

## GESTÃO DE ENERGIA EM UM CANTEIRO DE OBRAS

Adauto Fernando Muller<sup>1</sup>  
Fabiano Faller<sup>2</sup>

### RESUMO

Este artigo tem o objetivo de trazer uma análise de redução de custos no consumo de energia elétrica de um canteiro de obras em Santa Catarina. Esse canteiro possui uma cabine de medição de energia sendo ela  $t_2$  sul. Para isso foi solicitado ao setor de engenharia um cronograma de funcionamento das máquinas elétricas e uma projeção de andamento da obra. Realizou-se uma análise aprofundada, com verificação das cargas elétricas e aplicação de fórmulas necessárias para confrontar a demanda registrada com a contratada e para corrigir o fator de potência (energia reativa gerada na rede). Com isso, identificou-se que a demanda contratada não era adequada ao consumo existente, sendo viável reduzi-la. Além disso, haviam cobranças expressivas nas faturas de energia elétrica por excedente de reativos, o que indicou a necessidade de correções da energia reativa gerada pelas cargas elétricas.

**Palavras-chave:** Demanda; Energia Elétrica; Redução Custos.

### 1 INTRODUÇÃO

A energia elétrica é um dos insumos mais importantes dentro de uma empresa, pois ela está ligada diretamente à produção, através do funcionamento das máquinas elétricas, e à entrega do produto final. Sem ela a produtividade da empresa fica comprometida. Dessa forma, surge a necessidade de implementar medidas que possam colaborar com a mitigação dos gastos envolvendo energia elétrica.

Faturas de energia elétrica classificadas como industriais e que fazem parte do grupo A, possuem vários fatores que se não forem acompanhados de perto por seus consumidores, podem elevar seu custo no final do mês.

O primeiro desses fatores é a demanda contratada. Isso por que, antecipadamente, precisa-se, informar a concessionária de energia a potência, em kW, que a empresa necessita para funcionar. É importante destacar que essa demanda, antes de ser contratada, precisa ser estudada, a fim de que não seja requerido um valor muito elevado, ocasionando custos desnecessários na fatura de energia, e também que não seja um valor muito baixo, ao ponto de pagar excedente por ultrapassagem de demanda.

---

<sup>1</sup> Graduando em Engenharia Elétrica (UCEFF, 2023). E-mail: adautofernando28@gmail.com

<sup>2</sup> Engenheiro Eletricista – Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (PUCRS, 2011) - E-mail: fabiano.faller@uceff.edu.br

Outro tipo de multa aplicada a esse tipo de fatura é o excedente reativo gerado pelo baixo fator de potência devido à características das cargas. Os dispositivos que contêm bobinas, como motores de indução, reatores, transformadores, entre outros, consomem energia reativa indutiva. Além disso, equipamentos que operam com a formação de arco elétrico, como os fornos a arco, também, utilizam esse tipo de energia (Mamede Filho, 2013).

Faturamentos de consumidores do grupo A possuem, também, diferentes horários de cobrança, sendo eles ponta e fora ponta, onde o horário de ponta a energia pode ficar três vezes mais cara, quando comparada ao horário fora ponta (Resolução nº 1000, ANEEL, 2021).

Assim, surge a necessidade de estudo e acompanhamento para uma construtora do litoral de Santa Catarina, a qual é responsável pela perfuração de túneis pertencentes a construção de uma rodovia, onde os custos com energia elétrica são representativamente altos. Sendo assim questiona-se: **como implementar uma análise das cargas elétricas definindo as demandas contratadas, corrigindo o fator de potência para, dessa forma, mitigar custos na fatura de energia elétrica?**

Os objetivos específicos relacionados ao problema descrito, são: Fornecer uma solução para o funcionamento das cargas elétricas no canteiro de obra, a fim de definir valores coerentes para contratação de demanda; Apresentar uma proposta de correção da energia reativa.

Para um melhor acompanhamento do consumo de energia, é instalado um sistema de monitoramento em tempo real das variáveis de energia elétrica consumidas no canteiro de obras.

Após definição e implementação dos ajustes junto à concessionária de energia local, são realizados ajustes no canteiro de obras como a instalação dos bancos de capacitores para a correção da energia reativa. Mensalmente, apresenta-se a construtora o resultado desse gerenciamento energético do consumo de energia dentro do canteiro de obras e caso necessário, são sugeridas modificações.

## **2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

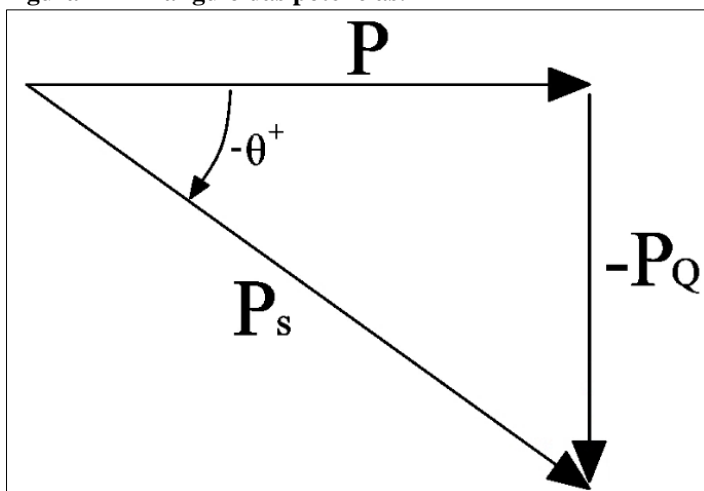
### **2.1 POTÊNCIA ELÉTRICA**

Existem três tipos de potência elétrica: aparente, ativa e reativa. A potência aparente, medida em Volt-Ampere (VA), representa a potência total fornecida a um circuito elétrico, incluindo tanto a potência real quanto a potência reativa (Mamede Filho, 2017).

Já a potência ativa, medida em Watts (W), é a parte da potência aparente que é convertida em trabalho útil. Essa é a potência que realmente é utilizada no circuito (Mamede Filho, 2017).

Por fim, a potência reativa, medida em Volt-Ampere Reativo (VAr), é a parte da potência aparente que não é convertida em trabalho útil, mas sim armazenada e liberada periodicamente pelo circuito (Markus, 2011). A Figura 1 representa vetorialmente as três potências.

**Figura 1 – Triângulo das potências.**



Fonte: Markus (2011).

Onde ( $P_s$ ) é a potência aparente, ( $P$ ) potência ativa e ( $P_q$ ) potência reativa.

### 2.1.1 Potência aparente

A potência ativa e a potência reativa formam o componente potência aparente, ou seja, a potência gerada pelas duas é considerada a potência aparente. De acordo com Markus (2011), a potência aparente de um circuito elétrico é a combinação vetorial da potência ativa e da potência reativa. Enquanto a potência ativa representa a quantidade de energia que é realmente consumida ou fornecida pelo circuito, a potência reativa representa a energia armazenada e devolvida pelo circuito.

A potência aparente é medida em volt-ampere (VA) e, para um sistema trifásico, é dada pela Equação 1.

$$P_s = \sqrt{3} \times I_L \times V_L \quad (1)$$

Onde  $P_s$  é a potência aparente,  $V_L$  é a tensão de linha eficaz medida em volts (V) e  $I_L$  é a corrente de linha eficaz medida em amperes (A).

### 2.1.2 Potência ativa

A potência ativa de uma instalação está ligada a potência real dos equipamentos elétricos. Essa energia consumida é a que realiza ou gera trabalho. A potência real é a que faz o motor da indústria funcionar, acende a iluminação, etc. Conforme Markus (2004), a potência ativa é a parte da potência elétrica que é convertida em trabalho útil e é medida em watts (W).

O cálculo da potência ativa, para um sistema trifásico, é dado pela Equação 2.

$$P = \sqrt{3} \times I_L \times V_L \times \cos(\theta) \quad (2)$$

Onde  $P$  é a potência ativa em watts (W),  $V_L$  é a tensão de linha em volts (V),  $I_L$  é a corrente de linha em amperes (A) e  $\cos(\theta)$  é o fator de potência, que representa a eficiência do circuito em converter a energia elétrica em trabalho útil.

### 2.1.3 Potência reativa

A potência reativa é necessária para o funcionamento adequado dos equipamentos elétricos, porém, não realiza trabalho útil (MARKUS, 2011). É responsável pela magnetização das bobinas dos motores, por exemplo, e muitos outros equipamentos elétricos. É importante que se mantenha o equilíbrio, pois excesso de energia reativa pode gerar problemas como o aumento de corrente nos circuitos, sobrecarga dos condutores elétricos e aumento na demanda de uma carga que é efetivamente inutilizada.

Conforme Markus (2011), o cálculo da potência reativa é definido pela Equação 3.

$$P_q = \sqrt{3} \times I_L \times V_L \times \sin(\theta) \quad (3)$$

Onde  $P_q$  é a potência reativa em VAr (volt-ampere reativo),  $V_L$  é a tensão de linha em volts (V),  $I_L$  é a corrente de linha em amperes (A) e  $\sin(\theta)$  é o fator de potência, que representa a eficiência do circuito em converter a energia elétrica em trabalho útil.

### 2.1.4 Fator de potência

O fator de potência é um parâmetro que mede a eficiência do uso da energia elétrica em um circuito e indica a proporção entre a potência ativa e a potência aparente. Em outras palavras, o fator de potência mede a eficiência com que a energia elétrica está sendo utilizada para realizar trabalho útil. Quando o fator de potência de um circuito é baixo, significa que uma grande quantidade de energia elétrica está sendo desperdiçada, já que uma porção significativa da energia elétrica está sendo convertida em potência reativa (Mamede Filho, 2013).

Isso pode resultar em perdas de energia, aumento do consumo de energia elétrica e, conseqüentemente, aumento nos custos na fatura. Por outro lado, um fator de potência alto indica que a energia elétrica está sendo utilizada de forma mais eficiente, ou seja, está sendo convertida em trabalho útil em uma proporção maior. Por isso, é importante manter o fator de potência elevado em circuitos elétricos, a fim de evitar desperdício de energia elétrica e diminuir os custos de energia (Mamede Filho, 2017).

Segundo a resolução nº1000 da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL,2021), é definido na resolução que o fator de potência mínimo é de 0,92. A, baixo desse valor a concessionária de energia pode cobrar pelo excedente reativo gerado na rede elétrica. Ambos os tipos de potência reativa afetam o fator de potência, que varia entre 0 e 1 “indutiva”, ou -1 a 1 “capacitiva”.

Segundo Mamede Filho (2017), o cálculo do fator de potência é dado pela razão entre a potência ativa ( $P_{AT}$ ) e a potência aparente ( $P_{AP}$ ) do sistema elétrico (Equação 3).

$$Fp = \frac{P_{AT}}{P_{AP}} \quad (3)$$

## 2.2 ENERGIA

A energia elétrica como produto tem como uma de unidades de medida o MWh<sup>3</sup>, o qual possibilita mensurar o seu uso. Para que ela possa chegar em seu local de destino, ou seja, na etapa de utilização, se faz necessário um grande complexo de geração, transmissão e distribuição (El Hage; Ferraz; Delgado, 2013).

---

<sup>3</sup> MWh: megawatt-hora.

A energia elétrica atende diversas classes de consumidores e cada uma delas possui uma característica de cargas elétricas voltadas ao tipo de aplicação e necessidade de utilização. Como exemplo, pode-se citar (Kagan, 2010):

- residenciais;
- comerciais, sistemas de iluminação, climatização, lojas e escritórios;
- industriais, com o predomínio de cargas indutivas, as quais estão ligadas a uma grande quantia de motores elétricos;
- rurais, mescla diversas aplicações mais voltadas ao agroindustrial;
- públicas, como iluminação e serviços voltados ao poder público.

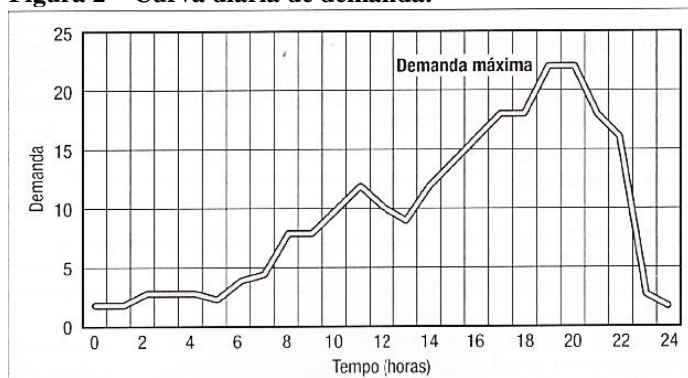
Este estudo destaca o uso industrial, com aplicação em uma indústria na utilização voltada a construção de uma rodovia.

### 2.3 DEMANDA

A demanda de uma instalação é a relação entre a carga média conectada na rede da concessionária de energia e um determinado intervalo de tempo. Entende-se por carga uma potência medida de um equipamento elétrico em funcionamento (Kagan, 2010).

De acordo com Kagan (2010), a carga instalada em uma rede elétrica pode ser medida em diferentes intervalos de tempo, como por exemplo, em períodos de 15 minutos, 30 minutos, 1 hora, 4 horas ou 24 horas. Cada intervalo de tempo tem sua própria finalidade e aplicação, sendo que a medição em intervalos menores é mais indicada para avaliar variações de curto prazo, enquanto a medição em intervalos maiores é mais útil para avaliar tendências e planejar investimentos em infraestrutura elétrica. A Figura 2 demonstra um exemplo de uma curva diária de demanda.

**Figura 2 – Curva diária de demanda.**



Fonte: Kagan (2010).

### **2.3.1 Demanda contratada**

A demanda contratada pode representar uma despesa significativa no orçamento operacional de uma instalação industrial. Por essa razão, é essencial que as empresas operem com a menor demanda contratada possível, sem afetar negativamente sua produção (Mamede Filho, 2017).

Conforme norma técnica da N-321.0001 (CELESC, 2019) se a carga instalada na unidade consumidora for superior a 75kW e a demanda de potência contratada ou estimada pelo interessado for igual ou inferior a 2.500kW, então, o fornecimento será realizado através de tensão primária de distribuição de até 25kV.

### **2.3.2 Demanda consumida**

Representa o pico máximo registrado dentro do período de 30 dias. Para um melhor aproveitamento da demanda contratada, sugere-se que seja estudado as cargas elétricas que se pretende colocar em funcionamento ou no caso de já estar em funcionamento entender melhor quais os momentos do dia o seu funcionamento, para, assim, evitar registros de demanda maiores que a definida em contrato (Mamede Filho, 2017).

Conforme a Resolução nº 1000 da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL, 2021) artigo nº 2, a demanda medida se refere à quantidade de potência ativa que a carga ou geração de um sistema elétrico de distribuição necessita ou injeta. Essa demanda é verificada por meio de medições realizadas em intervalos de 15 minutos durante o período de faturamento e é expressa em quilowatts (kW).

### **2.3.2 Demanda ultrapassada**

Na Resolução nº1000 da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL, 2021), em seu artigo 301, é estipulado que caso a demanda medida ultrapasse os valores contratados em relação ao consumo, a distribuidora deverá incluir na fatura regular uma cobrança adicional pela ultrapassagem. Esse valor adicional será cobrado a partir de 5% (cinco por cento) de ultrapassagem (tolerância).

Aplica-se a Equação 4 para o cálculo da cobrança pela demanda de energia ultrapassada por posto tarifário.

$$C_{\text{ULTRAPASSAGEM}}(p) = [\text{DAM}(p) - \text{DAC}(p)] \times 2 \times \text{VR}_{\text{DULT}}(p) \quad (4)$$

Onde  $\text{DAM}(p)$  é a demanda de potência ativa medida,  $\text{DAC}(p)$  é a demanda de potência ativa contratada,  $\text{VR}_{\text{DULT}}(p)$  é o valor de referência de ultrapassagem equivalente às tarifas de demanda aplicáveis ao subgrupo do grupo A, e  $p$  é o posto tarifário ponta ou fora de ponta para as modalidades tarifárias horárias (Resolução nº 1000, ANEEL, 2021).

## 2.4 ENERGIA ATIVA E REATIVA

Equipamentos elétricos, como motores, transformadores e fornos, exigem dois componentes de energia elétrica para funcionar: energia elétrica ativa e energia elétrica reativa. A energia elétrica ativa, medida em quilowatts-hora (kWh), é a energia elétrica que é usada para executar trabalho útil, como a rotação de um motor. A energia elétrica reativa, medida em kilovolt-ampere-hora (kVArh), é a energia elétrica que não realiza trabalho útil, mas é consumida pelos equipamentos para criar campos eletromagnéticos necessários para o funcionamento (Eletrobras, 2011).

### 2.4.1 Energia ativa

Quando a carga elétrica é formada exclusivamente por potência ativa (kW), como no uso de aquecedores elétricos ou lâmpadas incandescentes, toda a energia elétrica gerada é transmitida e distribuída pela concessionária de energia elétrica sem perdas significativas. Nesse cenário, a carga consome toda a energia elétrica ativa produzida, sem sobrar energia reativa ou excedentes, e é totalmente registrada e faturada pela concessionária, excetuando as perdas de transporte que ocorrem ao longo do caminho (Mamede Filho, 2017).

### 2.4.2 Energia reativa

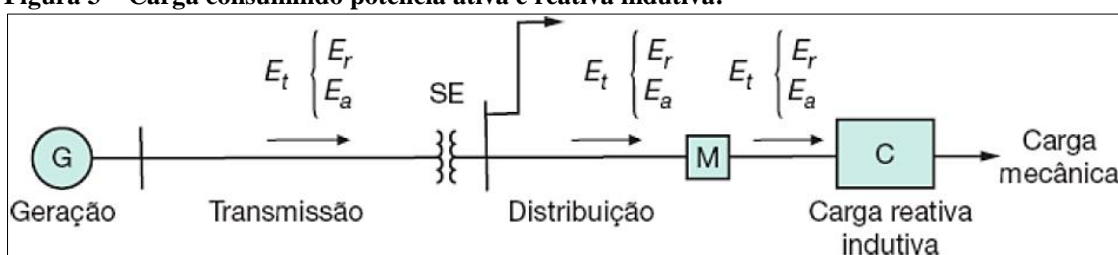
Nos circuitos elétricos com corrente alternada encontra-se duas formas de energia reativa: a energia reativa indutiva e a energia reativa capacitiva. A energia indutiva é gerada devido à presença de cargas como transformadores e motores elétricos. Já a energia reativa capacitiva é gerada devido à presença de cargas como capacitores e a própria linha de transmissão (Eletrobras, 2011).



Conforme Mamede Filho (2017), quando os dispositivos elétricos, como motores, presentes na carga requerem uma quantidade específica de energia ativa para realizar suas funções e, ao mesmo tempo, necessitam de energia reativa de magnetização para ativar seus campos indutores, o sistema de fornecimento de energia começa a transportar uma quantidade de energia reativa indutiva que não contribui para o trabalho realizado, além de sobrecarregar o sistema. Esse fenômeno é exemplificado na Figura 3.

Conforme as regulamentações, essa carga deve ser tarifada quando atinge um valor específico, determinado pelo limite do fator de potência de 0,92, seja ele indutivo ou capacitivo.

**Figura 3 – Carga consumindo potência ativa e reativa indutiva.**

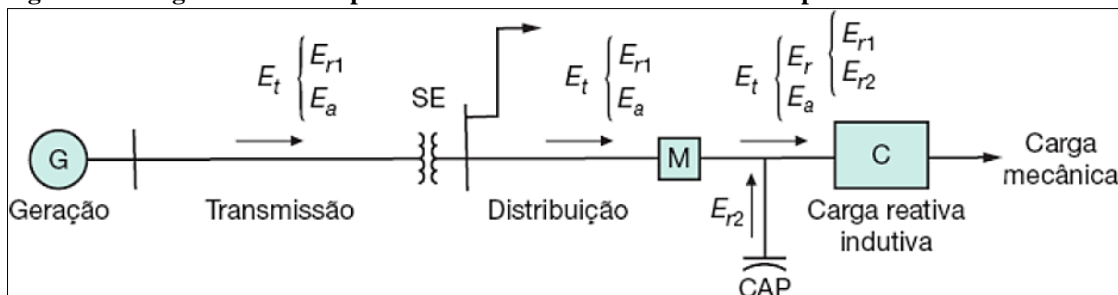


Fonte: Mamede Filho (2017).

Onde  $E_t$  é energia total,  $E_r$  energia reativa,  $E_a$  energia ativa, SE subestação de energia e M é a medição de energia.

Para evitar que a energia reativa indutiva excedente ocupe espaço nos condutores e transformadores do sistema de fornecimento, é possível conectar um banco de capacitores próximo à carga. Esse banco fornece energia capacitiva à carga, liberando o sistema de fornecimento para transportar mais energia ativa, que é responsável pela realização de trabalho e geração de riqueza. A Figura 4 demonstra um exemplo de um circuito com capacitores conectados à rede (Mamede Filho, 2017).

**Figura 4 – Carga consumindo potência ativa e reativa indutiva com capacitor conectado**

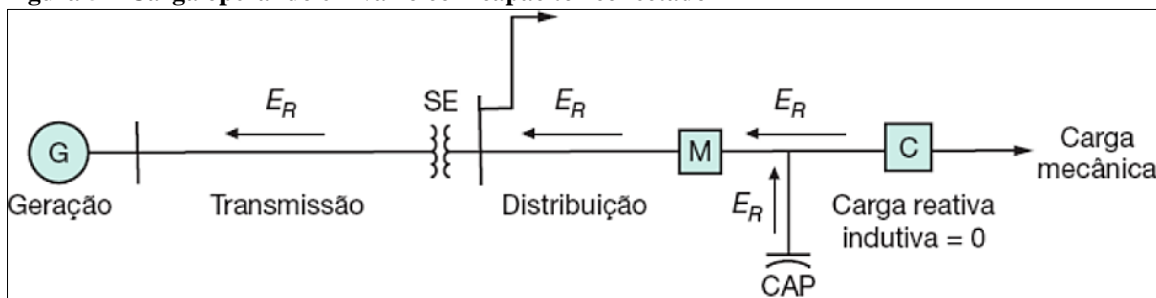


Fonte: Mamede Filho (2017).

Onde  $E_t$  é energia total,  $E_r$  energia reativa,  $E_a$  energia ativa, SE subestação de energia, M é a medição de energia e CAP é o banco de capacitores.

Se o banco de capacitores não for desligado conforme demonstra a Figura 5, mesmo quando a carga não precisa realizar trabalho e, portanto, não consome energia ativa, ele ainda fornecerá energia reativa capacitiva ao sistema de suprimento (Mamede Filho, 2017).

**Figura 5 – Carga operando em vazio com capacitor conectado**



Fonte: Mamede Filho (2017).

Onde  $E_t$  é energia total,  $E_r$  energia reativa,  $E_a$  energia ativa, SE subestação de energia, M é a medição de energia, CAP é o banco de capacitores.

## 2.6 LEGISLAÇÃO TARIFÁRIA

Nos anos 90 o setor elétrico brasileiro passou por uma mudança significativa, com o governo redefinindo seu papel e iniciando um processo de desregulamentação e privatização de empresas anteriormente controladas pelo estado. Essas mudanças foram influenciadas por tendências internacionais, como o modelo de competição introduzido no Reino Unido proporcionou a abertura do mercado de energia elétrica (Fonseca; Reis, 2012).

## 2.7 MODALIDADE TARIFÁRIA

Na década de 1980, o sistema de distribuição brasileiro criou modalidades tarifárias com base nos custos de geração, transmissão e operação. O objetivo era refletir os custos causados pelos consumidores ao sistema, com preços fixos e variáveis determinados por um problema de regressão linear, considerando a mensuração dos custos de cada consumidor (El Hage; Ferraz; Delgado, 2013).

A estrutura tarifária é dividida em dois grupos, no grupo A estão os consumidores atendidos em alta tensão, de 2,3 a 230 quilovolts (kV), no grupo B estão os consumidores

atendidos em tensão inferior a 2,3 kV. As tarifas do "grupo B" são definidas apenas pelo consumo de energia, que é medida em reais por megawatt-hora. Já o grupo A possui três modalidades tarifárias sendo elas, convencional, horária azul e horária verde (Resolução nº 1000, ANEEL, 2021).

### **2.7.1 Tarifa convencional**

A tarifa convencional é uma estrutura de preços que cobra tarifas de energia e demanda de potência, independente das horas do dia ou dos períodos do ano. Ela é composta por um valor para a demanda de potência em reais por quilowatt e outro para o consumo de energia em reais por megawatt-hora (Resolução nº 1000, ANEEL, 2021).

### **2.7.2 Tarifa horária verde**

Essa modalidade tarifária requer um contrato específico entre o consumidor e a concessionária, onde é acordada uma demanda específica, independente do horário do dia (ponta ou fora de ponta). A fatura de energia elétrica desses consumidores é composta pelo consumo (ponta e fora de ponta), pela demanda e pela ultrapassagem (ELETROBRAS, 2011).

### **2.7.2 Tarifa horária azul**

Nessa modalidade tarifária será formalizado um contrato entre o consumidor e a concessionária, no qual é acordado o valor da demanda tanto no horário de ponta (Demanda Contratada na Ponta) quanto no horário fora de ponta (Demanda Contratada Fora de Ponta). A fatura de energia elétrica para esses consumidores é calculada somando-se as parcelas de consumo, demanda e, se houver, ultrapassagem. Todas as parcelas apresentam diferenças entre as horas de pico e as horas fora de pico (Eletrobras, 2011).

## **2.8 COBRANÇA POR CONSUMO EXCEDENTE REATIVO**

O excedente reativo refere-se ao desequilíbrio entre a potência ativa e a potência reativa em um sistema elétrico, o que pode causar ineficiência e custos adicionais. A correção do fator

de potência é essencial para otimizar a utilização da energia elétrica e garantir um funcionamento eficiente da rede elétrica (Mamede Filho, 2017).

### 2.8.1 Ultrapassagem de demanda contratada

A tarifa diferenciada será usada para cobrar a parte da demanda que exceder as demandas contratadas em cada período de tempo (Mamede Filho, 2017).

Para a classificação convencional e horária verde a taxa de ultrapassagem é aplicada somente se a demanda registrada exceder a demanda contratada em mais de 5%, conforme mostra a Equação 5 (Eletrobras, 2011).

$$P_{\text{ultrapassagem}} = \text{Tarifa de Ultrapassagem} \times (\text{Demanda Medida} - \text{Demanda Contratada}) \quad (5)$$

Já na classificação horária azul será faturado taxa de maneira diferente, conforme o horário registrado (Eletrobras, 2011).

$$P_{\text{ultrapassagem}} = \text{Tarifa de Ultrapassagem na Ponta} \times (\text{Demanda Medida na Ponta} - \text{Demanda Contratada na Ponta}) + \text{Tarifa de Ultrapassagem fora de Ponta} \times (\text{Demanda Medida fora de Ponta} - \text{Demanda Contratada fora de Ponta}) \quad (6)$$

### 2.8.2 Energia reativa

Segundo a resolução nº 1000 da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL, 2021), artigo 302, para a unidade consumidora do grupo A, o fator de potência de referência, que pode ser indutivo ou capacitivo, deve respeitar um limite mínimo de 0,92 (noventa e dois décimos) no horário indutivo (05:30 as 23:30) e horário capacitivo (23:30 as 05:30).

Na tarifa convencional é cobrado energia reativa tanto no consumo (UFER) quanto na demanda (UFDR) (Eletrobras, 2011).

Nas tarifas horo-sazonal verde é cobrado energia reativa no consumo ponta e fora ponta (UFER) e também na demanda (UFDR) (Eletrobras, 2011).

Já na tarifa horo-sazonal azul é cobrado energia reativa no consumo ponta e fora ponta (UFER) e também na demanda na ponta e fora ponta (UFDR) (Eletrobras, 2011).

### 3 MATERIAIS E MÉTODOS

Nesse capítulo, apresentam-se as fases necessárias para a execução desta pesquisa, materializando os desfechos com base nos tópicos abordados:

- Análise preliminar da fatura de energia atual;
- Criação de um cronograma da previsão de funcionamento das cargas elétricas;
- Estudo dos novos valores de demanda a serem contratados;
- Análise dos bancos de correção do fator de potência;
- Instalação do sistema de monitoramento Gestal.

#### 3.1 FATURA DE ENERGIA

O documento conhecido como Fatura de Energia Elétrica, contém todas as informações cadastrais referentes à unidade consumidora. Mensalmente, a concessionária de energia elétrica fornece ao cliente os dados de consumo registrados na sua unidade, juntamente com detalhes sobre as taxas de serviços prestados pela empresa e os valores dos impostos, e suas alíquotas, que serão cobrados.

Baseado nas informações da fatura de energia do canteiro de obras T<sub>2</sub> sul (túnel 2 sul) fez-se uma análise da demanda contratada conforme a quantidade de cargas instaladas no canteiro de obra com o intuito de ajustar a demanda próximo da utilização das cargas. Também foi analisado valores excedentes decorrentes do baixo fator de potência.

#### 3.2 CRONOGRAMA DE FUNCIONAMENTO DOS EQUIPAMENTOS

Com o intuito de prever uma demanda futura de energia elétrica foi elaborado com o auxílio e informações repassadas pela empresa, um cronograma com uma previsão de funcionamento dos equipamentos elétricos. Dessa forma, foi possível visualizar em um horizonte temporal a distribuição e o uso dos equipamentos. Essa análise é valiosa para entender como vai se comportar a demanda de energia elétrica em cada mês.

Para elaborar esse cronograma, empresa estudada passou a potência estimada de cada equipamento e um tempo estimado de funcionamento e, baseado nessas informações, foi possível chegar em um valor de potência para o contrato de demanda.

### 3.3 DEFINIÇÃO E LOCAÇÃO DOS BANCOS DE CAPACITORES

Para corrigir a energia reativa indutiva foi fornecido à empresa, em forma de comodato, bancos de capacitores, os quais foram instalados nas subestações e, também, junto as cargas elétricas maiores dentro do canteiro de obras.

Devido ao fato de o canteiro de obras possuir uma característica de ambiente bem agressivo, no sentido de bastante poeira e outras intempéries encontradas nesse local, que normalmente podem danificar com facilidade os equipamentos eletrônicos, a sua construção é tecnicamente simples e objetiva, não possuindo um controlador de fator de potência.

Os bancos de capacitores possuem uma programação simples de funcionamento a qual é acionada por um controlador horário e tem sua programação definida para entrar em funcionamento somente no horário considerado indutivo que inicia as 05:30 da manhã e vai até as 23:30 da noite, definido pela concessionária de energia local Celesc.

Outro motivo pelo qual se torna inviável o uso de controlador de fator de potência nos bancos de capacitores é que não possui somente um quadro geral de baixa tensão e sim diversos painéis distribuídos pelo canteiro de obras, o que acaba tornando mais oneroso instalar diversos controladores em cada transformador.

Não são todos os transformadores que possuem bancos de capacitores ligados as suas cargas. Dessa forma, os demais transformadores do canteiro serão corrigidos pelos que possuem os bancos de capacitores, levando em consideração que a medição de energia da concessionária é uma só.

### 3.4 SISTEMA DE MONITORAMENTO ONLINE SMART GATE M

Como forma de garantir uma boa gestão do consumo de energia elétrica e mitigar os custos com excedentes de energia reativa geradas e demandas ultrapassadas, será instalado no canteiro de obras um sistema de monitoramento em tempo real do consumo de energia elétrica em formato comodato, onde é possível acompanhar diariamente o consumo de energia.

O Smart Gate M é um concentrador de dados que é conectado ao medidor da concessionária de energia elétrica através de um acoplador ótico e uma porta de comunicação RS485. O sistema é capaz de fornecer supervisão local e remota em tempo real, além de relatórios e análises de fatura e acompanhamento de resultados, podendo ser integrado diretamente ao sistema de controle de energia (demanda, consumo e fator de potência).

A comunicação e transmissão dos dados pode ser feita de três formas, sendo elas: comunicação serial local, modem de celular e porta ethernet. A forma mais viável para a aplicação nesse caso foi via modem de celular.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para fornecer uma solução de redução de custos com a energia elétrica, inicialmente foi solicitado uma fatura de energia elétrica para que se pudesse analisar detalhadamente o cenário atual, quais contratos de energia estavam em andamento e se havia algum tipo de multa sendo cobrada atualmente.

### 4.1 ANÁLISE PRELIMINAR DA FATURA DE ENERGIA ELÉTRICA

A Figura 6 demonstra uma fatura de energia do mês de setembro de 2022. No passado é possível identificar alguns alterações como, demanda contratada muito superior à demanda registrada, e, também, um valor considerável de excedente por energia reativa excedente no horário de ponta e fora de ponta.

Figura 6 – Fatura de energia elétrica setembro 2022

Celesc Distribuição S.A. Av Itamarati, 160 - Florianópolis CNPJ: 08.336.783/0001-90 Insc.Est.: 255266626		NOTA FISCAL/CONTA DE ENERGIA ELÉTRICA - SÉRIE ÚNICA GRUPO A4 09/2022 -																																																																									
COD FISCAL OP: 01/09/2022		EMISSÃO: 01/09/2022																																																																									
APRESENTAÇÃO: 19/09/2022		REFERÊNCIA: 09/2022																																																																									
RESERVADO AO FISCO PERÍODO FISCAL: 01/09/2022 <b>8F56.55CE.9D2A.5FF5.C0AE.A2D7.9622.65DA</b>		<b>Nº DA UNIDADE CONSUMIDORA</b>  <b>VENCIMENTO 15/10/2022</b> <b>CONSUMO TOTAL FATURADO 128.716 kWh</b> <b>VALOR ATÉ O VENCIMENTO R\$ 98.158,78</b>																																																																									
<b>DADOS DA UNIDADE CONSUMIDORA / FATURAMENTO / FORNECIMENTO</b> INDUSTRIAL / MOD TARIFARIA HORARIA VERDE / TRIFASICO CONTRATO DE FORNECIMENTO PERÍODO: TODOS <b>DEMANDA PONTA (kW): 1100</b> CONSUMO PONTA (kWh): <b>DEMANDA FORA PONTA (kW): 0</b> CONSUMO FORA PONTA (kWh): RESERVA CAP.F. PONTA (kW): RESERVA CAP. PONTA (kW):		<b>Dados do Faturamento</b> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Faturado</th> <th>Tarifa (R\$)</th> <th>Valor (R\$)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Consumo Ponta</td> <td>11.505</td> <td>1,595678</td> <td>18.358,27</td> </tr> <tr> <td>Consumo Fora Ponta</td> <td>117.211</td> <td>0,464160</td> <td>54.404,68</td> </tr> <tr> <td>Energia Reat Exc P</td> <td>2.452</td> <td>0,356024</td> <td>872,97</td> </tr> <tr> <td>Energia Reat Exc Fp</td> <td>18.458</td> <td>0,356030</td> <td>6.571,60</td> </tr> <tr> <td>Demanda</td> <td>414</td> <td>17,902823</td> <td>7.418,93</td> </tr> <tr> <td>Demanda Isenta Icms</td> <td>686</td> <td>14,859393</td> <td>10.187,60</td> </tr> <tr> <td><b>Subtotal (R\$)</b></td> <td></td> <td></td> <td><b>97.814,05</b></td> </tr> </tbody> </table>			Faturado	Tarifa (R\$)	Valor (R\$)	Consumo Ponta	11.505	1,595678	18.358,27	Consumo Fora Ponta	117.211	0,464160	54.404,68	Energia Reat Exc P	2.452	0,356024	872,97	Energia Reat Exc Fp	18.458	0,356030	6.571,60	Demanda	414	17,902823	7.418,93	Demanda Isenta Icms	686	14,859393	10.187,60	<b>Subtotal (R\$)</b>			<b>97.814,05</b>																																								
	Faturado	Tarifa (R\$)	Valor (R\$)																																																																								
Consumo Ponta	11.505	1,595678	18.358,27																																																																								
Consumo Fora Ponta	117.211	0,464160	54.404,68																																																																								
Energia Reat Exc P	2.452	0,356024	872,97																																																																								
Energia Reat Exc Fp	18.458	0,356030	6.571,60																																																																								
Demanda	414	17,902823	7.418,93																																																																								
Demanda Isenta Icms	686	14,859393	10.187,60																																																																								
<b>Subtotal (R\$)</b>			<b>97.814,05</b>																																																																								
<b>DADOS DA MEDIÇÃO - CONSUMO REGISTRADO NO MÊS</b> <table border="1"> <thead> <tr> <th>EQUIPAMENTO</th> <th>LEITURA ATUAL</th> <th>LEITURA ANTERIOR</th> <th>GRANDEZA</th> <th>CONSTANTE DE FATURAMENTO</th> <th>MEDIDO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>CNP</td> <td>125004</td> <td>104459</td> <td>kWh PT</td> <td>0,5600</td> <td>11505,00</td> </tr> <tr> <td>CNF</td> <td>1123558</td> <td>914252</td> <td>kWh FP</td> <td>0,5600</td> <td>117211,00</td> </tr> <tr> <td>DNP</td> <td>168</td> <td>170</td> <td>kW PT</td> <td>2,2400</td> <td>376,32</td> </tr> <tr> <td>DNF</td> <td>185</td> <td>185</td> <td>kW FP</td> <td>2,2400</td> <td>414,40</td> </tr> <tr> <td>DEP</td> <td>1171</td> <td>1003</td> <td>kW PT</td> <td>2,2400</td> <td>376,32</td> </tr> <tr> <td>DFF</td> <td>1243</td> <td>1058</td> <td>kW FP</td> <td>2,2400</td> <td>414,40</td> </tr> <tr> <td>UFO</td> <td>29724</td> <td>25344</td> <td>kWh PT</td> <td>0,5600</td> <td>2452,00</td> </tr> <tr> <td>UFF</td> <td>214219</td> <td>181258</td> <td>kWh FP</td> <td>0,5600</td> <td>18458,00</td> </tr> <tr> <td>DMP</td> <td>4833</td> <td>4163</td> <td>kW PT</td> <td>0,5600</td> <td>375,20</td> </tr> <tr> <td>DMF</td> <td>5076</td> <td>4335</td> <td>kW FP</td> <td>0,5600</td> <td>414,96</td> </tr> <tr> <td>ERA</td> <td>1138773</td> <td>942285</td> <td>kVArh TP</td> <td>0,5600</td> <td>110033,00</td> </tr> </tbody> </table>		EQUIPAMENTO	LEITURA ATUAL	LEITURA ANTERIOR	GRANDEZA	CONSTANTE DE FATURAMENTO	MEDIDO	CNP	125004	104459	kWh PT	0,5600	11505,00	CNF	1123558	914252	kWh FP	0,5600	117211,00	DNP	168	170	kW PT	2,2400	376,32	DNF	185	185	kW FP	2,2400	414,40	DEP	1171	1003	kW PT	2,2400	376,32	DFF	1243	1058	kW FP	2,2400	414,40	UFO	29724	25344	kWh PT	0,5600	2452,00	UFF	214219	181258	kWh FP	0,5600	18458,00	DMP	4833	4163	kW PT	0,5600	375,20	DMF	5076	4335	kW FP	0,5600	414,96	ERA	1138773	942285	kVArh TP	0,5600	110033,00	<b>Subtotal (R\$)</b> Lançamentos e Serviços Cosip 270,40 Forrec. Pulsos de Pot. e Sincro. 74,33 <b>Subtotal (R\$) 344,73</b>	
EQUIPAMENTO	LEITURA ATUAL	LEITURA ANTERIOR	GRANDEZA	CONSTANTE DE FATURAMENTO	MEDIDO																																																																						
CNP	125004	104459	kWh PT	0,5600	11505,00																																																																						
CNF	1123558	914252	kWh FP	0,5600	117211,00																																																																						
DNP	168	170	kW PT	2,2400	376,32																																																																						
DNF	185	185	kW FP	2,2400	414,40																																																																						
DEP	1171	1003	kW PT	2,2400	376,32																																																																						
DFF	1243	1058	kW FP	2,2400	414,40																																																																						
UFO	29724	25344	kWh PT	0,5600	2452,00																																																																						
UFF	214219	181258	kWh FP	0,5600	18458,00																																																																						
DMP	4833	4163	kW PT	0,5600	375,20																																																																						
DMF	5076	4335	kW FP	0,5600	414,96																																																																						
ERA	1138773	942285	kVArh TP	0,5600	110033,00																																																																						
DATA DA LEITURA ATUAL: 31/08/2022 PERDAS DE TRANSFORMAÇÕES (%): 0,00 DATA DA LEITURA ANTERIOR: 31/07/2022 <b>FATOR DE POTÊNCIA: 0,76</b>																																																																											

Fonte: Fatura de Energia Elétrica Consumidor.

Diante dos problemas identificados, um dos que mais se destacou foi a demanda contratada, a qual possui um potencial representativo de economia devido ao valor contratado estar 60% superior ao que de fato está sendo usado.

O segundo ponto que se destacou e possui grande potencial de redução de custo foi o consumo de energia reativa excedente, que só no mês de setembro de 2022 gerou um quantitativo de 20.910 kVArh e que representou cobrança por excedente reativo de R\$7.444,57 reais na fatura de energia elétrica do mês de referência.

#### 4.2 ELABORAÇÃO DE UM CRONOGRAMA DE FUNCIONAMENTO DAS CARGAS

A primeira mudança implementada foi recalcular, através das informações repassadas pela equipe de operação e engenharia da obra, um novo contrato de demanda no qual pudesse chegar o mais próximo possível da potência, em kW a ser utilizada no canteiro de obras. Na Tabela 1 expõe-se uma lista de cargas com suas respectivas potências e valores referente à atuação das cargas em cada mês, num horizonte de 10 meses.

**Tabela 1 – Cronograma de atuação das cargas**

ATUAÇÃO DAS CARGAS											
ESTRUTURA	Potência Instalada (kW)	set/22	out/22	nov/22	dez/22	jan/23	fev/23	mar/23	abr/23	mai/23	jun/23
<b>EMBOQUE</b>	<b>700,20</b>										
Jumbo Sandvik Tamrock (3 Lanças)	205,00	1,00	1,00	1,00							
Jumbo Sandvik Tamrock (2 Lanças)	140,00						1,00	1,00			
Compressor	150,00	1,00	1,00	0,50	2,00	2,00	2,00	2,00	1,00	1,00	
Ventilador	55,20	2,00	2,00	2,00	1,00	1,00	1,00	1,00			
Bomba concreto	20,00	1,00	1,00	1,00	2,00	2,00	2,00	2,00	1,00	1,00	
Robô para concreto projetado	130,00	1,00	1,00	1,00							
<b>CANTEIRO</b>	<b>150,00</b>										
Serv. Auxiliares	150,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
<b>TOTAL</b>	<b>850,20</b>	<b>7</b>	<b>7</b>	<b>7</b>	<b>6</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>7</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>1</b>

Fonte: Dados de pesquisa (2022).

Na Tabela 2 expõe-se a potência que cada carga representa, em kW, e o somatório que resulta na demanda total de cada mês. Aplica-se a essa potência total um fator de demanda que representa um tempo de utilização dessas cargas dentro do período de 30 dias. Por fim, foi considerado uma margem de tolerância de 5% de ultrapassagem, o que é permitido segundo



Resolução Normativa nº 1000 (ANEEL, 2021) sem que seja cobrado demanda excedente sobre essa ultrapassagem.

Após, efetuou-se os cálculos e chegou-se em um valor mês a mês da demanda ideal a ser contratada sem que haja valores excedente por ultrapassagens e, também, que não seja contratado um valor muito acima do necessário.

Como a obra está se encaminhando para a conclusão, a curva de consumo, conforme estimado na Tabela 2, tende a diminuir no decorrer dos meses e, nesse caso, foi necessário definir através de cálculos qual a melhor demanda a ser contratada nesse período. O valor ideal é de 164kW e com a tolerância dos 5% pode-se chegar a 172,2kW. Inicialmente, o novo valor contratado irá gerar excedentes por ultrapassagem de demanda nos primeiros meses, porém, nos meses subsequentes a previsão é que a demanda diminua e, dessa forma, os custos com a demanda contratada não utilizada não serão tão altos.

**Tabela 2 – Cronograma da previsão de demanda energética**

DEMANDA ENERGÉTICA											
ESTRUTURA	Potência Instalada (kW)	set/22	out/22	nov/22	dez/22	jan/23	fev/23	mar/23	abr/23	mai/23	jun/23
<b>EMBOQUE</b>	<b>700,20</b>										
Jumbo Sandvik Tamrock (3 Lanças)	205,00	205,00	205,00	205,00							
Jumbo Sandvik Tamrock (2 Lanças)	140,00						140,00	140,00			
Compressor	150,00	150,00	150,00	75,00	300,00	300,00	300,00	300,00	150,00	150,00	
Ventilador	55,20	110,40	110,40	110,40	55,20	55,20	55,20	55,20			
Bomba concreto	20,00	20,00	20,00	20,00	40,00	40,00	40,00	40,00	20,00	20,00	
Robô para concreto projetado	130,00	130,00	130,00	130,00							
<b>CANTEIRO</b>	<b>150,00</b>										
Serv. Auxiliares	150,00	150,00	150,00	150,00	150,00	150,00	150,00	150,00	150,00	150,00	150,00
0	0,00										
<b>TOTAL</b>	<b>850,20</b>	<b>765</b>	<b>765</b>	<b>690</b>	<b>545</b>	<b>545</b>	<b>685</b>	<b>685</b>	<b>320</b>	<b>320</b>	<b>150</b>
	Fator de demanda	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,30	0,30	0,30	0,30	0,60
	Demanda	344	344	311	245	245	206	206	96	96	90
	Limite ultrapassagem demanda	17	17	16	12	12	10	10	5	5	5
	<b>Demanda a contratar</b>	<b>328</b>	<b>328</b>	<b>296</b>	<b>234</b>	<b>234</b>	<b>196</b>	<b>196</b>	<b>91</b>	<b>91</b>	<b>86</b>

Fonte: Dados de pesquisa (2022).

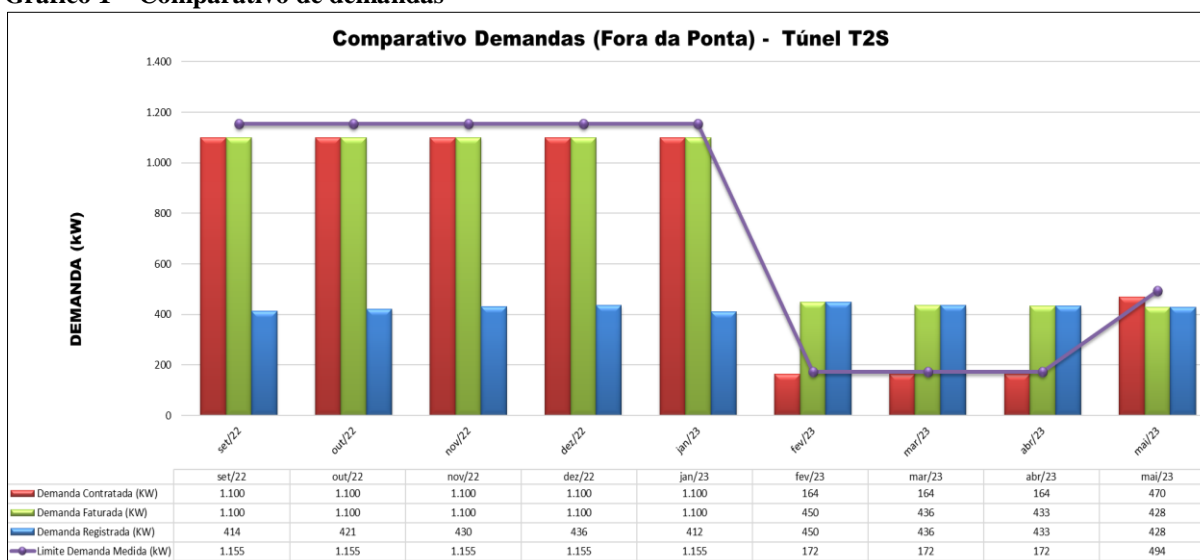
Após ter sido definido o novo valor de demanda a ser contratado foi, solicitado à concessionária diminuição da demanda contratada. O prazo para efetivar o novo contrato, segundo resolução normativa, é de 3 meses. Levando em consideração que o pedido foi solicitado no mês de outubro de 2022, o novo contrato de demanda começou a valer somente no mês de fevereiro de 2023, conforme expõe o histórico do Gráfico 1.

Conforme o cronograma da Tabela 2, quando comparado ao Gráfico 1, percebe-se que a demanda prevista passada pela equipe de operação e elétrica da obra, não se concretizou e foi maior que o previsto gerando valores excedentes por ultrapassagem da demanda contratada.

A justificativa passada pela equipe de operação foi que a obra atrasou e foi necessário rodar mais cargas do que havia sido planejado nesse período.

Inicialmente, conforme definido na Tabela 2, as atividades no emboque finalizariam no mês de junho de 2023 e mesmo pagando um pouco de excedente em alguns meses, não havia o que fazer, por força de resolução normativa, manteve-se a demanda contratada nesse patamar, pois só é permitido fazer uma redução anualmente a qual já havia sido realizada.

Gráfico 1 – Comparativo de demandas



Fonte: Dados de pesquisa (2022).

Tendo em vista que o consumo não reduziu e o prazo para finalizar a obra se estendeu foi solicitado uma nova recontração de demanda passando de 164kW para 470kW.

### 4.3 INSTALAÇÃO DOS BANCOS DE CAPACITORES

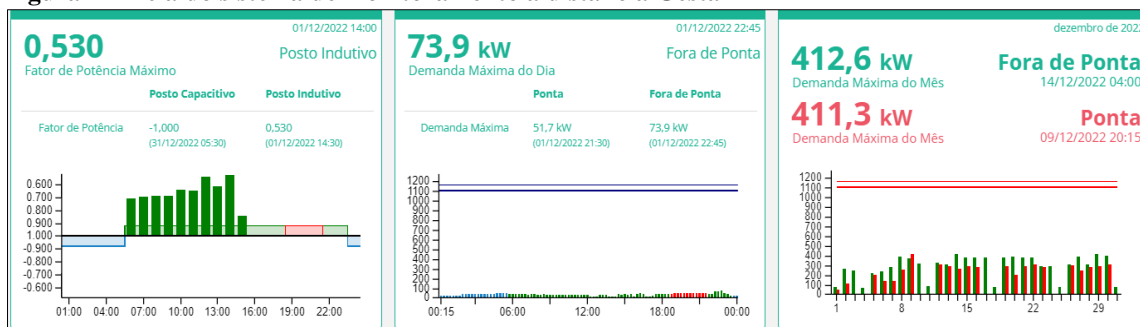
Na subestação do canteiro de obras há 4 transformadores de 300kVA cada, totalizando uma potência instalada de transformação de 1.200kVA. A fim de corrigir a energia reativa gerada pelas cargas instaladas no canteiro de obras, foi aplicando um fator de 30% sobre a potência total instalada, o que resultou na necessidade 360kVAr de potência em bancos de capacitores.

O fator de 30% foi definido com o passar do tempo devido a experiência com esse tipo de obra onde a característica da carga e equipamentos é sempre muito similar “cargas indutivas”. Inicialmente foram realizados vários experimentos, medições de energia usando analisador de energia nos quadros gerais de baixa tensão, foram analisadas memórias de massa de diversos canteiros de obras com essa mesma característica de carga elétrica e foi se ajustando através do tempo uma porcentagem típica para o correção do fator de potencia baseada na potencia instalada no canteiro de obras.

Como forma de garantir que não haja valores excedentes pelo baixo fator de potência não ocorram e levando em consideração o tempo para se chegar ao canteiro de obras é de pelo menos um dia de viagem, foi instalado um sistema de gerenciamento acoplado ao medidor de energia da concessionária em todo o período de acompanhamento da obra. Assim, foi possível monitorar à distância o comportamento dos bancos de capacitores instalados no canteiro de obras e, também, o consumo e a demanda de energia. Dessa forma, foi possível identificar os problemas e tomar ações imediatas para resolvê-los.

A Figura 7 expõe um exemplo da tela de monitoramento à distância, onde é possível acompanhar o fator de potência diário, demanda máxima do dia e histórico de demanda mensal.

**Figura 7 – Tela do sistema de monitoramento a distância Gestal**



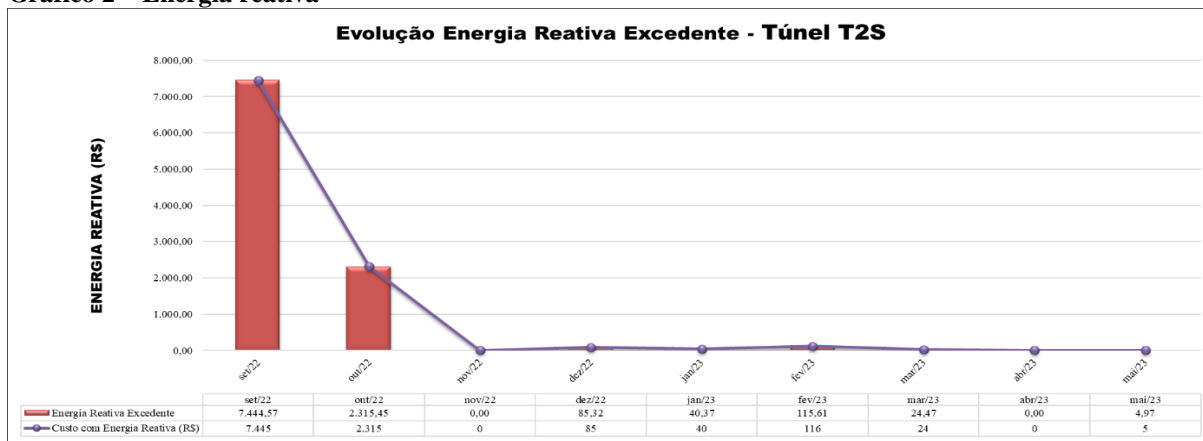
Fonte: Site de monitoramento Gestal.

Conforme o Gráfico 2, antes da instalação dos bancos de capacitores, a empresa pagava excedente reativo superior a R\$7.400,00 por mês, o que é reforçado na Figura 6, relativa à fatura do mês de setembro 2022.

Após a instalação dos bancos de capacitores foi possível identificar, conforme expõe o Gráfico 2, que os excedentes por energia reativa indutiva diminuíram consideravelmente no mês de outubro de 2022 e praticamente deixaram de existir nos meses subsequentes. Houveram pequenos registros durante alguns meses, porém, estes foram quase que insignificantes, o que

se deve à falha nos bancos de capacitores e por problemas com tensão muito elevada no canteiro de obras.

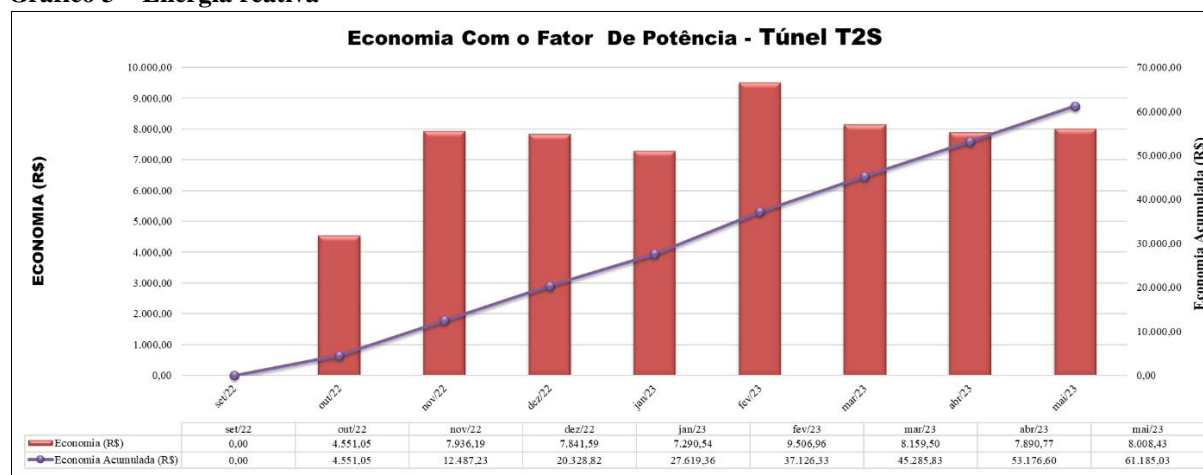
Gráfico 2 – Energia reativa



Fonte: Dados de pesquisa (2022).

No decorrer desse período de nove meses de acompanhamento foi possível evidenciar, conforme Gráfico 3, que a economia acumulada somente com a correção da energia reativa foi de R\$61.185,03. Trata-se de uma redução considerável no custo da fatura de energia elétrica, recurso este, que a empresa pode aproveitar para outros investimentos.

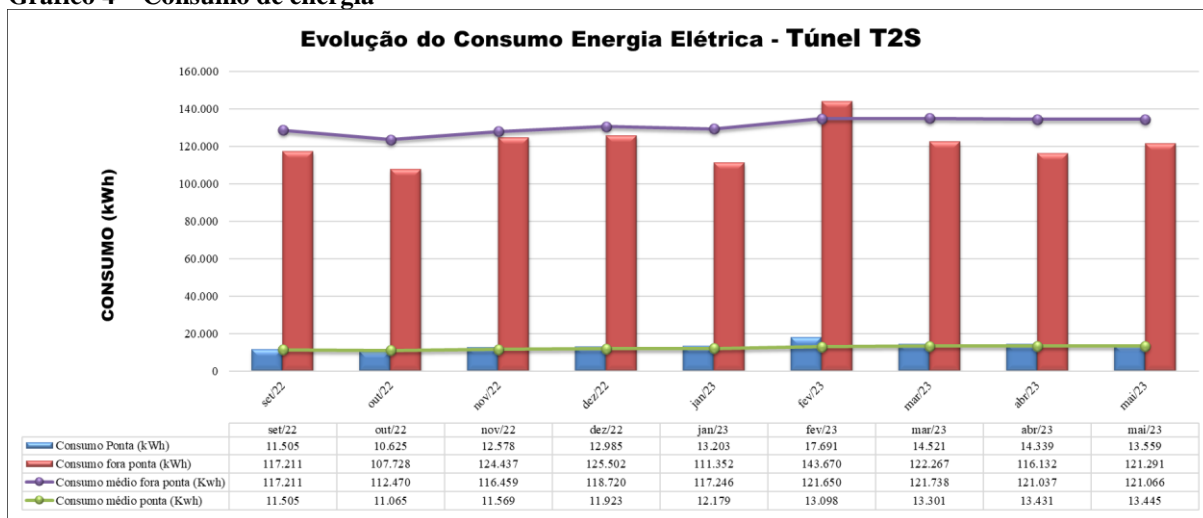
Gráfico 3 – Energia reativa



Fonte: Dados de pesquisa (2022).

No Gráfico 4 expõe-se o consumo, em kWh, no período de nove meses. Destaca-se o mês de fevereiro de 2023 teve o maior consumo de energia nesse período.

Gráfico 4 – Consumo de energia



Fonte: Dados de pesquisa (2022).

A Figura 8 expõe uma fatura de energia elétrica referente ao mês de maio de 2023, após a aplicação das correções de energia reativa e ajustes da demanda contratada.

Figura 8 – Fatura de energia elétrica maio 2023

<p><b>Celesc Distribuição S.A.</b> Av Itamarati, 160 - Florianópolis CNPJ: 08.336.783/0001-90 Insc Est.: 255266626</p>		<p>NOTA FISCAL/CONTA DE ENERGIA ELÉTRICA - SÉRIE ÚNICA GRUPO A4 05/2023 -</p> <p>COD FISCAL OP: 01/05/2023 <b>EMISSÃO:</b> 01/05/2023 FÁT-01-202310296728404-3</p> <p><b>APRESENTAÇÃO:</b> 17/05/2023 <b>REFERÊNCIA:</b> 05/2023</p>																																																																									
<p><b>CONSORCIO TUNEIS LITORAL SUL</b></p>		<p><b>Nº DA UNIDADE CONSUMIDORA</b></p>	<p><b>VENCIMENTO 15/06/2023</b></p>																																																																								
<p>RESERVADO AO FISCO PERÍODO FISCAL: 01/05/2023 <b>5120.9A31.09B9.F883.611F.67DA.37A9.93E1</b></p>		<p><b>ATENDIMENTO AO CLIENTE LIGUE 0800 048 0120</b></p>	<p><b>CONSUMO TOTAL FATURADO 134.850 kWh</b></p> <p><b>VALOR ATÉ O VENCIMENTO R\$ 89.018,40</b></p>																																																																								
<p><b>DADOS DA UNIDADE CONSUMIDORA / FATURAMENTO / FORNECIMENTO</b> INDUSTRIAL / MOD TARIFARIA HORARIA VERDE / TRIFASICO</p>		<p><b>Dados do Faturamento</b></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Faturado</th> <th>Tarifa (R\$)</th> <th>Valor (R\$)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Consumo Ponta TUSD</td> <td>13.559</td> <td>1,154357</td> <td>15.651,92</td> </tr> <tr> <td>Consumo Ponta Te</td> <td>13.559</td> <td>0,506183</td> <td>6.863,33</td> </tr> <tr> <td>Consumo Fora Ponta TUSD</td> <td>121.291</td> <td>0,159828</td> <td>19.385,70</td> </tr> <tr> <td>Consumo Fora Ponta Te</td> <td>121.291</td> <td>0,316542</td> <td>38.393,68</td> </tr> <tr> <td>Consumo Real.Fora Ponta Te</td> <td>15</td> <td>0,331333</td> <td>4,97</td> </tr> <tr> <td>Demanda TUSD</td> <td>428</td> <td>19,799654</td> <td>8.475,44</td> </tr> <tr> <td><b>Subtotal (R\$)</b></td> <td></td> <td></td> <td><b>88.775,04</b></td> </tr> </tbody> </table>			Faturado	Tarifa (R\$)	Valor (R\$)	Consumo Ponta TUSD	13.559	1,154357	15.651,92	Consumo Ponta Te	13.559	0,506183	6.863,33	Consumo Fora Ponta TUSD	121.291	0,159828	19.385,70	Consumo Fora Ponta Te	121.291	0,316542	38.393,68	Consumo Real.Fora Ponta Te	15	0,331333	4,97	Demanda TUSD	428	19,799654	8.475,44	<b>Subtotal (R\$)</b>			<b>88.775,04</b>																																								
	Faturado	Tarifa (R\$)	Valor (R\$)																																																																								
Consumo Ponta TUSD	13.559	1,154357	15.651,92																																																																								
Consumo Ponta Te	13.559	0,506183	6.863,33																																																																								
Consumo Fora Ponta TUSD	121.291	0,159828	19.385,70																																																																								
Consumo Fora Ponta Te	121.291	0,316542	38.393,68																																																																								
Consumo Real.Fora Ponta Te	15	0,331333	4,97																																																																								
Demanda TUSD	428	19,799654	8.475,44																																																																								
<b>Subtotal (R\$)</b>			<b>88.775,04</b>																																																																								
<p><b>CONTRATO DE FORNECIMENTO</b> PERÍODO: TODOS DEMANDA PONTA (kW): 470 <b>CONSUMO PONTA (kWh):</b> DEMANDA FORA PONTA (kW): 0 <b>CONSUMO FORA PONTA (kWh):</b> RESERVA CAP.F. PONTA (kW): <b>RESERVA CAP. PONTA (kW):</b></p>		<p><b>DADOS DA MEDIÇÃO - CONSUMO REGISTRADO NO MÊS</b></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>EQUIPAMENTO</th> <th>LEITURA ATUAL</th> <th>LEITURA ANTERIOR</th> <th>GRANDEZA</th> <th>CONSTANTE DE FATURAMENTO</th> <th>MEDIDO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>42132265</td> <td>512580</td> <td>431871</td> <td>kWh PT</td> <td>0,1680</td> <td>13559,00</td> </tr> <tr> <td>CNP</td> <td>4395256</td> <td>3673285</td> <td>kWh FP</td> <td>0,1680</td> <td>121291,00</td> </tr> <tr> <td>CNF</td> <td>626</td> <td>623</td> <td>kW PT</td> <td>0,6720</td> <td>420,67</td> </tr> <tr> <td>DNP</td> <td>637</td> <td>644</td> <td>kW FP</td> <td>0,6720</td> <td>428,06</td> </tr> <tr> <td>DNF</td> <td>3689</td> <td>3063</td> <td>kW PT</td> <td>0,6720</td> <td>420,67</td> </tr> <tr> <td>DEP</td> <td>3861</td> <td>3224</td> <td>kW FP</td> <td>0,6720</td> <td>428,06</td> </tr> <tr> <td>DFP</td> <td>356</td> <td>356</td> <td>kWh PT</td> <td>0,1680</td> <td>0,00</td> </tr> <tr> <td>UFF</td> <td>3261</td> <td>3171</td> <td>kWh FP</td> <td>0,1680</td> <td>15,00</td> </tr> <tr> <td>DMP</td> <td>12526</td> <td>10448</td> <td>kW PT</td> <td>0,1680</td> <td>349,10</td> </tr> <tr> <td>DMF</td> <td>13083</td> <td>10863</td> <td>kW FP</td> <td>0,1680</td> <td>372,96</td> </tr> <tr> <td>ERA</td> <td>1289083</td> <td>1062357</td> <td>kVAh TP</td> <td>0,1680</td> <td>38089,00</td> </tr> </tbody> </table>		EQUIPAMENTO	LEITURA ATUAL	LEITURA ANTERIOR	GRANDEZA	CONSTANTE DE FATURAMENTO	MEDIDO	42132265	512580	431871	kWh PT	0,1680	13559,00	CNP	4395256	3673285	kWh FP	0,1680	121291,00	CNF	626	623	kW PT	0,6720	420,67	DNP	637	644	kW FP	0,6720	428,06	DNF	3689	3063	kW PT	0,6720	420,67	DEP	3861	3224	kW FP	0,6720	428,06	DFP	356	356	kWh PT	0,1680	0,00	UFF	3261	3171	kWh FP	0,1680	15,00	DMP	12526	10448	kW PT	0,1680	349,10	DMF	13083	10863	kW FP	0,1680	372,96	ERA	1289083	1062357	kVAh TP	0,1680	38089,00
EQUIPAMENTO	LEITURA ATUAL	LEITURA ANTERIOR	GRANDEZA	CONSTANTE DE FATURAMENTO	MEDIDO																																																																						
42132265	512580	431871	kWh PT	0,1680	13559,00																																																																						
CNP	4395256	3673285	kWh FP	0,1680	121291,00																																																																						
CNF	626	623	kW PT	0,6720	420,67																																																																						
DNP	637	644	kW FP	0,6720	428,06																																																																						
DNF	3689	3063	kW PT	0,6720	420,67																																																																						
DEP	3861	3224	kW FP	0,6720	428,06																																																																						
DFP	356	356	kWh PT	0,1680	0,00																																																																						
UFF	3261	3171	kWh FP	0,1680	15,00																																																																						
DMP	12526	10448	kW PT	0,1680	349,10																																																																						
DMF	13083	10863	kW FP	0,1680	372,96																																																																						
ERA	1289083	1062357	kVAh TP	0,1680	38089,00																																																																						
<p>DATA DA LEITURA ATUAL: 30/04/2023 PERDAS DE TRANSFORMAÇÕES (%): 0,00 DATA DA LEITURA ANTERIOR: 31/03/2023 FATOR DE POTÊNCIA: 0,96</p>		<p><b>Lançamentos e Serviços</b></p> <table border="1"> <tbody> <tr> <td>Cosip Municipal</td> <td></td> <td></td> <td>243,36</td> </tr> <tr> <td><b>Subtotal (R\$)</b></td> <td></td> <td></td> <td><b>243,36</b></td> </tr> </tbody> </table>		Cosip Municipal			243,36	<b>Subtotal (R\$)</b>			<b>243,36</b>																																																																
Cosip Municipal			243,36																																																																								
<b>Subtotal (R\$)</b>			<b>243,36</b>																																																																								

Fonte: Fatura de Energia Elétrica Consumidor

Podemos ver conforme Figura 8 que no mês de maio 2023 que, tanto a demanda contratada, quanto a energia reativa excedente, foram ajustadas e não houve mais cobranças adicionais.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Por meio desse estudo foi possível concluir que a unidade consumidora tinha uma demanda em kW contratada muito superior ao que de fato estava utilizando mensalmente. Devido ao fato de o consumo e a demanda de energia serem voltados a uma obra em construção, tanto a demanda quanto o consumo variaram bastante nesse período, sendo necessário fazer mais de uma alteração na demanda contratada até chegar no valor ideal.

Como o contrato de demanda anterior era bastante elevado e o prazo para redução e validação de um novo contrato ter que respeitar o prazo de três meses após a solicitação, a economia não foi imediata pois o prazo para se efetivar o novo contrato é de 3 meses (Resolução nº 1000, ANEEL, 2021).

Já a correção da energia reativa teve um resultado imediato, após iniciar o acompanhamento da fatura de energia e realizar as alterações em campo. Anteriormente a empresa pagava até R\$ 7.400,00 por mês com excedentes relacionados ao baixo fator de potência, após a instalação dos bancos de capacitores esse excedente deixou de ocorrer. No acumulado de nove meses, isso resultou em uma economia superior a R\$60.000,00 reais.

## REFERÊNCIAS

ANEEL, Agência Nacional de Energia Elétrica. **Resolução Normativa nº 1.000**, de 7 de dezembro de 2021. Estabelece as Regras de Prestação do Serviço Público de Distribuição de Energia Elétrica e dá outras providências. Brasília, DF, 2021. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/resolucao-normativa-aneel-n-1.000-de-7-de-dezembro-de-2021-368359651>.

ANEEL, Agência Nacional de Energia Elétrica. **Tarifas de fornecimento de energia elétrica**. Cadernos temáticos ANEEL. 4. ed. Brasília: Cedoc. 2005. 30 p. Disponível em: [https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/7576901/mod\\_resource/content/0/caderno4%20tarifas.pdf](https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/7576901/mod_resource/content/0/caderno4%20tarifas.pdf).

CELESC, Centrais Elétricas de Santa Catarina S.A. **Norma Técnica N-321.0001**. Fornecimento de Energia Elétrica em Tensão Primária de Distribuição. 2019. 162 p. Disponível em: <https://www.celesc.com.br/arquivos/normas-tecnicas/padrao-entrada/N3210001-Fornecimento-Energia-Eletrica-Tensao-Secundaria.pdf>.

EL HAGE, F.; FERRAZ, L. P. C; DELGADO, M. A. P. **A estrutura tarifária de energia elétrica: teoria e aplicação.** 2. ed. Rio de Janeiro: Synergia, 2013.

ELETROBRAS, Centrais Elétricas Brasileiras S.A. Procel. **Manual de tarifação de energia elétrica.** 1. ed. Diário Oficial: Procel, 2011. Disponível em:  
[https://www.eletrica.ufpr.br/sebastiao/wa\\_files/te344%20aula%2009%20-%20manual%20de%20tarif%20en%20el%20-%20procel\\_epp%20-%20agosto-2011.pdf](https://www.eletrica.ufpr.br/sebastiao/wa_files/te344%20aula%2009%20-%20manual%20de%20tarif%20en%20el%20-%20procel_epp%20-%20agosto-2011.pdf).

FONSECA, J. N.; REIS, L. B. dos. **Empresas de distribuição de energia elétrica no Brasil: temas relevantes para a gestão.** Rio de Janeiro: Synergia, 2012.

KAGAN, N. **Introdução aos sistemas de distribuição de energia elétrica.** 2.ed. São Paulo: Blucher, 2010.

MAMEDE FILHO, J. **Instalações elétricas industriais.** 8. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2013. 792 p.

MAMEDE FILHO, J. **Instalações elétricas industriais: de acordo com a norma brasileira NBR 5419:2015.** 9. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2017. 976 p.

MARKUS, O. **Circuitos elétricos: corrente contínua e corrente alternada - Teoria e exercícios.** 4. ed. São Paulo: Érica, 2004. 288 p.

MARKUS, O. **Circuitos elétricos: corrente contínua e corrente alternada - Teoria e exercícios.** 9. ed. São Paulo: Érica, 2011. 304 p.