

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO TOCANTINS
CAMPUS PALMAS
ENGENHARIA ELÉTRICA

JHONES OLIVEIRA BISPO
ISAIAS ALVES CALDEIRA

DESENVOLVIMENTO DE SOFTWARE INTUITIVO PARA ANÁLISE TARIFÁRIA
E CORREÇÃO DO FATOR POTÊNCIA DE CONSUMIDORES DO GRUPO A

PALMAS

2023

JHONES OLIVEIRA BISPO
ISAIAS ALVES CALDEIRA

**DESENVOLVIMENTO DE SOFTWARE INTUITIVO PARA ANÁLISE TARIFÁRIA
E CORREÇÃO DO FATOR POTÊNCIA DE CONSUMIDORES DO GRUPO A**

Trabalho de Qualificação da Conclusão de Curso apresentado ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia – Campus Palmas, como parte dos requisitos para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Elétrica.

Orientador: Prof. Dr. Fábio Lima Albuquerque
Coorientador: Prof. Dr. Marcus André Pereira Oliveira

PALMAS
2023

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Bibliotecas do Instituto Federal do Tocantins

B621d Bispo, Jhones Oliveira

Desenvolvimento de software intuitivo para análise tarifária e correção do fator de potência de consumidores do grupo A / Jhones Oliveira Bispo, Isaias Alves Caldeira. – Palmas, TO, 2023.

116 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Elétrica) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins, Campus Palmas, Palmas, TO, 2023.

Orientador: Dr. Fábio Lima Albuquerque

Coorientador: Dr. Marcus André Pereira Oliveira

1. Algoritmo. 2. Eficiência energética. 3. Tarifação horo-sazonal. I. Caldeira, Isaias Alves. II. Albuquerque, Fábio Lima III. Pereira Oliveira, Marcus André. IV. Título.

CDD 621

A reprodução total ou parcial, de qualquer forma ou por qualquer meio, deste documento é autorizada para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

Elaborado pelo sistema de geração automática de ficha catalográfica do IFTO com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

JHONES OLIVEIRA BISPO
ISAIAS ALVES CALDEIRA

**DESENVOLVIMENTO DE SOFTWARE INTUITIVO PARA ANÁLISE TARIFÁRIA
E CORREÇÃO DO FATOR POTÊNCIA DE CONSUMIDORES DO GRUPO A**

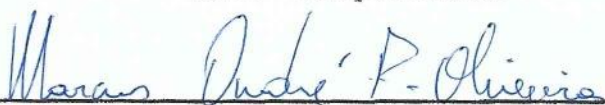
Trabalho de Qualificação da Conclusão de Curso
apresentado ao Instituto Federal de Educação, Ciência e
Tecnologia – Campus Palmas, como parte dos requisitos
para obtenção do título de Bacharel em Engenharia
Elétrica.

Aprovado em: 15 / 12/ 2023

BANCA AVALIADORA


Doutor Fábio Lima Albuquerque (Orientador)

IFTO – *Campus* Palmas


Doutor Marcus André Pereira Oliveira (Coorientador)

IFTO – *Campus* Palmas

Documento assinado digitalmente



MATEUS LIMA PEDUZZI

Data: 25/12/2023 13:02:19-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Mestre Mateus Lima Peduzzi

IFTO – *Campus* Palmas



Mestre Felipe Tozzi Bittencourt

IFTO – *Campus* Palmas

AGRADECIMENTOS

Agradecemos as nossas famílias, que mesmo sem entender o real significado de um curso de nível superior, insistiram desde cedo pela dedicação aos estudos, assim como, pelos seus esforços ao prover todo o necessário até essa etapa das nossas vidas.

À instituição IFTO, a qual podemos chamar de casa durante esses anos de graduação e a todos os profissionais que contribuíram direta ou indiretamente para nossa formação acadêmica e profissional. Em especial aos nossos orientadores e os professores do curso de engenharia elétrica, que repassaram de forma esplendorosa os seus conhecimentos.

Aos amigos que temos o prazer de chamar de irmãos, denominados Jubileiros (Bernardo Sousa, Thiago Meneses, Bruno Sousa, Beatriz Santos, Ezequiel Almeida, Iago Souza, Janaína Moraes, Caio Di Nero), bem como, ao Dónovan Jacobina, Matheus Ávila e João Emanuel que repartiram o fardo conosco na jornada acadêmica, e compensaram as dificuldades com o companheirismo.

RESUMO

Este trabalho centra-se na constituição de uma consultoria em eficiência energética através do desenvolvimento de um programa destinado a determinar a tarifa horo-sazonal ótima, bem como o valor ideal da demanda contratada para consumidores do grupo A, incorporando também a análise do fator de potência. A metodologia se baseia no histórico de consumo do cliente para prever a melhor opção para o próximo período. O programa é implementado em Python, utilizando bibliotecas específicas para análise de dados, e apresenta-se um estudo de caso para exemplificar a aplicação prática desta solução.

Palavras-chave: Algoritmo. Eficiência energética. Fator de potência. Tarifação horo-sazonal.

ABSTRACT

This work focuses on the creation of an energy efficiency consultancy through the development of a program designed to determine the optimal horo-seasonal tariff, as well as the ideal value of contracted demand for group A consumers, also incorporating the analysis of the energy factor. power. The methodology is based on the customer's consumption history to predict the best option for the next period. The program is implemented in Python, using specific libraries for data analysis, and presents a case study to exemplify the practical application of this solution..

Keywords: Algorithm. Energy efficiency. Power factor horo-seasonal tariff.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - LINHA DO TEMPO DA COMPUTAÇÃO E PROGRAMAÇÃO	15
FIGURA 2 - ESTRUTURA DO DESENVOLVIMENTO WEB	17
FIGURA 3 - DIAGRAMA DE IMPEDÂNCIA.....	28
FIGURA 4 - DIAGRAMA DE TENSÃO E CORRENTE EM FASE.....	30
FIGURA 5 - DIAGRAMA DE TENSÃO E CORRENTE COM DESVIO DE FASE, CARGA INDUTIVA.....	30
FIGURA 6 - TRIÂNGULO DAS POTÊNCIAS	31
FIGURA 7 - TELA DE TUTORIAL DE USO DO SISTEMA	33
FIGURA 8 - TELA DE INSERÇÃO DE DADOS DO SISTEMA.....	34
FIGURA 9 - TELA DE RELATÓRIO DO SISTEMA	34
FIGURA 10 - TELA DE CONTATO.....	35
FIGURA 11 - DIAGRAMA BÁSICO DE FUNCIONAMENTO DO SISTEMA.....	36
FIGURA 12 - MODELO PADRÃO DE ENTRADA DE DADOS	37
FIGURA 13 - DIAGRAMA DE LEITURA DE DADOS	38
FIGURA 14 - DIAGRAMA DE OBTENÇÃO DA DEMANDA IDEAL	39
FIGURA 15 - DIAGRAMA DE DEFINIÇÃO DO MELHOR MODELO TARIFÁRIO.....	40
FIGURA 16 - VALORES DE TARIFAS DA MODALIDADE AZUL	41
FIGURA 17 - VALORES DE TARIFAS DA MODALIDADE VERDE	41
FIGURA 18 - DIAGRAMA DO CÁLCULO DAS PARCELAS DE CUSTO.....	42
FIGURA 19 - DIAGRAMA DO CÁLCULO DO FATOR DE POTÊNCIA	43
FIGURA 20 - DADOS DE CONSUMO E DEMANDA MEDIDOS	46
FIGURA 21 - COMPORTAMENTO DA DEMANDA MEDIDA PONTA VS DEMANDA CONTRATADA	47
FIGURA 22 - COMPORTAMENTO DA DEMANDA MEDIDA FORA PONTA VS DEMANDA CONTRATADA	47
FIGURA 23 - CUSTO MENSAL ATUAL POR PARCELA MODALIDADE VERDE	48
FIGURA 24 - CUSTO MENSAL ATUAL POR PARCELA MODALIDADE AZUL	49
FIGURA 25 - INFLUÊNCIA DE CADA PARCELA NO CUSTO ANUAL MODALIDADE ATUAL.....	49
FIGURA 26 - COMPARAÇÃO DE CUSTOS ATUAL ENTRE MODALIDADE VERDE E AZUL	50
FIGURA 27 - POTÊNCIAS CALCULADAS PELO SISTEMA	51
FIGURA 28 - FATOR DE POTÊNCIA MEDIDO VS FATOR DE POTÊNCIA NORMATIVO	52
FIGURA 29 - CUSTO ANUAL POR DEMANDAS ENTRE A DEMANDA MÍNIMA E MÁXIMA MEDIDA ...	53
FIGURA 30 - COMPORTAMENTO DA DEMANDA MEDIDA FORA PONTA VS DEMANDA SUGERIDA ..	54

FIGURA 31 - COMPORTAMENTO DA DEMANDA MEDIDA FORA PONTA VS DEMANDA SUGERIDA..	54
FIGURA 32 - CUSTO MENSAL SUGERIDO POR PARCELA MODALIDADE VERDE	55
FIGURA 33 - CUSTO MENSAL SUGERIDO POR PARCELA MODALIDADE AZUL	56
FIGURA 34 - COMPARAÇÃO DE CUSTOS SUGERIDO ENTRE MODALIDADE VERDE E AZUL	57
FIGURA 35 - POTÊNCIAS CALCULADAS PELO SISTEMA	58
FIGURA 36 - FATOR DE POTÊNCIA CORRIGIDO VS FATOR DE POTÊNCIA NORMATIVO	59
FIGURA 37- CONSUMO E DEMANDA MEDIDOS.....	60
FIGURA 38- COMPARAÇÃO DE CUSTOS ATUAL ENTRE MODALIDADE VERDE E AZUL	61
FIGURA 39- COMPARAÇÃO DE CUSTOS DEMANDA SUGERIDA ENTRE MODALIDADE VERDE E AZUL	62
FIGURA 40- FATOR DE POTÊNCIA MEDIDO VS FATOR DE POTÊNCIA NORMATIVO	63
FIGURA 41- FATOR DE POTÊNCIA CORRIGIDO VS FATOR DE POTÊNCIA NORMATIVO	64

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - CLASSES E SUBCLASSES DE CONSUMO	23
TABELA 2 - RESPECTIVAS TENSÕES DE ATENDIMENTO DOS SUBGRUPOS DO GRUPO A	24
TABELA 3 - RESPECTIVAS TENSÕES DE ATENDIMENTO DOS SUBGRUPOS DO GRUPO B	24
TABELA 4 - TARIFAS DIFERENCIADAS POR HORÁRIO.....	27

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

FINCA	Free Interval Circuit Analyzer
PADE	Python Agent DEvelopment
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
UC	Unidade Consumidora
W	Watts
VA	Volt Ampere
VAr	Volt Ampere Reativo
FP	Fator de Potência
HTML	HyperText Markup Language
CSS	Cascading Style Sheets
CSV	Coma Sepated Values

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
1.1	PROBLEMA DE PESQUISA.....	13
1.2	JUSTIFICATIVA.....	14
1.3	OBJETIVOS.....	14
1.3.1	Objetivo Geral	14
1.3.2	Objetivos Específicos.....	14
2	REFERENCIAL TEÓRICO	15
2.1	PROCESSO HISTÓRICO DA PROGRAMAÇÃO E COMPUTAÇÃO	15
2.1.1	Algoritmos e lógica de programação	16
2.1.2	Linguagens de programação	16
2.2	DESENVOLVIMENTO WEB.....	17
2.2.1	Responsividade	17
2.3	PYTHON E SUAS APLICAÇÕES	18
2.3.1	Python.....	18
2.3.2	Python, autores e suas produções de pesquisa.....	18
2.3.3	Bibliotecas essenciais para análise de dados	19
2.3.3.1	NumPy.....	19
2.3.3.2	Pandas.....	19
2.3.3.3	SciPy.....	19
2.3.3.4	Matplotlib	20
2.3.3.5	Streamlit	20
2.4	PROGRAMAÇÃO E SUAS APLICAÇÕES NA ENGENHARIA ELÉTRICA	20
2.5	SETOR ELÉTRICO BRASILEIRO	20
2.5.1	Eventos relevantes para leis do setor elétrico brasileiro.....	20
2.5.2	Conceitos	22
2.6	CONSUMIDORES	23
2.6.1	Classes de consumo e grupos de atendimento.....	23
2.6.2	Modalidades tarifárias	25
2.6.2.1	Grupo A.....	25
2.6.2.1.1	Tarifa Horo-Sazonal Verde	25
2.6.2.1.2	Tarifa Horo-Sazonal Azul	26

2.6.2.2	Grupo B	27
2.6.2.2.1	Tarifa Convencional Monômia.....	27
2.6.2.2.2	Tarifa Branca	27
2.7	CORREÇÃO DO FATOR DE POTÊNCIA	28
2.7.1	Cálculos para correção do fator de potência	30
2.7.2	Regulamento acerca do fator de potência	32
3	DESENVOLVIMENTO	33
3.1	TRATAMENTO DE DADOS	36
3.2	DEMANDA.....	38
3.3	ENQUADRAMENTO TARIFÁRIO	39
3.4	BANCO DE CAPACITORES	43
3.4.1	Cálculo da Potência Aparente e do Fator de Potência.....	44
3.4.2	Correção da Potência Aparente e Reativa	44
3.4.3	Cálculo da Potência Reativa do Banco de Capacitores.....	44
3.4.4	Registro de Resultados e Análise	45
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	46
4.1	ESTUDO DE CASO IFTO:	46
4.1.1	Cenário atual.....	46
4.1.1.1	Modelo tarifário e demanda	46
4.1.1.2	Fator de Potência	50
4.1.2	Cenário tratado.....	52
4.1.2.1	Modelo tarifário e demanda	52
4.1.2.2	Fator de potência	57
4.2	ESTUDO DE CASO BANCO DO BRASIL:	60
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	65
	REFERÊNCIAS	67
	APÊNDICE A - CÓDIGO DESENVOLVIDO EM PYTHON	70
	ANEXO A – RELATÓRIO GERADO PELO SOFTWARE (IFTO).....	91
	ANEXO B – RELATÓRIO GERADO PELO SOFTWARE (BANCO DO BRASIL) ..	104

1 INTRODUÇÃO

O aumento significativo do consumo de energia elétrica com o passar dos anos deixou em alerta as autoridades no assunto para possíveis crises no setor energético. O principal período de preocupação é período denominado horário de ponta, abrangendo das 18:00 às 21:00, onde o sistema elétrico está com sua maior requisição de potência devido ao fato de grandes consumidores estarem operando nesse horário, com o acréscimo da entrada da iluminação pública e somando a isso, a alta demanda residencial decorrida da volta da população do trabalho para casa. Para desincentivar o consumo no horário de ponta foi proposto duas soluções.

A primeira foi uma política pública chamada horário de verão, que historicamente tinha como principal objetivo reduzir o consumo de energia elétrica a partir do melhor aproveitamento da luz natural com o adiantamento dos relógios em uma hora. Segundo pesquisas realizadas pelo CMSE (Comitê de Monitoramento do Setor Elétrico), o horário de verão deixou de produzir os resultados para os quais foi formulada, perdendo sua razão de ser aplicado sob o ponto de vista do setor elétrico (IJAILLE; PINTO, 2018).

A segunda solução foi aumentar o valor das tarifas dos consumidores do grupo A no período de ponta para que não se precise construir novas usinas e linhas de transmissão só para atender o horário de pico, pois isso resultaria em custos sociais e ambientais elevadíssimos e teria como consequência o mesmo fim, que é o aumento da tarifa.

1.1 PROBLEMA DE PESQUISA

Segundo (BRASIL, 2020), independente da concessionária, o aumento da tarifa de energia elétrica vem crescendo substancialmente. Esse aumento é causado pela junção do aumento de consumo em todas as classes e a escassez hídrica sofrida nas últimas décadas, como na crise de 2001 (FEDERAL, 2001). É evidenciado também, que nas classes de consumo com fator de carga maior, houve um aumento mais agudo de tarifas do que nas outras classes, explicando porque as classes comerciais e industriais, que são majoritariamente compostas por consumidores do grupo A, tiveram aumentos de tarifas maiores do que a classe residencial. Quais medidas devem ser tomadas para mitigar a alta demanda de consumo de energia elétrica e conseqüentemente o aumento das tarifas?

1.2 JUSTIFICATIVA

Em tempos de escassez hídrica é de suma importância que haja uma gestão eficiente da energia elétrica dos consumidores do grupo A, atentando para todos os detalhes que possam gerar mais custos do que os devidos para o consumidor. Então, faz-se necessário uma maior redução no consumo de potência aparente no sistema, onde pode-se optar por ajustar o fator de potência para um valor que esteja dentro das normas nacionais e consequentemente sem cobrar adicional de energia reativa no sistema como também dimensionar a demanda para que possa ser feita a melhor escolha entre as opções de tarifa. Isso mostra-se vantajoso para ambas as partes, tanto para concessionária quanto cliente, pois evitando a sobrecarga por meio da economia no sistema, promove-se mais estabilidade na rede como um todo. Assim, têm-se a necessidade de estudos mais apurados para otimizar tanto o consumo de energia como a contratação de demanda e tarifas adequadas, reduzindo assim, custos e mantendo a qualidade do serviço. Para esses estudos, o desenvolvimento de softwares que realizam estas análises é de suma importância, tanto para a correção do fator de potência quanto a contratação de demanda adequada.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo Geral

Este trabalho tem como objetivo a criação de uma ferramenta computacional, que utiliza dados externos de consumo e demanda da UC (unidade consumidora) em forma de planilha de Excel. Esta ferramenta deverá auxiliar o consumidor do grupo A na sua gestão de energia, oferecendo a melhor escolha de tarifa, bem como se a sua demanda atualmente contratada é a ideal para suas necessidades e por último, indicar ao consumidor um banco de capacitores para a correção do fator de potência do seu sistema, caso seja necessário.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Desenvolvimento do software, utilizando a linguagem de programação Python;
- Obtenção dos dados extraídos para a análise;
- Definição da demanda e comparação com a atual;
- Definição do enquadramento tarifário;
- Análise e correção do fator de potência;
- Exibição dos resultados obtidos pelo software desenvolvido em forma de relatório, fazendo análise técnica e econômica.

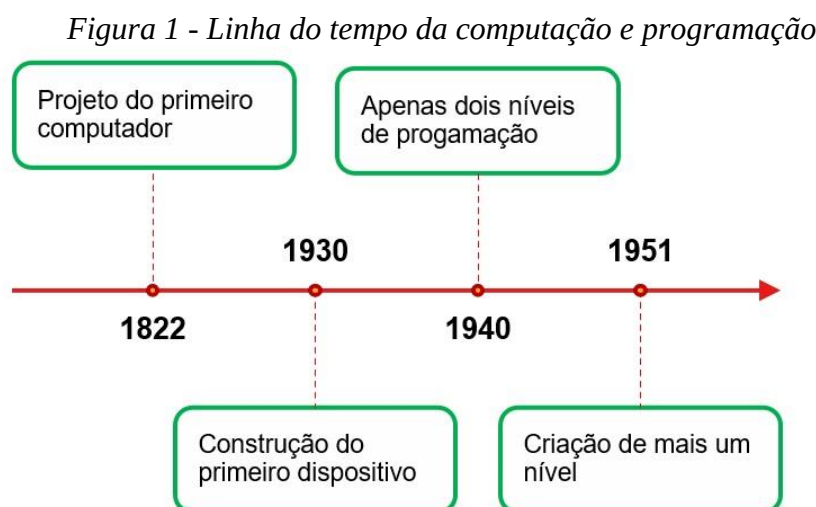
2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 PROCESSO HISTÓRICO DA PROGRAMAÇÃO E COMPUTAÇÃO

Charles Babbage (1792-1871), um matemático e astrônomo, tendo aceitação unânime como um dos grandes pioneiros para a era dos computadores, já projetara em 1822, em Londres, um mecanismo constituído de madeira e latão que teria a capacidade de realizar uma série de cálculos que liberaria o homem de tarefas repetitivas.

O desenvolvimento de dispositivos de cálculos com um dado sistema de controle automático iniciaram-se por volta de 1930. A evolução das linguagens de programação evoluía com conceitos paralelos do que cada projetista pensava, o que resultou em vários estilos e paradigmas díspares como: o imperativo, o funcional, o orientado a objeto, o lógico, etc. Nesses primórdios da computação, os programas eram escritos em código binário de máquina, e inseridos diretamente no computador por meio da disposição física de cabos e fios.

Na década de 1940 subsistiam apenas dois níveis de linguagem: a linguagem de máquina (código binário) onde toda a programação era feita, e o nível da lógica digital no qual os programas eram de fato executados. Maurice V. Wilkes, em 1951 teve a ideia de criar uma máquina que possuía 3 níveis, a camada de abstração agora adicionada denominou-se interpretador que atuava entre a linguagem de máquina e o nível lógico. O resultado foi uma bela redução na quantidade de componentes a serem utilizados na construção do computador. Tanto linguagens de programação quanto a arquitetura das máquinas começaram a evoluir a partir daí (FILHO, 2007).



Fonte: Autores (2021).

2.1.1 Algoritmos e lógica de programação

Lógica de programação consiste em métodos de juntar ideias para que se possa alcançar uma finalidade, a fim de que seja possível o desenvolvimento de softwares. Outrossim, algoritmo constitui-se em uma série de instruções com a intenção de resolver o impasse, ou seja, uma trilha a ser seguida para resolver o problema onde pode-se haver diversas trilhas que chegam ao mesmo resultado (LOPES; GUTO, 2002, p. 1).

Há diferentes maneiras de retratar os algoritmos, entre elas estão: o idioma, a linguagem de programação e representações gráficas. Alguns exemplos de algoritmos representados através do idioma são bulas, receitas culinárias e manuais de instrução. Linguagens de programação (Python, C, Pascal, etc.) constituem-se ferramentas utilizadas por programadores habilitados, que “desconsideram” a parte do projeto de programa e vão de encontro a programação em si. Tem-se a representação gráfica (diagrama, fluxograma, etc.) que se dispõe como uma maneira amigável de retratar algoritmos para terceiros com pouco conhecimento na área de programação, pelo fato de serem “desenhos” que suprem a necessidade de várias palavras simplificando a compreensão do algoritmo (CARVALHO, 2007, p. 5).

2.1.2 Linguagens de programação

Profissionais da área de computação possuem amplo conhecimento para utilizar as linguagens de programação. Grande parte desses profissionais somente utilizam ambientes de desenvolvimento e suas respectivas linguagens. Utilizar uma linguagem não capacita o usuário para implementar na linguagem em si, sendo que o projeto da mesma necessita de um vasto estudo e pesquisa para avaliar quais valências que uma linguagem deve possuir para que possa ser mais bem aproveitada pelo programador, além de que, o que se espera de uma linguagem é que deve ser sujeito a implementação (MELO, 2003, p. 7).

A vasta variedade de linguagens de programação proporciona uma gama de possibilidades de trabalho, no qual cada uma adequa-se para as necessidades de negócios ou empresas. Linguagens atualmente em ascensão, não necessariamente serão atuais, caso do JavaScript, onde somente utilizava-se em níveis de conversação com o cliente e hoje em dia tem uma adaptação bem-sucedida com o servidor, sendo assim uma das mais utilizadas no momento e em contrapartida encontra-se no mercado a bastante tempo.

Python, uma das principais linguagens em ascensão, vem sendo bem-vista na atualidade, pois possui diversas valências que a tornam propensa para o desenvolvimento de diversos projetos, sejam eles websites, aplicativos para qualquer plataforma. Temos como exemplos

destas plataformas: Windows, Mac, Linux, Android ou iOS com o Kivy, cálculos matemáticos utilizando bibliotecas como o NumPy, aplicações para análise de dados ou até mesmo inteligência artificial (ROBINSON, 2019).

Há linguagens que proporcionam um ambiente visual mais amigável aos usuários de um sistema. Tais ferramentas denominam-se linguagens de marcação e estilo como: HTML (HyperText Markup Language), CSS (Cascading Style Sheets) e etc.

Figura 2 - Estrutura do desenvolvimento Web



Fonte: Autores (2021).

2.2 DESENVOLVIMENTO WEB

A dinamicidade dos conteúdos atrelado a disponibilidade de acesso aos mesmos, torna o desenvolvimento web um braço fundamental da informática. Para (MILLETO; BERTAGNOLLI, 2014), apesar de atualmente ser algo elementar, o desenvolvimento web requer cada vez mais técnicas e métodos elaborados especificamente para determinada aplicação, para que o seu funcionamento atenda as expectativas previstas.

Segundo (VOSEN; HAGEMANN, 2010), as ferramentas básicas para o desenvolvimento web são o HTML, linguagem de marcação utilizada na construção de páginas na Web e CSS, um mecanismo para adicionar estilo a um documento web. No entanto, com o passar dos anos surgiu a necessidade de maior agilidade no desenvolvimento e os frameworks vem em consonância com essa demanda, fazendo o seu uso imprescindível para a criação de produtos mais intuitivos.

2.2.1 Responsividade

As aplicações, independentes de onde estão sendo vistas devem ser capazes de se ajustar para uma melhor visualização por parte do usuário. Com o propósito de não comprometer a

experiência de quem está visualizando, essa responsividade deverá manter a proposta inicial e atuar de forma sutil e ágil para se adaptar ao ambiente de visualização (LAGRONE; FRAIN; FIRDAUS, 2016).

2.3 PYTHON E SUAS APLICAÇÕES

2.3.1 Python

Como descrito na sua documentação oficial (PYTHON, 2021), o Python é uma linguagem de programação interativa, orientada a objetos e interpretativa. A linguagem oferece uma sintaxe limpa e por ser de alto nível incorpora classes, módulos, exceções e tipagem dinâmica. O Python tem portabilidade para Windows, Linux e Mac e é extensível através de linguagem como o C ou C++, bem como, possui muitas chamadas e bibliotecas do sistema. Também é utilizado em aplicativos que precisam de uma interface programável atuando nestes casos como uma linguagem de extensão.

2.3.2 Python, autores e suas produções de pesquisa

Segundo (MCKINNEY, 2013), o número de adeptos a linguagem Python vem crescendo desde sua criação e desenvolveu uma grande comunidade nos assuntos de análise, processamento e visualização de dados. Com as melhorias advindas de suas atualizações o Python se tornou uma linguagem de suma importância tanto no âmbito acadêmico, quanto no profissional, especialmente nos ramos de ciência de dados, aprendizado de máquina, bem como no desenvolvimento de aplicações em geral.

Uma pesquisa acerca do cálculo número aplicado a engenharia elétrica com Python, propiciou uma vasta gama de conhecimentos aplicando códigos Python em conceitos da engenharia elétrica como os métodos: Eliminação de Gauss, Decomposição LU e Gauss-Seidel. No qual, concluiu-se que a linguagem se faz viável pelo fato das funções nativas já incluírem métodos que resolvem números complexos e afins (SEIFFERT; CHIQUETTI; AVILA, 2021, p. 133).

Um estudo sobre matemática intervalar teve como ênfase a linguagem Python. A praticidade e a simplicidade da sintaxe da linguagem, como também sua utilização ser de forma livre e isenta de altas taxas de licença, fez-se uma ótima opção para a implementação de um módulo (conjunto de métodos e funções que tem como finalidade retornar um objeto tratado como resposta em que passou por diversas operações lógicas e matemáticas). Concluiu-se que o desenvolvimento do módulo foi bem-sucedido e que o supracitado módulo é utilizado na base

da ferramenta FINCA (Free Interval Circuit Analyzer) na análise intervalar de circuitos elétricos (GRIGOLETTI; DIMURO; BARBOZA, 2007).

Uma plataforma multiagente baseada em Python para aplicação em redes de energia foi o foco de pesquisa: Python Agent Development (PADE). O objetivo foi a implementação em Python de Sistemas Multiagentes em Sistemas de Potência utilizando frameworks (uma abstração que une códigos comuns entre vários projetos de software provendo uma funcionalidade genérica). Concluiu-se que o framework tornou mais simples o desenvolvimento de redes elétricas avançadas e mais inteligentes com tomada de decisão altamente colaborativas e responsivas, e paralelamente atendendo às especificações da Foundation for Intelligent Physical Agents (MELO, 2019, p. 3-12).

2.3.3 Bibliotecas essenciais para análise de dados

Bibliotecas Python essenciais para análise de dados:

2.3.3.1 NumPy

NumPy, uma biblioteca para computação científica em Python. Ela fornece um objeto de matriz multidimensional, vários objetos derivados e uma variedade de rotinas para operações rápidas em matrizes, incluindo matemática, lógica, manipulação de forma, transformadas discretas de Fourier, álgebra linear, bem como operações estatísticas (NUMPY, 2021).

2.3.3.2 Pandas

Pandas, uma biblioteca de software criada para a linguagem Python para manipulação e análise de dados, fornece estruturas de dados rápidas, flexíveis e expressivas projetadas para tornar o trabalho com dados relacionais ou rotulados fácil e intuitivo (PANDAS, 2021).

2.3.3.3 SciPy

SciPy constitui-se uma biblioteca Open Source em linguagem Python que foi feita para matemáticos, cientistas e engenheiros. Também tem o nome de uma popular conferência de programação científica com Python. A sua biblioteca central é NumPy que fornece uma manipulação conveniente e rápida de um array N-dimensional (SCIPY, 2021).

2.3.3.4 Matplotlib

Matplotlib consiste em uma biblioteca software abrangente para a criação de gráficos visualizações estáticas, animadas e interativas, feita para e da linguagem de programação Python e sua extensão de matemática NumPy (MATPLOTLIB, 2021).

2.3.3.5 Streamlit

O Streamlit é uma biblioteca de código aberta em Python projetada para facilitar a criação de aplicativos web interativos com poucas linhas de código. Ele é especialmente útil para cientistas de dados e desenvolvedores que desejam compartilhar visualizações de dados e resultados de suas análises de uma maneira acessível (MCKINNEY, 2013).

2.4 PROGRAMAÇÃO E SUAS APLICAÇÕES NA ENGENHARIA ELÉTRICA

Há inúmeras aplicações envolvendo programação, dentre elas destaca-se a possibilidade na qual engenheiros eletricitistas podem criar o próprio software para uma ação específica. O controle da unidade geradora de energia elétrica se mostra um bom exemplo. Tanto os serviços que iremos oferecer, quantos os produtos que iremos criar, podem ser administrados com maior clareza, se o conhecimento da programação e da lógica de programação fizerem parte da formação acadêmica de engenharia elétrica (SANTOS, 2016).

Outro exemplo seria o cálculo tarifário de certos consumidores de energia elétrica para que possa se desenvolver uma análise posterior, a fim de decidir a tarifa com o menor custo para o consumidor. Tal exemplo já fora desenvolvido por (VILARINHO; SOUSA, 2021), onde foram elaborados cálculos por meio de tabelas no Excel, e pela carência de softwares que supram a necessidade dos cálculos tarifários, faz-se necessário o desenvolvimento de aplicações para este propósito, no qual vê-se como cerne deste artigo.

2.5 SETOR ELÉTRICO BRASILEIRO

2.5.1 Eventos relevantes para leis do setor elétrico brasileiro

A carga de energia elétrica a ser suprida deve estar de acordo com a demanda requerida pela UC (unidade consumidora), sendo que a mesma, hoje, tem-se como indispensável para a atividade de empresas, instituições e etc. A fim de que haja a classificação da modalidade tarifária, o cálculo torna-se dependente do consumo da unidade e da demanda (VILARINHO; SOUSA, 2021).

A partir de maio de 1998 vem sendo decretadas leis que regulamentam o mercado atacadista do setor elétrico brasileiro, como também definindo regras organizacionais do Operador Nacional do Sistema Elétrico. Leis acerca da exploração dos serviços e instalações de energia elétrica, da geração de energia elétrica, da transmissão, da distribuição e da comercialização de energia elétrica, do mercado atacadista de energia elétrica, do mecanismo de realocação de energia elétrica foram exemplos de regulamentação que deram início a composição e manuseio do setor elétrico brasileiro (FEDERAL, 1998).

Um incidente que afetou milhares de brasileiros, e que perdurou por um longo período, denominou-se a crise hídrica de 2001, que consequentemente afetou a matriz energética do país pelo fato da dependência de energia elétrica provinda das hidrelétricas onde esse evento desencadeou uma necessidade de racionamento de energia elétrica. Para gerenciar e implementar leis e medidas emergenciais decorrente da situação hidrológica, foi criada e instalada a Câmara de Gestão de Crise de Energia Elétrica a fim de tornar-se compatível a demanda e a oferta de energia elétrica, com o objetivo de precaver interrupções acidentais no suprimento de energia elétrica (FEDERAL, 2001).

A criação de um mercado paralelo para a comercialização de energia, tanto para empresas de distribuição, quanto para consumidores livres e empresas que comercializavam energia mostrou-se uma novidade no setor elétrico no ano de 2004. O Governo Federal decretou a Lei nº. 10.848, do Novo Modelo do Setor Elétrico, para regulamentar assuntos que ainda não tinham importância nas leis existentes daquele período. Outrossim, a proibição da venda de eletricidade com preços não normatizados entre distribuidoras e consumidores livres, como também a limitação de algumas ações de distribuidoras, tornando assim, mais confiável o laço entre a mesma e seus clientes (CHAGAS, 2008, p. 17).

A partir da Lei do Novo Modelo do Setor Elétrico, as geradoras comercializam energia apenas por leilões, sendo que nas contratações livres, as geradoras podem comercializar sua energia com consumidores, possibilitando que eles tenham a opção de escolher de quem comprar a energia. Todavia, para que o consumidor saia da regulamentação convencional para o ambiente de contratação livre, deve haver um aviso prévio de no mínimo cinco anos ou consentimento com as regras da concessionária contratada atualmente (WALVIS, 2014). Unidades cuja carga contratada igual ou superior a 500kW são denominados consumidores especiais com a possibilidade de serem supridos por PCH's (Pequena Central Hidrelétrica, uma usina hidrelétrica de pequeno porte com capacidade instalada maior do que 5 megawatts e

menor ou igual a 30 megawatts) e empresas da sua localidade, bem como unidades cuja demanda contratada seja igual ou superior a 3MW são classificados como consumidores livres.

2.5.2 Conceitos

Para compreendermos melhor os próximos capítulos necessitam-se conhecer o conceito de alguns termos utilizados, a resolução normativa ANEEL 1000/2021 define os conceitos de:

- Horário de ponta: período composto por três horas diárias consecutivas definidas pela distribuidora considerando a curva de carga de seu sistema elétrico, com exceção feita aos fins de semana e feriados.
- Horário fora de ponta: período composto pelo conjunto das horas diárias consecutivas e complementares àquelas definidas no horário de ponta.
- Horário intermediário: período de horas conjugado ao posto tarifário ponta, sendo uma hora imediatamente anterior e outra imediatamente posterior, aplicado para o grupo B.
- Consumo de energia elétrica: potência consumida em um determinado período
- Demanda medida: maior demanda de potência ativa, verificada por medição, integralizada em intervalos de quinze minutos durante o período de faturamento
- Demanda de energia elétrica: média das potências elétricas ativas ou reativas, solicitadas ao sistema elétrico pela parcela da carga instalada em operação na unidade consumidora, durante um intervalo de tempo especificado
- Demanda contratada: demanda de potência ativa a ser obrigatória e continuamente disponibilizada pela distribuidora, no ponto de entrega, conforme valor e período de vigência fixados em contrato, e que deve ser integralmente paga, seja ou não utilizada durante o período de faturamento
- Energia elétrica ativa: energia que pode ser convertida em outra forma de energia, expressa em quilowatts-hora (kWh)
- Energia elétrica reativa: energia que circula entre os diversos campos elétricos e magnéticos de um sistema de corrente alternada, sem produzir trabalho, expressa em quilovolt ampère reativo hora (kVARh)
- Fator de potência: razão entre a energia elétrica ativa e a raiz quadrada da soma dos quadrados das energias elétricas ativa e reativa, consumidas num mesmo período especificado

2.6 CONSUMIDORES

2.6.1 Classes de consumo e grupos de atendimento

As tarifas devem ser aplicadas de acordo com o tipo de usuário, o grupo e subgrupo, classe e subclasse e a modalidade tarifária a que estiver enquadrada a unidade consumidora (ANEEL, 2021).

Para fins de aplicação tarifária, as unidades consumidoras devem ser classificadas de acordo com a atividade comprovadamente exercida, a finalidade de utilização da energia elétrica e o atendimento aos critérios para enquadramento previstos em uma das classes como mostra a Tabela 1.

Tabela 1 - Classes e subclasses de consumo

Classe	Subclasses
Residencial	Baixa renda; baixa renda indígena baixa renda quilombola; baixa renda - BPC; baixa renda multifamiliar.
Industrial	Transporte de matéria-prima, insumo ou produto resultante do seu processamento, caracterizado como atividade de suporte e sem fim econômico próprio.
Comercial, Serviços e Outras atividades	Serviços de transporte, exceto tração elétrica; serviços de comunicações e telecomunicações; associação e entidades filantrópicas; templos religiosos; administração condominial; iluminação em rodovias; semáforos, radares e câmeras de monitoramento de trânsito; e outros serviços e outras atividades.
Rural	Agropecuária rural; agropecuária urbana; rural residencial; cooperativa de eletrificação rural; agroindustrial; Serviço público de irrigação rural; Escola agrotécnica; aquicultura;
Poder público	poder público federal; poder público estadual ou distrital; e poder público municipal.
Iluminação pública	Vias públicas destinadas ao trânsito de pessoas ou veículos; bens públicos destinados ao uso comum do povo.

Serviço público	Tração elétrica; água, esgoto e saneamento.
Consumo próprio	Estação de recarga de veículos elétricos; outras atividades.

Fonte: Produzida pelos autores com base nos dados de (REN1000, 2023)

Quando se trata de grupo A, estamos falando das unidades consumidoras com atendimento de tensão igual ou superior a 2,3 kV (Tabela 2), ou com tensão secundária em sistema subterrâneo, tendo como característica a tarifa binômia e subdividido nos seguintes subgrupos (ANEEL, 2021).

Tabela 2 - Respectivas tensões de atendimento dos subgrupos do grupo A

Grupo A	
Subgrupo	Tensão de atendimento (kV)
A1	≥ 230
A2	88 a 138
A3	69
A3a	30 a 44
A4	2,3 a 25
AS	Subterrâneo e $< 2,3$

Fonte: Produzida pelos autores com base nos dados de (REN1000, 2023)

Quando se trata de grupo B refere-se a unidades consumidoras com atendimento de tensão inferior a 2,3 kV (Tabela 3), tendo como característica a tarifa monômia e subdividido nos seguintes subgrupos (ANEEL, 2021):

Tabela 3 - Respectivas tensões de atendimento dos subgrupos do grupo B

Grupo B	
Subgrupo	Tensão de atendimento (kV)
B1 – residencial	Inferior a 2,3
B2 – rural	
B3 – demais classes	
B4 – Iluminação Pública	

Fonte: Produzida pelos autores com base nos dados de (REN1000, 2023)

2.6.2 Modalidades tarifárias

O consumidor tem sua modalidade tarifaria definida de acordo com a sua demanda de potência, deve-se ficar atento a modalidade que melhor se adequa a sua necessidade.

2.6.2.1 Grupo A

A conta de energia elétrica desses consumidores é composta da soma de parcelas referentes ao consumo, demanda e ultrapassagem. É importante ressaltar que aos consumidores do grupo A com opção de faturamento pelo grupo B devem ser aplicados os benefícios tarifários do grupo B.

2.6.2.1.1 Tarifa Horo-Sazonal Verde

Essa modalidade de tarifação tem diferentes tarifas para o consumo, que estão relacionadas com o horário em que a energia elétrica foi utilizada, mas tem tarifa única de demanda de potência. Desta forma, ao se enquadrar nessa modalidade o consumidor possuirá uma única tarifa para demanda de potência e duas diferentes tarifas para consumo, considerando o período de ponta e fora ponta. A tarifa horo-sazonal verde é admissível exclusivamente para consumidores que compõem aos subgrupos A3a, A4 e AS do grupo A (ANEEL, 2021).

A primeira parcela que é a de consumo, é calculada através da soma do consumo na ponta e fora ponta que por sua vez é o resultado da multiplicação consumo medido versus tarifa de consumo conforme a Equação 1.

$$P_{consumo} = P_{consumo\ Ponta} + P_{consumo\ Fora\ Ponta} \quad (1)$$

$$P_{consumo\ Ponta} = Tarifa\ de\ consumo\ Ponta \times Consumo\ medido\ Ponta \quad (2)$$

$$P_{consumo\ Ponta} = Tarifa\ de\ consumo\ Fora\ Ponta \times Consumo\ medido\ Fora\ Ponta \quad (3)$$

A segunda parcela é a de demanda, que é o resultado da multiplicação da tarifa de demanda versus a demanda contratada ou demanda medida (a maior delas), sendo que esta não ultrapasse o limite de 5% da demanda contratada, conforme a Equação 4:

$$P_{demanda} = Tarifa\ de\ demanda \times Demanda\ contratada \quad (4)$$

Se a demanda ultrapassar os 5% estabelecidos, haverá uma nova parcela chamada de demanda de ultrapassagem que é o resultado da multiplicação da tarifa de ultrapassagem versus a demanda medida que ultrapasse a demanda contratada, conforme a Equação 5:

$$P_{ultrapassagem} = Tarifa\ de\ ultrapassagem \times (Demanda\ medida - Demanda\ contratada) \quad (5)$$

2.6.2.1.2 Tarifa Horo-Sazonal Azul

Essa modalidade de tarifação tem diferentes tarifas para o consumo, que estão relacionadas com o horário que foi utilizado a energia elétrica e de mesma forma para demanda de potência. Desta forma, ao se enquadrar nessa modalidade os consumidores possuirá umas duas diferentes tarifas para demanda de potência e duas diferentes tarifas para consumo, considerando o período de ponta e fora ponta. Os consumidores que fazem parte dos subgrupos A1, A2 ou A3 tem como obrigatoriedade a adoção da tarifa horo-sazonal azul, no entanto, é opcional para os consumidores para os subgrupos A3a, A4 e AS (ANEEL, 2021).

A primeira parcela que é a de consumo, que é calculada através da soma do consumo na ponta e fora ponta que por sua vez é o resultado da multiplicação consumo medido versus tarifa de consumo, conforme a Equação 6.

$$P_{consumo} = P_{consumo\ Ponta} + P_{consumo\ Fora\ Ponta} \quad (6)$$

$$P_{consumo\ Ponta} = Tarifa\ de\ consumo\ Ponta \times Consumo\ medido\ Ponta \quad (7)$$

$$P_{consumo\ Ponta} = Tarifa\ de\ consumo\ Fora\ Ponta \times Consumo\ medido\ Fora\ Ponta \quad (8)$$

A segunda parcela é a de demanda, que é calculada através da soma da demanda na ponta e fora ponta que por sua vez é o resultado da multiplicação da demanda medida versus tarifa de demanda, conforme a Equação 9.

$$P_{demanda} = P_{demanda\ Ponta} + P_{demanda\ Fora\ Ponta} \quad (9)$$

$$P_{demanda} = Tarifa\ de\ demanda\ Ponta \times Demanda\ medida\ Ponta \quad (10)$$

$$P_{\text{demanda Ponta}} = \text{Tarifa de demanda Fora Ponta} \times \text{Demanda Fora Ponta} \quad (11)$$

Se a demanda ultrapassar os 5% estabelecidos, haverá uma nova parcela chamada de demanda de ultrapassagem que é o resultado da multiplicação da tarifa de ultrapassagem versus a demanda medida que supera a demanda contratada na ponta e fora ponta, conforme a Equação 12.

$$P_{\text{ultrapassagem}} = \text{Parcela de ultrapassagem ponta} + \text{Parcela de ultrapassagem fora ponta} \quad (12)$$

$$P_{\text{ultr. ponta}} = \text{Tarifa de ult. ponta} \times (\text{Demanda medida ponta} - \text{Demanda contratada ponta}) \quad (13)$$

$$P_{\text{ultr.f.ponta}} = \text{Tarifa de ult.f.ponta} \times (\text{Demanda medida f.ponta} - \text{Demanda contratada f.ponta}) \quad (14)$$

2.6.2.2 Grupo B

2.6.2.2.1 Tarifa Convencional Monômnia

Essa tarifa é destinada a consumidoras do grupo B, tendo como característica tarifas de consumo de energia elétrica que não dependem do horário que a energia elétrica foi utilizada (ANEEL, 2021).

2.6.2.2.2 Tarifa Branca

Essa tarifa também é destinada a consumidoras do grupo B, exceto para o subgrupo B4 e para as subclasses Baixa Renda do subgrupo B1, tendo como característica tarifas diferentes de consumo, de acordo com o horário que foi utilizado a energia elétrica (ANEEL, 2021). Neste modelo tarifário, o preço pago pela energia varia conforme determinados horários. Nos dias úteis, são cobrados três valores diferentes de tarifa, como mostra a Tabela 4.

Tabela 4 - Tarifas diferenciadas por horário

Tarifa Branca	
Ponta	Tarifa mais elevada
Intermediário	Tarifa de valor intermediário
Fora ponta	Tarifa de valor menor

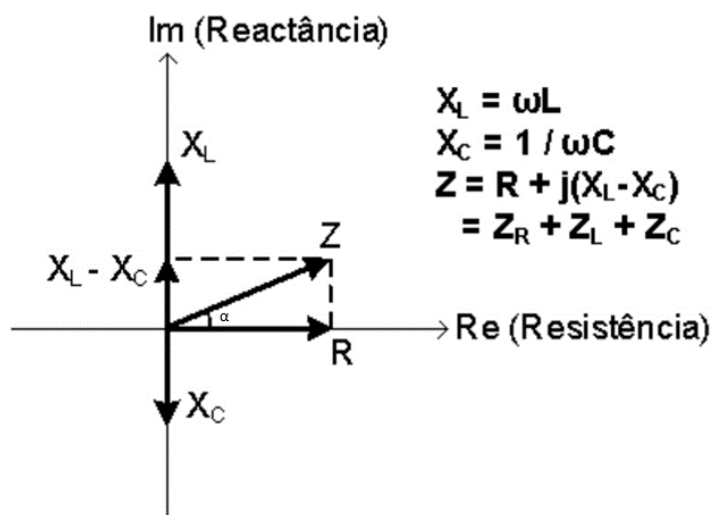
Fonte: Produzida pelo autor com base nos dados de (REN1000, 2023)

2.7 CORREÇÃO DO FATOR DE POTÊNCIA

Necessita-se da existência de energia ativa e reativa para que haja o funcionamento de equipamentos elétricos. Para que o equipamento entre em atividade, apenas a potência ativa medida em W (watts), de fato irá realizar trabalho como a movimentação do eixo de um motor. O componente que não realiza trabalho no sistema constitui a potência reativa, medida em VAr (volt-ampere-reativo), todavia é utilizada para gerar campos eletromagnéticos necessários para que os equipamentos entrem em atividade. Em contrapartida, a utilização de potência reativa deve limitar-se o máximo possível, em detrimento de requerer transformadores e condutores mais sofisticados e ainda ocasionando superaquecimento e indevidas quedas de tensão no sistema. A potência instantânea medida com o produto da tensão pela corrente, denomina-se potência aparente, tendo sua unidade em VA (Volt-Ampere) (CREDER, 2016, p. 494).

Para fins de cálculos, as potências aparente, ativa e reativa se relacionam por um triângulo de Pitágoras, onde a hipotenusa do triângulo equivale a potência aparente, o cateto adjacente equivale a potência ativa e o cateto oposto equivale a potência reativa, de forma que se tem relações geométricas entre as potências e as grandezas de resistência, impedância e reatância (FONSÊCA, 2019).

Figura 3 - Diagrama de impedância



Fonte: Museu das comunicações (2015)

Na Equação 15 mostra-se que a razão entre a potência ativa e a potência aparente resulta no fator de potência (MAMEDE, 2017, p. 976).

$$FP = \frac{P_{ativa}}{P_{aparente}} = \cos(\alpha) \quad (15)$$

Tendo em vista que o fator de potência e a potência ativa se relacionam por um triângulo de Pitágoras, tem-se o cálculo da potência reativa pela Equação 16.

$$P_{reativa} = P_{ativa} \times \tan(\alpha) \quad (16)$$

Sendo que α constitui-se o ângulo entre a potência aparente e a potência ativa. O banco de capacitores para que haja a correção do fator de potência é diretamente proporcional ao valor da potência reativa, por esse motivo classifica-se essa grandeza como relevante para os cálculos (MAMEDE, 2017, p. 976).

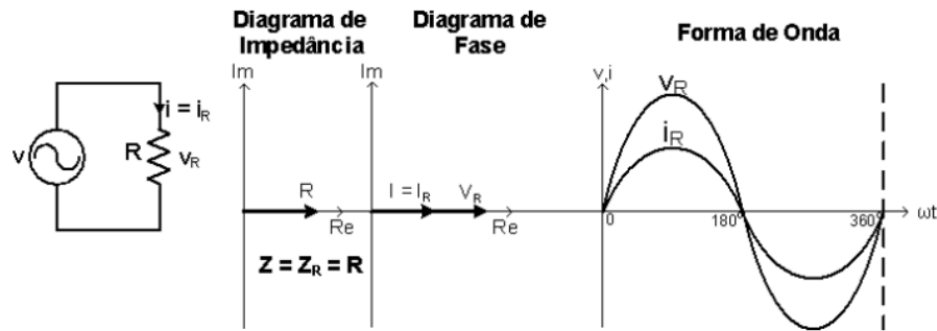
A potência aparente pode ser calculada como vemos a seguir, onde constitui-se um forte indicador da quantidade de energia consumida pelo sistema na rede.

$$P_{aparente} = \sqrt{P_{ativa}^2 + P_{reativa}^2} \quad (17)$$

O baixo fator de potência, em grande parte dos sistemas elétricos, ocorre por cargas indutivas que retem o campo magnético e consequentemente atrasam os picos de corrente em um sistema CA (corrente alternada). A representação cartesiana da Figura 3 tem como objetivo ilustrar relação entre a reatância e a resistência elétrica onde o eixo horizontal é composto por valores reais, nesse caso a resistência. O eixo vertical é composto por valores imaginários, nesse caso, a reatância. A soma vetorial entre XC (reatância capacitiva) e XL (reatância indutiva), tem como resultado a reatância equivalente do sistema. O vetor diagonal Z (impedância), constitui-se o resultado da soma vetorial entre a reatância equivalente e a resistência (FONSÊCA, 2019).

Como ilustrado na Figura 4, cargas somente resistivas não interferem nas fases das ondas de tensão e corrente.

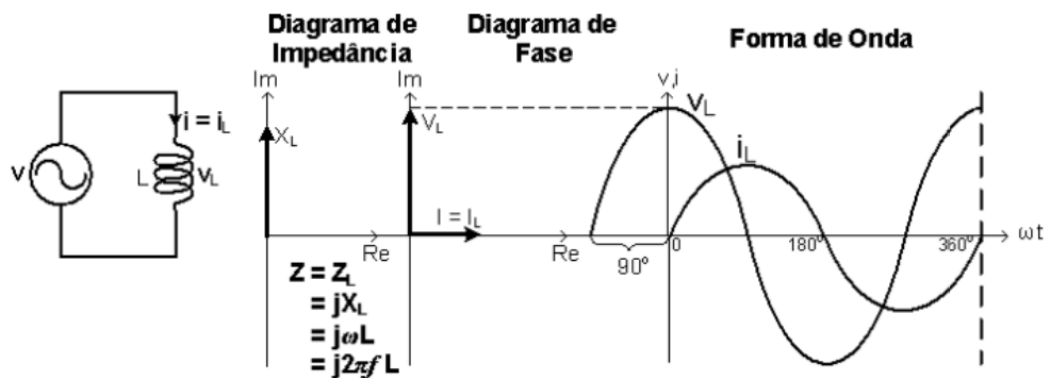
Figura 4 - Diagrama de tensão e corrente em fase



Fonte: Museu das comunicações (2015)

Quando há diferença de fase entre os picos de corrente e tensão, surge a potência reativa. A disparidade de fases pode ser consequência tanto de cargas indutivas, quanto de cargas capacitivas no sistema. Cargas capacitivas podem adiantar os picos de corrente em relação a tensão, já as cargas indutivas podem adiantar os picos de tensão em relação a corrente (MAMEDE, 2017, p. 976). Tal conceito poderá ser mais bem compreendido na Figura 5, a seguir:

Figura 5 - Diagrama de tensão e corrente com desvio de fase, carga indutiva.



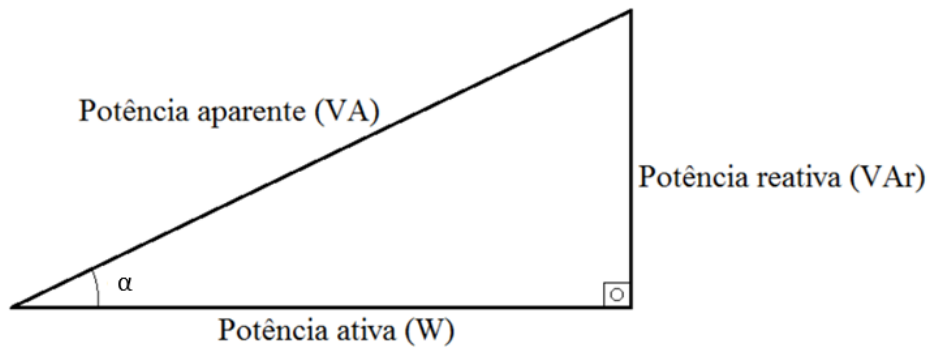
Fonte: Museu das comunicações (2015)

2.7.1 Cálculos para correção do fator de potência

Para que possa ter um fator de potência aceitável, faz-se necessário amenizar o desvio de fase entre os picos de tensão e corrente. A relação geométrica de Pitágoras consiste em um meio para resolver o cálculo que possui os números complexos desse desvio. Na figura 6 tem-

se o triângulo das potências, no qual é ilustrado a relação de Pitágoras entre as potências (FONSÊCA, 2019).

Figura 6 - Triângulo das potências



Fonte: FONSÊCA (2019)

Pelo fato do FP (fator de potência) ser a razão entre a potência ativa e a potência aparente, como mostrado na figura 1, o mesmo pode ser obtido instantaneamente calculando o cosseno do ângulo α , ou seja, temos a equação 18 (MAMEDE, 2017, p. 976):

$$FP = \cos(\alpha) \quad (18)$$

O ângulo constitui-se uma variável bem relevante para que se calcule o fator de potência, visto que se necessita encontrar o valor de α para o FP pretendido. Aplicando a função arco trigonométrica do cosseno na relação do ângulo com FP, temos o ângulo α do FP pretendido, como vemos na equação 19 (MAMEDE, 2017, p. 976).

$$\alpha_{pretendido} = \cos^{-1}(FP_{pretendido}) \quad (19)$$

O valor da potência reativa pretendida pode ser obtida resolvendo a tangente “ α pretendido” multiplicada pela potência ativa (MAMEDE, 2017, p. 976), como temos na equação 20.

$$P_{reativa_{pretendida}} = \tan(\alpha_{pretendido}) \times P_{ativa} \quad (20)$$

Para balancear o excesso de cargas indutivas, teremos que adicionar potência reativa capacitiva no sistema, e essa é a medida que temos que encontrar para o banco de capacitores (MAMEDE, 2017, p. 976). Temos a equação 21:

$$P_{reativa_{capativa}} = P_{reativa} - P_{reativa_{pretendida}} \quad (21)$$

A potência reativa capacitiva encontrada na Equação 21 já consiste no valor desejado para que possa ser feito o pedido do banco de capacitores em qualquer estabelecimento comercial. A mesma também pode ser obtida com a razão do quadrado da tensão do sistema pela reatância (MAMEDE, 2017, p. 976).

$$P_{reativa_{capativa}} = \frac{V^2}{X_c} \quad (22)$$

Uma associação em paralelo de um certo número de capacitores tem-se como o caminho que normalmente é tomado na prática na hora da instalação do banco de capacitores. Outrossim, quando um capacitor falha, ele não compromete no funcionamento dos demais se posto em paralelo (CREDER, 2016, p. 494).

2.7.2 Regulamento acerca do fator de potência

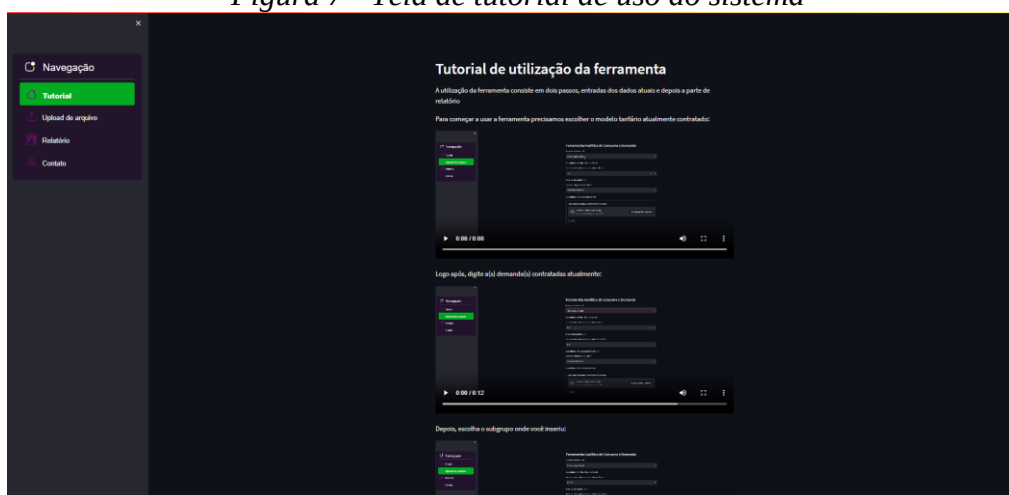
Segundo a ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica), na qual possui caráter normativo, a cobrança apenas será efetuada para unidades consumidoras do grupo A por meio de medição permanente pela distribuidora, em cumprimento da RESOLUÇÃO NORMATIVA Nº 1000/2021. UC's do grupo A possuem o fator de potência mínimo permitido de 0,92. Em contrapartida, as UC's do grupo B não são tarifadas pelo baixo fator de potência em detrimento do pífio consumo de energia se comparado as unidades do grupo A (ANEEL, 2021).

3 DESENVOLVIMENTO

No presente trabalho é proposto um sistema para analisar os valores obtidos pelas medições registradas na UC no recorte de um ano e ao final dessa análise gerar um relatório, cujo resultados sugerem o melhor enquadramento tarifário, demanda ideal, bem como, um banco de capacitores, caso alguma dessas adequações seja necessária. A inserção de dados das medições é gerenciada por um operador através de uma plataforma web, que recebe como entrada as informações atuais da UC: demanda contratada, modalidade tarifária, consumo e um arquivo CSV com as medições. Através do sistema o operador utiliza o software remotamente de qualquer dispositivo inteligente como celular, tablet ou computador. Dessa maneira o proprietário poderá apenas fornecer acesso às informações de sua UC, com alternativas de poder fazer análises sem ser limitado geograficamente.

O sistema proposto pode ser estruturado em três grandes partes, sendo essas: o tutorial de uso, o formulário de inserção de dados e o resultado das análises. Cada parte do sistema tem sua função específica e interligadas entre si. O sistema também conta com uma página de contato dos desenvolvedores, como pode ser observado nas imagens abaixo:

Figura 7 - Tela de tutorial de uso do sistema



Fonte: Autores (2023).

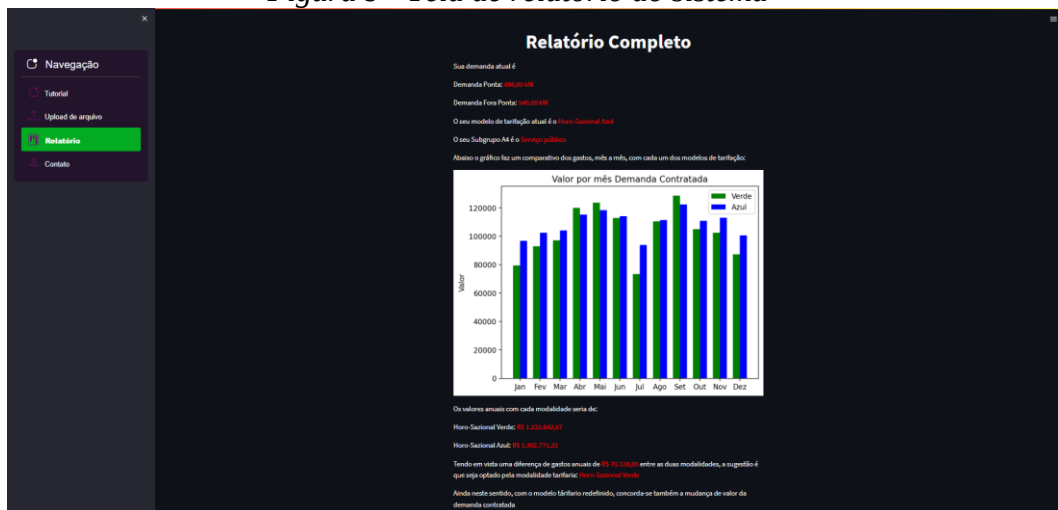
O **tutorial de uso** constitui-se na página responsável por ser a interface entre o sistema e o operador, cujo intuito é de instruí-lo em como proceder em relação a como as informações serão obtidas e inseridas, como pode ser observado na figura 7. É neste bloco onde o “operador” poderá consultar detalhes de como e onde obter as informações requeridas.

Figura 8 - Tela de inserção de dados do sistema

Fonte: Autores (2023).

O **formulário de inserção de dados** constitui-se em uma página de formulário responsável por coordenar as informações enviadas pelo proprietário da UC ou obtidas de forma autoidadata para a análise posterior, assim como mostrado na figura 8.

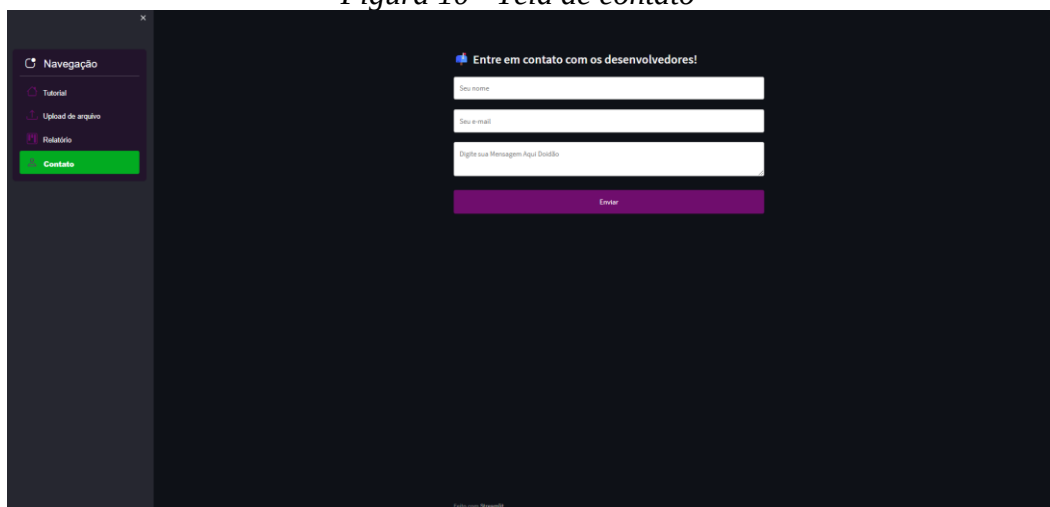
Figura 9 - Tela de relatório do sistema



Fonte: Autores (2023).

Como observado na figura 9, a página de **resultado das análises** constitui-se no relatório digital elaborado através de cálculos e comparações contidos no *backend* da aplicação feitos a partir das informações inseridas no formulário de inserção de dados anterior.

Figura 10 - Tela de contato



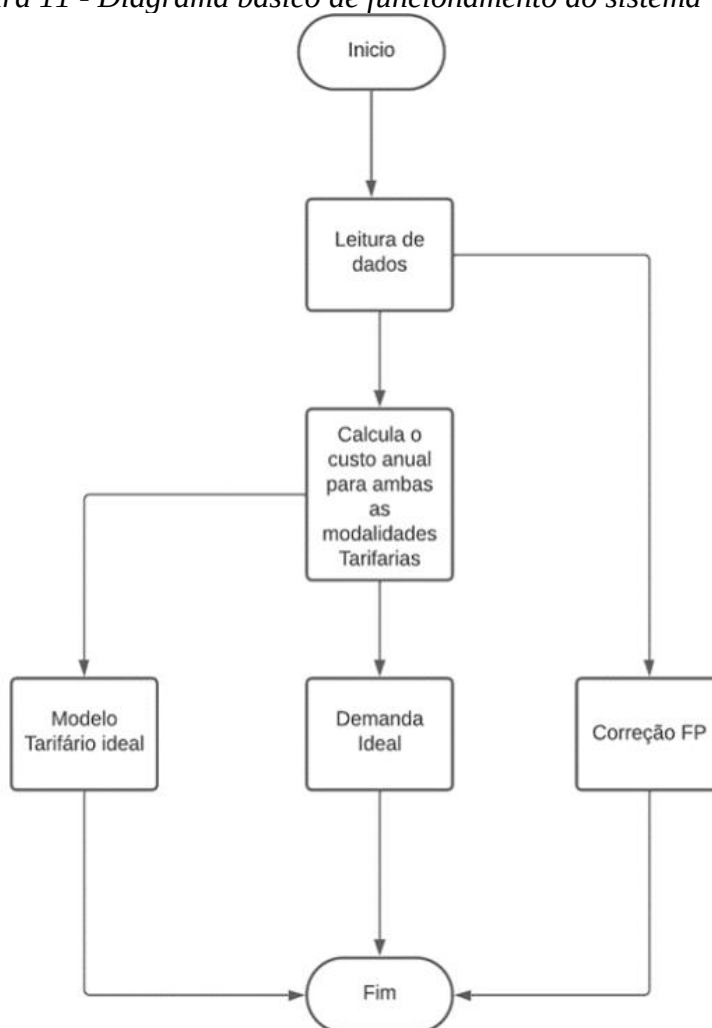
The screenshot displays a web application interface with a dark theme. On the left, a sidebar titled 'Navegação' (Navigation) contains links for 'Tutorial', 'Upload de arquivo', 'Relatório', and 'Contato' (Contact), with 'Contato' highlighted in green. The main area features a heading 'Entre em contato com os desenvolvedores!' (Get in touch with the developers!) and a form with three input fields: 'Seu nome' (Your name), 'Seu e-mail' (Your email), and 'Digite sua Mensagem Aqui Desejdo' (Type your message here Desired). A purple 'Enviar' (Send) button is positioned below the form. The footer at the bottom center reads 'Feito com Streamlit'.

Fonte: Autores (2023).

Por último, temos a página de **contato**: constitui-se de um formulário onde o operador pode entrar em contato com os desenvolvedores do sistema por meio do e-mail para eventuais dúvidas e sugestões.

A aplicação *web* é composta por duas partes distintas: a central de **inserção e visualização de dados**, responsável pelo *frontend*, e a central de **análise de dados**, responsável pelo *backend*. A central inserção e visualização de dados é uma página *web* desenvolvida utilizando as bibliotecas *Streamlit* e *Matplotlib*, enquanto a central de análise de dados é um bloco estruturado de código, construído com as bibliotecas *Pandas*, *Numpy* e *Math* que lê e trata um CSV de dados. Após a compreensão detalhada do funcionamento destas três partes do sistema, o diagrama de blocos pode ser mais bem definido de acordo com a figura 11.

Figura 11 - Diagrama básico de funcionamento do sistema



Fonte: Autores (2023).

3.1 TRATAMENTO DE DADOS

Na página de tutorial encontra-se o download do arquivo no modelo utilizado pela ferramenta. Estes dados virão em forma de uma planilha de excel no formato CSV. O modelo utilizado é demonstrado na imagem a seguir:

Figura 12 - Modelo padrão de entrada de dados

Mes	Ano	Consumo Ponta	Consumo Fora Ponta	Consumo Reativo Ponta	Consumo Reativo Fora Ponta	Demanda Medida Ponta	Demanda Medida fora Ponta
jan	2019	11856,18	67706,73	0	0	477,96	482,16
fev	2019	15537,67	78442,98	0	0	442,68	423,36
mar	2019	16671,48	81619,44	0	0	441	426,72
abr	2019	22206,66	104893,53	0	0	456,12	491,4
mai	2019	22497,09	113259,09	0	0	462	485,52
jun	2019	19393,92	106418,34	0	0	439,32	488,04
jul	2019	10383,24	61753,02	0	0	404,88	437,64
ago	2019	19606,65	97749,96	0	0	491,4	495,6
set	2019	22916,46	124655,37	0	0	546,84	557,76
out	2019	17246,88	100209,48	0	0	419,16	448,56
nov	2019	15028,65	109705,05	0	0	335,16	518,28
dez	2019	13762,77	75926,55	0	0	488,88	523,32

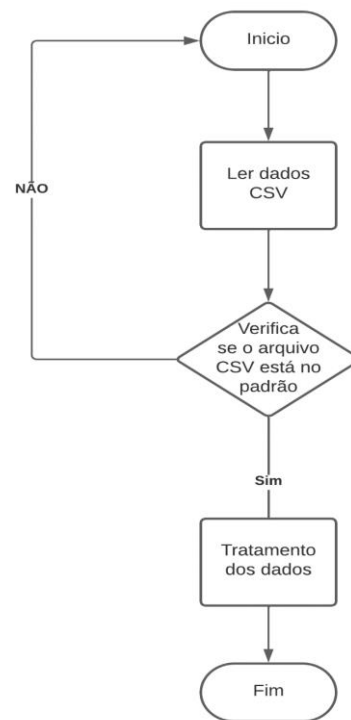
Fonte: Autores (2023).

A partir daí, utilizando a linguagem de programação Python e bibliotecas específicas para análise de dados como Pandas, Numpy e Math, inicia-se o processo de adequação dos dados para o nosso propósito.

Como primeiro passo da adequação dos dados, será feito abertura do arquivo e a leitura desses dados com as funções *open* e *reader* que fazem parte da biblioteca Pandas, no qual será convertido em uma tabela tratável e reconhecida pelo Python, denominada de DataFrame.

Por padrão essa leitura nos retorna dados do tipo strings que são basicamente conjuntos de caracteres, mas este formato impossibilita realizar operações matemáticas com esses valores. Para resolver este problema é passado um parâmetro junto a leitura do arquivo que transforma as variáveis strings em tipos como: pontos flutuantes, inteiros e datas. Adiante teremos o processo para leitura de dados e criação do DataFrame.

Figura 13 - Diagrama de leitura de dados

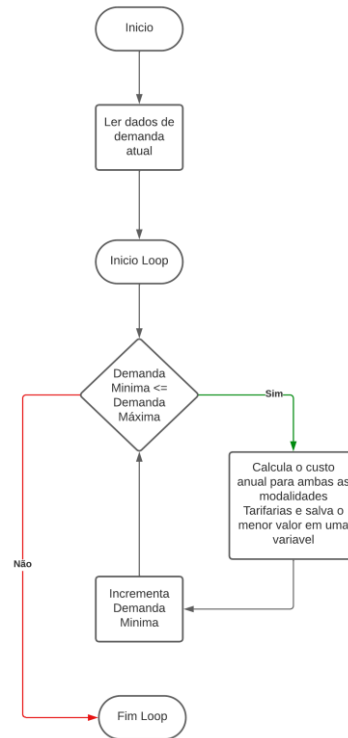


Fonte: Autores (2023).

3.2 DEMANDA

O método utilizado nesse trabalho consiste na obtenção da demanda mínima e a demanda máxima e os definem como intervalos inferior e superior respectivamente. O valor da demanda mínima é iterado até chegar o valor da demanda máxima, calculando assim, o custo anual para cada um desses valores de demanda. Neste método a demanda ideal sugerida é aquela que contempla o menor custo anual.

Figura 14 - Diagrama de obtenção da demanda ideal

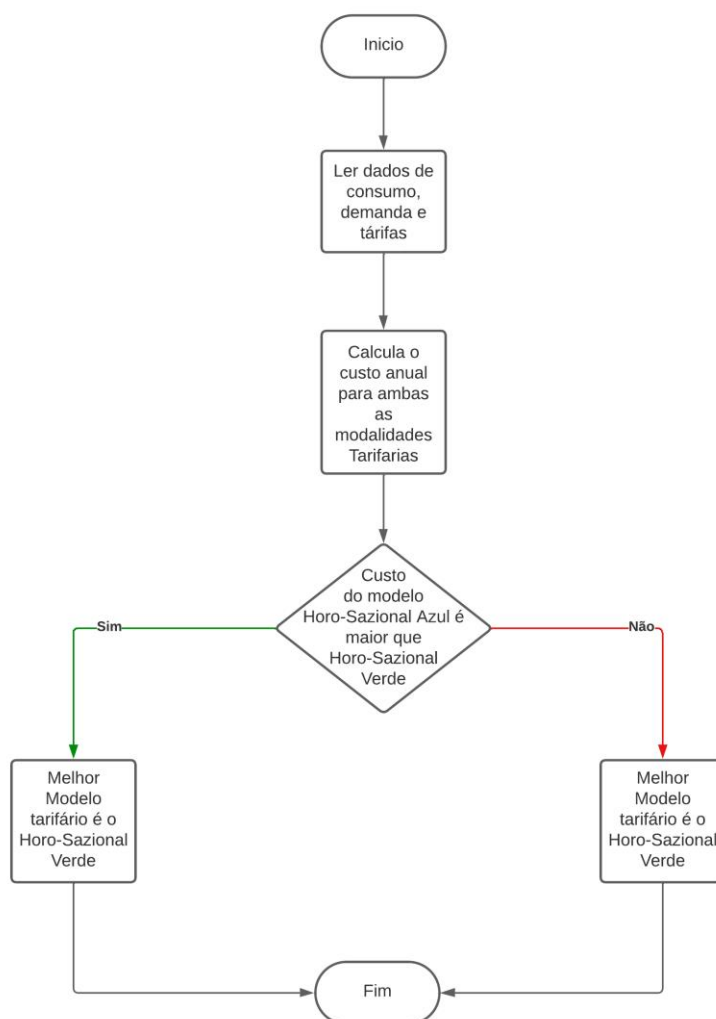


Fonte: Acervo do autor (2023).

3.3 ENQUADRAMENTO TARIFÁRIO

Em linhas gerais, a definição do melhor enquadramento tarifário terá as seguintes partes: leitura dos dados, cálculo em reais de cada parcela que compõe o custo anual com base nas tarifas obtidas no site da concessionária e por fim o comparativo entre os modelos. A seguir é possível compreender este processo através da figura 15.

Figura 15 - Diagrama de definição do melhor modelo tarifário



Fonte: Autores (2023).

Juntamente com as tarifas vigentes, foi utilizado uma base de cálculo para a definição da horo sazonalidade calculando os valores das parcelas mensais ao longo do período de um ano. Este cálculo permitirá a comparação monetária de cada modalidade tarifária levando em conta a demanda atual e a demanda sugerida. Os valores de tarifas extraídos do site da concessionária podem ser observados nas figuras 16 e 17.

Figura 16 - Valores de tarifas da modalidade azul

MODALIDADE TARIFÁRIA HORÁRIA AZUL							
SUBGRUPO	CLASSES	TUSD + TE		ULTRAPASSAGEM		CONSUMO (RS/KWH)	
		DEMANDA (RS/KW)					
		PONTA	FORA PONTA	PONTA	F. PONTA	PONTA	FORA PONTA
A4 (13,8 KV)	DEMAIS CLASSES (69 KV)	67,77	34,64	135,54	69,28	0,41852	0,26766
	RURAL	63,70	32,56	135,54	69,28	0,39340	0,25160
	RURAL IRRIGAÇÃO	63,70	32,56	135,54	69,28	0,39340	0,05353
	SERVIÇO PÚBLICO	61,67	31,52	135,54	69,28	0,38085	0,24357

Fonte: Energisa (2021)

Figura 17 - Valores de tarifas da modalidade verde

MODALIDADE TARIFÁRIA HORÁRIA VERDE							
SUBGRUPO	CLASSES	TUSD + TE		ULTRAPASSAGEM		CONSUMO (RS/KWH)	
		DEMANDA (RS/KW)					
		PONTA	FORA PONTA	PONTA	F. PONTA	PONTA	FORA PONTA
A4 (13,8 KV)	DEMAIS CLASSES	-	34,64	-	69,28	2,06518	0,26766
	RURAL	-	32,56	-	65,12	1,94126	0,25160
	RURAL IRRIGAÇÃO	-	32,56	-	65,12	1,94126	0,05353
	SERVIÇO PÚBLICO	-	31,52	-	63,04	1,87931	0,24357

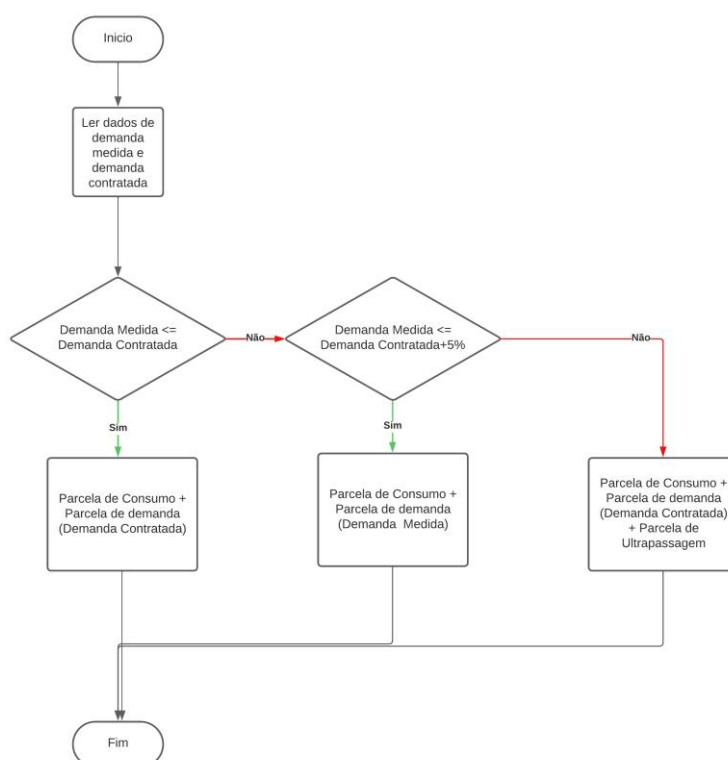
Fonte: Energisa (2021)

O cálculo das parcelas de demanda segue uma lógica de três condições:

1. Se a demanda medida for inferior à demanda contratada, o faturamento será baseado na demanda contratada.

2. Se a demanda medida for maior que a demanda contratada, mas menor que o limite de ultrapassagem, o faturamento será baseado na demanda medida.
3. Se a demanda medida ultrapassar o limite de 5% da demanda contratada, será necessário pagar a diferença entre a demanda medida e a demanda contratada, levando em consideração essa ultrapassagem.

Figura 18 - Diagrama do cálculo das parcelas de custo



Fonte: Energisa (2021)

As parcelas de ultrapassagem são calculadas com base na diferença entre a demanda medida e a demanda contratada quando a demanda ultrapassa o limite.

No que se refere à parcela de consumo, simplesmente multiplicamos as quantidades acumuladas em kWh pelo custo das tarifas de consumo correspondentes, de acordo com a modalidade tarifária atual.

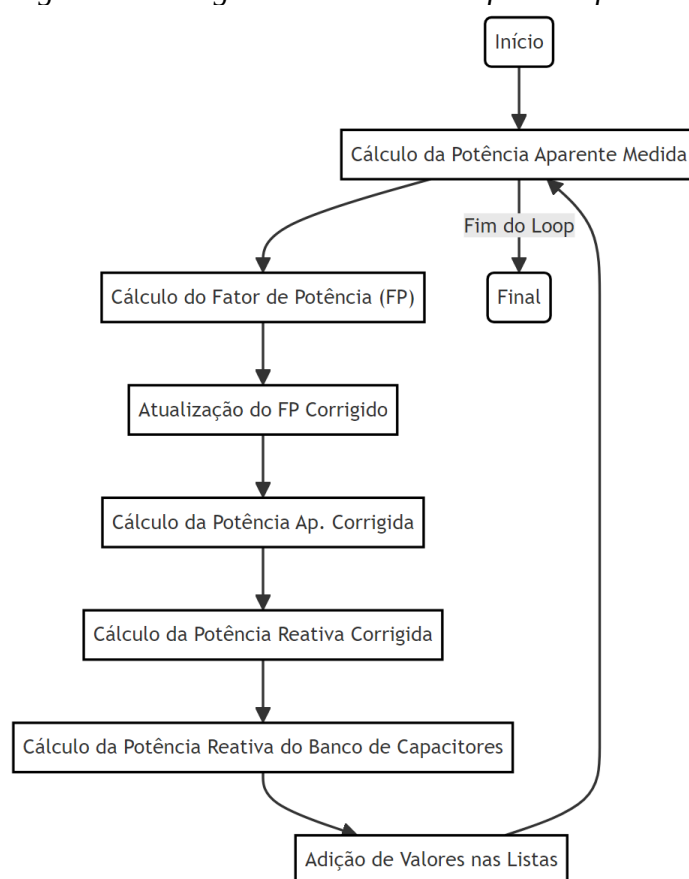
3.4 BANCO DE CAPACITORES

Nesta seção, apresentamos a metodologia utilizada para a análise de potência elétrica, correção do fator de potência e cálculo da eficiência do sistema elétrico. O objetivo principal desta pesquisa é avaliar o desempenho de um sistema elétrico específico e a eficácia da correção do fator de potência por meio de um banco de capacitores.

Para uma maior redução no consumo de energia, o software deverá ajustar o fator de potência para um valor que esteja dentro das normas nacionais e consequentemente não cobrando o adicional de energia reativa no sistema. Serão utilizados os dados contidos no DataFrame para os cálculos mencionados no Item 2.7 deste artigo.

Para iniciar a análise, foram coletados dados de consumo de energia elétrica, que representam o consumo ao longo de um período. Esses dados foram armazenados em uma tabela, na qual cada linha corresponde a um período de medição. A análise se concentrou na potência ativa consumida em cada período.

Figura 19 - Diagrama do cálculo do fator de potência



Fonte: Autores (2023)

3.4.1 Cálculo da Potência Aparente e do Fator de Potência

Laço de Repetição: Para processar os dados de consumo de energia em cada período, foi empregado um laço de repetição. O laço foi inicializado com um índice $i = 0$ e iterou por cada linha da tabela de dados. Isso permitiu que os cálculos fossem realizados para cada período de medição.

Cálculo da Potência Aparente: A potência aparente foi calculada usando o teorema de Pitágoras aplicado às potências ativa e reativa, conforme a fórmula (17). Onde *Pativa* representa a potência ativa e *Qreativa* a potência reativa em cada período de medição.

Cálculo do Fator de Potência: O fator de potência (FP) foi calculado para cada período por meio do laço de repetição usando a fórmula (15).

Ângulo do Fator de Potência: O ângulo do fator de potência em radianos foi calculado com base no valor do fator de potência usando a função *math.acos(FP)*. Isso é relevante para a análise posterior.

3.4.2 Correção da Potência Aparente e Reativa

O *FPcorrigido* foi considerado como 0,92, em conformidade com as normas.

Condições Lógicas: Foram estabelecidas condições lógicas para determinar se a correção do fator de potência era necessária. A condição verificou se o fator de potência estava abaixo de 0,92, indicando um baixo fator de potência. As condições foram expressas como:

Se $FP_{corrigido} < FP$, a correção não era necessária. Caso contrário, a correção era aplicada.

Para obter o ângulo em radianos no novo fator de potência utilizou-se a função *math.acos(FP_CORRIGIDO)*.

Cálculo da Potência Aparente Corrigida: A potência aparente foi corrigida para *Pativa/FPcorrigido*, onde a correção foi aplicada para $FP_{corrigido}=0,92$.

Cálculo da Potência Reativa Corrigida: A potência reativa corrigida foi calculada com base no ângulo para $FP=0,92$ usando $potencia_reativa_corrigida = potencia_aparente_corrigida * math.sin(angulo_radianos_fp_corrigida)$

3.4.3 Cálculo da Potência Reativa do Banco de Capacitores

Variação da Potência Reativa: A diferença entre a potência reativa antes e depois da correção do fator de potência resultou na potência reativa absorvida pelo banco de capacitores,

representada por *Potencia_Reativa_Banco_de_Capacitores* para cada mês da iteração. O banco de capacitores constitui-se no maior valor da lista *Potencia_Reativa_Banco_de_Capacitores*.

3.4.4 Registro de Resultados e Análise

Os resultados dos cálculos, incluindo as potências aparente e reativa antes e depois da correção, o fator de potência e a potência reativa do banco de capacitores, foram registrados nas listas correspondentes. Esses resultados servirão como base para a criação de um novo *DataFrame* de resultados. E conseqüentemente para criação de gráficos e tabelas

Esta metodologia estabelece a estrutura para avaliar o desempenho do sistema elétrico e a eficácia da correção do fator de potência, destacando a importância das condições lógicas e dos cálculos realizados em cada etapa do processo de análise.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 ESTUDO DE CASO IFTO:

4.1.1 Cenário atual

4.1.1.1 Modelo tarifário e demanda

Em 2019, no estudo de caso que envolveu o IFTO Campus Palmas, a instituição estava operando sob a modalidade tarifária horo-sazonal verde, com uma demanda contratual de 540 kW, atuando dentro do Subgrupo A4, Serviço Público. A figura 20 apresenta os dados de consumo e demanda medidas ao longo do ano de 2019.

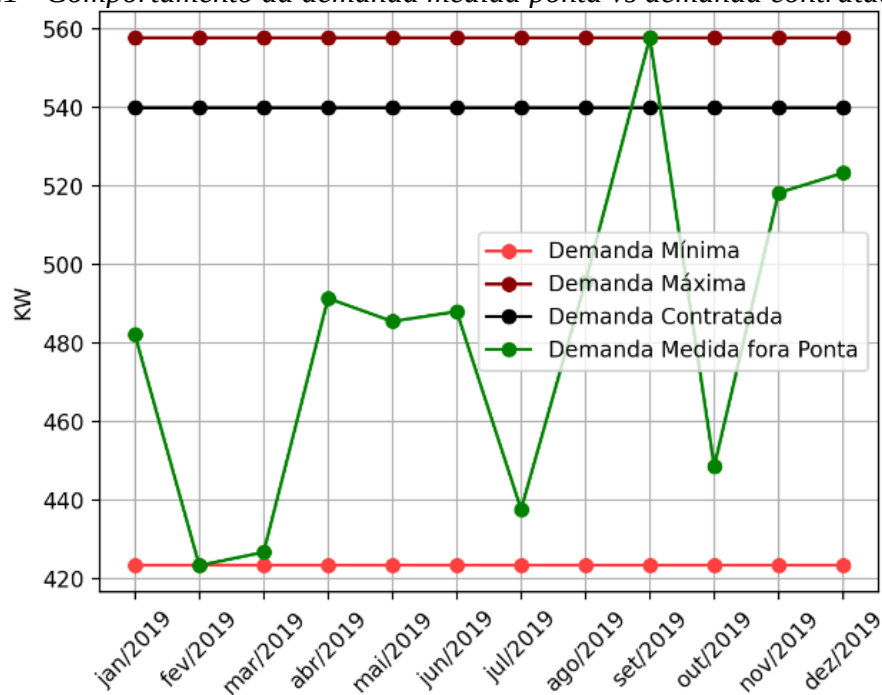
Figura 20 - Dados de consumo e demanda medidos

	MES	Consumo Ponta	Consumo Fora Ponta	Demanda M. Ponta	Demanda M. Fora Ponta
0	jan/2019	11,856.18	67,706.73	477.96	482.16
1	fev/2019	15,537.67	78,442.98	442.68	423.36
2	mar/2019	16,671.48	81,619.44	441	426.72
3	abr/2019	22,206.66	104,893.53	456.12	491.4
4	mai/2019	22,497.09	113,259.09	462	485.52
5	jun/2019	19,393.92	106,418.34	439.32	488.04
6	jul/2019	10,383.24	61,753.02	404.88	437.64
7	ago/2019	19,606.65	97,749.96	491.4	495.6
8	set/2019	22,916.46	124,655.37	546.84	557.76
9	out/2019	17,246.88	100,209.48	419.16	448.56
10	nov/2019	15,028.65	109,705.05	335.16	518.28
11	dez/2019	13,762.77	75,926.55	488.88	523.32

Fonte: Autores (2021)

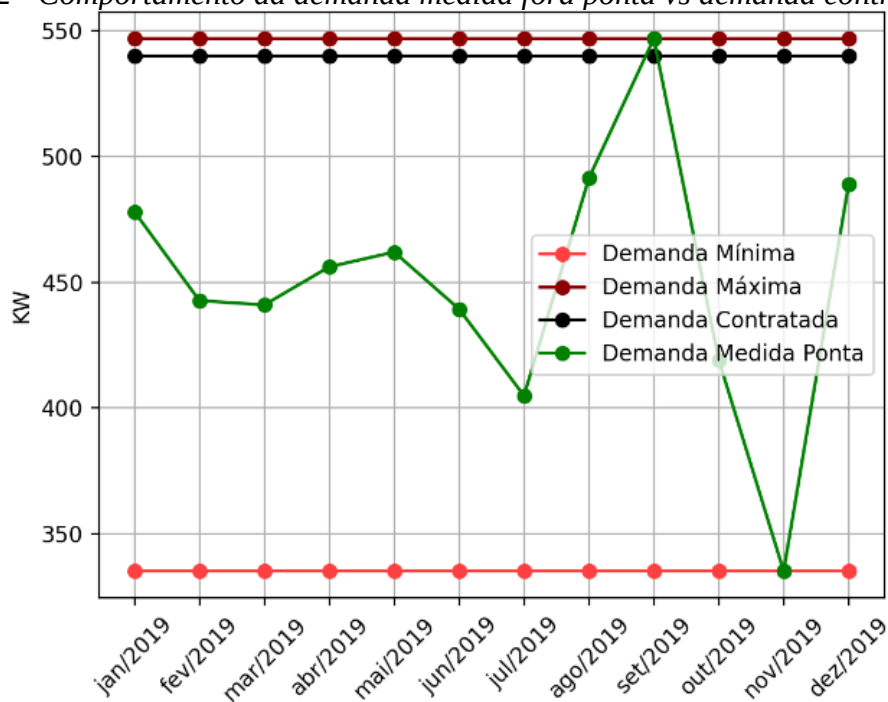
Após uma análise inicial, é possível constatar que, no decorrer do ano, somente no mês de outubro a demanda medida superou a demanda contratual, como observado nos gráficos das figuras 21 e 22. Contudo, é importante destacar que o valor medido nesse período não ultrapassou o limite de 5% da demanda contratual prevista, e, portanto, não gerou custos adicionais relacionados à ultrapassagem.

Figura 21 - Comportamento da demanda medida ponta vs demanda contratada



Fonte: Autores (2021)

Figura 22 - Comportamento da demanda medida fora ponta vs demanda contratada



Fonte: Autores (2021)

Analisando estes gráficos, conseguimos chegar a duas conclusões: a primeira é que se utilizássemos a demanda máxima como a demanda contratual, durante a maioria dos meses, a

demanda contratual não seria totalmente aproveitada, resultando na cobrança integral, conforme previsto na legislação, o que indica um desperdício de recursos.

A segunda conclusão é que se utilizássemos a demanda mínima como a demanda contratual, durante a maioria dos meses, a demanda contratual seria extrapolada, resultando na cobrança da parcela de ultrapassagem e aumentando muitos os custos, conforme previsto na legislação, o que indica um desperdício de recursos.

De maneira resumida, os dados sugerem que a adoção de uma demanda contratual menor pode contribuir para a redução desse desperdício. Essa recomendação se fortalece quando se considera que a média de demanda medida ao longo do ano foi de 465,99 kW, resultando em uma média não utilizada de 74,05 kW por mês. Em termos financeiros, essa demanda média não utilizada, calculada com base nas tarifas em vigor, representa um custo médio de R\$ 3.319,02 mensais.

Figura 23 - Custo mensal atual por parcela modalidade verde

	MES_ANO	Parcela de Consumo	Parcela demanda	Parcela de Ultrapassagem	Valor Mensal
0	jan/2019	55,134.8731	48,933.6649	0	80,145.2366
1	fev/2019	68,691.7794	48,933.6649	0	93,702.1429
2	mar/2019	72,821.9369	48,933.6649	0	97,832.3004
3	abr/2019	95,675.168	48,933.6649	0	120,685.5315
4	mai/2019	99,348.7734	48,933.6649	0	124,359.1369
5	jun/2019	88,686.5891	48,933.6649	0	113,696.9526
6	jul/2019	49,136.513	48,933.6649	0	74,146.8765
7	ago/2019	86,252.7341	48,933.6649	0	111,263.0976
8	set/2019	104,416.665	48,933.6649	0	129,427.0285
9	out/2019	80,798.4056	48,933.6649	0	105,808.7691
10	nov/2019	78,159.3075	48,933.6649	0	103,169.671
11	dez/2019	63,076.9922	48,933.6649	0	88,087.3557

Fonte: Autores (2023)

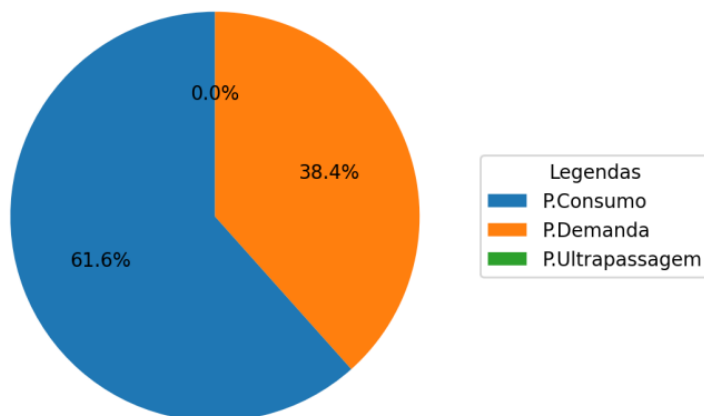
Figura 24 - Custo mensal atual por parcela modalidade azul

	MES_ANO	Parcela de Consumo	Parcela demanda fora ponta	Parcela demanda ponta	Valor Mensal
0	jan/2019	29,871.6047	24,203.5776	47,355.1596	101,430.3419
1	fev/2019	35,583.9549	24,203.5776	47,355.1596	107,142.6921
2	mar/2019	37,298.1786	24,203.5776	47,355.1596	108,856.9158
3	abr/2019	48,356.9921	24,203.5776	47,355.1596	119,915.7293
4	mai/2019	51,411.7463	24,203.5776	47,355.1596	122,970.4835
5	jun/2019	47,361.8281	24,203.5776	47,355.1596	118,920.5653
6	jul/2019	27,011.8001	24,203.5776	47,355.1596	98,570.5373
7	ago/2019	44,474.6859	24,203.5776	47,355.1596	116,033.4231
8	set/2019	55,586.0401	24,203.5776	47,355.1596	127,144.7773
9	out/2019	44,048.5791	24,203.5776	47,355.1596	115,607.3163
10	nov/2019	46,136.108	24,203.5776	47,355.1596	117,694.8452
11	dez/2019	33,751.1426	24,203.5776	47,355.1596	105,309.8798

Fonte: Autores (2023)

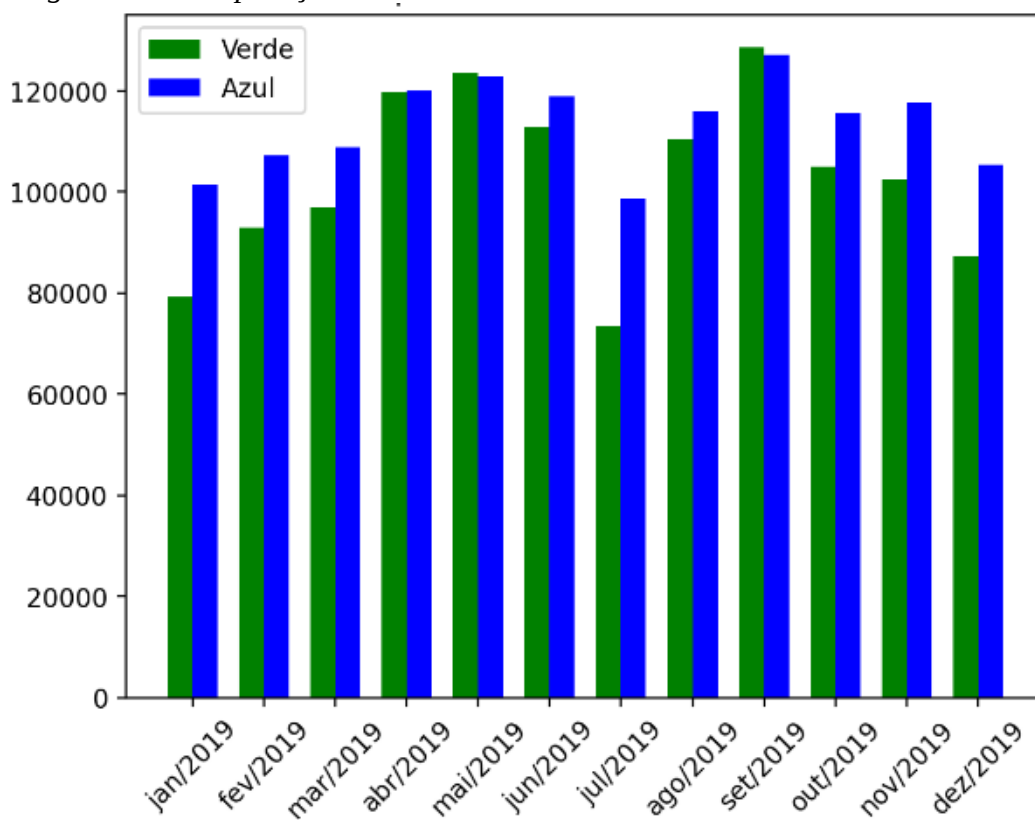
Para simular os custos da modalidade azul utilizamos a demanda contratada de 540 kW na ponta e fora ponta, o custo anual para modalidade tarifária e para demanda atual é de R\$ 1.232.642,67, como pode ser observado na figura 23. Já o custo anual para simulação da modalidade tarifaria azul é de R\$ 1.359.597,51 como observado na figura 24, totalizando uma diferença de R\$ 126.954,84. Abaixo encontra-se um gráfico que demonstra o impacto que cada parcela tem no montante do custo anual atual e a figura 26 tem a comparação de custos entre as duas modalidades:

Figura 25 - Influência de cada parcela no custo anual modalidade atual



Fonte: Autores (2023)

Figura 26 - Comparação de custos atual entre modalidade verde e azul



Fonte: Autores (2023)

4.1.1.2 Fator de Potência

Este relatório fornece uma análise aprofundada e resultados da correção do fator de potência (FP) na unidade consumidora durante o período de teste. O objetivo principal foi otimizar a eficiência do sistema elétrico, reduzindo a potência reativa e melhorando o FP. Segue uma figura gerada pelo sistema com bases nos dados inseridos no formulário:

Figura 27 - Potências calculadas pelo sistema

	MES	ANO	POTENCIA_ATIVA(W)	POTENCIA_APARENTE(VA)	POTENCIA_REATIVA(VAr)	FP
0	jan	2,019	960.12	960.12	0	1
1	fev	2,019	866.04	866.04	0	1
2	mar	2,019	867.72	867.72	0	1
3	abr	2,019	947.52	947.52	0	1
4	mai	2,019	947.52	947.52	0	1
5	jun	2,019	927.36	927.36	0	1
6	jul	2,019	842.52	842.52	0	1
7	ago	2,019	987	987	0	1
8	set	2,019	1,104.6	1,104.6	0	1
9	out	2,019	867.72	867.72	0	1
10	nov	2,019	853.44	853.44	0	1
11	dez	2,019	1,012.2	1,012.2	0	1

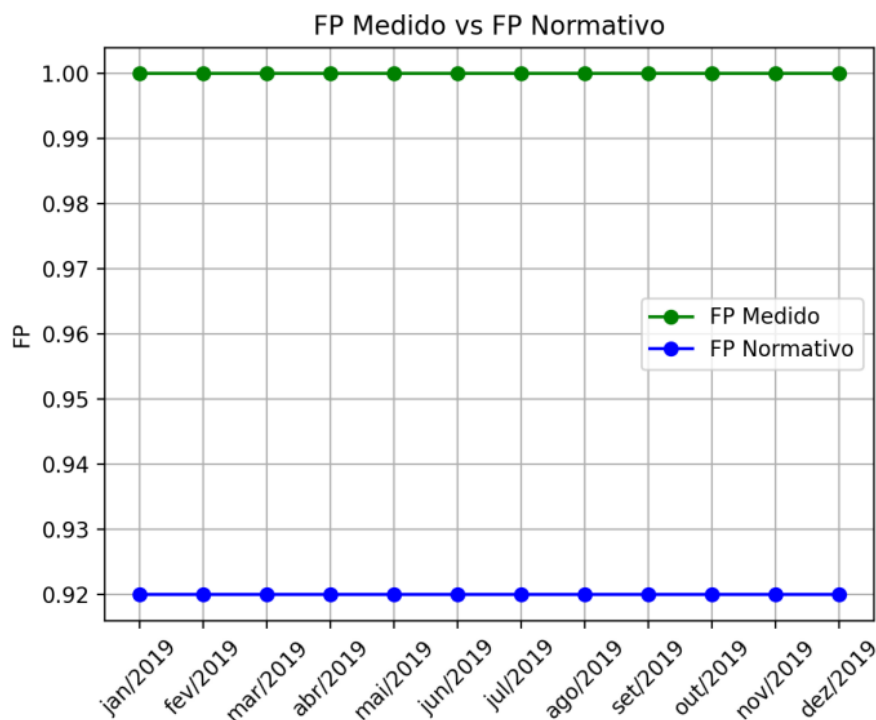
Fonte: Autores (2023)

Potência Aparente Medida: Durante o teste, observamos uma variação significativa na potência aparente medida, variando de 842,52 KVA a 1104,6 KVA.

Potência Reativa Medida: A potência reativa medida manteve-se consistentemente em níveis insignificantes, aproximando-se de zero. Isso sugere uma eficiência inicial no sistema elétrico.

FP Atual: O FP atual permanece constantemente em 1.0 durante todo o período de teste. Isso indica que o sistema já está operando com um FP ideal, eliminando a necessidade de correção adicional. Segue um gráfico gerado pelo sistema com bases nos dados inseridos no formulário:

Figura 28 - Fator de potência medido vs Fator de potência normativo



Fonte: Autores (2023)

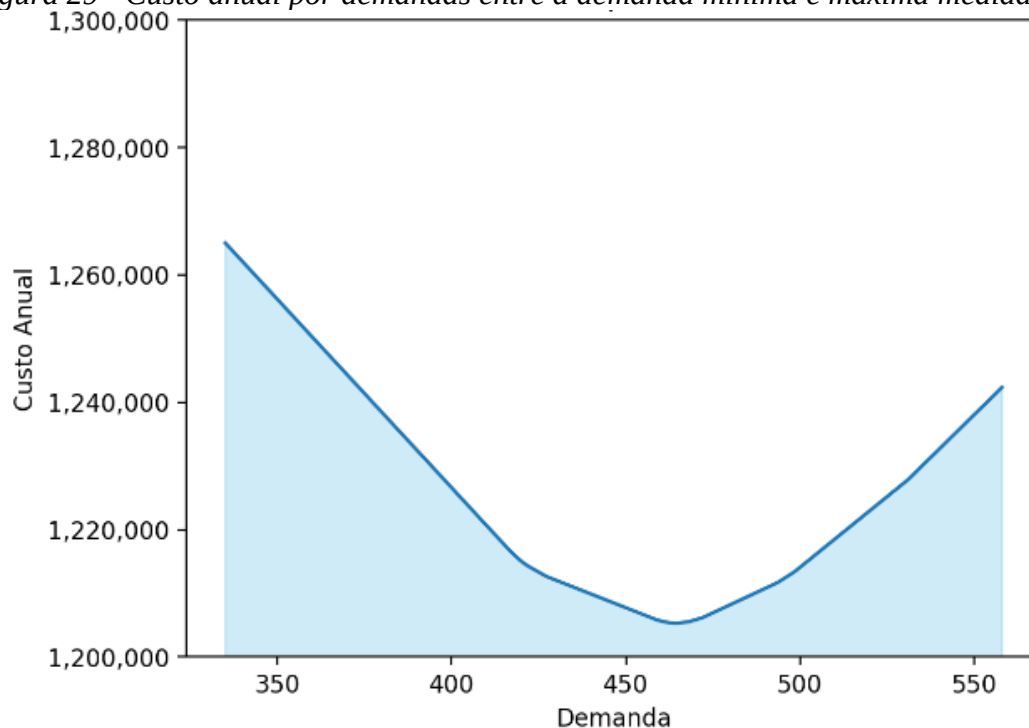
4.1.2 Cenário tratado

4.1.2.1 Modelo tarifário e demanda

Utilizando o método proposto, o programa implementado neste trabalho determinou que a melhor demanda contratual, analisando o histórico medido em 2019, é de 465 kW.

Para o caso do IFTO, os piores cenários estão nos valores próximos à demanda mínima, onde os altos custos anuais são devidos às altas parcelas de ultrapassagem que surgiriam no caso de se contratar uma demanda próxima a esse extremo, como pode ser observado no gráfico 29. Os custos associados a valores próximos à demanda máxima também são altos, devido a demandas disponíveis, porém não utilizadas. Os valores mais baixos se encontram entre 460 kW e 470 kW, onde 465 kW se mostra a melhor demanda contratual sugerida, que resultaria num custo anual de R\$ 1.205.311,45.

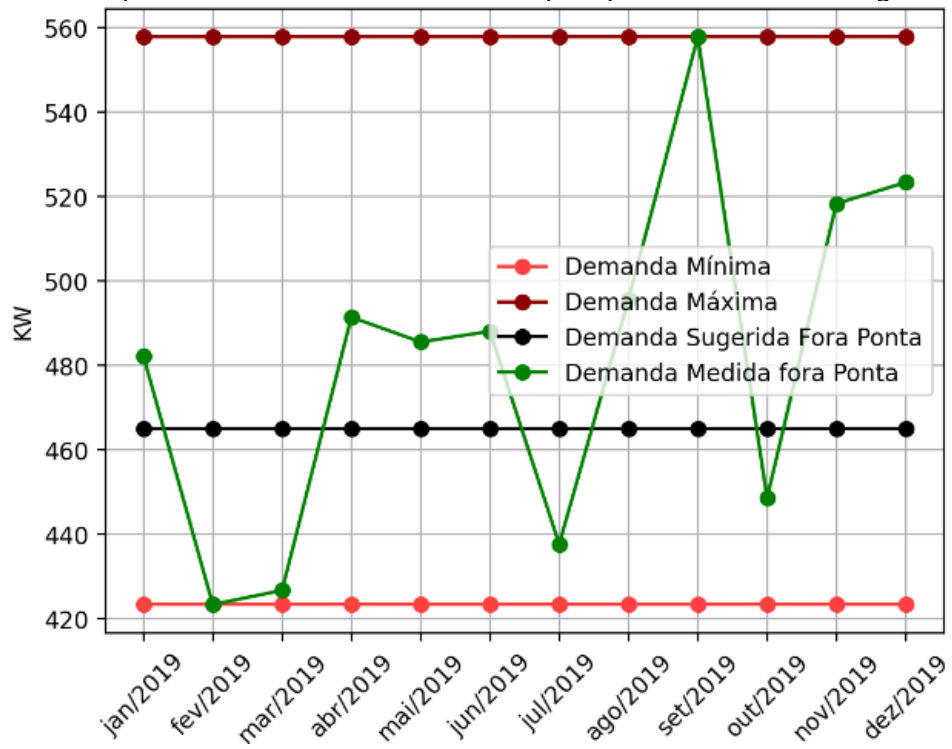
Figura 29 - Custo anual por demandas entre a demanda mínima e máxima medida



Fonte: Autores (2023)

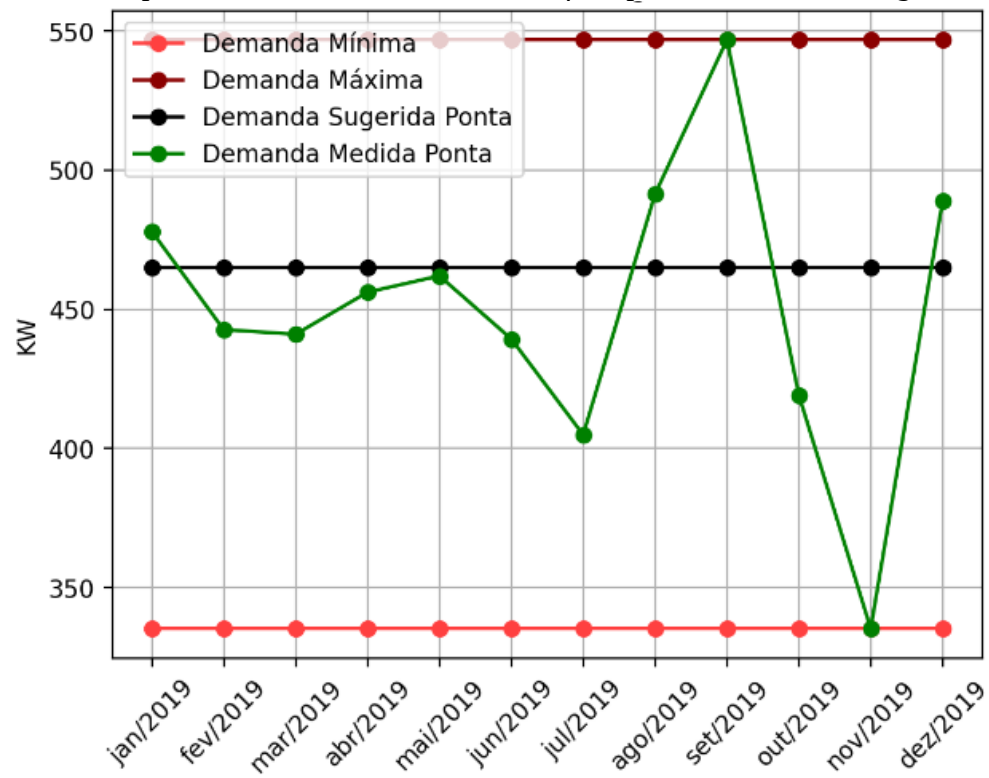
Um contrato de 465 kW de demandas permite uma ultrapassagem de até 488,25 kW, consequentemente, observa-se que surgem parcelas de ultrapassagem em alguns meses, como ilustrado no gráfico das figuras 30 e 31. Todavia, a demanda contratada é totalmente utilizada com ultrapassagens não tarifadas na maioria dos meses. Por esta razão, este cenário se mostra uma proposta muito melhor que estava estabelecido atualmente, mesmo considerando as parcelas de ultrapassagem.

Figura 30 - Comportamento da demanda medida fora ponta vs demanda sugerida



Fonte: Autores (2023)

Figura 31 - Comportamento da demanda medida fora ponta vs demanda sugerida



Fonte: Autores (2023)

Além de calcular os custos anuais e sugerir a melhor demanda para o modelo de tarifação horo-sazonal verde, o programa executou o mesmo procedimento para o modelo horo-sazonal azul, tanto no posto horário de ponta quanto fora de ponta, conforme apresentado nas figuras 32 e 33. Para simular os custos da modalidade azul calculamos as demandas de 435 kW para ponta e 465 kW para fora de ponta, as implicações discutidas anteriormente nesta seção são igualmente válidas para o modelo horo-sazonal azul, independente do posto horário, pois o cálculo é o mesmo com alteração somente nos valores das tarifas.

A respeito da melhor horo sazonalidade, percebe-se que o montante anual do custo com consumo é menor no enquadramento horo sazonal azul. Porém, é necessário analisar como se comportam os custos das outras parcelas para definição correta da modalidade horo sazonal.

Figura 32 - Custo mensal sugerido por parcela modalidade verde

	MES_ANO	Parcela de Consumo	Parcela demanda	Parcela de Ultrapassagem	Valor Mensal
0	jan/2019	55,134.8731	20,841.9696	0	75,976.8427
1	fev/2019	68,691.7794	20,841.9696	0	89,533.749
2	mar/2019	72,821.9369	20,841.9696	0	93,663.9065
3	abr/2019	95,675.168	20,841.9696	282.3751	116,799.5126
4	mai/2019	99,348.7734	20,841.9696	0	120,190.743
5	jun/2019	88,686.5891	20,841.9696	0	109,528.5587
6	jul/2019	49,136.513	20,841.9696	0	69,978.4826
7	ago/2019	86,252.7341	20,841.9696	658.8752	107,753.5789
8	set/2019	104,416.665	20,841.9696	6,231.0766	131,489.7112
9	out/2019	80,798.4056	20,841.9696	0	101,640.3752
10	nov/2019	78,159.3075	20,841.9696	2,691.9757	101,693.2528
11	dez/2019	63,076.9922	20,841.9696	3,143.7758	87,062.7376

Fonte: Autores (2023)

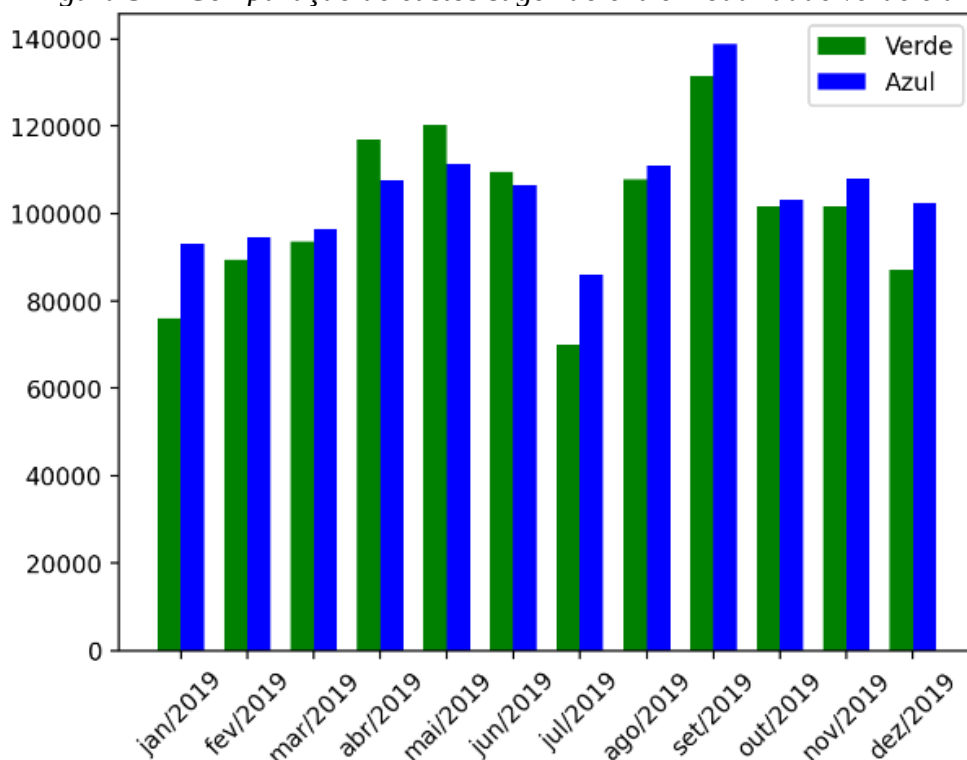
Figura 33 - Custo mensal sugerido por parcela modalidade azul

	MES_ANO	Parcela de Consumo	Parcela demanda fora ponta	Parcela demanda ponta	Valor Mensal
0	jan/2019	29,871.6047	20,841.9696	42,235.1823	92,948.7567
1	fev/2019	35,583.9549	20,841.9696	38,147.2119	94,573.1364
2	mar/2019	37,298.1786	20,841.9696	38,147.2119	96,287.3601
3	abr/2019	48,356.9921	21,152.2955	38,147.2119	107,656.4995
4	mai/2019	51,411.7463	20,841.9696	39,159.0858	111,412.8017
5	jun/2019	47,361.8281	20,841.9696	38,147.2119	106,351.0096
6	jul/2019	27,011.8001	20,841.9696	38,147.2119	86,000.9816
7	ago/2019	44,474.6859	21,566.0634	44,825.5794	110,866.3287
8	set/2019	55,586.0401	27,689.8279	55,510.9675	138,786.8355
9	out/2019	44,048.5791	20,841.9696	38,147.2119	103,037.7606
10	nov/2019	46,136.108	23,800.4099	38,147.2119	108,083.7298
11	dez/2019	33,751.1426	24,296.9313	44,339.88	102,387.9539

Fonte: Autores (2023)

As figuras anteriores mostram os resultados de valores de custo das parcelas de demanda e ultrapassagem de acordo com os dados de entrada. Analisando-as, observa-se que a depender da demanda, sugerida ou existente, existirão meses que será pago ou não essa parcela. O montante anual mostra como se comportam os valores totais da parcela de demanda anual + ultrapassagens, de acordo com a modalidade tarifária e as demandas contratada e sugerida.

Figura 34 - Comparação de custos sugerido entre modalidade verde e azul



Fonte: Autores (2023)

O custo anual para modalidade tarifária e para demanda sugerida é de R\$ 1.205.311,45 como pode ser observado na figura 32. Já o custo anual para simulação da modalidade tarifaria azul é de R\$ 1.258.393,15 como observado na figura 33. A diferença no montante anual com a demanda sugerida na horo sazonalidade verde é de R\$ 27.331,22 quando comparado ao custo da demanda existente de R\$ 1.232.642,67.

Na figura 34, nota-se que na maioria dos meses analisados, o valor a ser pago é maior na modalidade horo sazonal azul. Portanto, mensal e anualmente, para ambas as demandas os resultados mostram que o melhor modelo tarifário para enquadramento da UC é o **verde** e que é necessário levar em conta todos os parâmetros para a definição correta do enquadramento tarifário e contratos de demanda.

4.1.2.2 Fator de potência

Segue uma tabela gerada pelo sistema com bases nos resultados obtidos pelo sistema após a análise dos dados inseridos no sistema:

Figura 35 - Potências calculadas pelo sistema

	MES	ANO	POTENCIA_APARENTE(VA)	POTENCIA_REATIVA (Var)	BANCO_DE_CAPACITORES(Var)	FP_CORRIGIDO
0	jan	2,019	960.12	0	0	1
1	fev	2,019	866.04	0	0	1
2	mar	2,019	867.72	0	0	1
3	abr	2,019	947.52	0	0	1
4	mai	2,019	947.52	0	0	1
5	jun	2,019	927.36	0	0	1
6	jul	2,019	842.52	0	0	1
7	ago	2,019	987	0	0	1
8	set	2,019	1,104.6	0	0	1
9	out	2,019	867.72	0	0	1
10	nov	2,019	853.44	0	0	1
11	dez	2,019	1,012.2	0	0	1

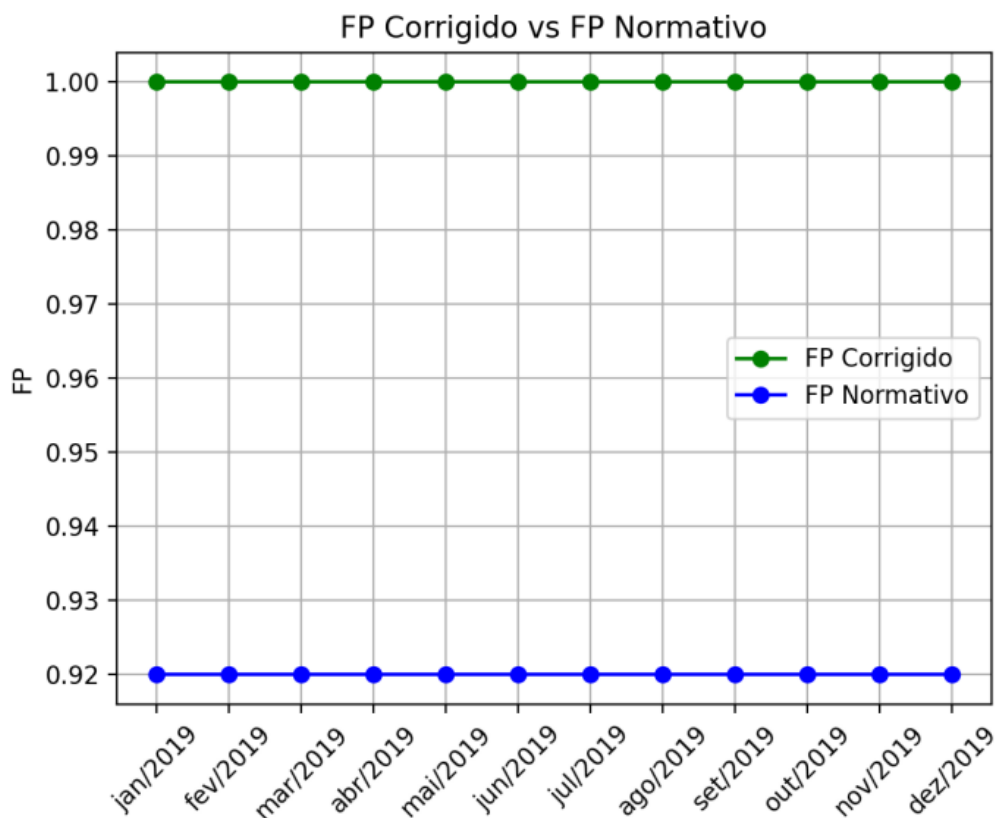
Fonte: Autores (2023)

Potência Aparente Corrigida: Os valores de potência aparente corrigida permanecem semelhantes aos valores medidos, indicando uma consistência após a correção. O banco de capacitores não precisou gerar ou absorver reativos para corrigir o FP, uma vez que já estava ideal.

Potência Reativa Após a Correção Ponta: A potência reativa permaneceu praticamente zero após a aplicação do banco de capacitores, reforçando a eficácia do sistema em manter um FP ideal.

Banco de Capacitores: O banco de capacitores não apresentou variação nos valores, indicando que não houve necessidade de geração ou absorção de potência reativa. Este comportamento está alinhado com o FP ideal já presente no sistema. Segue um gráfico gerado pelo sistema com bases nos resultados obtidos pelo sistema após a análise dos dados inseridos no sistema.:

Figura 36 - Fator de potência corrigido vs Fator de potência normativo



Fonte: Autores (2023)

Análise Detalhada: A eficiência inicial do sistema é evidente pela consistência nos valores de potência reativa próximos de zero.

- O FP ideal (1.0) durante todo o teste destaca a excelência operacional, eliminando a necessidade de correção adicional.
- A ausência de variação nos valores do banco de capacitores reforça a eficácia do sistema em manter o FP ideal sem intervenções adicionais.

Conclusões: Com base nos resultados detalhados, conclui-se que o sistema já opera com um fator de potência ideal (FP 1.0), demonstrando eficiência e consistência em toda a operação.

Recomendações: Recomenda-se a continuidade da monitorização do FP para garantir a consistência e eficácia da operação, mesmo em condições operacionais variadas.

Esse relatório detalhado fornece uma visão mais aprofundada dos resultados e da eficiência do sistema elétrico de uma determinada unidade consumidora.

4.2 ESTUDO DE CASO BANCO DO BRASIL:

Em 2021, no estudo de caso que envolveu o Banco do Brasil situado na quadra 101 norte do plano diretor da cidade de Palmas, a instituição estava operando sob a modalidade tarifária horo-sazonal verde, com uma demanda contratual de 80 kW, atuando dentro do Subgrupo A4, Serviço Público. A figura 37 apresenta os dados de consumo e demanda medidos:

Figura 37- Consumo e demanda medidos

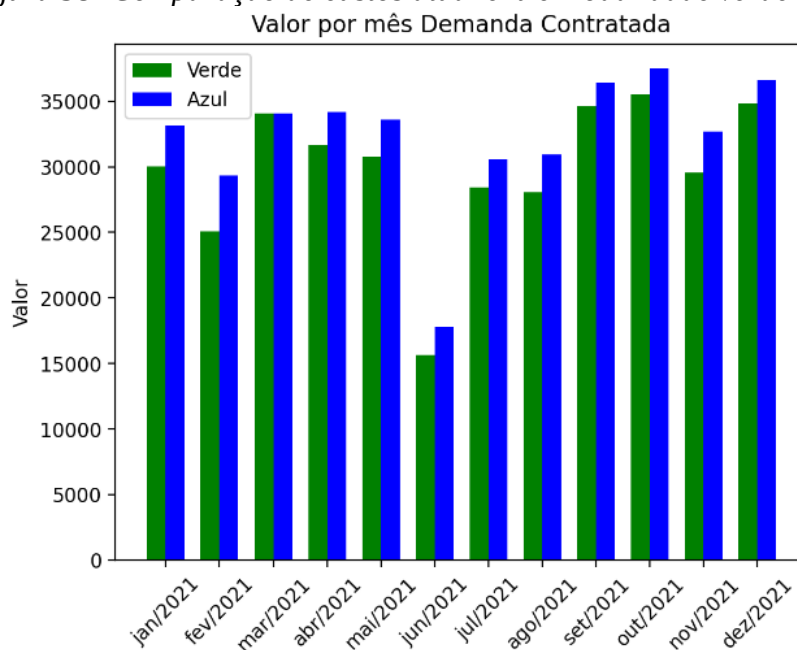
	MES	Consumo Ponta	Consumo Fora Ponta	Demanda M. Ponta	Demanda M. Fora Ponta
0	jan/2021	2,100	42,000	70	154
1	fev/2021	2,100	35,000	91	126
2	mar/2021	3,500	48,300	84	133
3	abr/2021	2,459	41,004	53.76	165.48
4	mai/2021	2,277	41,112	56.28	160.44
5	jun/2021	2,551	6	55.44	142.8
6	jul/2021	2,506	38,481	49.56	137.76
7	ago/2021	2,195	38,728	51.24	141.96
8	set/2021	2,800	46,200	84	168
9	out/2021	2,800	43,400	84	189
10	nov/2021	2,100	40,600	49	154
11	dez/2021	2,800	46,900	70	168

Fonte: Autores (2021)

Após uma análise inicial, é possível constatar que no decorrer do ano, em todos os meses a demanda medida superou a demanda contratual. É importante destacar também que o valor medido nesse período ultrapassou o limite de 5% da demanda contratual prevista, e portanto, gerou custos adicionais relacionados à ultrapassagem.

O custo anual para modalidade tarifária e para demanda atual é de R\$ 358.248,22, já o custo anual para simulação da modalidade tarifaria azul é de R\$ 386.845,92, totalizando uma diferença de R\$ 28.597,69. Abaixo encontra-se um gráfico que demonstra a comparação de custos entre as duas modalidades:

Figura 38- Comparação de custos atual entre modalidade verde e azul



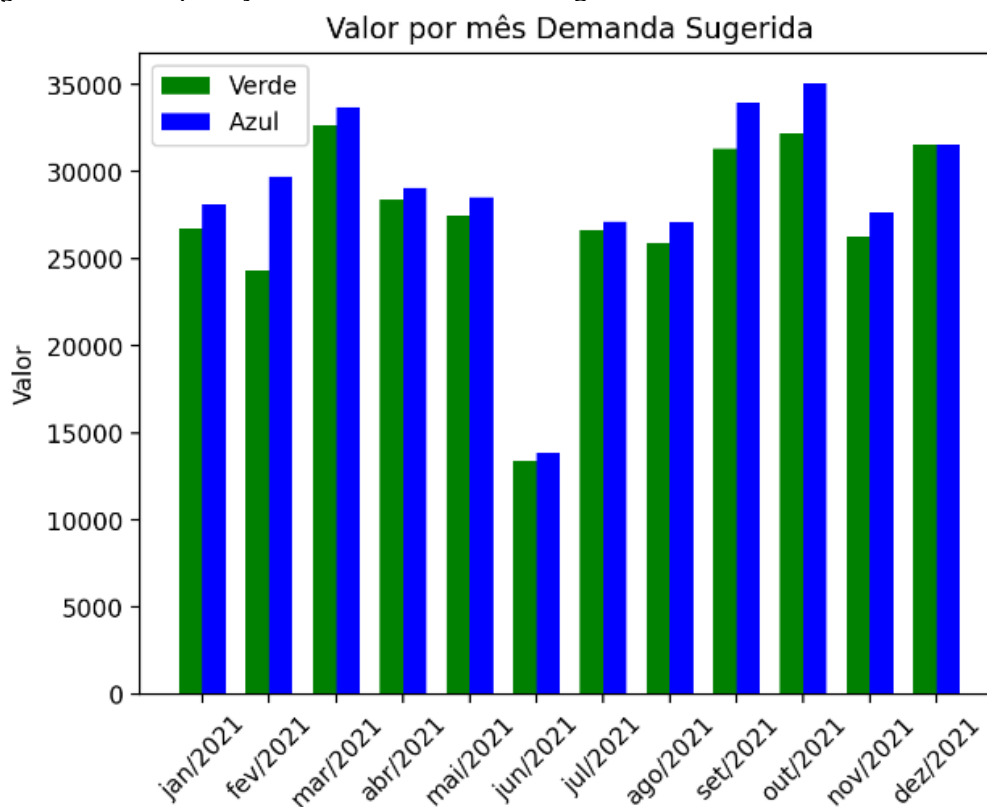
Fonte: Autores (2021)

Utilizando o método proposto, o programa implementado neste trabalho determinou que a melhor demanda contratual, analisando o histórico medido em 2021, é de 147 kW.

Para o caso do Banco do Brasil, os altos custos anuais são devidos às altas parcelas de ultrapassagem. Com a demanda sugerida só é pago valores de ultrapassagem em 5 meses resultando em um custo anual de R\$ 326.759,37. A diferença no montante anual com a demanda sugerida na horo sazonalidade verde é de R\$ 31.488,85 quando comparado ao custo da demanda existente.

Na figura 39, nota-se que na maioria dos meses analisados, o valor a ser pago é maior na modalidade horo sazonal azul. Portanto, mensal e anualmente, para ambas as demandas os resultados mostram que o melhor modelo tarifário para enquadramento da UC é o **verde** e que é necessário levar em conta todos os parâmetros para a definição correta do enquadramento tarifário e contratos de demanda.

Figura 39- Comparação de custos demanda sugerida entre modalidade verde e azul



Fonte: Autores (2021)

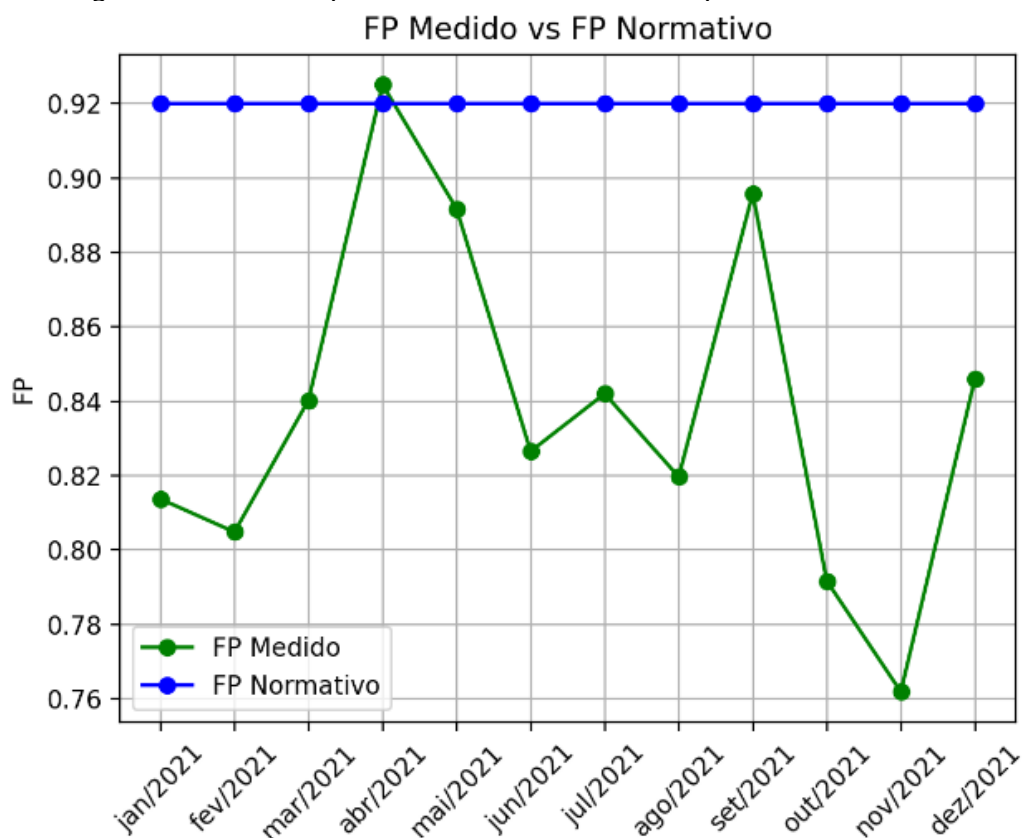
Fator de Potência

Este relatório fornece uma análise aprofundada e resultados da correção do fator de potência (FP) na unidade consumidora do Banco do Brasil durante o período de teste. O objetivo principal foi otimizar a eficiência do sistema elétrico, reduzindo a potência reativa e melhorando o FP. Segue uma figura gerada pelo sistema com bases nos dados inseridos no formulário:

Potência Reativa Medida: A potência reativa medida manteve-se oscilante em níveis significantes. Isso sugere ineficiência inicial no sistema elétrico.

FP Atual: O FP atual permanece inconstantemente durante todo o período de teste, se distanciando de 0,92 (fator de potência normativo). Isso indica que o sistema não está operando com um FP ideal, apontando a necessidade de correção adicional.

Figura 40- Fator de potência medido vs Fator de potência normativo

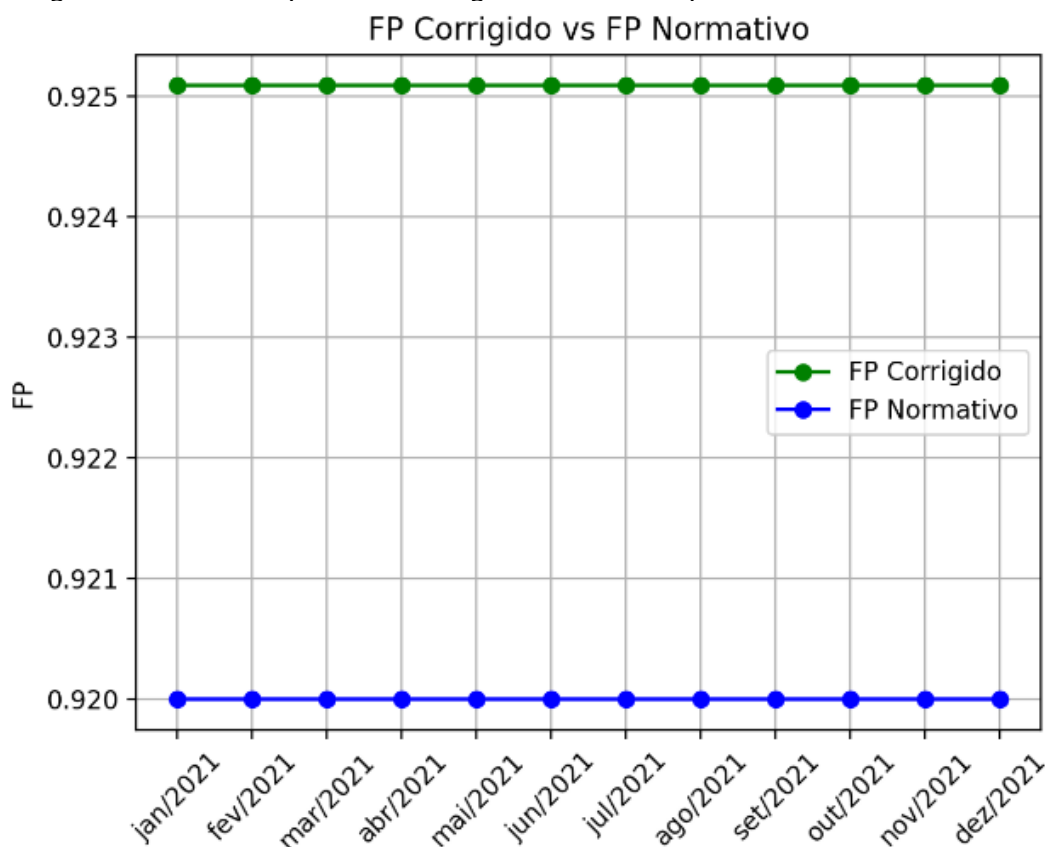


Fonte: Autores (2021)

Potência Reativa Após a Correção Ponta: A potência reativa sofreu uma diminuição considerável, onde após a aplicação do banco de capacitores, ocasionou numa maior eficácia do sistema em manter um FP ideal.

Fator de Potência: Não apresentou variação nos valores, indicando que houve estabilidade no sistema após a correção com banco de capacitores. Este comportamento está alinhado com o FP normativo. Segue um gráfico gerado pelo sistema com bases nos resultados obtidos pelo sistema após a análise dos dados inseridos:

Figura 41- Fator de potência corrigido vs Fator de potência normativo



Fonte: Autores (2023)

Análise Detalhada:

- O FP do sistema após a correção se manteve em 0.925. Destacando a excelência operacional, eliminando a necessidade de pagamentos de multas adicionais por consumo demasiado de energia reativa.

Conclusões: Com base nos resultados detalhados, foi sugerido um banco de capacitores de: **98.58 KVar**. Conclui-se que o sistema passou a operar com eficiência e consistência em toda a operação com um fator de potência ideal (FP 0.925) após a instalação do banco de capacitores com o valor sugerido.

Recomendações: Recomenda-se a continuidade da monitorização do FP para garantir a consistência e eficácia da operação, mesmo em condições operacionais variadas.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Dado o propósito e a execução deste trabalho em particular, este capítulo tem como finalidade descrever os desafios encontrados durante o desenvolvimento, realizar uma análise comparativa para avaliar se os objetivos inicialmente definidos foram alcançados e sugerir possíveis extensões e melhorias para este projeto.

Para o processo de desenvolvimento do sistema web, aproveitou-se bastante da riqueza de recursos disponíveis na internet, incluindo artigos digitais e vídeos que se baseiam nas tecnologias: Pandas.py e Streamlit.py. Como resultado, a maior parte do esforço dedicado à construção da aplicação web dividida em central de inserção e visualização de dados e central de análise de dados (Frontend e Backend) concentrou-se na criação de uma estrutura organizada e coesa.

É comum a ideia de que a demanda contratada para uma Unidade Consumidora (UC) deve ser equivalente à demanda máxima mensal, a fim de evitar custos adicionais por ultrapassagem. No entanto, essa abordagem pode ser questionável, pois a demanda máxima é alcançada apenas em alguns meses do ano.

É vital compreender que a parcela de consumo é independente do valor da demanda contratada, representando os montantes efetivamente consumidos. Além disso, as tarifas de consumo na ponta de variação foram estimuladas entre as modalidades horo sazonal verde e horo sazonal azul, sendo a primeira cerca de 5 vezes mais onerosa que a segunda. Essa disparidade pode levar a uma percepção equivocada de que a modalidade horo sazonal azul é mais vantajosa mensalmente em termos de tarifas.

A análise financeira desempenha papel crucial na determinação da demanda a ser contratada, sendo essencial considerar a diferença entre custos por alguns meses de ultrapassagem e custos por vários meses de excedente de demanda.

Uma seleção criteriosa da modalidade horo sazonal e da demanda contratada pode resultar em economias significativas para o consumidor, o serviço público e as empresas envolvidas. Caso contrário, as escolhas selecionadas nessas configurações podem aumentar custos e gerar despesas adicionais.

Ao definir corretamente essas configurações e utilizar a programação proposta, ao que diz respeito aos objetivos do trabalho, torna-se possível adaptar a UC ao seu melhor cenário, evitando despesas desnecessárias. O programa proposto destaca-se como uma ferramenta eficaz para condução de estudos comparativos-econômicos da demanda contratada e do enquadramento tarifário, oferecendo uma abordagem prática para assessoria/consultoria de

previsões econômicas, eficiência e engenharia energética para consumidores do grupo A. Concluiu-se através dos testes realizados, que os objetivos foram alcançados.

REFERÊNCIAS

ANEEL. RESOLUÇÃO NORMATIVA Nº 1.000. **AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA**, 2021. Disponível em: <https://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren20211000.html>. Acesso em: 02 dezembro 2023.

BRASIL, I. A. **Evolução das Tarifas de Energia Elétrica e a Formulação de Políticas Públicas**. 22. ed. São Paulo,: White Paper, 2020. p. 28.

CARVALHO, F. **Apostila de Lógica de Programação - ALGORITMOS**. Faculdade de Informática de Taquara. Taquara, p. 5. 2007.

CHAGAS, M. **SETOR ELÉTRICO BRASILEIRO: O modelo após a reforma de 2004**. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, p. 17. 2008.

CREDER, H. **Instalações Elétricas**. 16. ed. São Paulo: Editora LTC (Grupo GEN), 2016. p. 494.

FEDERAL, R. DECRETO Nº 2.655, DE 2 DE JULHO DE 1998. **Planalto.gov**, 1998. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/D2655.htm. Acesso em: 10 novembro 2021.

FEDERAL, R. MEDIDA PROVISÓRIA No 2.198-5, DE 24 DE AGOSTO DE 2001. **planalto.gov**, 2001. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/mpv/antigas_2001/2198-5.htm. Acesso em: 10 novembro 2021.

FILHO, C. F. **História da computação: O caminho do pensamento e da Tecnologia**. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2007.

FONSÊCA, M. S. **CÁLCULO DO BANCO DE CAPACITORES PARA A CORREÇÃO DO FATOR DE POTÊNCIA UTILIZANDO Microsoft® EXCEL**. Universidade Federal Rural do Semiárido. [S.l.]. 2019.

GRIGOLETTI, P.; DIMURO, G.; BARBOZA, L. V. **MÓDULO PYTHON PARA MATEMÁTICA INTERVALAR**. Rio grande do Sul: sbmac, 2007. p. 5-10.

IAILLE, J.; PINTO, R. O HORÁRIO DE VERÃO PARA O SISTEMA ELÉTRICO DE POTÊNCIA BRASILEIRO - Sazonalidade, Fluxo de Potência e Otimização. **Revista Tuiuti: Ciência e Cultura**, Curitiba, 2018., p. 56

LAGRONE, B.; FRAIN, B.; FIRDAUS, T. **HTML5 and CSS3: Building Responsive Websites**. 1. ed. Birmingham: Packt Publishing, 2016.

LOPES, A.; GUTO, G. **Introdução à programação**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2002. p. 1.

MAMEDE, F. J. **Instalações Elétricas Industriais**. 9. ed. Rio de Janeiro: Editora LTC, 2017. p. 976.

MATPLOTLIB. **Overview v3.4.3**, 2021. Disponível em: <https://matplotlib.org/stable/contents.html#>. Acesso em: 30 Outubro 2021.

MCKINNEY, W. **Python for Data Analysis**. USA: O'Reilly Media, 2013.

MELO, J. **PYTHON-BASED MULTI-AGENT PLATFORM FOR APPLICATION ON POWER GRIDS**. Ceará, p. 3-12. 2019.

MELO, A. C. **Princípios de linguagens de programação**. Blucher. São Paulo, p. 7. 2003.

MILLETO, E.; BERTAGNOLLI, S. **Desenvolvimento de Software II: Introdução ao desenvolvimento Web com HTML, CSS, JavaScript e PHP**. Porto Alegre: Bookman, 2014.

NUMPY. **Manual NumPy v1.21**, 2021. Disponível em: <https://numpy.org/doc/stable/>. Acesso em: 30 Outubro 2021.

PANDAS. **Pandas documentation v1.3.4**, 2021. Disponível em: <https://pandas.pydata.org/docs/>. Acesso em: 30 Outubro 2021.

PYTHON. **Python 3.10.0 documentation**, 2021. Disponível em: <https://docs.python.org/pt-br/3/faq/general.html>. Acesso em: 30 Outubro 2021.

ROBINSON, D. The Incredible Growth of Python. **Stack Overflow Blog**, 2019. Disponível em: <https://stackoverflow.blog/2017/09/06/incrediblegrowth-python>. Acesso em: 28 Agosto 2019.

SANTOS, S. S. Engenharia Elétrica - Disciplina: Programação de Computadores. **Faculdades.inf**, 2016. Disponível em: <https://www.faculdades.inf.br/engenharia-eletrica/programacao-de-computadores.html>. Acesso em: 10 novembro 2021.

SCIPY. **SciPy documentation v1.7.1**, 2021. Disponível em: <https://docs.scipy.org/doc/scipy/reference/>. Acesso em: 30 Outubro 2021.

SEIFFERT, G.; CHIQUETTI, R.; AVILA, S. L. **CÁLCULO NUMÉRICO APLICADO À ENGENHARIA ELÉTRICA COM PYTHON**. IFSC. Florianópolis, p. 133. 2021.

VILARINHO, N. D. O.; SOUSA, S. B. **Utilização de Software para análise de tarifação horo sazonal de consumidores da modalidade grupo A**. Instituto federal do Tocantins. Palmas. 2021.

VOSSEN, G.; HAGEMANN, S. **Unleashing Web 2.0: from concepts to creativity**. USA: Elsevier, Inc., 2010.

WALVIS, A. Avaliação das reformas recentes no setor elétrico brasileiro e sua. **ceri.fgv.br**, 2014. Disponível em: https://ceri.fgv.br/sites/default/files/publicacoes/2018-10/17_avaliacao_das_reformas_recentes_no_setor_eletrico_brasileiro.pdf. Acesso em: 10 novembro 2021.

APÊNDICE A - CÓDIGO DESENVOLVIDO EM PYTHON

```

1  import streamlit as st
2  from streamlit_option_menu import option_menu
3  import math
4  import numpy as np
5  from PIL import Image
6  import pandas as pd
7  import os
8  import matplotlib.pyplot as plt
9  import locale
10 import matplotlib.ticker as ticker
11
12 def criar_lista(constante):
13     lista = []
14     for i in range(12):
15         lista.append(constante)
16
17     return lista
18 def calcular_valor(demanda_medida, contratado, tarifa,
19 tarifa_ultrapassagem):
20     ultrapassagem = contratado * 1.05
21
22     parcela_sub_ultrapassagem = 0
23     demanda_adotada = 0
24     tarifa_adotada = 0
25     valor_monetario = 0
26
27     if demanda_medida < contratado:
28         demanda_adotada = contratado - demanda_medida
29
30         tarifa_adotada = tarifa
31         parcela_sub_ultrapassagem = demanda_adotada * tarifa_adotada
32
33         valor_monetario = (demanda_medida * tarifa) +
34         parcela_sub_ultrapassagem
35
36     elif demanda_medida > ultrapassagem:
37         demanda_adotada = demanda_medida - ultrapassagem
38
39         tarifa_adotada = tarifa_ultrapassagem
40         parcela_sub_ultrapassagem = demanda_adotada * tarifa_adotada
41
42         valor_monetario = (contratado * tarifa) +
43         parcela_sub_ultrapassagem
44
45     else:
46         valor_monetario = contratado * tarifa
47
48     return valor_monetario
49
50 if 'opt' not in st.session_state:
51     st.session_state.opt = None
52 if 'number1' not in st.session_state:
53     st.session_state.number1 = 0.0
54 if 'number2' not in st.session_state:
55     st.session_state.number2 = 0.0
56 if 'sub1' not in st.session_state:
57     st.session_state.sub1 = None

```

```

57     pd.set_option("display.max_columns", 50)
58
59     st.set_page_config(layout="centered", page_title="Ferramenta
Analitica de Consumo e Demanda", page_icon=":bar_chart:")
60
61     with st.sidebar:
62         choose = option_menu("Navegação", ["Tutorial", "Upload de
arquivo", "Relatório", "Contato"],
63                             icons=['house', 'upload', 'kanban', 'person
lines fill'],
64                             menu_icon="app-indicator", default_index=0,
65                             styles={
66
67                                 "menu-title": {"color": "white"},
68                                 "container": {"padding": "important",
"background-color": "#22142b"},
69                                 "icon": {"color": "#6F0D6D", "font-
size": "25px"},
70                                 "nav-link": {"color": "white", "font-
size": "16px", "text-align": "left", "margin": "0px",
71                                     "--hover-color": "#000"},
72                                 "nav-link-selected": {"background-
color": "#02ab21"},
73                             }
74                             )
75
76     if choose == "Tutorial":
77         st.header('Tutorial de Utilização da Ferramenta')
78         st.write(
79             'A utilização da ferramenta consiste em dois passos, entradas
dos dados atuais e depois a parte de relatório')
80         st.write('Para começar a utilizar a ferramenta precisamos
escolher o modelo tarifário atualmente contratado:')
81         video_file = open('modelo_tar.mp4', 'rb')
82         video_bytes = video_file.read()
83         st.video(video_bytes)
84         st.write('Logo após, digitar a(s) demanda(s) contratadas
atualmente:')
85         video_file = open('demanda_contratada.mp4', 'rb')
86         video_bytes = video_file.read()
87         st.video(video_bytes)
88         st.write('Depois, escolher o subgrupo atualmente inserido:')
89         video_file = open('subgrupo.mp4', 'rb')
90         video_bytes = video_file.read()
91         st.video(video_bytes)
92         st.write('E por fim, realizar o upload do arquivo com os dados:')
93         video_file = open('Modelo_tar.mp4', 'rb')
94         video_bytes = video_file.read()
95         st.video(video_bytes)
96         st.write('O arquivo tem o seguinte formato:')
97         image = Image.open('modelo_img.jpg')
98         st.image(image, caption='Modelo de entrada de dados')
99
100     modelo_entrada_dados = pd.read_csv("./modelo_entrada_dados.csv")
101
102
103     @st.cache_data
104     def convert_df(modelo_entrada_dados):
105
106         return modelo_entrada_dados.to_csv().encode('utf-8')
107

```

```

108
109     csv = convert_df(modelo_entrada_dados)
110     st.write('E pode ser baixado clicando no botão logo abaixo:')
111     st.download_button(
112         label="Download do modelo de entrada de dados",
113         data=csv,
114         file_name='modelo_entrada_dados.csv',
115         mime='text/csv',
116     )
117     elif choose == "Upload de arquivo":
118
119         st.subheader('Ferramenta Analítica de Consumo e Demanda')
120
121         st.session_state.opt = st.selectbox(
122             'Qual sua tarifação atual?',
123             ('Horo-Sazonal Verde', 'Horo-Sazonal Azul'),
124         )
125         st.write('Sua seleção foi:', st.session_state.opt)
126
127         if st.session_state.opt == 'Horo-Sazonal Azul':
128
129             st.session_state.number1 = st.number_input('Insira a sua
130             demanda contratada atualmente Ponta')
131             st.write('A demanda atual é ', st.session_state.number1)
132             st.session_state.number2 = st.number_input('Insira a sua
133             demanda contratada atualmente Fora Ponta')
134             st.write('A demanda atual é ', st.session_state.number2)
135         else:
136             st.session_state.number1 = st.number_input('Insira a sua
137             demanda contratada atualmente Ponta')
138             st.write('A demanda atual é ', st.session_state.number1)
139
140         st.session_state.sub1 = st.selectbox(
141             'Qual seu Subgrupo A4 (V=13,8kV)?',
142             ('Sub-classes Demais ', 'Rural', 'Rural Irrigação', 'Serviço
143             público'),
144         )
145         st.write('Sua seleção foi:', st.session_state.sub1)
146         if st.session_state.sub1 == 'Sub-classes Demais ':
147             st.session_state.indice = 0
148         elif st.session_state.sub1 == 'Rural':
149             st.session_state.indice = 1
150         elif st.session_state.sub1 == 'Rural Irrigação':
151             st.session_state.indice = 2
152         elif st.session_state.sub1 == 'Serviço público':
153             st.session_state.indice = 3
154
155         with st.form("my_form"):
156
157             def save_uploadedfile(uploadedfile):
158                 with open(os.path.join("./", uploadedfile.name), "wb") as
159                 f:
160                     f.write(uploadedfile.getbuffer())
161                 return ()
162
163             st.session_state.uploaded_file = st.file_uploader("Faça o
164             upload do arquivo excel baixado da energisa",
165             type=['csv'])
166
167             submitted = st.form_submit_button("Enviar")

```

```

162         if submitted:
163             st.success('Enviado com sucesso')
164
165         df = None
166         if st.session_state.uploaded_file is not None:
167             file_details = {"FileName":
168                             st.session_state.uploaded_file.name,
169                             "FileType":
170                                 st.session_state.uploaded_file.type}
171             df = pd.read_csv(st.session_state.uploaded_file,
172                             encoding='utf-8', delimiter=';')
173             st.dataframe(df)
174             save_uploadedfile(st.session_state.uploaded_file)
175
176         df['Mes-numero'] = [0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0]
177
178         for mes in df['Mes']:
179
180             index = df.index[(df["Mes"] == mes)].tolist()
181
182             match mes:
183
184                 case 'jan':
185                     df['Mes-numero'].loc[index] = 1
186
187                 case 'fev':
188                     df['Mes-numero'].loc[index] = 2
189
190                 case 'mar':
191                     df['Mes-numero'].loc[index] = 3
192
193                 case 'abr':
194                     df['Mes-numero'].loc[index] = 4
195
196                 case 'mai':
197                     df['Mes-numero'].loc[index] = 5
198
199                 case 'jun':
200                     df['Mes-numero'].loc[index] = 6
201
202                 case 'jul':
203                     df['Mes-numero'].loc[index] = 7
204
205                 case 'ago':
206                     df['Mes-numero'].loc[index] = 8
207
208                 case 'set':
209                     df['Mes-numero'].loc[index] = 9
210
211                 case 'out':
212                     df['Mes-numero'].loc[index] = 10
213
214                 case 'nov':
215                     df['Mes-numero'].loc[index] = 11
216
217                 case 'dez':
218                     df['Mes-numero'].loc[index] = 12
219
220         df['Data'] = ['', '', '', '', '', '', '', '', '', '', '', '', '']
221
222         for mes in df['Mes-numero']:

```

```

220         indice = df.index[(df['Mes-numero'] == mes)].tolist()
221         ano = df[' Ano'].loc[indice].values
222         df['Data'].loc[indice] = f'{mes}/{int(ano)}'
223         print(df['Data'].loc[indice])
224
225     df['Data'] = pd.to_datetime(df['Data'], format='%m/%Y')
226
227     df['Data_sigla'] = ['', '', '', '', '', '', '', '', '', '', '', '',
228     '']
229
230     for mes in df['Mes']:
231         indice = df.index[(df['Mes'] == mes)].tolist()
232         ano = df[' Ano'].loc[indice].values
233         df['Data_sigla'].loc[indice] = f'{mes}/{int(ano)}'
234
235     df = df.sort_values(by='Data')
236
237     st.dataframe(df)
238     st.session_state.df = df
239
240     elif choose == "Relatório":
241
242         dados = st.session_state.df
243         tarifas = pd.read_csv("./tarifas.csv", encoding='utf-8',
244         delimiter=';')
245         locale.setlocale(locale.LC_ALL, 'pt_BR.UTF-8')
246         dcp = st.session_state.number1
247         dcfp = st.session_state.number2
248         lista_dcp = [dcp, dcp, dcp, dcp, dcp, dcp, dcp, dcp, dcp,
249         dcp, dcp]
250         lista_dcfp = [dcfp, dcfp, dcfp, dcfp, dcfp, dcfp, dcfp, dcfp,
251         dcfp, dcfp, dcfp]
252         cor_do_texto = "blue"
253         f_dcp = locale.currency(dcp, grouping=True, symbol=None)
254         f_dcfp = locale.currency(dcfp, grouping=True, symbol=None)
255
256         tabela_par_demanda = pd.DataFrame({'MES_ANO':
257         st.session_state.df['Data_sigla']})
258         tabela_par_demanda2 = pd.DataFrame({'MES_ANO':
259         st.session_state.df['Data_sigla']})
260         tabela_par_demanda3 = pd.DataFrame({'MES_ANO':
261         st.session_state.df['Data_sigla']})
262         tabela_par_demanda4 = pd.DataFrame({'MES_ANO':
263         st.session_state.df['Data_sigla']})
264
265         tabela_1 = pd.DataFrame({'MES':
266         st.session_state.df['Data_sigla']})
267         tabela_1['Consumo Ponta'] = st.session_state.df[' Consumo Ponta']
268         tabela_1['Consumo Fora Ponta'] = st.session_state.df[' Consumo
269         Fora Ponta']
270         tabela_1['Demanda M. Ponta'] = st.session_state.df[' Demanda
271         Medida Ponta']
272         tabela_1['Demanda M. Fora Ponta'] = st.session_state.df[' Demanda
273         Medida fora Ponta']
274
275         minimo_de_ponta = st.session_state.df[' Demanda Medida
276         Ponta'].min()
277         minimo_de_fponta = st.session_state.df[' Demanda Medida fora
278         Ponta'].min()

```

```

266     maximo_de_ponta = st.session_state.df[' Demanda Medida
Ponta'].max()
267     maximo_de_fponta = st.session_state.df[' Demanda Medida fora
Ponta'].max()
268     Lista_minimo_de_ponta = [minimo_de_ponta, minimo_de_ponta,
minimo_de_ponta, minimo_de_ponta, minimo_de_ponta,
269                             minimo_de_ponta, minimo_de_ponta,
minimo_de_ponta, minimo_de_ponta, minimo_de_ponta,
270                             minimo_de_ponta, minimo_de_ponta]
271     Lista_minimo_de_fponta = [minimo_de_fponta, minimo_de_fponta,
minimo_de_fponta, minimo_de_fponta, minimo_de_fponta,
272                             minimo_de_fponta, minimo_de_fponta,
minimo_de_fponta, minimo_de_fponta, minimo_de_fponta,
273                             minimo_de_fponta, minimo_de_fponta]
274     Lista_maximo_de_ponta = [maximo_de_ponta, maximo_de_ponta,
maximo_de_ponta, maximo_de_ponta, maximo_de_ponta,
275                             maximo_de_ponta, maximo_de_ponta,
maximo_de_ponta, maximo_de_ponta, maximo_de_ponta,
276                             maximo_de_ponta, maximo_de_ponta]
277     Lista_maximo_de_fponta = [maximo_de_fponta, maximo_de_fponta,
maximo_de_fponta, maximo_de_fponta, maximo_de_fponta,
278                             maximo_de_fponta, maximo_de_fponta,
maximo_de_fponta, maximo_de_fponta, maximo_de_fponta,
279                             maximo_de_fponta, maximo_de_fponta]
280     if st.session_state.opt == 'Horo-Sazonal Verde':
281         demanda_contratada_ponta = lista_dcp
282         demanda_contratada_fora_ponta = lista_dcp
283         cor = "green"
284     else:
285         demanda_contratada_ponta = lista_dcp
286         demanda_contratada_fora_ponta = lista_dcfp
287         cor = "blue"
288
289     if minimo_de_ponta < minimo_de_fponta:
290         minimo_demanda = minimo_de_ponta
291     else:
292         minimo_demanda = minimo_de_fponta
293     if maximo_de_ponta > maximo_de_fponta:
294         maxima_demanda = maximo_de_ponta
295     else:
296         maxima_demanda = maximo_de_fponta
297
298     lista_demanda_minima = criar_lista(minimo_demanda)
299     lista_demanda_maxima = criar_lista(maxima_demanda)
300
301     tabela = st.session_state.df
302
303     colunas = [' Ano', ' Leitura Ponta', ' Leitura Fora Ponta', '
Dias',
304               ' Consumo', ' Consumo Ponta', ' Consumo Fora Ponta', '
Consumo Reativo Ponta',
305               ' Consumo Reativo Fora Ponta', ' Demanda Medida
Ponta', ' Demanda Medida fora Ponta',
306               ' Demanda Faturada Ponta',
307               ' Demanda Excedente Ponta', ' Fator Potência Ponta', '
Fator Potência Fora Ponta',
308               ]
309
310     QUANTIDADE_DE_MESES = tabela.shape[0]
311
312     for coluna in colunas:

```

```

313
314         for i in range(QUANTIDADE_DE_MESES):
315             tabela[coluna].loc[i] = str(tabela[coluna].loc[i])
316             tabela[coluna].loc[i] =
317             tabela[coluna].loc[i].replace(",", "", ".")
318             tabela[coluna].loc[i] = float(tabela[coluna].loc[i])
319
320         tabela[[coluna]].astype(np.dtype('float32'))
321
322     for i in range(QUANTIDADE_DE_MESES):
323         if tabela[' Demanda Contratada Ponta'].loc[i] == ' -':
324             tabela[' Demanda Contratada Ponta'].loc[i] = 0
325
326     FP_norma = 0.92
327     lista_FP_norma = criar_lista(FP_norma)
328     FP_CORRIGIDO = 0.92
329     i = 0
330
331     coluna_potencia_aparente = []
332     coluna_potencia_reativa = []
333     coluna_potencia_aparente_corrigida = []
334     coluna_potencia_reativa_corrigida = []
335     coluna_potencia_banco_capacitores = []
336     coluna_FP = []
337     lista_potencia_ativa = []
338     for potencia_ativa_ponta in tabela[' Demanda Medida Ponta']:
339         potencia_ativa = potencia_ativa_ponta + tabela[' Demanda
340         Medida fora Ponta']
341         potencia_reativa = tabela[' Consumo Reativo Ponta'][i] +
342         tabela[' Consumo Reativo Fora Ponta'][i]
343         potencia_aparente = ((potencia_ativa) ** 2 +
344         (potencia_reativa) ** 2) ** (1 / 2)
345
346         FP = potencia_ativa / potencia_aparente
347
348         angulo_radianos_fp = math.acos(FP)
349
350         if FP_CORRIGIDO < FP:
351             FP_CORRIGIDO = FP
352
353         potencia_aparente_corrigida = potencia_ativa / FP_CORRIGIDO
354
355         angulo_radianos_fp_corrigida = math.acos(FP_CORRIGIDO)
356
357         potencia_reativa_corrigida = potencia_aparente_corrigida *
358         math.sin(angulo_radianos_fp_corrigida)
359
360         Potencia_reativa_inicial = potencia_reativa
361         Potencia_reativa_final = potencia_reativa_corrigida
362         POTENCIA_REATIVA_BANCO_DE_CAPACITORES =
363         Potencia_reativa_inicial - Potencia_reativa_final
364
365         coluna_potencia_aparente.append(potencia_aparente)
366         coluna_potencia_reativa.append(potencia_reativa)
367
368     coluna_potencia_aparente_corrigida.append(potencia_aparente_corrigida)
369
370     coluna_potencia_reativa_corrigida.append(potencia_reativa_corrigida)
371     lista_potencia_ativa.append(potencia_ativa)
372     coluna_FP.append(FP)

```

```

366
367
coluna_potencia_banco_capacitores.append(POTENCIA_REATIVA_BANCO_DE_CAPACITO
RES)
368
369         i = i + 1
370
371         banco_capacitores = max(coluna_potencia_banco_capacitores)
372
373         tabela['BANCO DE CAPACITORES'] =
coluna_potencia_banco_capacitores
374
375         banco_capacitores = 0
376
377         for i in range(QUANTIDADE_DE_MESES):
378             if tabela['BANCO DE CAPACITORES'][i] < banco_capacitores:
379                 banco_capacitores = tabela['BANCO DE CAPACITORES'][i]
380
381         tabela_resultado = pd.DataFrame({'MES': tabela['Mes']})
382         tabela_resultado['ANO'] = tabela['
Ano'].astype(np.dtype('int32'))
383         tabela_resultado['POTENCIA_ATIVA(W)'] = lista_potencia_ativa
384         tabela_resultado['POTENCIA_APARENTE(VA)'] =
coluna_potencia_aparente
385         tabela_resultado['POTENCIA_REATIVA(VAr)'] =
coluna_potencia_reativa
386         tabela_resultado['FP'] = coluna_FP
387
388         tabela_resultado_corrigido = pd.DataFrame({'MES': tabela['Mes']})
389         tabela_resultado_corrigido['ANO'] = tabela['
Ano'].astype(np.dtype('int32'))
390         tabela_resultado_corrigido['POTENCIA_APARENTE(VA)'] =
coluna_potencia_aparente_corrigida
391         tabela_resultado_corrigido['POTENCIA_REATIVA (VAr)'] =
coluna_potencia_reativa_corrigida
392         tabela_resultado_corrigido['BANCO_DE_CAPACITORES(VAr)'] =
coluna_potencia_banco_capacitores
393
394         tabela_resultado_corrigido['FP_CORRIGIDO'] = [FP_CORRIGIDO,
FP_CORRIGIDO, FP_CORRIGIDO, FP_CORRIGIDO,
395                                                         FP_CORRIGIDO,
FP_CORRIGIDO, FP_CORRIGIDO, FP_CORRIGIDO, FP_CORRIGIDO,
396                                                         FP_CORRIGIDO,
FP_CORRIGIDO]
397
398         cor_do_texto = "red"
399
400         dcp = st.session_state.number1
401         dcfp = st.session_state.number2
402
403         # azul
404         C_P_V = []
405         C_FP_V = []
406         D_FP_V = []
407         U_V = []
408         # verde
409         C_P_A = []
410         C_FP_A = []
411         D_P_A = []
412         D_FP_A = []
413         U_P_A = []

```

```

414 U_FP_A = []
415
416 for i in range(4):
417     # verde
418     cp = tarifas['C_P_V'].loc[i]
419     cfp = tarifas['C_FP_V'].loc[i]
420     tdp = tarifas['D_FP_V'].loc[i]
421     tup = tarifas['U_V'].loc[i]
422     # azul
423     cpa = tarifas['C_P_A'].loc[i]
424     cfpa = tarifas['C_FP_A'].loc[i]
425     tdpa = tarifas['D_P_A'].loc[i]
426     tdfpa = tarifas['D_FP_A'].loc[i]
427     tupa = tarifas['U_P_A'].loc[i]
428     tufpa = tarifas['U_FP_A'].loc[i]
429
430     # verde
431
432     cp = str(cp)
433     cp = cp.replace(",", ".")
434     cp = float(cp)
435
436     cfp = str(cfp)
437     cfp = cfp.replace(",", ".")
438     cfp = float(cfp)
439
440     tdp = str(tdp)
441     tdp = tdp.replace(",", ".")
442     tdp = float(tdp)
443
444     tup = str(tup)
445     tup = tup.replace(",", ".")
446     tup = float(tup)
447
448     # azul
449     cpa = str(cpa)
450     cpa = cpa.replace(",", ".")
451     cpa = float(cpa)
452
453     cfpa = str(cfpa)
454     cfpa = cfpa.replace(",", ".")
455     cfpa = float(cfpa)
456
457     tufpa = str(tufpa)
458     tufpa = tufpa.replace(",", ".")
459     tufpa = float(tufpa)
460
461     tupa = str(tupa)
462     tupa = tupa.replace(",", ".")
463     tupa = float(tupa)
464
465     tdpa = str(tdpa)
466     tdpa = tdpa.replace(",", ".")
467     tdpa = float(tdpa)
468
469     tdfpa = str(tdfpa)
470     tdfpa = tdfpa.replace(",", ".")
471     tdfpa = float(tdfpa)
472
473     # verde
474     C_P_V.append(cp)

```

```

475         C_FP_V.append(cfp)
476         D_FP_V.append(tdp)
477         U_V.append(tup)
478         # azul
479         C_P_A.append(cpa)
480         C_FP_A.append(cfpa)
481         D_P_A.append(tdpa)
482         D_FP_A.append(tdfpa)
483         U_P_A.append(tupa)
484         U_FP_A.append(tufpa)
485
486     for i in range(12):
487         dados[' Demanda Medida Ponta'].loc[i] = str(dados[' Demanda
Medida Ponta'].loc[i])
488         dados[' Demanda Medida Ponta'].loc[i] = dados[' Demanda
Medida Ponta'].loc[i].replace(",", ".")
489         dados[' Demanda Medida Ponta'].loc[i] = float(dados[' Demanda
Medida Ponta'].loc[i])
490         dados[' Demanda Medida fora Ponta'].loc[i] = str(dados['
Demanda Medida fora Ponta'].loc[i])
491         dados[' Demanda Medida fora Ponta'].loc[i] = dados[' Demanda
Medida fora Ponta'].loc[i].replace(",", ".")
492         dados[' Demanda Medida fora Ponta'].loc[i] = float(dados['
Demanda Medida fora Ponta'].loc[i])
493         dados[' Consumo Ponta'].loc[i] = str(dados[' Consumo
Ponta'].loc[i])
494         dados[' Consumo Ponta'].loc[i] = dados[' Consumo
Ponta'].loc[i].replace(",", ".")
495         dados[' Consumo Ponta'].loc[i] = float(dados[' Consumo
Ponta'].loc[i])
496         dados[' Consumo Fora Ponta'].loc[i] = str(dados[' Consumo
Fora Ponta'].loc[i])
497         dados[' Consumo Fora Ponta'].loc[i] = dados[' Consumo Fora
Ponta'].loc[i].replace(",", ".")
498         dados[' Consumo Fora Ponta'].loc[i] = float(dados[' Consumo
Fora Ponta'].loc[i])
499
500         # tarifa verde
501         pcpl = (C_P_V[st.session_state.indice] * dados[' Consumo Ponta'])
502         pcl = (C_FP_V[st.session_state.indice] * dados[' Consumo Fora
Ponta'])
503         pd = D_FP_V[st.session_state.indice] * dcfp
504         dcfp_max = dcfp * 1.05
505         dcfp_novo = []
506
507         demanda_medida1 = dados[' Demanda Medida Ponta']
508         demanda_medida2 = dados[' Demanda Medida fora Ponta']
509         demanda = []
510         pu = 0
511         for i in range(12):
512             aux = 0.0
513             if demanda_medida1[i] > demanda_medida2[i]:
514                 demanda = demanda_medida1
515             else:
516                 demanda = demanda_medida2
517
518             if demanda[i] > dcfp_max:
519                 aux = demanda[i] - dcfp_max
520                 valor_unico = U_V[st.session_state.indice] * (aux)
521                 pu = pu + valor_unico
522         valor_verde = pd + pcl + pcpl + pu

```

```

523     valor_verde_anual = valor_verde.sum()
524
525     valor_minimo_verde_ponta = dados[' Demanda Medida Ponta'].min()
526     valor_minimo_verde_fponta = dados[' Demanda Medida Ponta'].min()
527     valor_maximo_verde_ponta = dados[' Demanda Medida fora
Ponta'].max()
528     valor_maximo_verde_fponta = dados[' Demanda Medida fora
Ponta'].max()
529     if valor_minimo_verde_ponta < valor_minimo_verde_fponta:
530         menor = valor_minimo_verde_ponta
531     else:
532         menor = valor_minimo_verde_fponta
533     if valor_maximo_verde_ponta > valor_maximo_verde_fponta:
534         maior = valor_maximo_verde_ponta
535     else:
536         maior = valor_maximo_verde_fponta
537     menor = round(menor)
538     maior = round(maior)
539     dic_pd_verde = {}
540     valor_verde_mensal = {}
541     barato = 0
542     demanda_sugerida = 0
543     sugerido_valor = {}
544     dic_pu = {}
545     verde_anual = {}
546     for sugerido in range(menor, maior + 1):
547
548         pcpl = (C_P_V[st.session_state.indice] * dados[' Consumo
Ponta'])
549         pcl = (C_FP_V[st.session_state.indice] * dados[' Consumo Fora
Ponta'])
550         pd = D_FP_V[st.session_state.indice] * sugerido
551         dcfp_max = sugerido * 1.05
552         demanda_medida1 = dados[' Demanda Medida Ponta']
553         demanda_medida2 = dados[' Demanda Medida fora Ponta']
554         demanda = []
555         pu = [0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0]
556         lista_pd_verde = criar_lista(pd)
557         for i in range(12):
558             aux = 0.0
559             if demanda_medida1[i] > demanda_medida2[i]:
560                 demanda = demanda_medida1
561             else:
562                 demanda = demanda_medida2
563
564             if demanda[i] > dcfp_max:
565                 aux = demanda[i] - dcfp_max
566             else:
567                 aux = 0
568             valor_unico = U_V[st.session_state.indice] * (aux)
569             pu[i] = pu[i] + valor_unico
570
571         dic_pu[sugerido] = pu
572         dic_pd_verde[sugerido] = lista_pd_verde
573         valor_verde = pcpl + pcl + pd + pu
574         valor_verde_mensal[sugerido] = valor_verde
575         valor_verde_anual = valor_verde.sum()
576         verde_anual[sugerido] = valor_verde_anual
577
578         sugerido_valor[sugerido] = valor_verde_anual
579

```

```

580     menor_custo_verde = min(sugerido_valor.values())
581     demanda_sugerida_verde = min(sugerido_valor,
key=sugerido_valor.get)
582     valor_verde_tabela = valor_verde
583     valor_verde = valor_verde_mensal[dcf]
584     valor_verde_sug = valor_verde_mensal[demanda_sugerida_verde]
585     valor_verde_anual = sugerido_valor[dcf]
586
587     fig, ax = plt.subplots()
588     # Obter chaves e valores do dicionário
589     chaves = list(sugerido_valor.keys())
590     valores = list(sugerido_valor.values())
591
592     # Criar um gráfico de área
593     plt.fill_between(chaves, valores, color='skyblue', alpha=0.4)
594
595     # Adicionar rótulos e título
596     plt.xlabel('Demanda')
597     plt.ylabel('Custo Anual')
598     plt.title('Custo anual por demanda')
599     ax.plot(chaves, valores)
600     ax.set_ylim([1200000, 1300000])
601     formatter = ticker.FuncFormatter(lambda x, pos:
'{:, .0f}'.format(x))
602     ax.yaxis.set_major_formatter(formatter)
603     # Exibir o gráfico
604     plt.show()
605     # st.pyplot(plt)
606
607     f_dcf = locale.currency(dcf, grouping=True, symbol=None)
608     f_dcfp = locale.currency(dcfp, grouping=True, symbol=None)
609     st.markdown("<h1 style='text-align: center;'>Relatório
Completo</h1>", unsafe_allow_html=True)
610     st.write('Sua demanda atual é')
611     if st.session_state.opt == 'Horo-Sazonal Azul':
612         st.write(f'Demanda Ponta: <span
style="color:{cor_do_texto}">{f_dcf} kW</span>', unsafe_allow_html=True)
613         st.write(f'Demanda Fora Ponta: <span
style="color:{cor_do_texto}">{f_dcfp} kW</span>', unsafe_allow_html=True)
614     else:
615         st.write(f'Demanda Ponta: <span
style="color:{cor_do_texto}">{f_dcf} kW</span>', unsafe_allow_html=True)
616
617     # modelo_atual = 'Horo - Sazonal Azul'
618     modelo_atual = st.session_state.opt
619     modelo_atual1 = st.session_state.sub1
620     st.write(f'O seu modelo de tarifação atual   o <span
style="color:{cor_do_texto}">{modelo_atual}</span>',
621             unsafe_allow_html=True)
622     st.write(f'O seu Subgrupo A4   o <span
style="color:{cor_do_texto}">{modelo_atual1}</span>',
unsafe_allow_html=True)
623     st.write("Segue resumo dos dados inseridos:")
624     st.write(tabela_1)
625     st.write('Abaixo o gráfico faz um comparativo dos gastos, mês a
mês, com cada um dos modelos de tarifaço:')
626
627     # tarifa azul
628     pc2 = (C_P_A[st.session_state.indice] * dados[' Consumo Ponta'])
629     pc2 = (C_FP_A[st.session_state.indice] * dados[' Consumo Fora
Ponta'])

```

```

630
631     demanda_medida1 = dados[' Demanda Medida Ponta']
632     demanda_medida2 = dados[' Demanda Medida fora Ponta']
633
634     lista_pd = []
635     lista_pdp = []
636
637     if modelo_atual == "Horo-Sazional Verde":
638         dcfp = dcp
639
640         for i in range(12):
641             pd = calcular_valor(demanda_medida2[i], dcfp,
D_FP_A[st.session_state.indice], U_FP_A[st.session_state.indice])
642             pdp = calcular_valor(demanda_medida1[i], dcp,
D_P_A[st.session_state.indice], U_P_A[st.session_state.indice])
643             lista_pd.append(pd)
644             lista_pdp.append(pdp)
645
646             valor_azul = pcp2 + pc2 + lista_pd + lista_pdp
647             valor_azul_anual = pcp2.sum() + pc2.sum() + sum(lista_pd) +
sum(lista_pdp)
648
649             valor_minimo_azul_ponta = dados[' Demanda Medida Ponta'].min()
650             valor_minimo_azul_fponta = dados[' Demanda Medida Ponta'].min()
651             valor_maximo_azul_ponta = dados[' Demanda Medida fora
Ponta'].max()
652             valor_maximo_azul_fponta = dados[' Demanda Medida fora
Ponta'].max()
653             if valor_minimo_azul_ponta < valor_minimo_azul_fponta:
654                 menor = valor_minimo_azul_ponta
655             else:
656                 menor = valor_minimo_azul_fponta
657             if valor_maximo_azul_ponta > valor_maximo_azul_fponta:
658                 maior = valor_maximo_azul_ponta
659             else:
660                 maior = valor_maximo_azul_fponta
661             menor = round(menor)
662             maior = round(maior)
663
664             barato = 0
665             sugerido_valor = {}
666             dic_ponta = {}
667             dic_foraponta = {}
668             dic_pd = {}
669             dic_pdp = {}
670             for sugerido in range(menor, maior + 1):
671                 pcp2 = (C_P_A[st.session_state.indice] * dados[' Consumo
Ponta'])
672                 pc2 = (C_FP_A[st.session_state.indice] * dados[' Consumo Fora
Ponta'])
673                 pd = (D_P_A[st.session_state.indice] * sugerido)
674                 pdp = (D_FP_A[st.session_state.indice] * sugerido)
675                 dcfp_max = sugerido * 1.05
676
677                 # tem que ser a maior demanda ponta ou fora ponta
678                 demanda_medida1 = dados[' Demanda Medida Ponta']
679                 demanda_medida2 = dados[' Demanda Medida fora Ponta']
680                 demanda = []
681                 pu = [0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0]
682                 lista_pd = []
683                 lista_pdp = []

```

```

684         for i in range(12):
685             valor_monetario_foraponta =
calcular_valor(demanda_medida2[i], sugerido,
D_FP_A[st.session_state.indice],
686
U_FP_A[st.session_state.indice])
687             valor_monetario_ponta =
calcular_valor(demanda_medida1[i], sugerido,
D_P_A[st.session_state.indice],
688
U_P_A[st.session_state.indice])
689
690             lista_pd.append(float(valor_monetario_foraponta))
691             lista_pdp.append(float(valor_monetario_ponta))
692
693             dic_pd[sugerido] = lista_pd
694             dic_pdp[sugerido] = lista_pdp
695             dic_ponta[sugerido] = sum(lista_pdp)
696             dic_foraponta[sugerido] = sum(lista_pd)
697             menor_custo_foraponta = min(dic_foraponta.values())
698             demanda_sugerida_foraponta = min(dic_foraponta,
key=dic_foraponta.get)
699             menor_custo_ponta = min(dic_ponta.values())
700             demanda_sugerida_ponta = min(dic_ponta, key=dic_ponta.get)
701             menor_custo_azul = menor_custo_ponta + menor_custo_foraponta +
pcp2.sum() + pc2.sum()
702             valor_azul_sug = pcp2 + pc2 + dic_pd[demanda_sugerida_foraponta]
+ dic_pdp[demanda_sugerida_ponta]
703
704             soma_comsumo = sum(pcp2) + sum(pc2)
705             soma_demanda = pd * 12
706             soma_ultrapassagem = sum(dic_pu[dcf])
707
708             tabela_par_demanda4['Parcela de Consumo '] = pcp2 + pc2
709             tabela_par_demanda4['Parcela demanda fora ponta'] = dic_pd[dcfp]
710             tabela_par_demanda4['Parcela demanda ponta'] = dic_pdp[dcf]
711             tabela_par_demanda4['Valor Mensal'] = pcp2 + pc2 + dic_pd[dcfp] +
dic_pdp[dcf]
712
713             tabela_par_demanda3['Parcela de Consumo '] = pcp2 + pc2
714             tabela_par_demanda3['Parcela demanda fora ponta'] =
dic_pd[demanda_sugerida_foraponta]
715             tabela_par_demanda3['Parcela demanda ponta'] =
dic_pdp[demanda_sugerida_ponta]
716             tabela_par_demanda3['Valor Mensal'] = valor_azul_sug
717
718             grupos = tabela['Data_sigla']
719             cont = np.arange(len(grupos))
720             largura = 0.35
721             fig, ax = plt.subplots()
722             ax.bar(cont - largura / 2, valor_verde, largura, label='Verde',
color='green')
723             ax.bar(cont + largura / 2, valor_azul, largura, label='Azul',
color='blue')
724             ax.set_ylabel('Valor')
725             ax.set_title('Valor por mês Demanda Contratada')
726             ax.set_xticks(cont, grupos)
727             ax.set_xticks(cont)
728             ax.set_xticklabels(grupos, rotation=45)
729             ax.legend()
730             plt.show()

```

```

731     st.pyplot(plt)
732
733     st.write('Abaixo os gráficos trazem uma análise do comportamento
da demanda contratada:')
734     grupos = st.session_state.df['Data_sigla']
735     cont = np.arange(len(grupos))
736     fig, ax = plt.subplots()
737
738     # grafico analise demanda fora ponta
739     ax.plot(cont, Lista_minimo_de_fponta, label='Demanda Mínima',
color='#ff4040', marker='o', linestyle='-')
740     ax.plot(cont, Lista_maximo_de_fponta, label='Demanda Máxima',
color='#8B0000', marker='o', linestyle='-')
741     ax.plot(cont, demanda_contratada_fora_ponta, label='Demanda
Contratada', color='black', marker='o', linestyle='-')
742     ax.plot(cont, st.session_state.df[' Demanda Medida fora Ponta'],
label='Demanda Medida fora Ponta', color=cor,
743             marker='o', linestyle='-')
744
745     ax.set_ylabel('KW')
746     ax.set_title('Análise de Demanda Contratada Fora Ponta ')
747     ax.set_xticks(cont)
748     ax.set_xticklabels(grupos, rotation=45)
749     ax.legend()
750     plt.grid(True) # Add gridlines if desired
751
752     plt.show()
753     st.pyplot(plt)
754
755     grupos = st.session_state.df['Data_sigla']
756     cont = np.arange(len(grupos))
757     fig, ax = plt.subplots()
758     # grafico analise demanda ponta
759     ax.plot(cont, Lista_minimo_de_ponta, label='Demanda Mínima',
color='#ff4040', marker='o', linestyle='-')
760     ax.plot(cont, Lista_maximo_de_ponta, label='Demanda Máxima',
color='#8B0000', marker='o', linestyle='-')
761     ax.plot(cont, demanda_contratada_ponta, label='Demanda
Contratada', color='black', marker='o', linestyle='-')
762     ax.plot(cont, st.session_state.df[' Demanda Medida Ponta'],
label='Demanda Medida Ponta', color=cor, marker='o',
763             linestyle='-')
764
765     ax.set_ylabel('KW')
766     ax.set_title('Análise de Demanda contratada Ponta')
767     ax.set_xticks(cont)
768     ax.set_xticklabels(grupos, rotation=45)
769     ax.legend()
770     plt.grid(True) # Add gridlines if desired
771
772     plt.show()
773     st.pyplot(plt)
774
775     f_valor_verde_anual = locale.currency(valor_verde_anual,
grouping=True, symbol=True)
776     f_valor_azul_anual = locale.currency(valor_azul_anual,
grouping=True, symbol=True)
777
778     lista_pd = [pd, pd, pd, pd, pd, pd, pd, pd, pd, pd, pd, pd]
779

```

```

780         st.write('Os valores gastos anualmente com cada modalidade seriam
de:')
781         st.write(f'Horo-Sazional Verde:<span
style="color:{cor_do_texto}">{f_valor_verde_anual}</span>',
782                 unsafe_allow_html=True)
783         st.write(f'Horo-Sazional Azul:<span
style="color:{cor_do_texto}">{f_valor_azul_anual}</span>',
784                 unsafe_allow_html=True)
785
786     st.write(
787         "Abaixo temos uma tabela com os valores em reais das parcelas
que compõem o custo mensal, com base na modalidade contratada e demanda
contratada: ")
788
789     soma_comsumo = sum(pcp1) + sum(pcl)
790     soma_demanda = pd * 12
791     soma_ultrapassagem = sum(dic_pu[dc])
792     tabela_par_demanda['Parcela de Consumo '] = pcp1 + pcl
793     tabela_par_demanda['Parcela demanda'] = lista_pd
794     tabela_par_demanda['Parcela de Ultrapassagem '] = dic_pu[dc]
795     tabela_par_demanda['Valor Mensal'] = valor_verde_tabela
796     st.write("Custo verde mensal por parcela na demanda contrada:")
797     st.write(tabela_par_demanda)
798     st.write("Custo azul simulado mensal por parcela na demanda
contrada:")
799     st.write(tabela_par_demanda4)
800
801     if menor_custo_verde > menor_custo_azul:
802         melhor = "Horo-Sazional Azul"
803         melhor_demanda_ponta = demanda_sugerida_ponta
804         melhor_demanda_foraponta = demanda_sugerida_foraponta
805         menor_custo = menor_custo_azul
806     else:
807         melhor = "Horo-Sazional Verde"
808         melhor_demanda_ponta = demanda_sugerida_verde
809         menor_custo = menor_custo_verde
810
811     soma_comsumo = sum(pcp1) + sum(pcl)
812     soma_demanda = pd * 12
813     soma_ultrapassagem = sum(dic_pu[dc])
814
815     tabela_par_demanda2['Parcela de Consumo '] = pcp1 + pcl
816     tabela_par_demanda2['Parcela demanda'] =
dic_pd_verde[demanda_sugerida_verde]
817     tabela_par_demanda2['Parcela de Ultrapassagem '] =
dic_pu[demanda_sugerida_verde]
818     tabela_par_demanda2['Valor Mensal'] = valor_verde_sug
819
820     st.write(
821         "Abaixo temos um gráfico que mostra a influência de cada
parcela no custo anual, com base na modalidade contratada e demanda
contratada: ")
822     labels = ['P.Consumo', 'P.Demanda', 'P.Ultrapassagem']
823     valores = [soma_comsumo, soma_demanda, soma_ultrapassagem]
824
825     fig, ax = plt.subplots()
826     wedges, texts, autotexts = ax.pie(valores, autopct='%1.1f%%',
startangle=90)
827
828     # Adicionar legenda ao lado do gráfico como quadradinhos

```

```

829         ax.legend(wedges, labels, title="Legendas", bbox_to_anchor=(1,
0.5), loc="center left")
830
831         # Remover rótulos de porcentagem
832         for text in texts + autotexts:
833             text.set_visible(True)
834
835         # Adicionar título
836         ax.set_title('Distribuição Percentual por Parcela', loc='center')
837
838         # Mostrar o gráfico no Streamlit
839         st.pyplot(fig)
840
841         diferenca = valor_azul_anual - valor_verde_anual
842         f_diferenca = locale.currency(diferenca, grouping=True,
symbol=True)
843         if valor_verde_anual > valor_azul_anual:
844             melhor = "Horo-Sazional Azul"
845         else:
846             melhor = "Horo-Sazional Verde"
847         f_demanda_sugerida = locale.currency(demanda_sugerida_verde,
grouping=True, symbol=None)
848         st.write(
849             f'Tendo em vista uma diferença de gastos anual de <span
style="color:{cor_do_texto}">{f_diferenca}</span> entre as duas
modalidades, a sugestão é que seja optado pela modalidade tarifaria:<span
style="color:{cor_do_texto}">{melhor}</span>',
850             unsafe_allow_html=True)
851         # st.write(f"Column name is **{columnName}**")
852         st.write(
853             'Ainda neste sentido, com o modelo t arifario redefinido,
aconcelha-se tamb em a mudança do valor da demanda contratada')
854         st.write(f'Nossa sugestão de demanda   <span
style="color:{cor_do_texto}">{f_demanda_sugerida} kW</span>',
855             unsafe_allow_html=True)
856
857         pd2 = D_FP_V[st.session_state.indice] * demanda_sugerida_verde
858         valor_verde2 = pd2 + pc1 + pcpl + pu
859         valor_verde_anual2 = valor_verde2.sum()
860         if modelo_atual == "Horo-Sazional Azul":
861             custo_antigo = valor_azul_anual
862         else:
863             custo_antigo = valor_verde_anual
864
865         if menor_custo_verde > menor_custo_azul:
866             melhor = "Horo-Sazional Azul"
867             melhor_demanda_ponta = demanda_sugerida_ponta
868             melhor_demanda_foraponta = demanda_sugerida_foraponta
869             menor_custo = menor_custo_azul
870         else:
871             melhor = "Horo-Sazional Verde"
872             melhor_demanda_ponta = demanda_sugerida_verde
873             menor_custo = menor_custo_verde
874
875         diferenca2 = custo_antigo - menor_custo
876
877         grupos = tabela['Data_sigla']
878         cont = np.arange(len(grupos))
879         largura = 0.35
880         fig, ax = plt.subplots()

```

```

881     ax.bar(cont - largura / 2, valor_verde_sug, largura,
label='Verde', color='green')
882     ax.bar(cont + largura / 2, valor_azul_sug, largura, label='Azul',
color='blue')
883     ax.set_ylabel('Valor')
884     ax.set_title('Valor por mês Demanda Sugerida')
885     ax.set_xticks(cont, grupos)
886     ax.set_xticks(cont)
887     ax.set_xticklabels(grupos, rotation=45)
888     ax.legend()
889     plt.show()
890     st.pyplot(plt)
891
892     f_diferenca2 = locale.currency(diferenca2, grouping=True,
symbol=True)
893     f_menor_custo = locale.currency(menor_custo, grouping=True,
symbol=True)
894     st.write(
895         f'O valor gasto anualmente na modalidade escolhida com a
demanda sugerida é de <span
style="color:{cor_do_texto}">{f_menor_custo}</span> ',
896         unsafe_allow_html=True)
897     st.write(
898         f'que é uma diferença de <span
style="color:{cor_do_texto}">{f_diferenca2}</span> em relação ao seu gasto
anual atual',
899         unsafe_allow_html=True)
900     st.write("Custo mensal por parcela da demanda sugerida:")
901     st.write(tabela_par_demanda2)
902     st.write("Custo azul simulado mensal por parcela na demanda
sugerida:")
903     st.write(tabela_par_demanda4)
904
905     st.write('Abaixo os gráficos trazem uma análise do comportamento
da demanda sugerida:')
906     if modelo_atual == "Horo-Sazonal Azul":
907         demanda_sug_ponta = demanda_sugerida_ponta
908         demanda_sug_foraponta = demanda_sugerida_foraponta
909     else:
910         demanda_sug_ponta = demanda_sugerida_verde
911         demanda_sug_foraponta = demanda_sugerida_verde
912     lista_demanda_sug_ponta = criar_lista(demanda_sug_ponta)
913     lista_demanda_sug_foraponta = criar_lista(demanda_sug_foraponta)
914
915     grupos = st.session_state.df['Data_sigla']
916     cont = np.arange(len(grupos))
917     fig, ax = plt.subplots()
918
919     # grafico analise demanda fora ponta
920     ax.plot(cont, Lista_minimo_de_fponta, label='Demanda Mínima',
color='#ff4040', marker='o', linestyle='-')
921     ax.plot(cont, Lista_maximo_de_fponta, label='Demanda Máxima',
color='#8B0000', marker='o', linestyle='-')
922     ax.plot(cont, lista_demanda_sug_foraponta, label='Demanda
Sugerida Fora Ponta', color='black', marker='o',
923             linestyle='-')
924     ax.plot(cont, st.session_state.df[' Demanda Medida fora Ponta'],
label='Demanda Medida fora Ponta', color=cor,
925             marker='o', linestyle='-')
926
927     ax.set_ylabel('KW')

```

```

928     ax.set_title('Análise de Demanda Sugerida Fora Ponta')
929     ax.set_xticks(cont)
930     ax.set_xticklabels(grupos, rotation=45)
931     ax.legend()
932     plt.grid(True)
933
934     plt.show()
935     st.pyplot(plt)
936
937     grupos = st.session_state.df['Data_sigla']
938     cont = np.arange(len(grupos))
939     fig, ax = plt.subplots()
940     # grafico analise demanda ponta
941     ax.plot(cont, Lista_minimo_de_ponta, label='Demanda Mínima',
942            color='#ff4040', marker='o', linestyle='-')
943     ax.plot(cont, Lista_maximo_de_ponta, label='Demanda Máxima',
944            color='#8B0000', marker='o', linestyle='-')
945     ax.plot(cont, lista_demanda_sug_ponta, label='Demanda Sugerida
946            Ponta', color='black', marker='o', linestyle='-')
947     ax.plot(cont, st.session_state.df[' Demanda Medida Ponta'],
948            label='Demanda Medida Ponta', color=cor, marker='o',
949            linestyle='-')
950
951     ax.set_ylabel('KW')
952     ax.set_title('Análise de Demanda Sugerida Ponta')
953     ax.set_xticks(cont)
954     ax.set_xticklabels(grupos, rotation=45)
955     ax.legend()
956     plt.grid(True) # Add gridlines if desired
957
958     plt.show()
959     st.pyplot(plt)
960
961     f_demanda_sugerida_ponta =
962     locale.currency(demanda_sugerida_ponta, grouping=True, symbol=None)
963     f_demanda_sugerida_foraponta =
964     locale.currency(demanda_sugerida_foraponta, grouping=True, symbol=None)
965     st.write(
966         "Caso o cliente por algum motivo ainda opte pelo modelo Hora-
967         Sazonal Azul, nossa sugestão de demandas são de:")
968     st.write(f'Ponta: <span
969     style="color:{cor_do_texto}">{f_demanda_sugerida_ponta} kW</span>',
970     unsafe_allow_html=True)
971     st.write(f'Fora Ponta: <span
972     style="color:{cor_do_texto}">{f_demanda_sugerida_foraponta} kW</span>',
973     unsafe_allow_html=True)
974
975     f_valor_azul_anual2 = locale.currency(sum(valor_azul_sug),
976     grouping=True, symbol=True)
977     st.write(f'Totalizando um valora anual de :<span
978     style="color:{cor_do_texto}">{f_valor_azul_anual2}</span>',
979     unsafe_allow_html=True)
980
981     corrigir_fator = 0
982
983     for FP in tabela_resultado['FP']:
984         if FP < 0.92:
985             corrigir_fator = FP
986     st.write('')
987     st.write('')
988     st.write('')

```

```

977     st.write('Calculo para corrigir o fator de potência da UC')
978     st.write('Abaixo encontra-se os valores medidos atualmente:')
979     st.write(tabela_resultado)
980
981     # Plotagem grafico 3
982     fig, ax = plt.subplots()
983
984     # Create line plots instead of bar plots
985     ax.plot(cont, tabela_resultado['FP'], label='FP Medido',
986            color='green', marker='o', linestyle='-')
987     ax.plot(cont, lista_FP_norma, label='FP Normativo', color='blue',
988            marker='o',
989            linestyle='-')
990
991     ax.set_ylabel('FP')
992     ax.set_title('FP Medido vs FP Normativo')
993     ax.set_xticks(cont)
994     ax.set_xticklabels(grupos, rotation=45)
995     ax.legend()
996     plt.grid(True) # Add gridlines if desired
997
998     plt.show()
999     st.pyplot(plt)
1000
1001     if corrigir_fator == 0:
1002         st.write('O Fator de Potência da UC: encontra-se em
1003         conformidade com as normas vigentes.')
1004     else:
1005         st.write('O Fator de Potência da UC: encontra-se em desacordo
1006         com as normas vigentes.')
1007         st.write("")
1008
1009         st.write(
1010             'A seguir temos uma tabela com valores do novo FP e das
1011             Potências Aparente, Ativa e Reativa após a correção.')
1012         st.write(tabela_resultado_corrigido)
1013         st.write('De acordo com os calculos realizados, o banco de
1014         capacitor ideal para a correção do sistema é: ',
1015             banco_capacitores, 'KVar')
1016
1017         st.write('A seguir temos um gráfico para representar o FP
1018         Corrigido da UC e o FP mínimo exigido pela norma.')
1019         # Plotagem grafico 3
1020         fig, ax = plt.subplots()
1021
1022         # Create line plots instead of bar plots
1023         ax.plot(cont, tabela_resultado_corrigido['FP_CORRIGIDO'],
1024            label='FP Corrigido', color='green', marker='o',
1025            linestyle='-')
1026         ax.plot(cont, lista_FP_norma, label='FP Normativo', color='blue',
1027            marker='o',
1028            linestyle='-')
1029
1030         ax.set_ylabel('FP')
1031         ax.set_title('FP Corrigido vs FP Normativo')
1032         ax.set_xticks(cont)
1033         ax.set_xticklabels(grupos, rotation=45)
1034         ax.legend()
1035         plt.grid(True) # Add gridlines if desired
1036
1037         plt.show()

```

```

1029     st.pyplot(plt)
1030
1031
1032     elif choose == "Contato":
1033         st.subheader(":mailbox: Entre em Contato Com os  
Desenvolvedores!")
1034
1035         contact_form = """
1036             <form action="https://formssubmit.co/jhonesbispo@gmail.com"  
method="POST">
1037                 <input type="hidden" name="_captcha" value="false">
1038                 <input type="text" name="name" placeholder="Seu nome"  
required>
1039                 <input type="email" name="email" placeholder="Seu  
email" required>
1040                 <textarea name="message" placeholder="Digite sua  
Mensagem Aqui"></textarea>
1041                 <button type="submit">Enviar</button>
1042             </form>
1043             """
1044         st.markdown(contact_form, unsafe_allow_html=True, )
1045
1046         def local_css(file_name):
1047             with open(file_name) as f:
1048                 st.markdown(f"<style>{f.read()}</style>",
unsafe_allow_html=True)
1049
1050         local_css("style/style.css")
1051

```

ANEXO A – RELATÓRIO GERADO PELO SOFTWARE (IFTO)

Relatório Completo

Sua demanda atual é

Demanda Ponta: **540,00 kW**

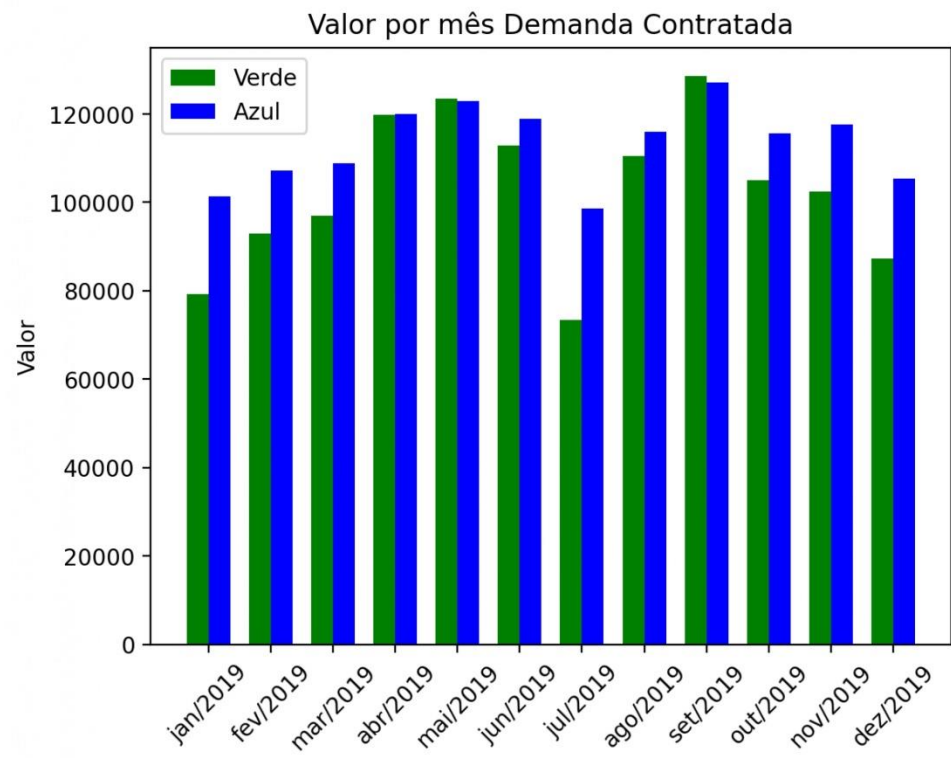
O seu modelo de tarifação atual é o **Horo-Sazonal Verde**

O seu Subgrupo A4 é o **Serviço Público**

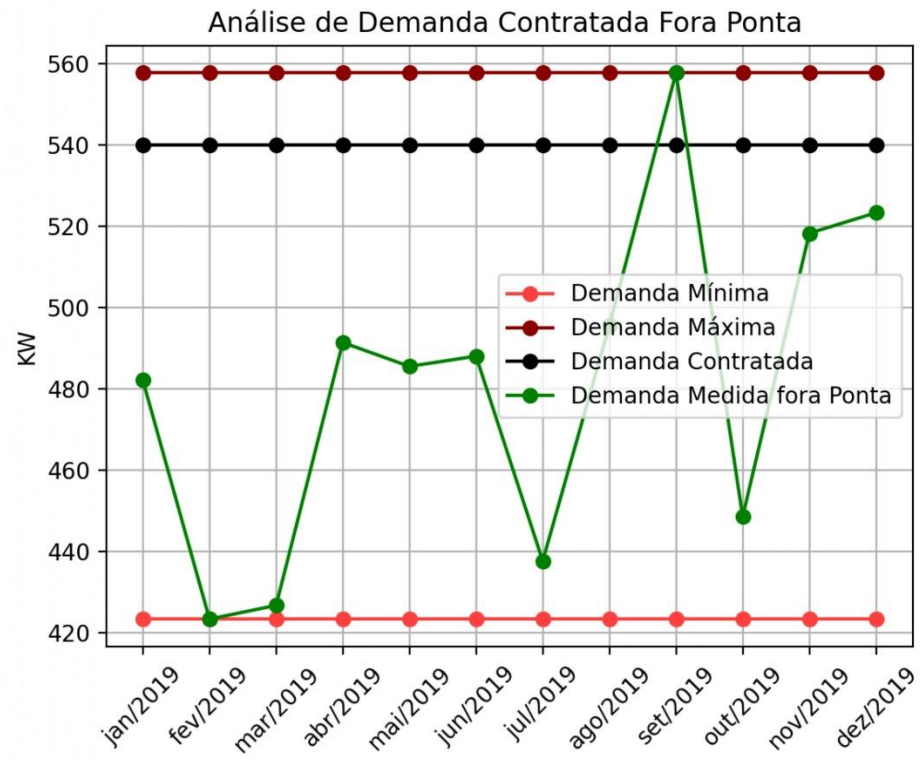
Segue resumo dos dados inseridos:

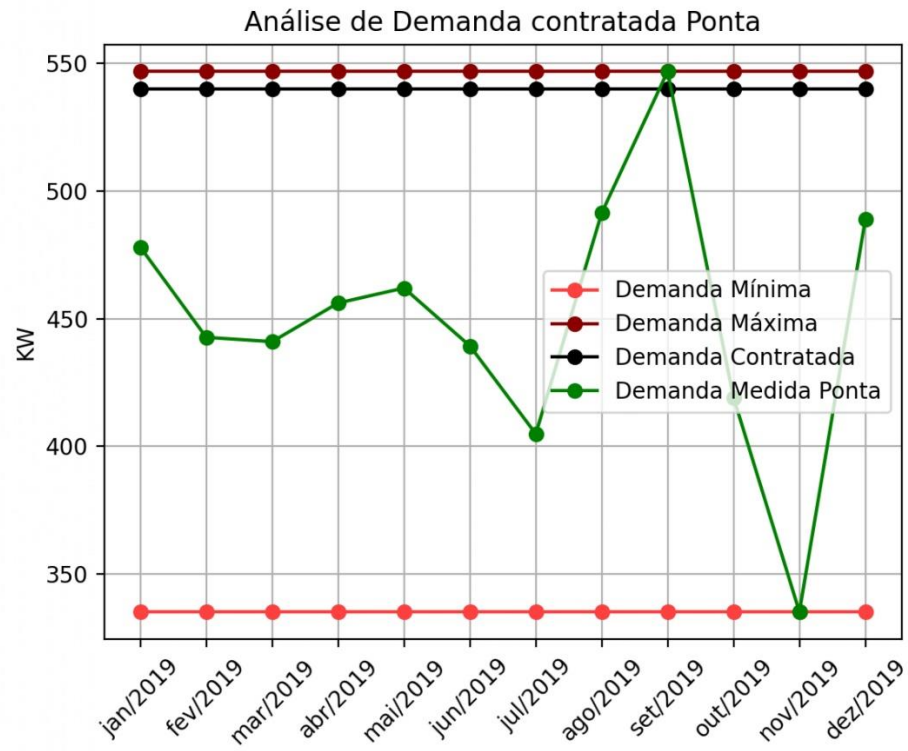
	MES	Consumo Ponta	Consumo Fora Ponta	Demanda M. Ponta	Demanda M. Fora Ponta
1	fev/2019	15,337.87	78,442.38	442.88	423.38
2	mar/2019	16,671.48	81,619.44	441	426.72
3	abr/2019	22,206.66	104,893.53	456.12	491.4
4	mai/2019	22,497.09	113,259.09	462	485.52
5	jun/2019	19,393.92	106,418.34	439.32	488.04
6	jul/2019	10,383.24	61,753.02	404.88	437.64
7	ago/2019	19,606.65	97,749.96	491.4	495.6
8	set/2019	22,916.46	124,655.37	546.84	557.76
9	out/2019	17,246.88	100,209.48	419.16	448.56
10	nov/2019	15,028.65	109,705.05	335.16	518.28
11	dez/2019	13,762.77	75,926.55	488.88	523.32

Abaixo o gráfico faz um comparativo dos gastos, mês a mês, com cada um dos modelos de tarifação:



Abaixo os gráficos trazem uma análise do comportamento da demanda contratada:





Os valores anuais com cada modalidade seria de:

Horo-Sazonal Verde: R\$ 1.232.642,67

Horo-Sazonal Azul: R\$ 1.359.597,51

Abaixo temos uma tabela com os valores em reais das parcelas que compõem o custo mensal, com base na modalidade contratada e demanda contratada:

Custo verde mensal por parcela na demanda contratada:

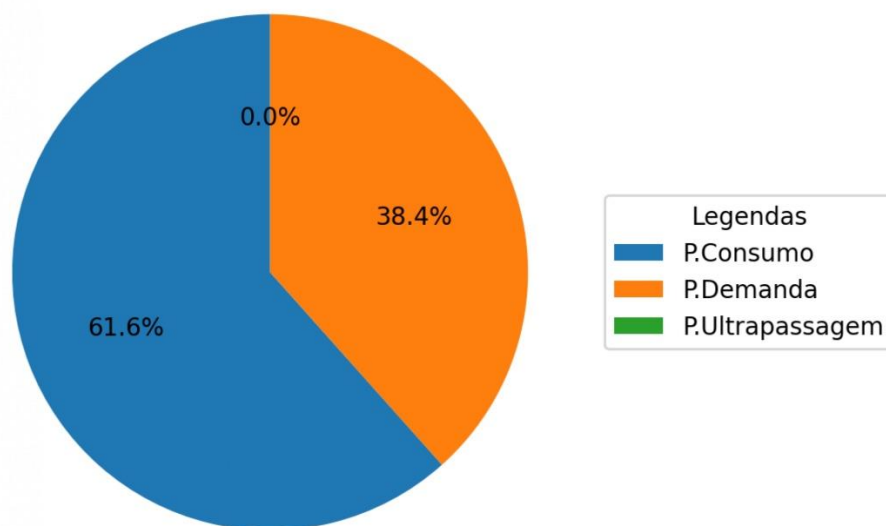
	MES_ANO	Parcela de Consumo	Parcela demanda	Parcela de Ultrapassagem	Valor Mensal
0	jan/2019	55,134.8731	48,933.6649	0	80,145.2366
1	fev/2019	68,691.7794	48,933.6649	0	93,702.1429
2	mar/2019	72,821.9369	48,933.6649	0	97,832.3004
3	abr/2019	95,675.168	48,933.6649	0	120,685.5315
4	mai/2019	99,348.7734	48,933.6649	0	124,359.1369
5	jun/2019	88,686.5891	48,933.6649	0	113,696.9526
6	jul/2019	49,136.513	48,933.6649	0	74,146.8765
7	ago/2019	86,252.7341	48,933.6649	0	111,263.0976
8	set/2019	104,416.665	48,933.6649	0	129,427.0285
9	out/2019	80,798.4056	48,933.6649	0	105,808.7691

Custo azul simulado mensal por parcela na demanda contratada:

	MES_ANO	Parcela de Consumo	Parcela demanda fora ponta	Parcela demanda ponta	Valor Mensal
0	jan/2019	29,871.6047	24,203.5776	47,355.1596	101,430.3419
1	fev/2019	35,583.9549	24,203.5776	47,355.1596	107,142.6921
2	mar/2019	37,298.1786	24,203.5776	47,355.1596	108,856.9158
3	abr/2019	48,356.9921	24,203.5776	47,355.1596	119,915.7293
4	mai/2019	51,411.7463	24,203.5776	47,355.1596	122,970.4835
5	jun/2019	47,361.8281	24,203.5776	47,355.1596	118,920.5653
6	jul/2019	27,011.8001	24,203.5776	47,355.1596	98,570.5373
7	ago/2019	44,474.6859	24,203.5776	47,355.1596	116,033.4231
8	set/2019	55,586.0401	24,203.5776	47,355.1596	127,144.7773
9	out/2019	44,048.5791	24,203.5776	47,355.1596	115,607.3163

Abaixo temos um gráfico que mostra a influência de cada parcela no custo anual, com base na modalidade contratada e demanda contratada:

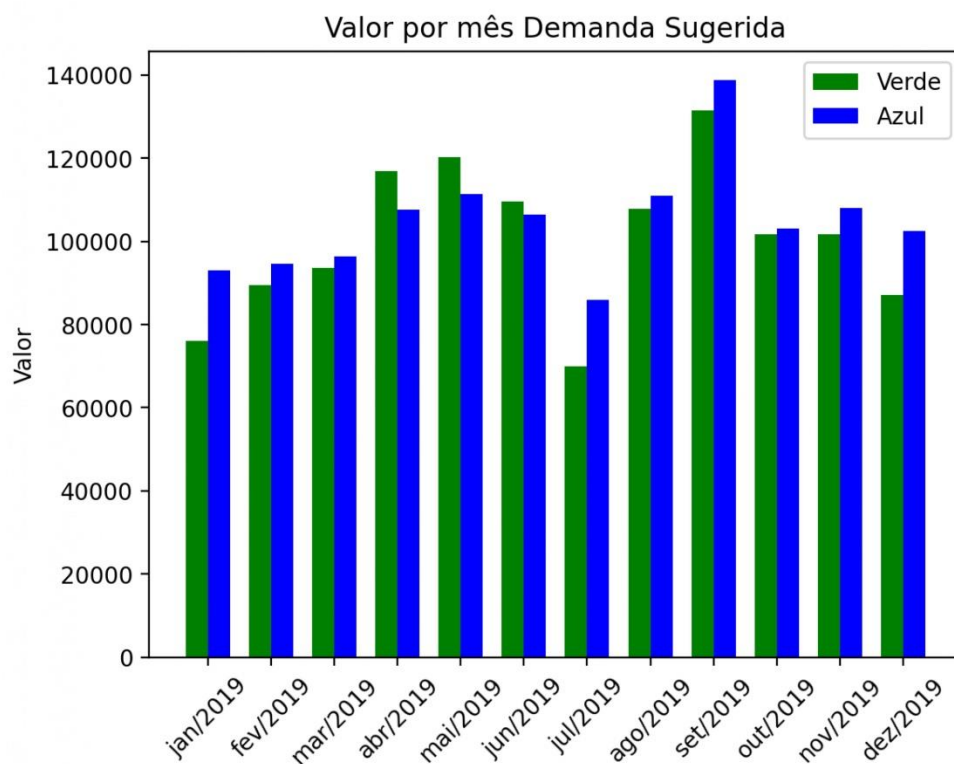
Distribuição Percentual por Parcela



Tendo em vista uma diferença de gastos anuais de R\$ 126.954,84 entre as duas modalidades, a sugestão é que seja optado pela modalidade tarifária: **Horo-Sazonal Verde**

Ainda neste sentido, com o modelo tarifário redefinido, concorda-se também a mudança de valor da demanda contratada

Nossa sugestão de demanda é **465,00 kW**



O valor gasto anualmente na modalidade escolhida com a demanda sugerida é de **R\$ 1.205.311,45**

que é uma diferença de **R\$ 27.331,22** em relação ao seu gasto anual atual

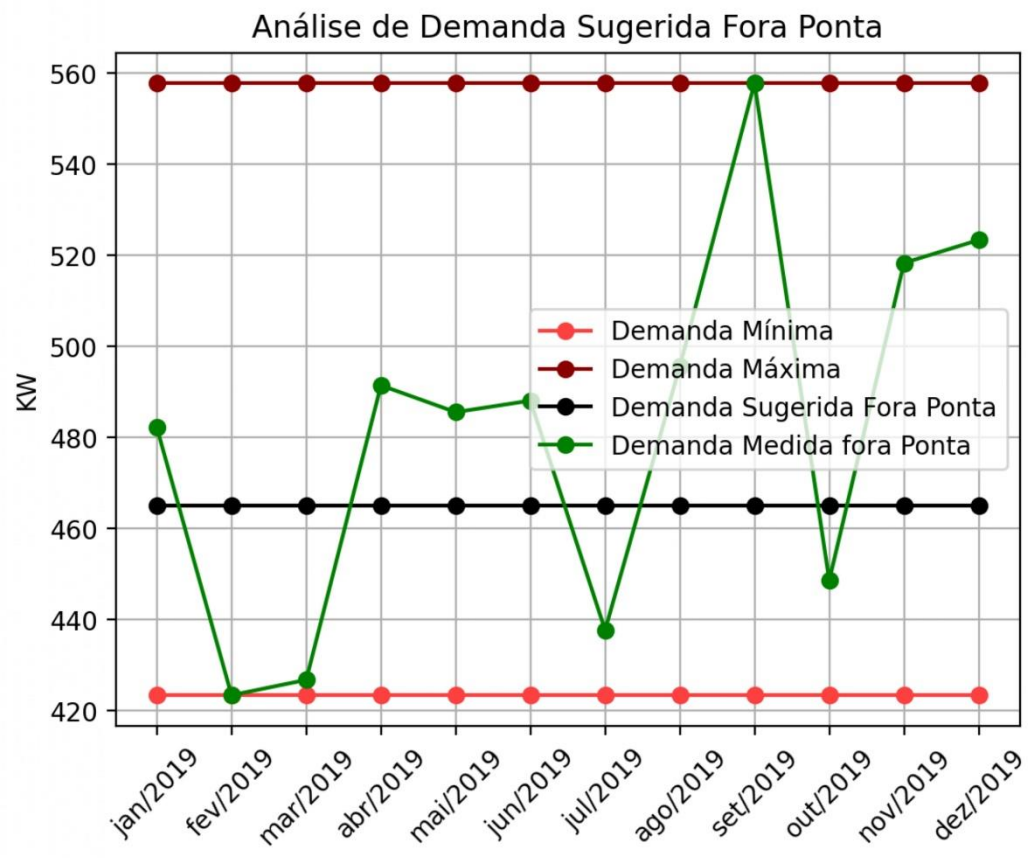
Custo mensal por parcela da demanda sugerida:

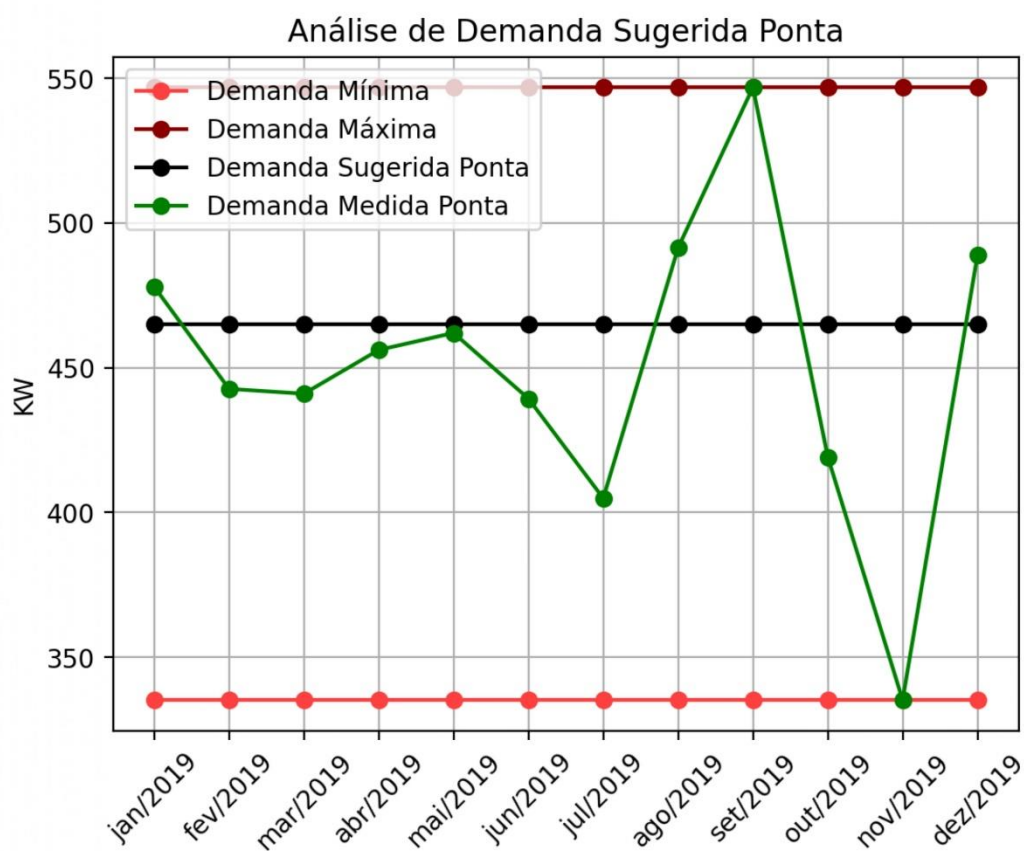
	MES_ANO	Parcela de Consumo	Parcela demanda	Parcela de Ultrapassagem	Valor Mensal
0	jan/2019	55,134.8731	20,841.9696	0	75,976.8427
1	fev/2019	68,691.7794	20,841.9696	0	89,533.749
2	mar/2019	72,821.9369	20,841.9696	0	93,663.9065
3	abr/2019	95,675.168	20,841.9696	282.3751	116,799.5126
4	mai/2019	99,348.7734	20,841.9696	0	120,190.743
5	jun/2019	88,686.5891	20,841.9696	0	109,528.5587
6	jul/2019	49,136.513	20,841.9696	0	69,978.4826
7	ago/2019	86,252.7341	20,841.9696	658.8752	107,753.5789
8	set/2019	104,416.665	20,841.9696	6,231.0766	131,489.7112
9	out/2019	80,798.4056	20,841.9696	0	101,640.3752

Custo azul simulado mensal por parcela na demanda sugerida:

	MES_ANO	Parcela de Consumo	Parcela demanda fora ponta	Parcela demanda ponta	Valor Mensal
1	fev/2019	33,383.9949	24,203.5776	47,355.1596	107,142.6921
2	mar/2019	37,298.1786	24,203.5776	47,355.1596	108,856.9158
3	abr/2019	48,356.9921	24,203.5776	47,355.1596	119,915.7293
4	mai/2019	51,411.7463	24,203.5776	47,355.1596	122,970.4835
5	jun/2019	47,361.8281	24,203.5776	47,355.1596	118,920.5653
6	jul/2019	27,011.8001	24,203.5776	47,355.1596	98,570.5373
7	ago/2019	44,474.6859	24,203.5776	47,355.1596	116,033.4231
8	set/2019	55,586.0401	24,203.5776	47,355.1596	127,144.7773
9	out/2019	44,048.5791	24,203.5776	47,355.1596	115,607.3163
10	nov/2019	46,136.108	24,203.5776	47,355.1596	117,694.8452
11	dez/2019	33,751.1426	24,203.5776	47,355.1596	105,309.8798

Abaixo os gráficos trazem uma análise do comportamento da demanda sugerida:





Caso o cliente por algum motivo ainda opte pelo modelo Hora-Sazonal Azul, nossa sugestão de demandas é de:

Ponta: **435,00 kW**

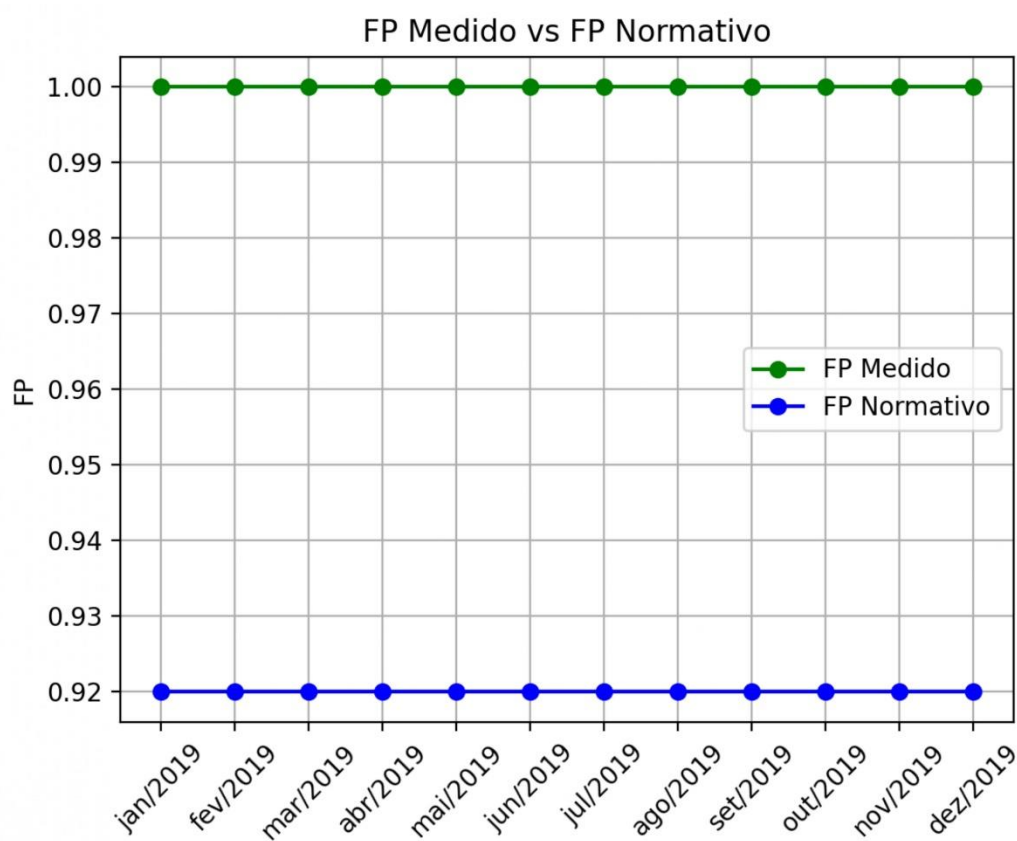
Fora Ponta: **465,00 kW**

Totalizando um valor anual de: **R\$ 1.258.393,15**

Cálculo para corrigir o fator de potência da UC

Abaixo encontra-se os valores medidos atualmente:

	MES	ANO	POTENCIA_ATIVA(W)	POTENCIA_APARENTE(VA)	POTENCIA_REATIVA(VAr)	FP
0	jan	2,019	960.12	960.12	0	1
1	fev	2,019	866.04	866.04	0	1
2	mar	2,019	867.72	867.72	0	1
3	abr	2,019	947.52	947.52	0	1
4	mai	2,019	947.52	947.52	0	1
5	jun	2,019	927.36	927.36	0	1
6	jul	2,019	842.52	842.52	0	1
7	ago	2,019	987	987	0	1
8	set	2,019	1,104.6	1,104.6	0	1
9	out	2,019	867.72	867.72	0	1



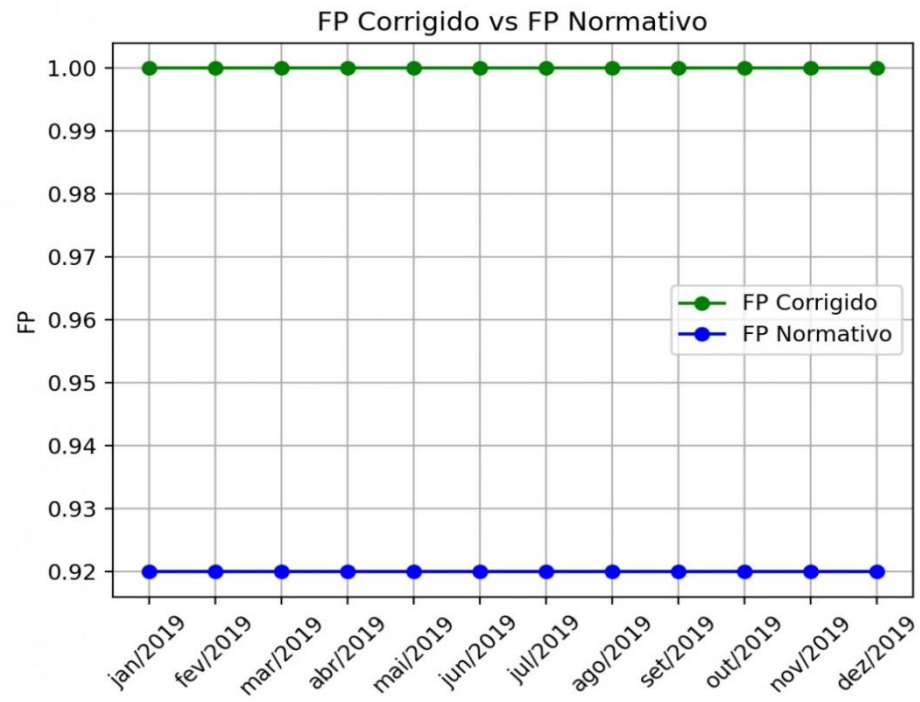
O Fator de Potência da UC: encontra-se em conformidade com as normas vigentes.

A seguir temos uma tabela com valores do novo FP e das Potências Aparente, Ativa e Reativa após a correção.

	MES	ANO	POTENCIA_APARENTE(VA)	POTENCIA_REATIVA (VAr)	BANCO_DE_CAPACITORES(VAr)	FP
1	rev	2,019	866.04	0	0	
2	mar	2,019	867.72	0	0	
3	abr	2,019	947.52	0	0	
4	mai	2,019	947.52	0	0	
5	jun	2,019	927.36	0	0	
6	jul	2,019	842.52	0	0	
7	ago	2,019	987	0	0	
8	set	2,019	1,104.6	0	0	
9	out	2,019	867.72	0	0	
10	nov	2,019	853.44	0	0	
11	dez	2,019	1,012.2	0	0	

De acordo com os cálculos realizados, o banco de capacitores ideal para a correção do sistema é: 0 KVar

A seguir temos um gráfico para representar o FP Corrigido da UC e o FP mínimo exigido pela norma.



Feito com Streamlit

ANEXO B – RELATÓRIO GERADO PELO SOFTWARE (BANCO DO BRASIL)

Relatório Completo

Sua demanda atual é

Demanda Ponta: **80,00 kW**

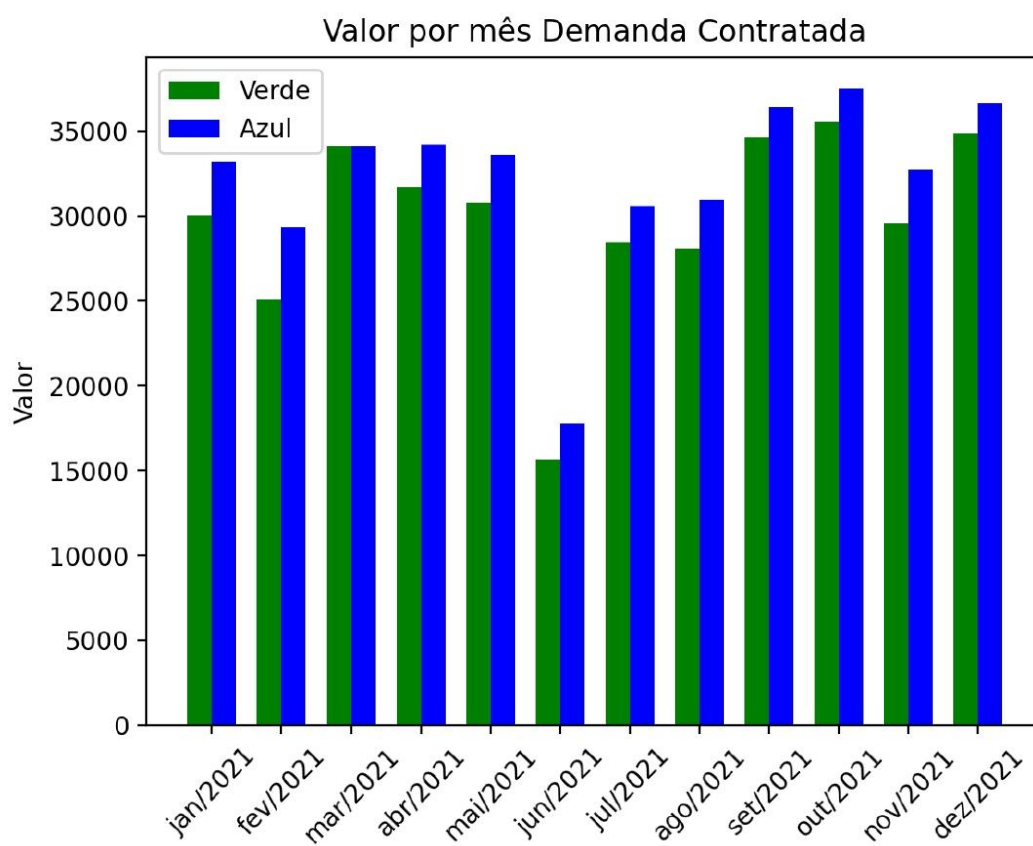
O seu modelo de tarifação atual é o **Horo-Sazonal Verde**

O seu Subgrupo A4 é o **Serviço público**

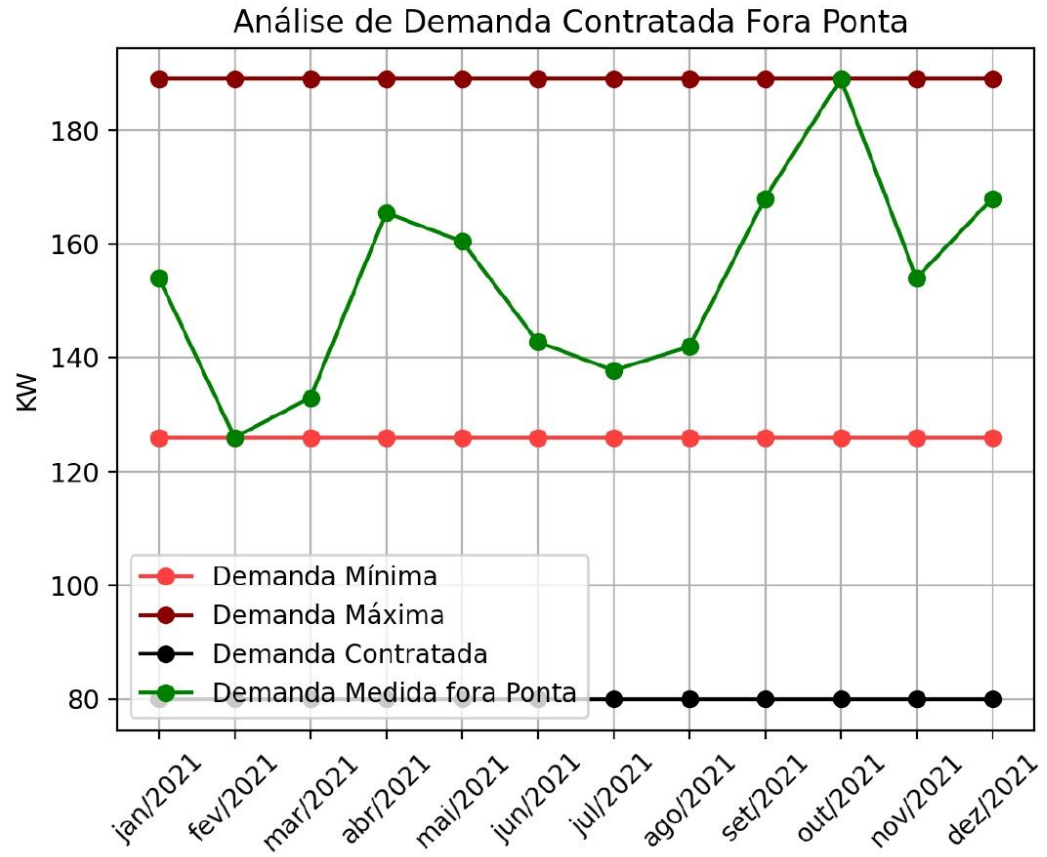
Segue resumo dos dados inseridos:

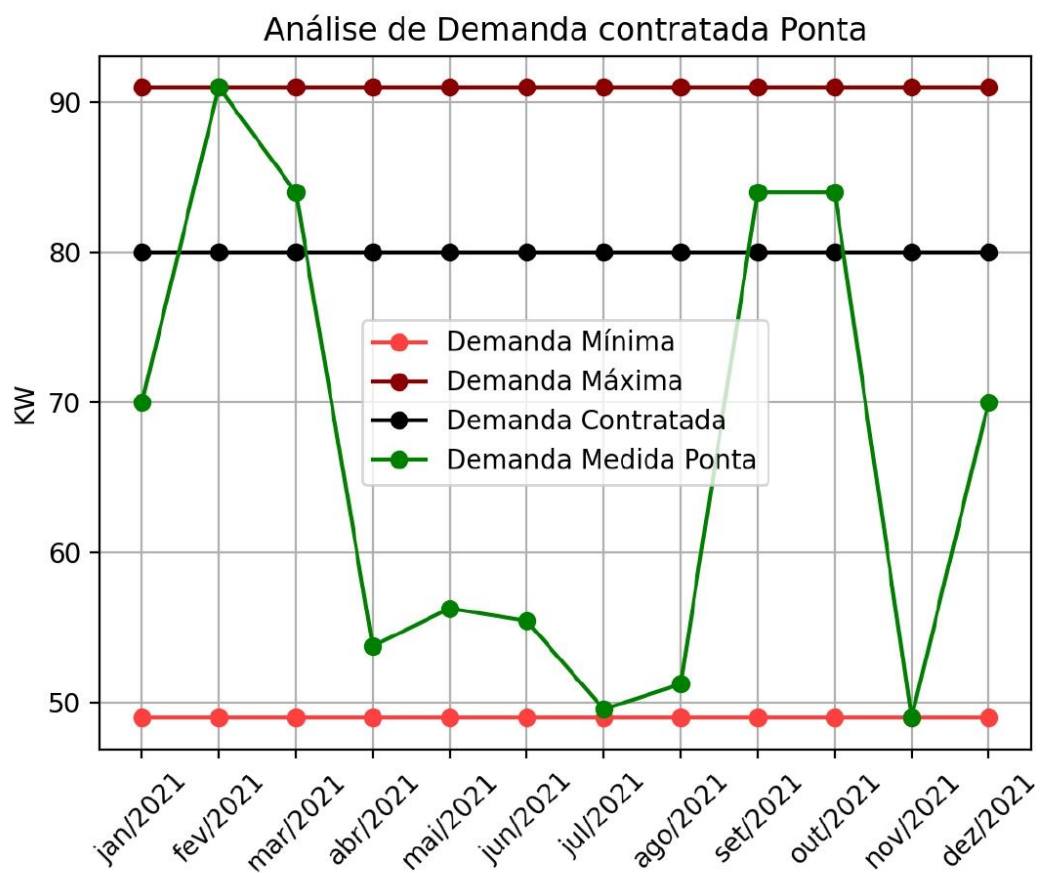
	MES	Consumo Ponta	Consumo Fora Ponta	Demanda M. Ponta	Demanda M. Fora Ponta
1	fev/2021	2,100	33,000	51	120
2	mar/2021	3,500	48,300	84	133
3	abr/2021	2,459	41,004	53.76	165.48
4	mai/2021	2,277	41,112	56.28	160.44
5	jun/2021	2,551	6	55.44	142.8
6	jul/2021	2,506	38,481	49.56	137.76
7	ago/2021	2,195	38,728	51.24	141.96
8	set/2021	2,800	46,200	84	168
9	out/2021	2,800	43,400	84	189
10	nov/2021	2,100	40,600	49	154
11	dez/2021	2,800	46,900	70	168

Abaixo o gráfico faz um comparativo dos gastos, mês a mês, com cada um dos modelos de tarifação:



Abaixo os gráficos trazem uma análise do comportamento da demanda contratada:





Os valores anuais com cada modalidade seria de:

Horo Sazonal Verde: R\$ 358.248,22

Horo-Sazonal Azul: R\$ 386.845,92

Abaixo temos uma tabela com os valores em reais das parcelas que compõem o custo mensal, com base na modalidade contratada e demanda contratada:

Custo verde mensal por parcela na demanda contratada:

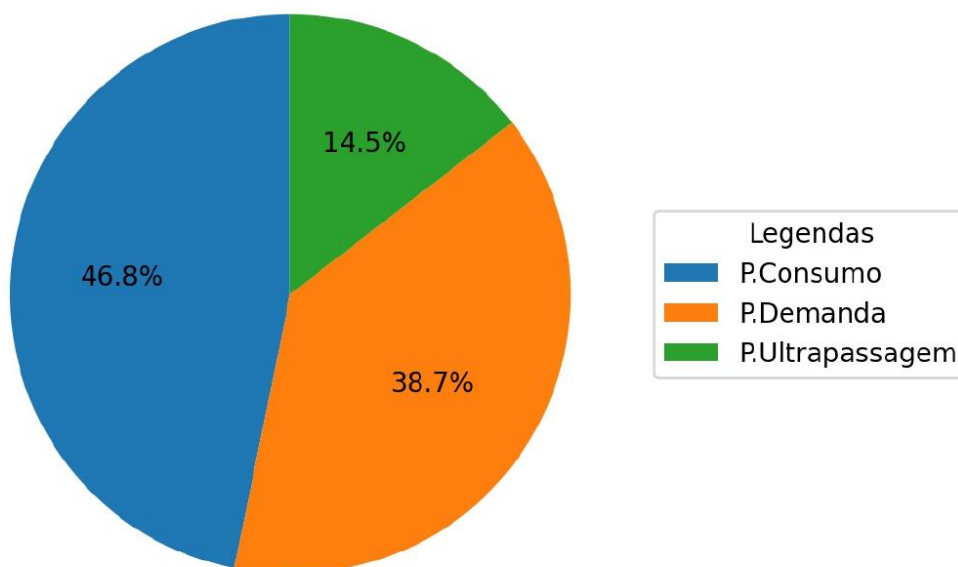
	MES_ANO	Parcela de Consumo	Parcela demanda	Parcela de Ultrapassagem	Valor Mensal
0	jan/2021	20,158.9702	16,574.3059	6,275.0016	28,630.2224
1	fev/2021	17,734.4744	16,574.3059	3,765.001	26,205.7266
2	mar/2021	26,082.3468	16,574.3059	4,392.5011	34,553.5989
3	abr/2021	20,773.3831	16,574.3059	7,304.1019	29,244.6352
4	mai/2021	20,324.4166	16,574.3059	6,852.3017	28,795.6688
5	jun/2021	6,819.3165	16,574.3059	5,271.0013	15,290.5687
6	jul/2021	20,025.1273	16,574.3059	4,819.2012	28,496.3795
7	ago/2021	19,279.5676	16,574.3059	5,195.7013	27,750.8198
8	set/2021	23,484.3328	16,574.3059	7,530.0019	31,955.585
9	out/2021	22,514.5345	16,574.3059	9,412.5024	30,985.7867

Custo azul simulado mensal por parcela na demanda contratada:

	MES_ANO	Parcela de Consumo	Parcela demanda fora ponta	Parcela demanda ponta	Valor Mensal
0	jan/2021	15,684.269	10,481.8464	7,015.5792	33,181.6946
1	fev/2021	13,259.7732	7,723.3939	8,364.7444	29,347.9115
2	mar/2021	18,624.5113	8,413.007	7,015.5792	34,053.0976
3	abr/2021	15,533.721	11,612.8119	7,015.5792	34,162.1121
4	mai/2021	15,472.562	11,116.2905	7,015.5792	33,604.4317
5	jun/2021	1,383.6199	9,378.4654	7,015.5792	17,777.6645
6	jul/2021	14,685.3172	8,881.944	7,015.5792	30,582.8403
7	ago/2021	14,602.4394	9,295.7118	7,015.5792	30,913.7304
8	set/2021	17,518.0645	11,861.0726	7,015.5792	36,394.7163
9	out/2021	16,548.2662	13,929.912	7,015.5792	37,493.7574

Abaixo temos um gráfico que mostra a influência de cada parcela no custo anual, com base na modalidade contratada e demanda contratada:

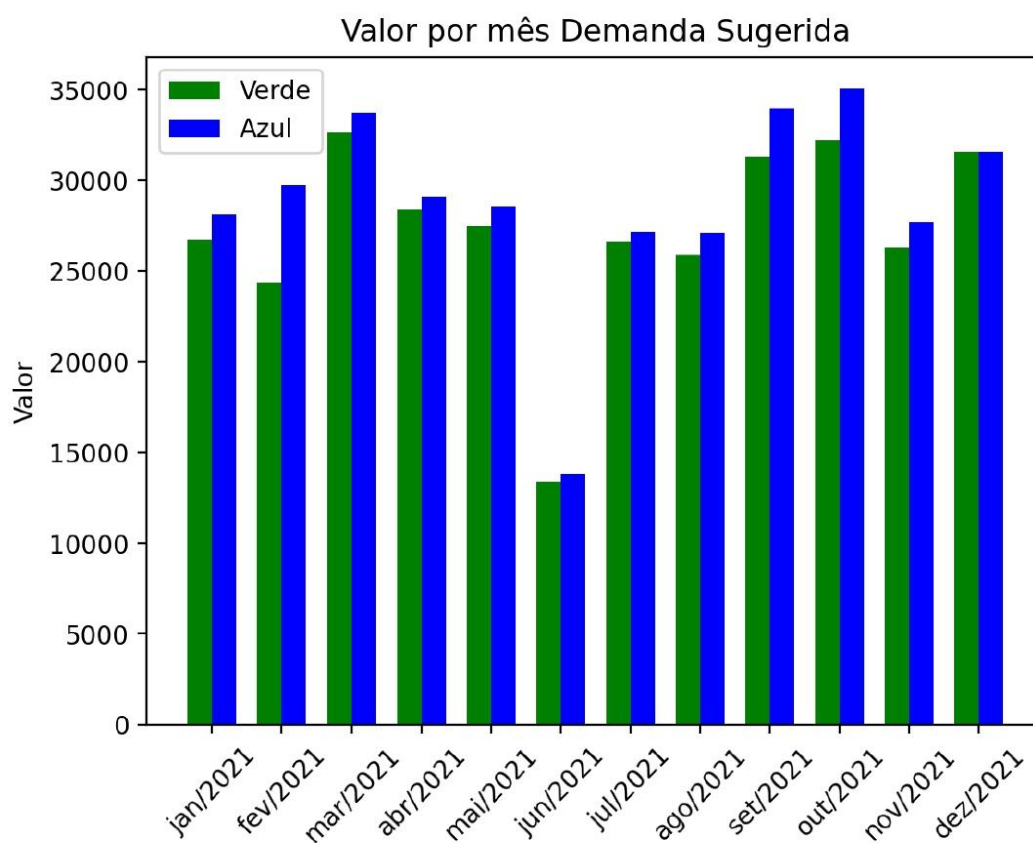
Distribuição Percentual por Parcela



Tendo em vista uma diferença de gastos anuais de **R\$ 28.597,69** entre as duas modalidades, a sugestão é que seja optado pela modalidade tarifaria: **Horo-Sazonal Verde**

Ainda neste sentido, com o modelo tarifario redefinido, concorda-se também a mudança de valor da demanda contratada

Nossa sugestão de demanda é **147,00 kW**



O valor gasto anualmente na modalidade escolhida com a demanda sugerida é de **R\$ 326.759,37**

que é uma diferença de **R\$ 31.488,85** em relação ao seu gasto anual atual

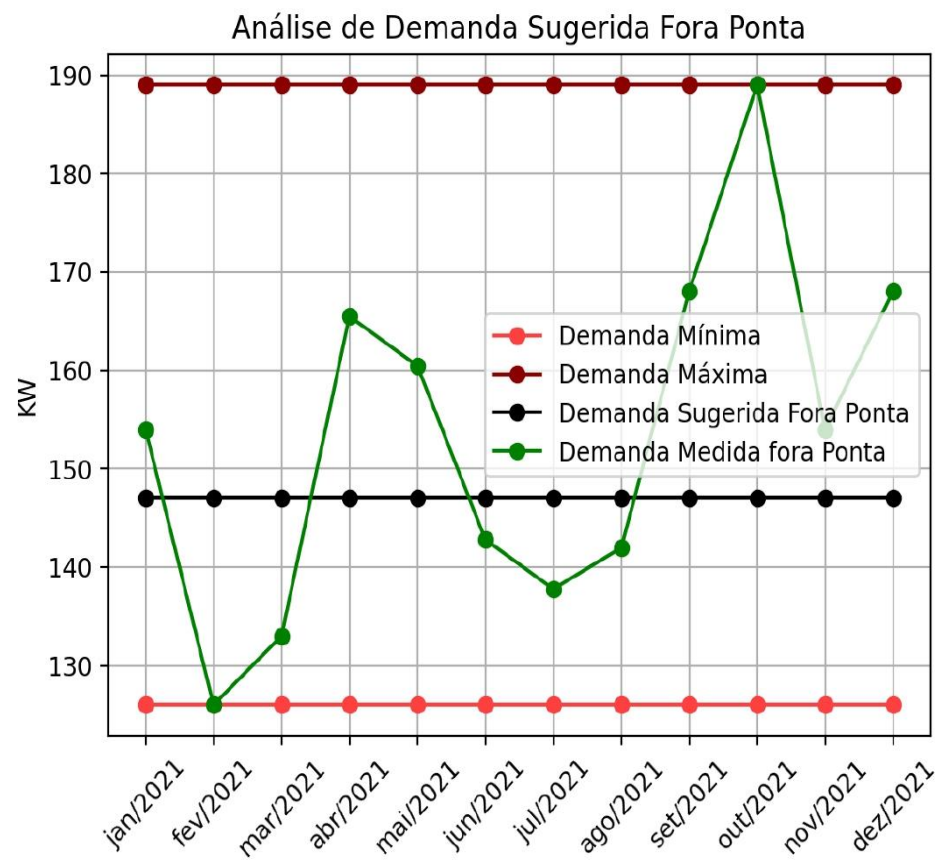
Custo mensal por parcela da demanda sugerida:

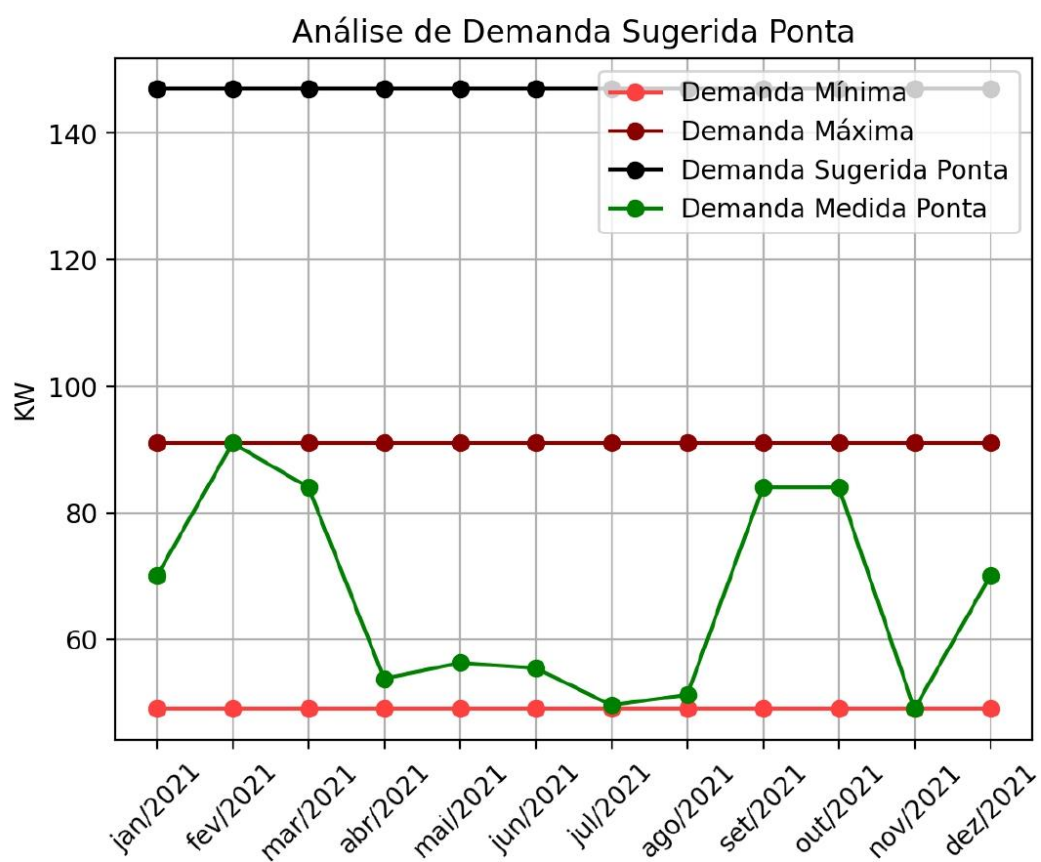
	MES_ANO	Parcela de Consumo	Parcela demanda	Parcela de Ultrapassagem	Valor Mensal
0	jan/2021	20,158.9702	6,588.7517	0	26,747.7219
1	fev/2021	17,734.4744	6,588.7517	0	24,323.2261
2	mar/2021	26,082.3468	6,588.7517	0	32,671.0984
3	abr/2021	20,773.3831	6,588.7517	997.7253	28,359.86
4	mai/2021	20,324.4166	6,588.7517	545.9251	27,459.0935
5	jun/2021	6,819.3165	6,588.7517	0	13,408.0682
6	jul/2021	20,025.1273	6,588.7517	0	26,613.879
7	ago/2021	19,279.5676	6,588.7517	0	25,868.3193
8	set/2021	23,484.3328	6,588.7517	1,223.6253	31,296.7098
9	out/2021	22,514.5345	6,588.7517	3,106.1258	32,209.412

Custo azul simulado mensal por parcela na demanda sugerida:

	MES_ANO	Parcela de Consumo	Parcela demanda fora ponta	Parcela demanda ponta	Valor Mensal
0	jan/2021	15,684.269	10,481.8464	7,015.5792	33,181.6946
1	fev/2021	13,259.7732	7,723.3939	8,364.7444	29,347.9115
2	mar/2021	18,624.5113	8,413.007	7,015.5792	34,053.0976
3	abr/2021	15,533.721	11,612.8119	7,015.5792	34,162.1121
4	mai/2021	15,472.562	11,116.2905	7,015.5792	33,604.4317
5	jun/2021	1,383.6199	9,378.4654	7,015.5792	17,777.6645
6	jul/2021	14,685.3172	8,881.944	7,015.5792	30,582.8403
7	ago/2021	14,602.4394	9,295.7118	7,015.5792	30,913.7304
8	set/2021	17,518.0645	11,861.0726	7,015.5792	36,394.7163
9	out/2021	16,548.2662	13,929.912	7,015.5792	37,493.7574

Abaixo os gráficos trazem uma análise do comportamento da demanda sugerida:





Caso o cliente por algum motivo ainda opte pelo modelo Hora-Sazonal Azul, nossa sugestão de demandas é de:

Ponta: **67,00 kW**

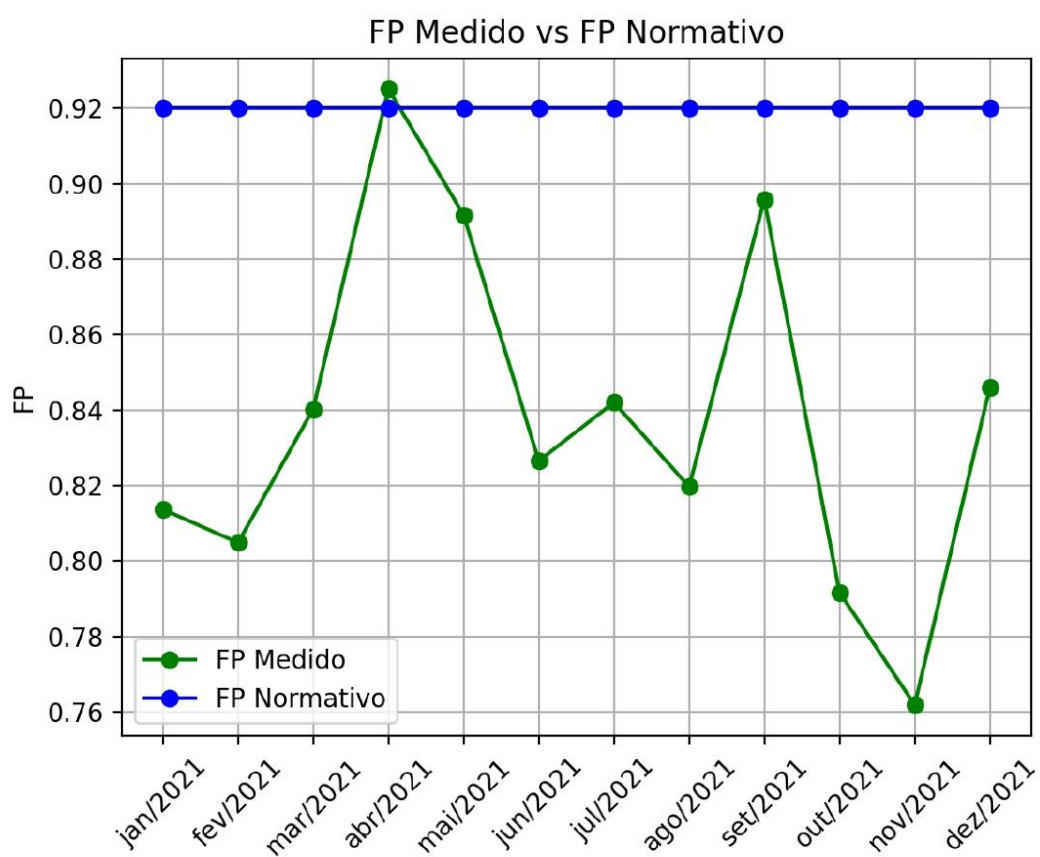
Fora Ponta: **147,00 kW**

Totalizando um valor anual de: **R\$ 345.516,20**

Cálculo para corrigir o fator de potência da UC

Abaixo encontra-se os valores medidos atualmente:

	MES	ANO	POTENCIA_ATIVA(W)	POTENCIA_APARENTE(VA)	POTENCIA_REATIVA(VAr)	FP
0	jan	2,021	224	275.2744	160	0.8137
1	fev	2,021	217	269.609	160	0.8049
2	mar	2,021	217	258.2421	140	0.8403
3	abr	2,021	219.24	236.994	90	0.9251
4	mai	2,021	216.72	243.0382	110	0.8917
5	jun	2,021	198.24	239.8418	135	0.8265
6	jul	2,021	187.32	222.4607	120	0.842
7	ago	2,021	193.2	235.6931	135	0.8197
8	set	2,021	252	281.2988	125	0.8958
9	out	2,021	273	344.8223	210.65	0.7917



O Fator de Potência da UC: encontra-se em desacordo com as normas vigentes.

A seguir temos uma tabela com valores do novo FP e das Potências Aparente, Ativa e Reativa após a correção.

	MES	ANO	POTENCIA_APARENTE(VA)	POTENCIA_REATIVA (VAr)	BANCO_DE_CAPACITORES(VAr)	FP
0	jan	2,021	243.4783	95.4236	64.5764	
1	fev	2,021	235.8696	92.4416	67.5584	
2	mar	2,021	235.8696	92.4416	47.5584	
3	abr	2,021	236.994	90	0	
4	mai	2,021	234.27	88.9655	21.0345	
5	jun	2,021	214.2935	81.3793	53.6207	
6	jul	2,021	202.4892	76.8966	43.1034	
7	ago	2,021	208.8453	79.3103	55.6897	
8	set	2,021	272.4069	103.4483	21.5517	
9	out	2,021	295.1075	112.069	98.581	

De acordo com os cálculos realizados, o banco de capacitores ideal para a correção do sistema é:

98.58103448275865 KVar

A seguir temos um gráfico para representar o FP Corrigido da UC e o FP mínimo exigido pela norma.

