em vigor, desde que solicitado com antecedência mínima de:

- I – 90 (noventa) dias, para os consumidores pertencentes ao subgrupo A4;
- II – 180 (cento e oitenta) dias, para os consumidores pertencentes aos demais subgrupos.

Ademais, vale ressaltar que não é permitida mais que 1 redução no contrato da demanda em um ano.

Uma outra análise para elucidar o superdimensionamento da rede de distribuição de energia da UFSM-CS está na aplicação da equação de conversão de kWh para kW apresentada pela Federação das Cooperativas de Energia Telefonia e Desenvolvimento Rural do Rio Grande do Sul (FECOERGS), a equação 9 [9]. Em seu documento de orientação técnica de distribuição que apresenta critérios de elaboração de projetos, para o cálculo de demanda de uma rede urbana de um consumidor existente é obtida através dos valores de consumo mensal do consumidor e as demandas devem ser calculadas através da Eq. 9 [9].

$$\text{kVA} = \text{kWh}^{0.7428} \cdot 0.0606 \quad (9)$$

Desta forma, considerando o maior consumo de energia tanto na ponta (4600,90 kWh) quanto fora ponta (29051,96 kWh), no período de agosto de 2021 à junho de 2024, tem-se ao aplicar a Eq. 9 resulta em aproximadamente 139,68 kVA, o que fica evidente que os transformadores instalados na rede de distribuição da UFSM-CS superam esse valor de maneira significativa.

Por fim, destaca-se que o presente estudo encontra-se em desenvolvimento, onde se busca por análises mais detalhadas e, conseqüentemente, uma maior eficiência energética e economia financeira para a universidade.

## V. CONCLUSÃO

Conhecer a estrutura tarifária permite que consumidores planejem e gerenciem melhor seus gastos. A gestão do consumo de energia elétrica é essencial para reduzir custos. Ao realizar uma análise detalhada do uso de energia pela unidade consumidora, é possível ajustar a modalidade tarifária para obter o menor custo médio da energia. Além disso, a partir de simulações elétricas pode-se ter uma avaliação ainda mais detalha de uma instalação, tornando-se possível a busca por melhores estratégias para o uso eficiente da energia elétrica e, por consequência, uma redução de gastos financeiros.

No presente estudo tem-se além da avaliação das faturas de energia do Campus de Cachoeira do Sul da Universidade Federal de Santa Maria, como também a modelagem da da rede elétrica no software OpenDSS. A utilização de um analisador de energia proporcionou caracterizar as cargas por fase e conforme dias de consumo, o que resulta em estudos mais fiéis ao comportamento real.

Pode-se constatar com as análises que o baixo fator de potência é dado principalmente em períodos que a rede é subutilizada. Além disso, é interessante notar que um único transformador, como o que alimenta os prédios C1 e C2, possui uma capacidade de 150 kVA. Isso significa que o consumo total do campus é menor do que a capacidade de apenas um transformador da rede.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

### REFERENCES

- [1] Silveira, Miguel F., D. et al. Sistemas Elétricos de Potência. Disponível em: Minha Biblioteca, Grupo A, 2022.
- [2] B. F. de Barros, R. Borelli, R. L. Gedra, Eficiência Energética - Técnicas de Aproveitamento, Gestão de Recursos e Fundamentos, São Paulo: SRV Editora LTDA, 2015. [Online]. ISBN 9788536518404. Disponível em: Minha Biblioteca.
- [3] AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL), Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional - PRODIST: Módulo 8 - Qualidade do Fornecimento de Energia Elétrica, Brasília, 2021.
- [4] AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL), "Resolução Normativa nº 1000, Capítulo X, Seção VIII", 2021. Disponível em: ANEEL.
- [5] H. Creder, Instalações Elétricas, 17ª ed., Grupo GEN, 2021. Disponível em: Minha Biblioteca.
- [6] J. L. Seixas et al., Circuitos Elétricos, Grupo A. Disponível em: Minha Biblioteca.
- [7] C. K. Alexander e M. N. O. Sadiku, Fundamentos de Circuitos Elétricos com Aplicações, 5ª ed., Grupo A, 2013. Disponível em: Minha Biblioteca.
- [8] AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL), "Resolução Normativa nº 1000/2021", publicado em 07-dez.-2021. Disponível em: ANEEL. Visitado em: 21-jul.-2024.
- [9] FECOERGS, "Padrões de Projetos". Disponível em: FECOERGS. Visitado em: 27-jul.-2024.
- [10] EPRI, "OpenDSS Documentation", Electric Power Research Institute. Disponível em: EPRI. Visitado em: 23-jul.-2024.
- [11] IMS - Instrumentação e Sistemas Ltda., "Analisadores de Energia Elétrica". Disponível em: IMS. Visitado em: 27-jul.-2024.