



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE GRADUAÇÃO
CENTRO MULTIDISCIPLINAR DE PAU DOS FERROS – CMPF
CURSO DE BACHARELADO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA

YAGO DA SILVA PIRES ROCHA

**ANÁLISE DO FATOR DE POTÊNCIA PARA A EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NA
UFERSA CENTRO MULTIDISCIPLINAR DE PAU DOS FERROS**

PAU DOS FERROS

2017

YAGO DA SILVA PIRES ROCHA

**ANÁLISE DO FATOR DE POTÊNCIA PARA A EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NA
UFERSA CENTRO MULTIDISCIPLINAR DE PAU DOS FERROS**

Monografia apresentada a Universidade Federal Rural do Semi-Árido como requisito para obtenção do título de Bacharel em Ciência e Tecnologia.

Orientador: Prof. Me. Adelson Menezes Lima

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tomar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

R672a Rocha, Yago.

ANÁLISE DO FATOR DE POTÊNCIA PARA A EFICIÊNCIA
ENERGÉTICA NA UFERSA CENTRO MULTIDISCIPLINAR DE
PAU DOS FERROS / Yago Rocha. - 2017.
48 f.: il.

Orientador: Adelson Menezes.

Monografia (graduação) - Universidade Federal
Rural do Semi-árido, Curso de Ciência e Tecnologia,
2017.

1. Energia. 2. Potência. 3. Medições. 4.
Excedente Reativo. 5. Fator de Potência. I.
Menezes, Adelson, orient. II. Título.

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

YAGO DA SILVA PIRES ROCHA

**ANÁLISE DO FATOR DE POTÊNCIA PARA A EFICIÊNCIA ENERGÉTICA
NA UFERSA CENTRO MULTIDISCIPLINAR PAU DOS FERROS**

Monografia apresentada a Universidade
Federal Rural do Semi-Árido como
requisito para obtenção do título de
Bacharel em Ciência e Tecnologia.

Defendida em: 23 / 10 / 2017

BANCA EXAMINADORA



Prof. Me. Adelson Menezes Lima (UFERSA)
Presidente



Prof. Dr. Adller de Oliveira Guimarães. (UFERSA)
Membro Examinador



Prof. Dr. Cecílio Martins de Sousa Neto (UFERSA)
Membro Examinador

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente aos meus pais que sempre fizeram de tudo para me proporcionar o melhor.

Agradeço ao meu orientador Professor Me. Adelson Menezes Lima, pela oportunidade e disponibilidade sempre prestada para comigo e meu trabalho.

Agradeço também aos meus amigos, pelo apoio durante o período de minha graduação, em especial a Tarcio, Ricardo, Herik, Bob, Elson, Guilherme e Fernando assim como a todos os amigos do grupo “Chegados” que independente da distância e do tempo sempre posso contar.

RESUMO

Os equipamentos eletrônicos estão cada vez mais presentes nos setores industrial, comercial e doméstico, proporcionando maior comodidade e eficiência. Tais equipamentos drenam da rede, correntes que provocam uma série de problemas nas instalações e para os sistemas de distribuição e transmissão, como o baixo fator de potência. A UFERSA centro multidisciplinar de Pau dos Ferros tem apresentados tal situação do fator de potência. O presente trabalho analisou alguns blocos da instituição que apresentam maior incidência de potência reativa, visando evitar gastos desnecessários de multas por violar as recomendações das empresas responsáveis pelo fornecimento de energia. Além disso, foi utilizado a memória de massa, identificando a produção de potência reativa (indutiva e capacitiva), por fim sugerindo possíveis soluções, visando o aumento da eficiência energética dessa instituição.

Palavras-chave: Energia, Potência, Medições, Excedente Reativo, Fator de Potência.

ABSTRACT

The electronics are increasingly present in industrial, commercial and domestic sectors, providing greater convenience and efficiency. Such equipment drain network, currents that cause a series of problems at the facility and for the distribution and transmission systems, such as low power factor. The multidisciplinary Centre UFERSA Pau dos Ferros has presented such a situation of power factor. The present study examined some blocks of the institution to have a higher incidence of reactive power, to avoid unnecessary spending of fines for violating the recommendations of companies responsible for the power supply. In addition, we used the mass memory, identifying the production of reactive power (inductive and capacitive), finally showing possible solutions aimed at increasing the energy efficiency of this institution.

Keywords: Energy, Power, Measurements, Reactive Surplus, Power Factor.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Analogia do fator de potência com um copo de cerveja.	17
Figura 2- Relação entre potência aparente (S), ativa (P) e reativa (Q).....	17
Figura 3- Segurança em medições elétricas.	26
Figura 4 – Localização dos blocos analisados dentro da UFERSA – Campus Pau dos Ferros.	28
Figura 5 - Utilização de alicate wattímetro em medições de fator de potência.....	29
Figura 6 - Quadro de energia do bloco administrativo.....	29
Figura 7 - EPI's utilizado nas medições de fator de potência na UFERSA – Campus Pau dos Ferrois.	30
Figura 8 - Descrição da nota fiscal de uma conta de energia para grandes consumidores.....	33
Figura 9 - Quadro de distribuição do Bloco de Sala II.....	41
Figura 10- Variação do fator de potência entre os horários de 3:00h às 7:00h.	46

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1- Consumo de energia elétrica anual.	23
Gráfico 2- Curva diária de consumo de energia da UFERSA – Campus Pau dos Ferros no dia 27/06/2017.	32
Gráfico 3 - Curva diária de consumo de energia da UFERSA – Campus Pau dos Ferros no dia 17/07/2017.	32
Gráfico 4 - Gastos com excedentes reativos no período de 2013.	34
Gráfico 5 - Gastos com excedentes reativos no período de 2014 pela UFERSA – Campus Pau dos Ferros.	34
Gráfico 6- Gastos com excedentes reativos no período de 2015 pela UFERSA – Campus Pau dos Ferros.	35
Gráfico 7 - Gastos com excedentes reativos no período de 2016 pela UFERSA – Campus Pau dos Ferros.	35
Gráfico 8 - Gastos com excedentes reativos no período de 2017 pela UFERSA – Campus Pau dos Ferros.	36
Gráfico 9 - Gastos com excedentes reativos entre os períodos de 2013 a 2017 pela UFERSA – Campus Pau dos Ferros.	37
Gráfico 10 - Variação do fator de potência entre 27/06 a 03/07.	44
Gráfico 11 - Variação do fator de potência entre 04/07 a 10/07.	44
Gráfico 12- Variação do fator de potência entre 11/07 a 17/07.	45
Gráfico 13- Variação do fator de potência entre 18/07 a 24/07.	45

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Fator de potência em alguns países.....	23
Quadro 2 - Tarifa A4 Horo Sazonal Verde.....	24
Quadro 3 - Potências, fator de potência e corrente do bloco administrativo (13/09/2017 às 9:18h).....	38
Quadro 4 - Potências, fator de potência e corrente do bloco administrativo (15/09/2017 às 15:30h).....	38
Quadro 5 - Potências, fator de potência e corrente do bloco administrativo (21/09/2017 às 14:14h).....	38
Quadro 6 - Potências, fator de potência e corrente do bloco administrativo (13/09/2017 às 19:03h).....	39
Quadro 7 - Potências, fator de potência e corrente do bloco administrativo (18/09/2017 às 19:05h).....	39
Quadro 8 - Potências, fator de potência e corrente do bloco de salas II (13/09/2017 às 8:56h).	40
Quadro 9 - Potências, fator de potência e corrente do bloco de salas II (15/09/2017 às 15:44h).	40
Quadro 10 - Potências, fator de potência e corrente do bloco de salas II (21/09/2017 às 14:21h).	40
Quadro 11 - Potências, fator de potência e corrente do bloco de salas II (13/09/2017 às 19:15h).	41
Quadro 12 - Potências, fator de potência e corrente do bloco de salas II (18/09/2017 às 19:15h).	42
Quadro 13 - Potências, fator de potência e corrente do bloco de laboratórios (15/09/2017 às 15:53h).....	42
Quadro 14 - Potências, fator de potência e corrente do bloco de laboratórios (21/09/2017 às 14:25h).....	42
Quadro 15 - Potências, fator de potência e corrente do bloco de laboratórios (13/09/2017 às 19:23h).....	43
Quadro 16 - Potências, fator de potência e corrente do bloco de laboratórios (18/09/2017 às 19:25h).....	43

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	13
1.1 Objetivos Gerais	14
1.2 Objetivos específicos	14
2. REFERENCIAL TEÓRICO	15
2.1 Conceito de Energia e Potência	15
2.2 O triângulo das potências.....	16
2.3 Fator de Potência	18
2.3.1 Principais causas de um baixo fator de potencia	19
2.3.2 Classificação.....	19
2.3.4 Consequências de um baixo fator de potência.....	19
2.3.5 Vantagens da correção do fator de potência	20
2.3.6 Vantagens da Concessionária	21
2.4 Legislação	21
2.5 Perfil diário de consumo de energia para consumidores residenciais	23
2.6 Análise Tarifária da UFERSA - Campus Pau dos Ferros.....	24
2.7 Definições	24
2.7.1 Capacitores	24
2.7.2 Indutores	25
2.7.3. Fase e Neutro	25
2.7.4 Transformadores.....	25
2.7.5 Horário de Ponta.....	25
2.7.6 Horário Fora de Ponta.....	25
2.8 NR 10 - Segurança em Instalações e Serviços em Eletricidade	26
3. METODOLOGIA.....	27
3.1 Análise da Literatura	27
3.2 Caracterização do Local	27
3.3 Análise de contas de energia.....	28

3.4 Medições.....	28
3.5 ELO.50.....	31
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES	32
4.1 Perfil diário de consumo de energia para UFERSA – Campus Pau dos Ferros	32
4.2 Análise dos gastos com consumo de energia reativa.....	33
4.3 Resultados das medições	37
4.3.1 Bloco Administrativo	37
4.3.2 Bloco de Salas II.....	39
4.3.3 Bloco de Laboratórios	42
4.4 Análise de fator de potência do campus através do aplicativo ELO.50	44
4.2 Correção de fator de potência.....	46
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	47
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICA.....	48

1. INTRODUÇÃO

O fator de potência interfere diretamente na qualidade da energia distribuída pela rede elétrica à qual nossas residências estão ligadas. Computadores, sistemas de iluminação que empregam lâmpadas de descarga ou fluorescente, eletrodomésticos eletrônicos tais como fornos de microondas, aparelhos de som, televisores, ar condicionados e entre outros são alguns equipamentos que drenam da rede, correntes que provocam uma série de problemas nas instalações e para os sistemas de distribuição e transmissão, tais como (SOUZA, 2000):

- Baixo fator de potência;
- Baixa eficiência;
- Interferência em alguns instrumentos de distribuição;
- Interferência em sinais de controle e comunicação;
- Sobredimensionamento dos sistemas de distribuição.

De acordo com JACQUES (2014) um conceito bastante discutido e motivo de inúmeros debates entre os profissionais que trabalham com eletricidade, consiste na forma de aproveitamento da energia consumida pelas cargas dentro da instalação, também chamada fator de potência. Na distribuição da energia, uma parte é aproveitada para a realização de trabalho útil (potência ativa, medida em kW) e a energia que não realiza trabalho e serve apenas para magnetizar bobinas em motores e transformadores (potência reativa, medida em kVAr).

Baixos valores de fator de potência é consequência de quantidades elevadas de energia reativa. Esse estado resulta em um aumento na corrente total que circula nas redes de distribuição de energia elétrica da empresa fornecedora e das unidades consumidoras, podendo sobrecarregar as subestações, as linhas de transmissão e distribuição, prejudicando a estabilidade dos sistemas elétricos, trazendo inconvenientes diversos (CODI, 2004)

As concessionárias estabeleceram o valor 0,92 como ideal para o fator de potência a ser mantido pelos clientes em suas instalações elétricas, conforme resolução normativa Nº 569 da ANEEL de 23 de julho de 2013. Abaixo desse valor, haverá a cobrança por excedente de reativos ajustada pelas regras dos contratos realizados entre fornecedor e

cliente. Essa multa é aplicada sobre a energia consumida ao longo de um mês e o fator de potência na condição em que esteja abaixo do valor mínimo exigido.

Diante do exposto, A UFERSA – Campus Pau dos Ferros tem apresentados tal situação do fator de potência. Portanto, o presente trabalho consiste na análise de alguns blocos da UFERSA Campus Pau dos Ferros, que apresentam maior incidência de potência reativa, visando evitar gastos desnecessário de multas por violar as recomendações das empresas responsáveis pelo fornecimento de energia. Além disso, utilizará a memória de massa, identificando a produção de potência reativa (indutiva e capacitiva), sugerindo a instalação dos chamados bancos de capacitores visando aumenta a eficiência energética do campus.

1.1 Objetivos Gerais

Analisar os blocos da UFERSA Campus Pau dos Ferros que apresentam um excesso de potência reativa com intuito de melhorar a eficiência energética do campus.

1.2 Objetivos específicos

- Medir *in loco* as potências ativa, reativa e aparente
- Fazer medições em horários de pico e horários fora de ponta;
- Obter dados sobre os gastos com energia reativa do campus
- Analisar a potência reativa nos blocos administrativos, sala de aula II e laboratório
- Análise da Memória de Massa para o fator de potência
- Sugerir possíveis soluções para regularizar o excesso de energia reativa fora de norma.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Conceito de Energia e Potência

A energia elétrica é a forma de energia que pode ser transportada com maior facilidade. Para chegar às residências, ruas, comércio e indústrias, ela percorre um longo caminho a partir das usinas geradoras (CEMIG, 2003).

Para Kagan (1997) os conceitos de energia e potência elétricas são semelhantes a àqueles estudados em Mecânica. A ideia de energia é relativamente generalizada, e no caso de instrumentos elétricos, poder ser estabelecida como sendo o trabalho requerido pelo equipamento para realiza tarefas tais como aquecer água por efeito Joule, acionar cargas mecânicas através de motores elétricos, produzir luz, etc. Maxwell (1872) propôs uma definição que pode ser considerada mais correta do que a anterior: “energia é aquilo que permite uma mudança na configuração de um sistema, em oposição a uma força que resiste a esta mudança”.

Como a energia absorvida por um equipamento depende do tempo em que o mesmo se encontrar em operação, o conceito de potência surge naturalmente com intuito de eliminar essa dependência temporal. Segundo Boylestad (2011), potência é um termo aplicado para fornecer uma indicação da quantidade de trabalho (conversão de energia) que pode ser realizado em um determinado período de tempo; isto é, a potência é a velocidade com que um trabalho é executado. Formalmente, tem-se:

$$p(t) = \frac{d}{dt} e(t), \quad (1)$$

Onde: $e(t)$ é a energia absorvida por um dispositivo elétrico, em função do tempo;

$p(t)$ é a potência instantânea absorvida pelo dispositivo.

A energia elétrica absorvida por uma carga representa o trabalho realizado pela carga, com as perdas que eventualmente ocorram no processo. A unidade de medida de energia no sistema internacional é o *joule* (J), equivalente ao *watt-segundo*. Sendo o *joule* uma quantidade de energia relativamente pequena, é normal em sistemas elétricos utilizar-se o *quilowatt-hora* (kWh), que corresponde à energia absorvida por uma carga de potência 1 kW trabalhando durante 1 hora (BOYLESTAD, 2011).

2.2 O triângulo das potências

Segundo Haddad (2004), a maioria dos equipamento eletrônicos tem por característica o consumo de energia reativa indutiva, como motores, transformadores, lâmpadas de descarga, fornos de indução e outros. As cargas indutivas precisam de campo eletromagnético para seu funcionamento, por isso sua operação pede dois tipos de potência: ativa e reativa. A potência ativa, medida em kW é aquela que efetivamente e consumida na realização de trabalho, gerando calor, luz, movimento, etc. já a potência reativa, medida em kVAR, é usada apenas na criação e manutenção dos campos eletromagnéticos de cargas indutivas.

De acordo com Cemig (2003), em um fio energizado, passa uma determinada quantidade de energia, sendo um parcela ativa e a outra reativa. Quanto maior for a parcela de potência ativa aproveitada, este será melhor e mais econômico. A potência reativa (kVAR) é indispensável para criar o fluxo magnético para o funcionamento de equipamentos, tais como motores, transformadores, dentre outros, mas esta potência não realiza trabalho. A potência ativa (kW) é a que realmente produz trabalho, ou seja, durante a execução de um trabalho, enquanto a potência ativa é consumida, a potência reativa, além de não render trabalho, circula entre a carga e a fonte de alimentação, “ocupando um espaço” no sistema elétrico, o qual poderia ser utilizado para prover mais energia ativa, aumenta a eficiência energética do mesmo.

Para facilita o entendimento entre potência ativa e reativa, é utilizado um exemplo de uma forma bastante compreensível, faz-se uma relação com um copo cheio de cerveja como na Figura 1. Em um copo cheio de cerveja, uma parte é ocupada pelo líquido e outra pela espuma. Para aumentar a parcela de líquido nesse copo, tem-se que diminuir a espuma. Assim, de maneira análoga ao copo com cerveja, a potência elétrica consumida, por exemplo, por um ar-condicionado, é composta de potência ativa, que “corresponde” ao líquido, e potência reativa, que “corresponde” à espuma (CEMIG, 2003).

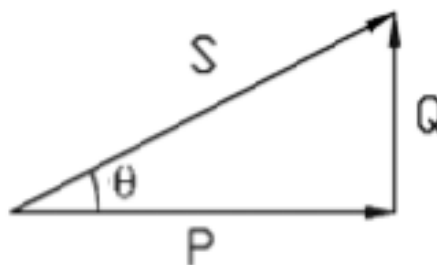
Figura 1 – Analogia do fator de potência com um copo de cerveja.



Fonte: Albert, 2009.

Para denotar, algebricamente, a relação entre as, usamos o chamado triângulo de potências (Figura 2). A soma vetorial entre as potências ativa e reativa é denominada de potência complexa ou aparente, e seu módulo é representado pelo vetor S . Como a rede tem uma barreira quanto ao volume de transmissão, a capacidade em kVA de um circuito elétrico (fiação, transformadores, dentre outros) é delimitada também. Para aumentar a potência ativa (representada por P no triângulo) em um circuito, é preciso diminuir a inclinação do triângulo, reduzindo a potência Reativa Q (ENGELETRICA, 2011).

Figura 2- Relação entre potência aparente (S), ativa (P) e reativa (Q).



Fonte: Cemig, 2003.

2.3 Fator de Potência

Segundo Boylestad (2011) o fator de potência é uma relação entre potência ativa e potência reativa. Trata-se da diferença entre o consumo aparente (medido em kVA) e o consumo real (medido em kW).

$$FP = \frac{P}{S} = \cos \theta \quad (2)$$

A Companhia Energética do Rio Grande do Norte (COSERN) considera o fator de potência sendo um índice que relaciona a energia ativa e reativa de uma instalação elétrica, constituindo-se como um dos principais indicadores de eficiência energética. O fator de potência próximo de 1 indica pouco consumo de energia reativa em relação à energia ativa. Uma vez que a energia ativa é aquela que efetivamente executa as tarefas quanto mais próximo da unidade for o fator de potência, maior é a eficiência da instalação elétrica enquanto valores baixos evidenciam seu mal aproveitamento, além de representar uma sobrecarga para todo o sistema elétrico.

A consumo de energia, no qual o controle adequado em instalações consumidoras é extremamente importante, não apenas sob o ponto de vista eletroenergético, mas também principalmente, pelo fato de ser monitorado pelos sistemas de medição das concessionárias, podendo incorrer em ônus (muitas vezes significativos) nas faturas de energia. Portanto, torna-se interessante a análise da aplicação de sistemas de aprimoramento que possibilitem corrigi-lo, mantendo acima do limite permitido pela normalização em vigor, principalmente perante a presença de blocos significativos de cargas cujas características de execução incorram em níveis de consumo reativo que provoca um baixo fator de potência em intervalos de tempo muito curtos e em períodos repetitivos. Tais consumos reativos são anotados pelos medidores das concessionárias e que, nos casos em que os mesmos ocorram, geralmente não há contrapeso satisfatório pelos sistemas de correção convencionais em função de sua resposta dinâmica insuficiente (SILVA, 2009).

2.3.1 Principais causas de um baixo fator de potencia

O baixo fator de potência pode ser causado por (CEMIG, 2003):

- Nível de tensão acima do valor nominal;
- Motores que, devido a operações incorretas, trabalham a vazio (sem ou com pouca carga) desnecessariamente durante grande parte do seu tempo de funcionamento;
- Motores superdimensionados para as respectivas máquinas;
- Grandes transformadores de força sendo usados para alimentar, durante longos períodos, somente pequenas cargas;
- Transformadores ligados a vazio (sem carga) por períodos longos;
- Lâmpadas de descarga fluorescentes, vapor de mercúrio, etc, sem a correção necessária individual ou do circuito de iluminação, do fator de potência.

2.3.2 Classificação

A Cosern (2017) classifica o fator de potência em indutivo ou capacitivo. O fator de potência indutivo significa que a instalação elétrica está absorvendo a energia reativa. A maioria dos equipamentos elétricos possui características indutivas em função das suas bobinas (ou indutores), que induzem o fluxo magnético necessário ao seu funcionamento.

O fator de potência capacitivo significa que a instalação elétrica está fornecendo a energia reativa. São características dos capacitores que normalmente são instalados para fornecer a energia reativa que os equipamentos indutivos absorvem. O fator de potência torna-se capacitivo quando são instalados capacitores em excesso. Isso ocorre, principalmente, quando os equipamentos elétricos indutivos são desligados e os capacitores permanecem ligados na instalação elétrica (COSERN, 2017).

2.3.4 Consequências de um baixo fator de potência

O Comitê de Distribuição de Energia Elétrica (CODI) especifica que baixos valores de fator de potência são decorrentes de quantidades elevadas de energia reativa. Essa condição resulta em aumento na corrente total que circula nas redes de distribuição de energia elétrica da Concessionária e das unidades consumidoras, podendo sobrecarregar as subestações, as linhas de transmissão e distribuição, prejudicando a

estabilidade e as condições de aproveitamento dos sistemas elétricos, trazendo inconvenientes diversos (CODI, 2004).

- Perdas na instalação

As perdas de energia elétrica ocorrem em forma de calor e são proporcionais ao quadrado da corrente total. Como essa corrente cresce com o excesso de energia reativa, estabelece-se uma relação entre o incremento das perdas e o baixo fator de potência, provocando o aumento do aquecimento de condutores e equipamentos (WEG, 2001).

- Quedas de tensão

O aumento da corrente devido ao excesso de energia reativa leva a quedas de tensão acentuadas, podendo ocasionar a interrupção do fornecimento de energia elétrica e a sobrecarga em certos elementos da rede. Esse risco é sobretudo acentuado durante os períodos nos quais a rede é fortemente solicitada. As quedas de tensão podem provocar ainda, a diminuição da intensidade luminosa das lâmpadas e aumento da corrente nos motores (WEG, 2001).

- Subutilização da capacidade instalada

A energia reativa, ao sobrecarregar uma instalação elétrica, inviabiliza sua plena utilização, condicionando a instalação de novas cargas a investimentos que seriam evitados se o fator de potência apresentasse valores mais altos. O "espaço" ocupado pela energia reativa poderia ser então utilizado para o atendimento de novas cargas. Os investimentos em aplicação das instalações estão relacionados principalmente aos transformadores e condutores necessários. O transformador a ser instalado deve atender à potência total dos equipamentos utilizados, mas devido a presença de potência reativa, a sua capacidade deve ser calculada com base na potência aparente das instalações (WEG, 2001).

2.3.5 Vantagens da correção do fator de potência

As vantagens decorrentes da correção do fator de potência para o consumidor são (COSERN, 2017):

- As variações de tensão diminuem;
- Os condutores tornam-se menos aquecidos;

- As perdas de energia são reduzidas;
- A capacidade de transformadores alcança melhor aproveitamento;
- Aumento da vida útil dos equipamentos;
- Utilização racional da energia consumida;
- Fim da cobrança do consumo de energia reativa excedente, que é cobrado na conta de energia

2.3.6 Vantagens da Concessionária

As vantagens decorrentes da correção do fator de potência para a concessionária são (WEG, 2001):

- O bloco de potência reativa deixa de circular no sistema de transmissão e distribuição;
- Evita as perdas pelo efeito Joule;
- Aumenta a capacidade do sistema de transmissão e distribuição para conduzir o bloco de potência ativa;
- Aumenta a capacidade de geração com intuito de atender mais consumidores; - Diminui os custos de geração.

2.4 Legislação

De acordo com o Codi (2004) em conformidade com o estabelecido pelo Decreto nº 62.724 de 17 de maio de 1968 e com a nova redação dada pelo Decreto nº 75.887 de junho de 1975, as concessionárias de energia elétrica adotaram o fator de potência de 0,85 como referência para limitar o fornecimento de energia reativa. Posteriormente, o Decreto nº 479, de 20 de março de 1992, reiterou a obrigatoriedade de se manter o fator de potência o mais próximo possível da unidade (1,00), tanto pelas concessionárias como pelos consumidores, recomendando, ainda, ao Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica (DNAEE), órgão hoje já extinto, o estabelecimento de um novo limite de referência para o fator de potência indutivo e capacitivo, bem como a forma de avaliação e de critério de faturamento da energia reativa excedente a esse novo limite.

Esta legislação pertinente, estabelecida pelo DNAEE na Portaria nº 1569 de 23 de dezembro de 1993, e atualmente estabelecida pela Agência Nacional de Energia Elétrica

– ANEEL pela Resolução nº 456 de 29 de novembro de 2000, introduziu uma nova forma de abordagem do ajuste pelo baixo fator de potência, com os seguintes aspectos relevantes (ANEEL, 2010):

- Aumento do limite mínimo do fator de potência de 0,85 para 0,92;
- Faturamento de energia reativa capacitiva excedente;
- Redução do período de avaliação do fator de potência de mensal para horário, a partir de 1996.

Com isso muda-se o objetivo do faturamento: em vez de ser cobrado um ajuste por baixo fator de potência, como faziam até então, as concessionárias passam a faturar a quantidade de energia ativa que poderia ser transportada no espaço ocupado por esse consumo de reativo. Este é o motivo de as tarifas aplicadas no caso serem as de demanda e consumo de ativos, inclusive ponta e fora de ponta para os consumidores enquadrados na tarifação horo-sazonal (ANEEL,2010).

Além do novo limite e da nova forma de medição, outro ponto importante ficou definido:

- Das 06:30 às 23:30, o fator de potência deve ser no mínimo 0,92 para a energia e demanda de potência reativa indutiva fornecida.
- Das 23:30 até às 06:30, no mínimo 0,92 para energia e demanda de potência reativa capacitiva recebida.

O Quadro 1, apresenta alguns valores de fator de potência mínimo exigidos em alguns países.

Quadro 1 - Fator de potência em alguns países.

País	Fator mínimo permitido
França	0,93
Portugal	0,93
Bélgica	0,95
Alemanha	0,96
Suíça	0,93
Argentina	0,95
Coréia	0,93
Espanha	0,92

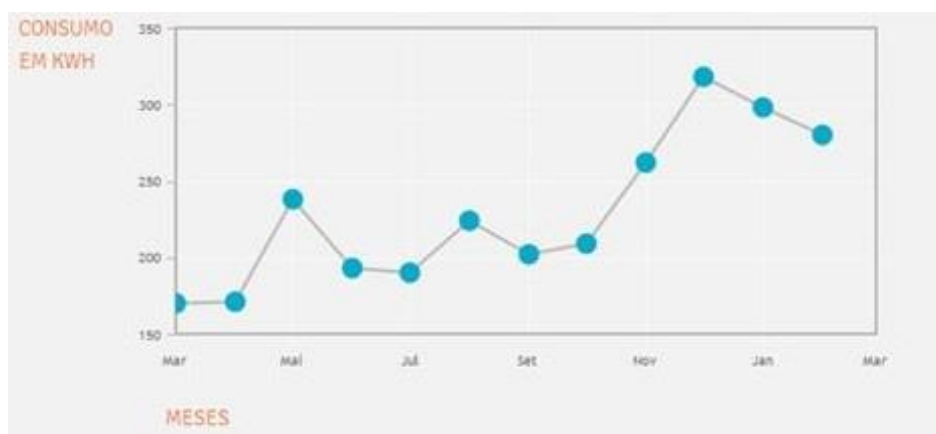
Fonte: Amorim, 2008.

Segundo Amorim (2008), há uma tendência mundial em se elevarem os limites mínimos visando a melhoria da eficiência operacional dos sistemas elétricos.

2.5 Perfil diário de consumo de energia para consumidores residenciais

De acordo com Orsini *et al.* (1995), o consumo de energia elétrica normalmente apresenta um comportamento periódico, que reflete as atividades cotidianas desenvolvidas pelos consumidores do sistema elétrico. O Gráfico 1 mostra o perfil de consumo brasileiro.

Gráfico 1- Consumo de energia elétrica anual.



Fonte: Energisa, 2017.

Atualmente a energia elétrica consumida é, do ponto de vista econômico, uma das principais grandezas elétricas a serem medidas pela forma com que seus consumidores são faturados. Os consumidores são responsáveis pela utilização da energia elétrica entregue em seu estabelecimento e podem ser tarifados não apenas pela parcela útil de energia utilizada, que é transformada em trabalho, mas também pela parcela que não é transformada em trabalho, mas é exigida pela carga do consumidor (SUHETT, 2008).

2.6 Análise Tarifária da UFERSA - Campus Pau dos Ferros

A legislação tarifária brasileira é um assunto de desconhecimento de muitos consumidores. A consequência é o desperdício de recursos financeiros no pagamento das contas de energia. Segundo Nishiruma (2007), a legislação atual permite a alguns consumidores escolher o enquadramento e valor de contrato de demanda que resultam em menor despesa com energia elétrica. A decisão, porém, só deve ser tomada após uma verificação do comportamento de consumo e demanda nos segmentos horários (ponta e fora de ponta) e sazonais (períodos seco e úmido) da unidade consumidora. A UFERSA - Campus Pau dos Ferros é classificada com A4 Horo-sazonal Verde. O Quadro 2 mostra dados sobre o preço final desse tipo de classificação.

Quadro 2 - Tarifa A4 Horo Sazonal Verde.

Consumo	Tarifa (R\$/kWh)
Consumo ativo na ponta	1,58858890
Consumo ativo fora de ponta	0,32423194
Consumo reativo excedente na ponta	0,29082324
Consumo reativo excedente fora de ponta	0,29082324

Fonte: COSERN, 2017.

2.7 Definições

2.7.1 Capacitores

Capacitores são componentes elétricos que tem duas superfícies condutoras separadas por um material isolante e com a capacidade de armazenar carga elétrica nas superfícies condutoras (BOYLESTAD, 2011).

2.7.2 Indutores

Indutores são componentes fundamentais de sistemas elétricos constituído de um grupo de espiras de fio em torno de um núcleo de material ferromagnético ou de ar (BOYLESTAD, 2011).

2.7.3. Fase e Neutro

O termo neutro designa o condutor que está ao mesmo potencial elétrico que o da terra, ou seja, não há diferença de potencial elétrico entre ele a terra. O termo "fase" designa o condutor no qual o potencial elétrico em relação à terra é variável, ou seja, entre a fase e a terra encontramos uma diferença de potencial elétrico variável no tempo. Um voltímetro com uma das ponteiros aterrada acusará uma diferença de potencial elétrico quando a outra ponteira estiver em contato com a fase e registrará um valor nulo quando a outra ponteira estiver em contato com o neutro (SILVEIRA, 2013).

2.7.4 Transformadores

Transformadores são máquina elétrica estática destinada a transformar os fatores da potência elétrica: tensão e corrente, nos circuitos de corrente alternada nos quais é instalado. Há uma variedade de transformadores com diferentes tipos de circuito, mas todos operam sobre o mesmo princípio de indução eletromagnética (DIAS, 2015).

2.7.5 Horário de Ponta

O horário de ponta é composto por três horas diárias consecutivas definidas pela distribuidora considerando a curva de carga de seu sistema elétrico, aprovado pela ANEEL para toda a área de concessão, com exceção feita aos sábados, domingos, terça-feira de carnaval, sexta-feira da Paixão, Corpus Christi, e os seguintes feriados definidos por leis federais: 01/01, 21/04, 01/05, 07/09, 12/10, 02/11, 15/11 e 25/12. Em média são 66 horas durante o mês (CEMIG, 2011).

2.7.6 Horário Fora de Ponta

O horário fora de ponta são as horas complementares às três horas consecutivas que compõem o horário de ponta, acrescidas da totalidade das horas dos sábados, domingos e dos 11(once) feriados indicados acima. Neste horário as tarifas de energia são inferiores às do HP e em média são 664 horas durante o mês (CEMIG, 2011).

2.7.7 Unidade Consumidor

Unidade consumidora é um conjunto composto por instalações, ramal de entrada, equipamentos elétricos, condutores e acessórios, incluída a subestação, quando do fornecimento em tensão primária, caracterizado pelo recebimento de energia elétrica em apenas um ponto de entrega, com medição individualizada, correspondente a um único consumidor e localizado em uma mesma propriedade ou em propriedades contíguas (COSERN, 2016)

2.8 NR 10 - Segurança em Instalações e Serviços em Eletricidade

A NR 10 (2004) estabelece os requisitos e condições mínimas objetivando a implementação de medidas de controle e sistemas preventivos, de forma a garantir a segurança e a saúde dos trabalhadores que, direta ou indiretamente, interajam em instalações elétricas e serviços com eletricidade. A mesma se aplica às fases de geração, transmissão, distribuição e consumo, incluindo as etapas de projeto, construção, montagem, operação, manutenção das instalações elétricas e quaisquer trabalhos realizados nas suas proximidades, observando-se as normas técnicas oficiais estabelecidas pelos órgãos competentes e, na ausência ou omissão destas, as normas internacionais cabíveis.

Nos trabalhos em instalações elétricas, quando as medidas de proteção coletiva forem tecnicamente inviáveis ou insuficientes para controlar os riscos, devem ser adotados equipamentos de proteção individual específicos e adequados às atividades desenvolvidas, em atendimento ao disposto na NR 6. As vestimentas de trabalho devem ser adequadas às atividades (Figura 3), devendo contemplar a condutibilidade, inflamabilidade e influências eletromagnéticas (NR, 2004).

Figura 3- Segurança em medições elétricas.



Fonte: Meditech, 2017.

3. METODOLOGIA

Este capítulo apresenta as etapas que foram seguidas para elaboração do trabalho, de acordo como a metodologia empregada e o local onde a pesquisa foi realizada, e ainda aborda os materiais e métodos utilizados em seu desenvolvimento.

3.1 Análise da Literatura

Através de trabalhos de outros autores, como Boylestad (2011), e alguns manuais, como Cemig (2013) e Weg (2001), foram explanados dados fundamentais para o entendimento do excedente reativo em unidades consumidoras, com intuito de obter embasamento teórico necessário para o desenvolvimento do trabalho.

O autor Boylestad (2011), apresentou conceitos e fundamentos teóricos acerca de energia, potência, fator de potência e elementos que caracterizam um circuito de corrente alternada. O manual organizado pela Cemig (2003) propõe-se a revisar alguns aspectos importantes relativos à teoria básica relacionada ao tema “Fator de Potência”, objetivando o nivelamento inicial de informações e a apresentação de conceitos que constituem a base geral para o entendimento do assunto.

O trabalho organizado pela Weg (2001) aborda, além dos princípios elementares associados ao tema, os principais problemas advindos do baixo fator de potência, suas principais causas em uma instalação elétrica e as possibilidades de correção, proporcionando ao consumidor maior qualidade de seu sistema elétrico e maior competitividade.

3.2 Caracterização do Local

A pesquisa foi realizada no campus da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), na cidade de Pau dos Ferros/RN. Foram realizadas visitas aos blocos do campus, sendo eles: bloco administrativo, bloco de salas II e bloco de laboratórios, com a finalidade de coletar dados sobre corrente, potências e fator de potência. As visitas foram realizadas nos horários da manhã, tarde e noite, onde os levantamentos de dados duraram cerca de 8 dias. A Figura 4 mostra a localização dos blocos analisados. A sigla BL representa a localização do bloco de laboratórios, a sigla BS II o bloco de salas II e a sigla BA o bloco administrativo.

Figura 4 – Localização dos blocos analisados dentro da UFERSA – Campus Pau dos Ferros.



Fonte: Google Mapas, 2017.

3.3 Análise de contas de energia

Através de fatura de energia entre os períodos de abril de 2013 a setembro de 2017, foi possível montar gráficos acerca dos gastos com consumo reativo, tanto em horário de ponta como fora de ponta, mostrando o perfil da instituição quanto a gastos com multas por ultrapassar os valores estipulados pela concessionária local.

3.4 Medições

Para a execução dos trabalhos foi utilizado um alicate wattímetro (MINIPA - ET4090). O mesmo tem como característica, o monitoramento em sinais de potência trifásica, consumo de energia, tensão, corrente, entre outros. Possui também medição de frequência da rede e resistência.

Nas medições o alicate foi conectado as fases, de maneira individual como mostram as Figura 5 e 6. A parte positiva (garra vermelha) era conectada ao neutro, enquanto a parte negativa (garra preta) era conectada a fase na qual deseja analisar. Com isso o alicate fornecia dados de potência, fator de potência e corrente, todos valores instantâneos.

Figura 5 - Utilização de alicate wattímetro em medições de fator de potência.



Fonte: Próprio autor

Figura 6 - Quadro de energia do bloco administrativo.



Fonte: Próprio autor

Para realizar medições, profissionais que trabalham com eletricidade devem estar cientes aos procedimentos de segurança. Entretanto, a pressão para terminar o trabalho dentro do prazo ou fazer com que um equipamento de missão crítica volte à atividade pode provocar descuidos e erros incomuns até mesmo nos eletricitistas mais experientes. É preciso estar atento para garantir e maximizar a segurança nas medições elétricas e assim otimizar o desempenho dentro do ambiente de trabalho. Durante as medições, os EPI's utilizados foram (Figura 7)

- Luva de proteção contra choque elétrico (até 17 kW)
- Óculos
- Capacete de proteção individual

Figura 7 - EPI's utilizado nas medições de fator de potência na UFERSA – Campus Pau dos Ferros.



Fonte: Próprio autor.

Sabe-se que é necessário estar conforme a norma. Para garantia de segurança do profissional envolvidos no projeto, recomenda a aquisição dos seguintes equipamentos:

- Capacete de segurança com isolamento para eletricidade;
- Meia bota isolada;
- Óculos de segurança incolor e com proteção contra raios ultravioletas;
- Roupas de algodão;
- Luvas de borracha isolantes BT e AT;
- Luvas de pelica para proteção das luvas de borracha;
- Luvas de raspa para trabalhos rústicos.

3.5 ELO.50

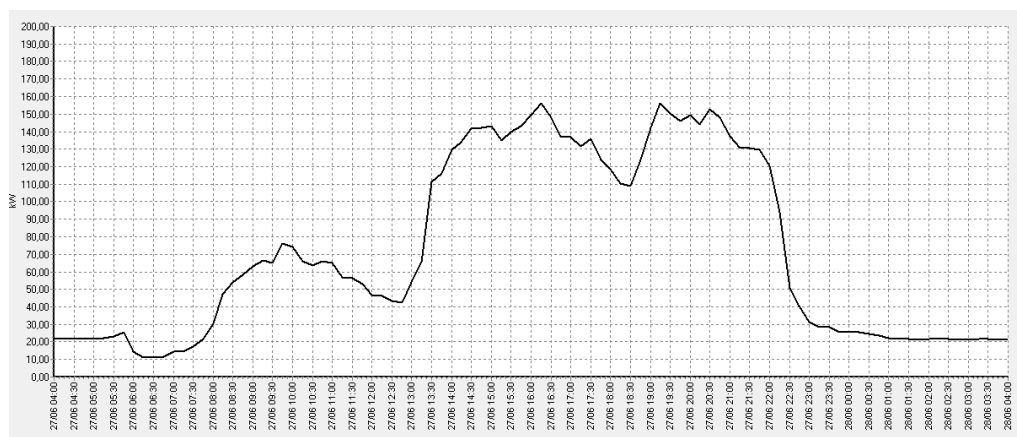
O ELO.50 é um programa de análise de dados contidos em leituras de medidores e registradores eletrônicos de energia elétrica padrão ABNT utilizados em faturamento de energia elétrica. Pode analisar informações de medidores bidirecionais, padrão ABNT. O programa gera relatórios e gráficos para análise, em vídeo ou impressora, mostrando a curva de carga, totalizadores de energia, faltas de energia e página fiscal dos medidores que registram esta informação. O ELO.50 oferece total precisão na verificação das leituras, garantindo a mais alta confiabilidade e qualidade de serviço às concessionárias de energia e, conseqüentemente, a seus clientes consumidores. As análises feitas se fundamentam nas regras trifásicas vigentes no Brasil. (ELONET,2017). Pelo software, conseguiu-se analisar dados de demanda ativa, demanda reativa e fator de potência entre o período de 27/06 à 24/07, e fazer uma análise comparativa com dados obtidos em contas e medições em blocos.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Este capítulo aborda os resultados obtidos com relação à metodologia utilizada no trabalho onde são mostrados os dados referentes à pesquisa realizada no campus, identificando os blocos de sala com excedente reativo e discutindo possíveis soluções para um consumo ótimo de energia elétrica na instituição. Outro ponto explanado foi à análise dos gastos com consumo de energia reativa através das contas de energia e o consumo reativo total da instituição.

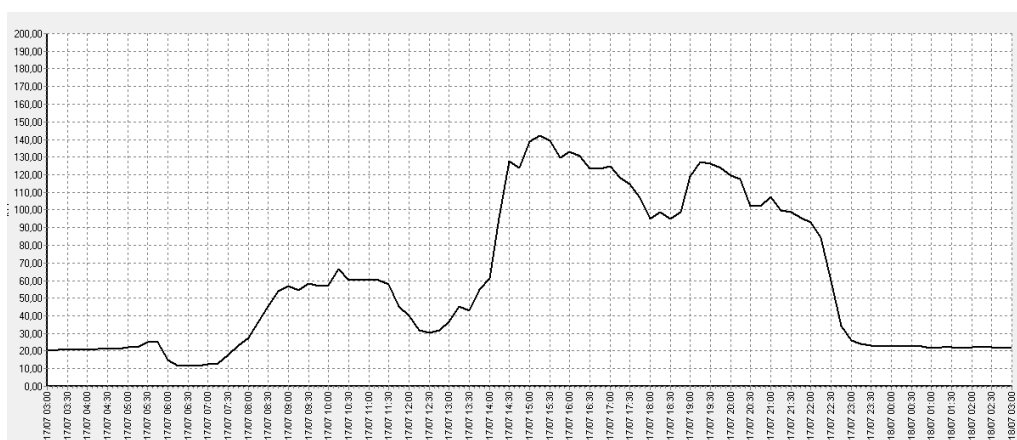
4.1 Perfil diário de consumo de energia para UFERSA – Campus Pau dos Ferros

Gráfico 2- Curva diária de consumo de energia da UFERSA – Campus Pau dos Ferros no dia 27/06/2017.



Fonte: ELO.50, 2017.

Gráfico 3 - Curva diária de consumo de energia da UFERSA – Campus Pau dos Ferros no dia 17/07/2017.



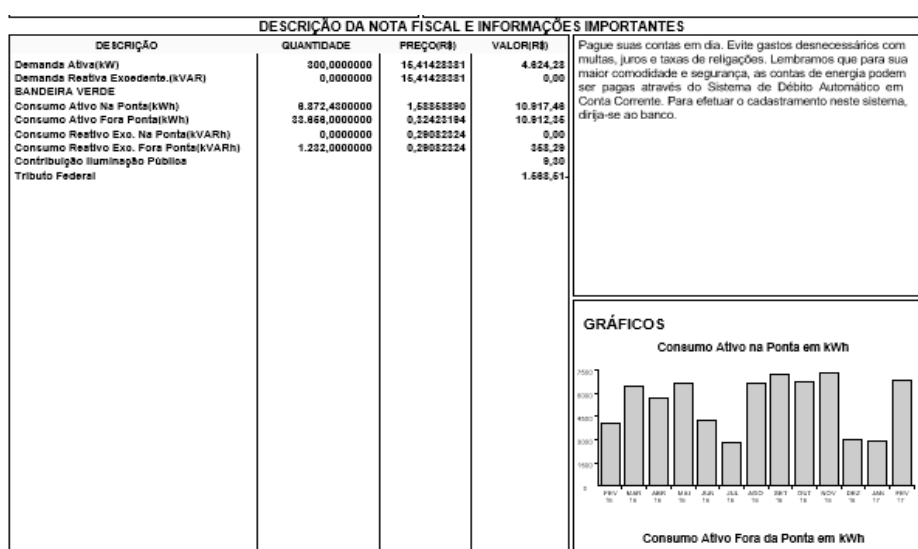
Fonte: ELO.50, 2017.

As curvas do período entre 27/06/17 e 17/07/17, traça um perfil de consumo da instituição ao longo de um dia. A demanda e o consumo de energia elétrica possuem um comportamento constante durante os períodos de atividade, com um aumento nos períodos da tarde e noite justificado pela quantidade de alunos nesses horários, apresentando quedas apenas nos horários onde não há mais aula.

4.2 Análise dos gastos com consumo de energia reativa

A seguir serão apresentados alguns gráficos, referentes a custos com excedente reativo da UFERSA - Campus Pau dos Ferros, no período entre abril de 2013 a setembro de 2017. Os gráficos mostram os montantes mensais gastos tanto em horário de ponta como em horário fora de ponta. Os dados foram obtidos a partir da descrição da nota fiscal das contas de energia da UFERSA como mostra a Figura 7

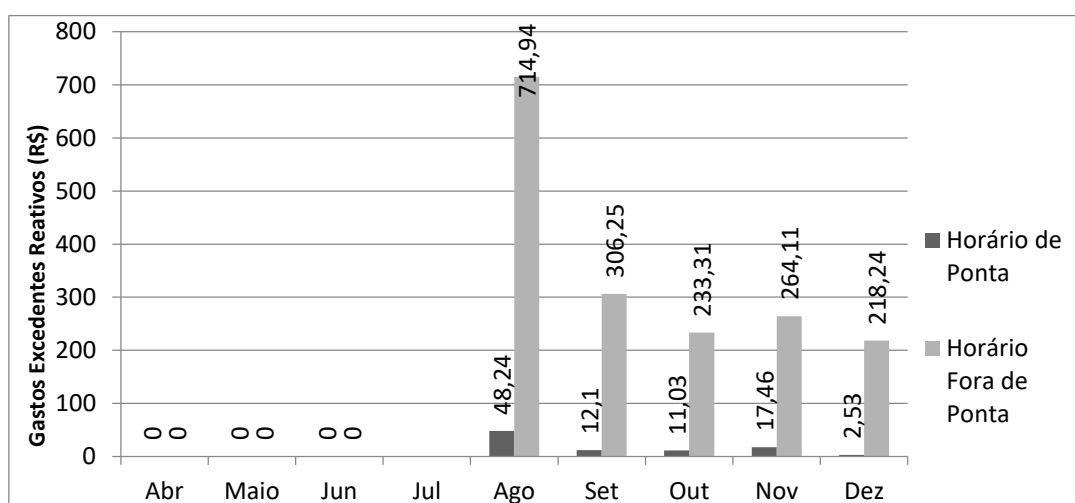
Figura 8 - Descrição da nota fiscal de uma conta de energia para grandes consumidores.



Fonte: Próprio autor.

O Gráfico 4 mostra os valores mensais gastos com excedente reativo, entre o mês de abril, início das cobranças por parte da concessionária até dezembro do ano de 2013. Uma observação importante, é que devido à falta de uma fatura de energia no mês de julho, o mesmo se encontra sem valores. Em 2013, as multas por excedentes de reativo começaram no mês de agosto e se manteve constante por todo ano.

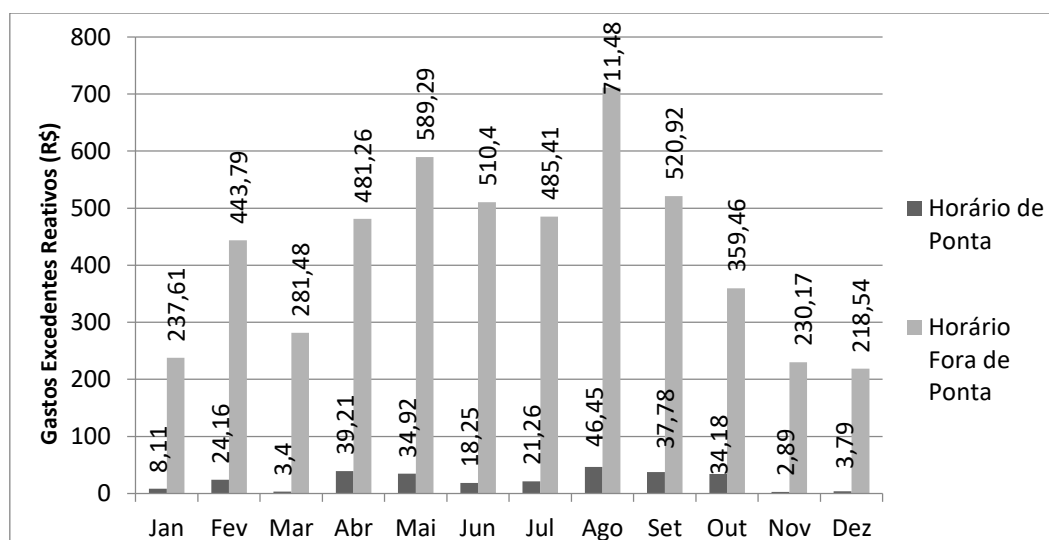
Gráfico 4 - Gastos com excedentes reativos no período de 2013.



Fonte: Próprio autor.

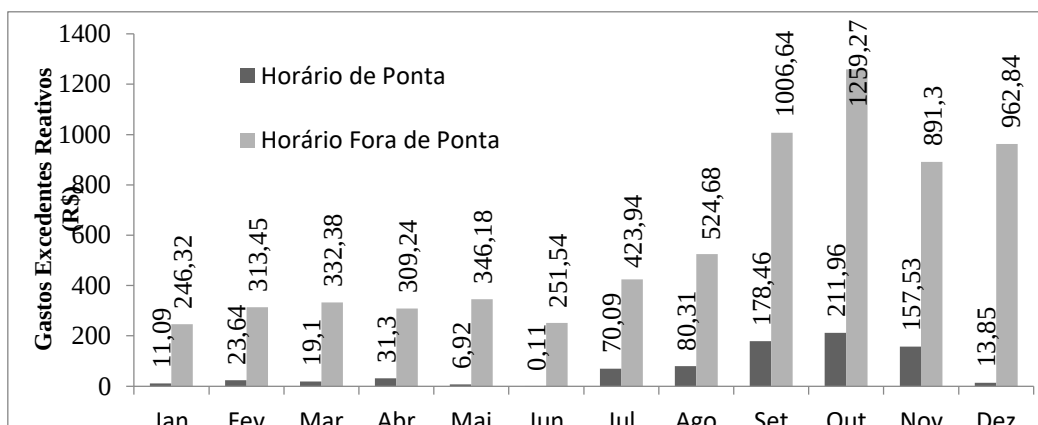
Os Gráficos 5 e 6 representam os gastos reativos do ano de 2014 e 2015 respectivamente. Como pode ser verificado no gráfico a seguir, o valor de energia reativa gerada está elevado, principalmente em horários de ponta.

Gráfico 5 - Gastos com excedentes reativos no período de 2014 pela UFERSA – Campus Pau dos Ferros.



Fonte: Próprio autor.

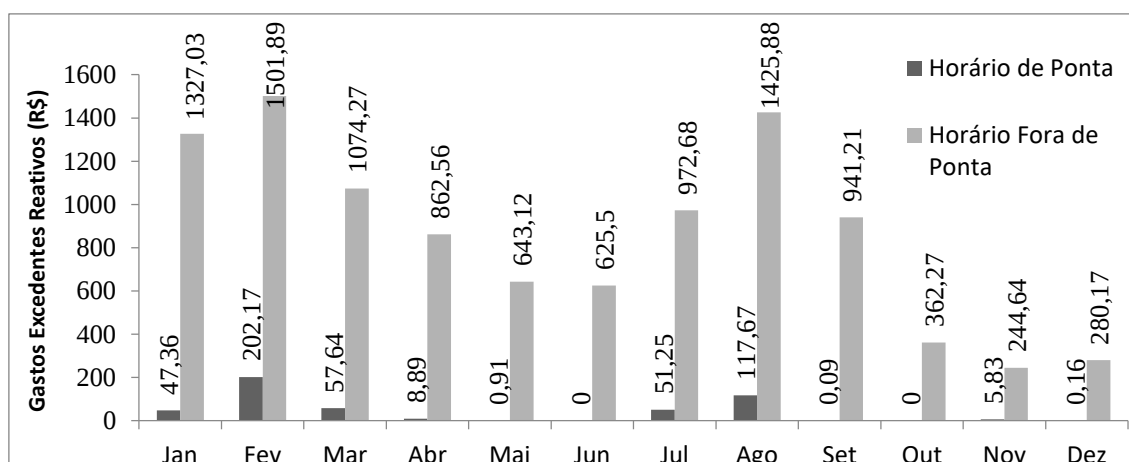
Gráfico 6- Gastos com excedentes reativos no período de 2015 pela UFERSA – Campus Pau dos Ferros.



Fonte: Próprio autor.

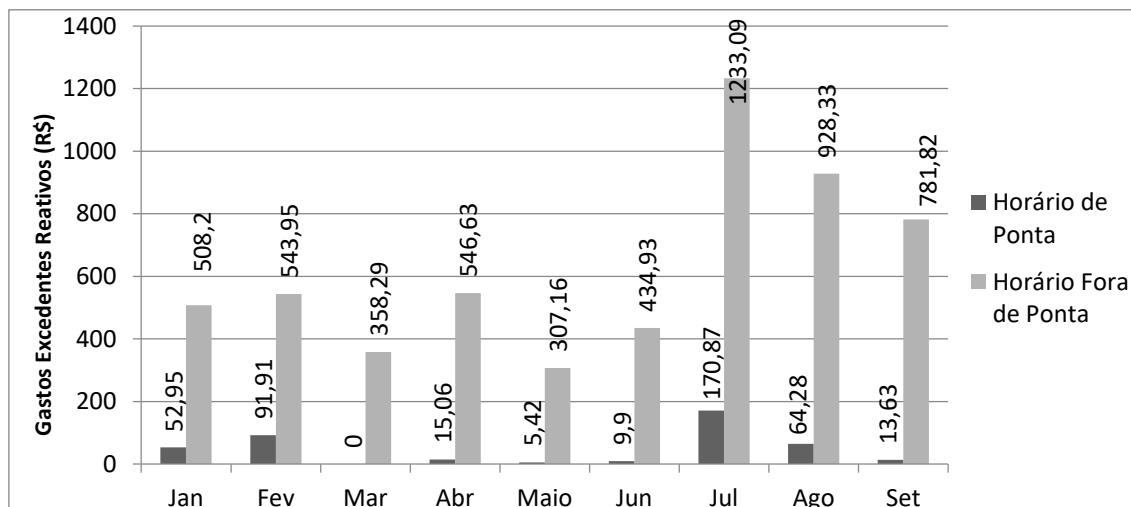
Os Gráficos 7 e 8, referem-se aos períodos de 2016 até setembro de 2017, os custos continuaram a acontecer em ambos os horários, evidenciando que os valores de fator de potência da UFERSA – Campus Pau dos Ferros estão fora dos padrões toleráveis e regulado pela ANEEL.

Gráfico 7 - Gastos com excedentes reativos no período de 2016 pela UFERSA – Campus Pau dos Ferros.



Fonte: Próprio autor.

Gráfico 8 - Gastos com excedentes reativos no período de 2017 pela UFERSA –
Campus Pau dos Ferros.

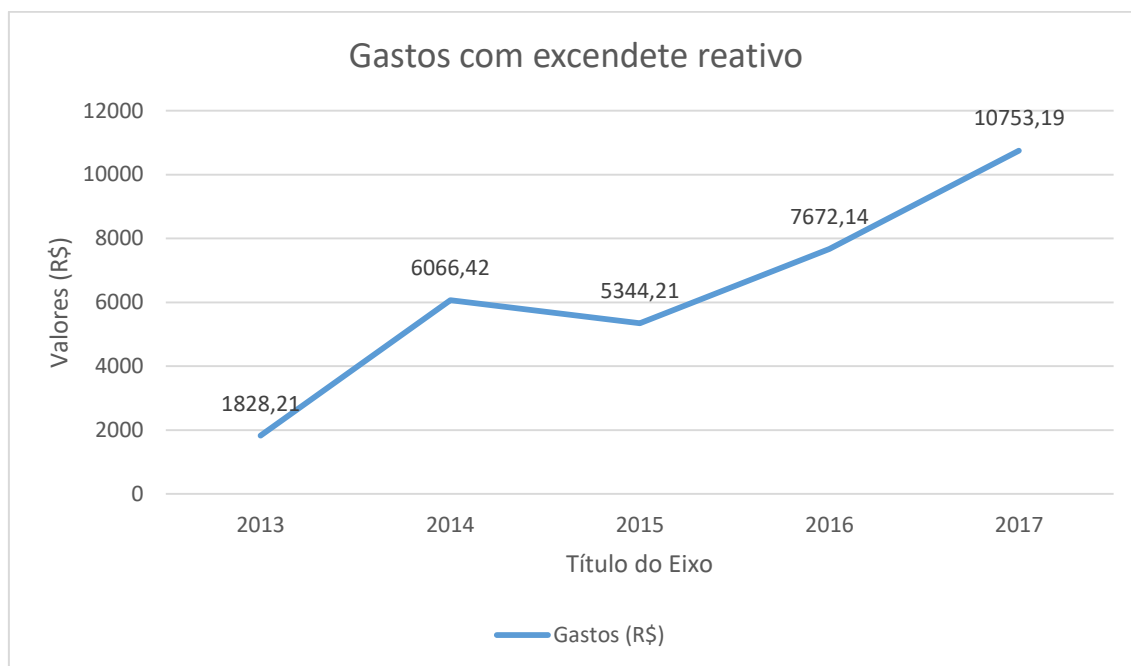


Fonte: Próprio autor.

Pelos gráficos de custo com excedente reativo, foi possível perceber que o problema vem desde do início do funcionamento da instituição UFERSA Campus Pau dos Ferros. Outra consideração a fazer é que o baixo fator de potência da instalação está presente nos dois horários (ponta e fora de ponta). Destaca-se os gastos no horário fora de ponta, onde os valores chegam a ser superiores mais de dez vezes o valor de horário de ponta. O mesmo pode se justificar pelo fato de que a demanda de carga pela instituição nesse horário é menor além da possibilidade de ter transformadores funcionando em “vazio” nos períodos onde não há mais atividades sendo feitas no campus.

No Gráfico 9 mostra os valores totais gastos com excedente reativos entre anos de 2013 a 2017, mostrando que com a inauguração de novos blocos a tendência desse tipo de custo é aumentar, o que gera desperdício além de problemas na rede elétrica, tanto para a instituição como para a concessionária.

Gráfico 9 - Gastos com excedentes reativos entre os períodos de 2013 a 2017 pela UFERSA – Campus Pau dos Ferros.



Fonte: Próprio autor

É importante ressaltar, que no período de greve (maio a outubro de 2015) e em períodos de férias, o consumo reativo continua constante mesmo com uma demanda de energia muito menor do que em dias letivos, mostrando que o problema esteja além da análise em bloco de salas da UFERSA – Campus Pau dos Ferros.

4.3 Resultados das medições

4.3.1 Bloco Administrativo

- **Horário Fora de Ponta**

A coleta dos dados foi realizada entre os dias 13 e 21 de setembro, em horários distintos, variando entre os turnos da manhã e tarde, como mostram os Quadros 3, 4 e 5.

Quadro 3 - Potências, fator de potência e corrente do bloco administrativo (13/09/2017 às 9:18h).

	Ativa (W)	Reativa (VAR)	Aparente (VA)	Fp	Corrente (A)
Fase 1	8020	2170	8320	0,96	36,8
Fase 2	6605	1190	6722	0,98	20,6
Fase 3	1654	800	1860	0,90	26,6

Fonte: Próprio autor.

Quadro 4 - Potências, fator de potência e corrente do bloco administrativo (15/09/2017 às 15:30h).

	Ativa (W)	Reativa (VAR)	Aparente (VA)	Fp	Corrente (A)
Fase 1	111300	4470	119400	0.92	52,6
Fase 2	7100	1200	7290	0,98	32,4
Fase 3	5442	1500	5650	0,96	24,9

Fonte: Próprio autor.

Quadro 5 - Potências, fator de potência e corrente do bloco administrativo (21/09/2017 às 14:14h).

	Ativa (W)	Reativa (VAR)	Aparente (VA)	Fp	Corrente (A)
Fase 1	6618	1567	6795	0,95	34,4
Fase 2	8764	1404	8877	0,98	38,8
Fase 3	3827	893	3693	0,97	30,4

Fonte: Próprio autor.

Pela coleta de dados do bloco administrativo no horário fora de ponta, observou-se que o fator de potência encontrado é dentro do padrão exigido pela ANEEL e concessionária, chegando a ser superior ao recomendando.

- **Horário de Ponta**

A coleta dos dados foi realizada entre os dias 13 e 18 de setembro, no horário característico do horário de ponta (17:30 às 20:30) como indicam os Quadros 6 e 7

Quadro 6 - Potências, fator de potência e corrente do bloco administrativo (13/09/2017 às 19:03h).

	Ativa (W)	Reativa (VAR)	Aparente (VA)	Fp	Corrente (A)
Fase 1	950	230	970	0,97	4,3
Fase 2	2690	980	2860	0,93	12,6
Fase 3	4555	1100	4680	0,97	20,5

Fonte: Próprio autor.

Quadro 7 - Potências, fator de potência e corrente do bloco administrativo (18/09/2017 às 19:05h).

	Ativa (W)	Reativa (VAR)	Aparente (VA)	Fp	Corrente (A)
Fase 1	725	197	760	0,96	3,3
Fase 2	6045	1060	6202	0,98	27
Fase 3	3840	939	3944	0,96	17,4

Fonte: Próprio autor.

A partir dos dados coletados no horário de ponta, foi possível observar que o fator de potência da instalação é ótimo, com valores acima das recomendações da ANEEL e concessionária.

4.3.2 Bloco de Salas II

- **Horário Fora de Ponta**

A coleta de dados foi realizada entre os dias 13 e 21 de setembro, em horários distintos, variando entre os turnos da manhã, tarde como indicam os Quadros 8, 9 e 10. Uma importante observação acerca do Bloco de Sala II, foi a ausência de dados em uma das fases. A mesma se justifica pelo fato de não conseguir conectar o alicate wattímetro entre as fases, já que o espaço entre elas não possibilitou, e uma possível tentativa poderia danificar o aparelho de medição, além de trazer riscos na medição, como indica a Figura 9.

Quadro 8 - Potências, fator de potência e corrente do bloco de salas II (13/09/2017 às 8:56h).

	Ativa (W)	Reativa (VAR)	Aparente (VA)	Fp	Corrente (A)
Fase 1	9600	2300	9900	0,97	44,8
Fase 2	-	-	-	-	-
Fase 3	5300	1400	5500	0,96	24,55

Fonte: Próprio autor.

Quadro 9 - Potências, fator de potência e corrente do bloco de salas II (15/09/2017 às 15:44h).

	Ativa (W)	Reativa (VAR)	Aparente (VA)	Fp	Corrente (A)
Fase 1	3600	1040	3710	0,95	26,9
Fase 2	-	-	-	-	-
Fase 3	7526	1940	7840	0,96	34,8

Fonte: Próprio autor.

Quadro 10 - Potências, fator de potência e corrente do bloco de salas II (21/09/2017 às 14:21h).

	Ativa (W)	Reativa (VAR)	Aparente (VA)	Fp	Corrente (A)
Fase 1	6566	1516	6814	0,97	31,19
Fase 2	-	-	-	-	-
Fase 3	9759	1658	10060	0,97	48,3

Fonte: Próprio autor.

Figura 9 - Quadro de distribuição do Bloco de Sala II.



Fonte: Próprio autor.

Pela coleta de dados do Bloco de Salas II no horário fora de ponta, observa-se que o fator de potência encontrado é ótimo, onde em algumas fases o valor chega a ultrapassar, o valor mínimo recomendando pelas concessionárias.

- **Horário de Ponta**

A coleta de dados foi realizada entre os dias 13 e 18 de setembro, no horário característico do horário de ponta como exibir os Quadros 11 e 12.

Quadro 11 - Potências, fator de potência e corrente do bloco de salas II (13/09/2017 às 19:15h).

	Ativa (W)	Reativa (VAR)	Aparente (VA)	Fp	Corrente (A)
Fase 1	11100	1990	11270	0,98	63,56
Fase 2	-	-	-	-	-
Fase 3	12400	2900	12200	0,97	54,1

Fonte: Próprio autor.

Quadro 12 - Potências, fator de potência e corrente do bloco de salas II (18/09/2017 às 19:15h).

	Ativa (W)	Reativa (VAR)	Aparente (VA)	Fp	Corrente (A)
Fase 1	9610	2158	9839	0,97	43,4
Fase 2	-	-	-	-	-
Fase 3	10420	1761	11190	0,95	50,7

Fonte: Próprio autor.

A partir dos dados coletados no horário de ponta, foi possível observar que o fator de potência da instalação, se encontra adequado ao estipulado pelo órgão fiscalizador.

4.3.3 Bloco de Laboratórios

- **Horário Fora de Ponta**

As coletas de dados foram feitas no entre os dias 15 e 21 de setembro, em horários distintos, variando entre os turnos da manhã, tarde como exibem os Quadros 13 e 14.

Quadro 13 - Potências, fator de potência e corrente do bloco de laboratórios (15/09/2017 às 15:53h).

	Ativa (W)	Reativa (VAR)	Aparente (VA)	Fp	Corrente (A)
Fase 1	6960	2600	7000	0,88	35,5
Fase 2	2970	1980	5270	0,96	24,1
Fase 3	7704	1620	7820	0,97	35,9

Fonte: Próprio autor.

Quadro 14 - Potências, fator de potência e corrente do bloco de laboratórios (21/09/2017 às 14:25h).

	Ativa (W)	Reativa (VAR)	Aparente (VA)	Fp	Corrente (A)
Fase 1	7731	2344	8183	0,92	47,3
Fase 2	10000	4275	12,810	0,81	47,2
Fase 3	8212	1550	8342	0,98	38,2

Fonte: Próprio autor.

Pelos dados obtidos do Bloco de Laboratórios, observou-se que o fator de potência encontrado é ótimo em algumas fases, em outras, o valor está abaixo do recomendando, assim contribuindo para acréscimo de excedente reativo na fatura de energia.

- **Horário de Ponta**

A coleta de dados foi realizada entre os dias 13 e 18 de setembro, no horário característico de ponta, como mostram os Quadros 15 e 16.

Quadro 15 - Potências, fator de potência e corrente do bloco de laboratórios (13/09/2017 às-19:23h).

	Ativa (W)	Reativa (VAR)	Aparente (VA)	Fp	Corrente (A)
Fase 1	10700	3370	11270	0,94	48,7
Fase 2	12000	3850	12600	0,95	56,2
Fase 3	13300	2640	13420	0,97	57,6

Fonte: Próprio autor.

Quadro 16 - Potências, fator de potência e corrente do bloco de laboratórios (18/09/2017 às 19:25h).

	Ativa (W)	Reativa (VAR)	Aparente (VA)	Fp	Corrente (A)
Fase 1	4080	1790	4424	0,9	29,3
Fase 2	3433	1848	5468	0,97	24,8
Fase 3	7558	1298	7619	0,98	34,6

Fonte: Próprio autor.

A partir dos dados coletados no horário de ponta, foi possível observa que o fator de potência da instalação, se encontram acima das recomendações da concessionária, exceto em uma das fases, onde o valor chegou a ser próximo de 0,90.

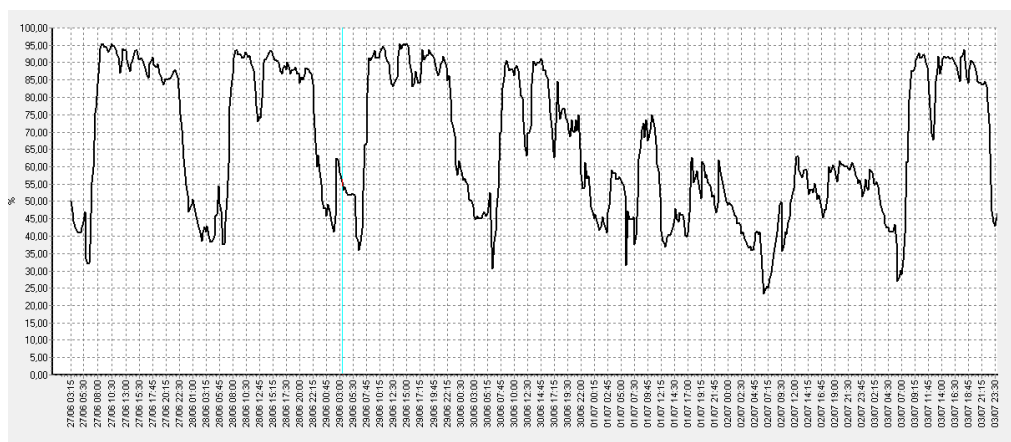
Pelos dados obtidos nos três blocos, comprovou-se que o bloco de laboratórios apresenta gastos com excedente de reativo, porém em uma proporção muito menor do que as contas de energia relatam, aumentando a hipótese de que o problema está além dos blocos de salas da UFERSA – Campus Pau dos Ferros.

4.4 Análise de fator de potência do campus através do aplicativo ELO.50

Os dados obtidos pelo software referente ao período de 27/06 a 27/07 de 2017 na UFRSA – Campus Pau dos Ferros, a partir da leitura na subestação via internet, em intervalos de 15 minutos, mostrando valores do fator de potência em diferentes horários ao longo de uma semana, conforme a figura 9 e 10.

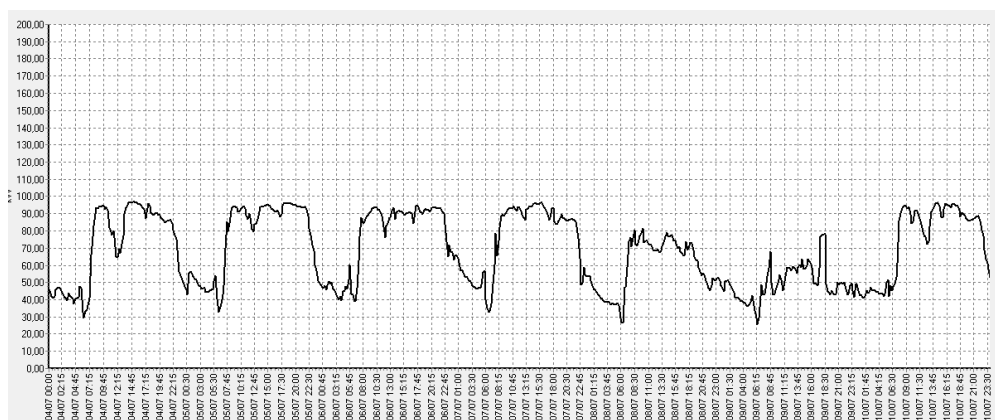
As figuras a seguir são algumas amostras dos dados obtidos pelo ELO.50. Apesar de ter detectado um excedente reativo no bloco de laboratórios, a multa na conta de energia não justifica o valor cobrado. Pelo software, tem uma visão completa do fator de potência da instituição, observando que o problema existe, não estando apenas restrito aos blocos.

Gráfico 10 - Variação do fator de potência entre 27/06 a 03/07.



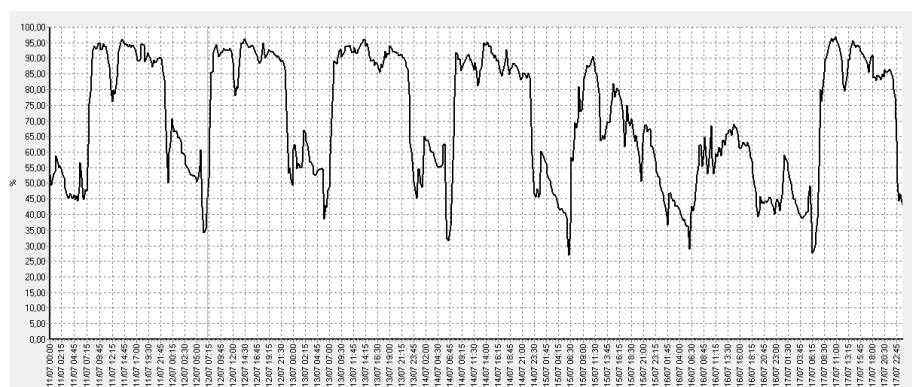
Fonte: ELO.50, 2017.

Gráfico 11 - Variação do fator de potência entre 04/07 a 10/07.



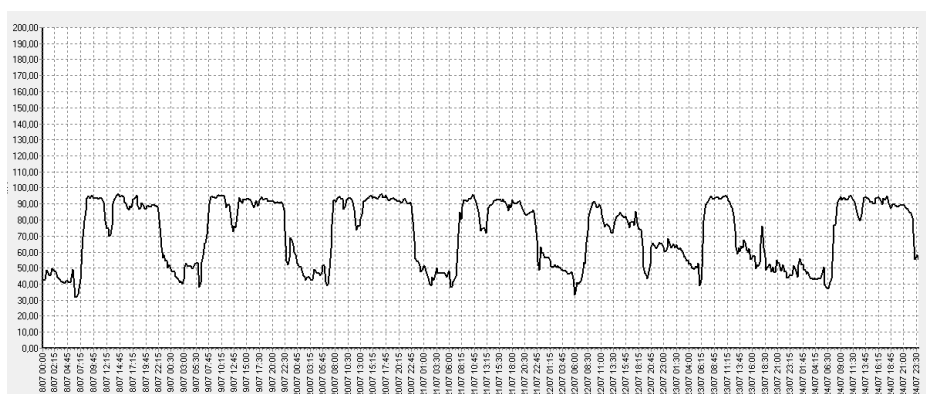
Fonte: ELO.50, 2017.

Gráfico 12- Variação do fator de potência entre 11/07 a 17/07.



Fonte: ELO.50, 2017.

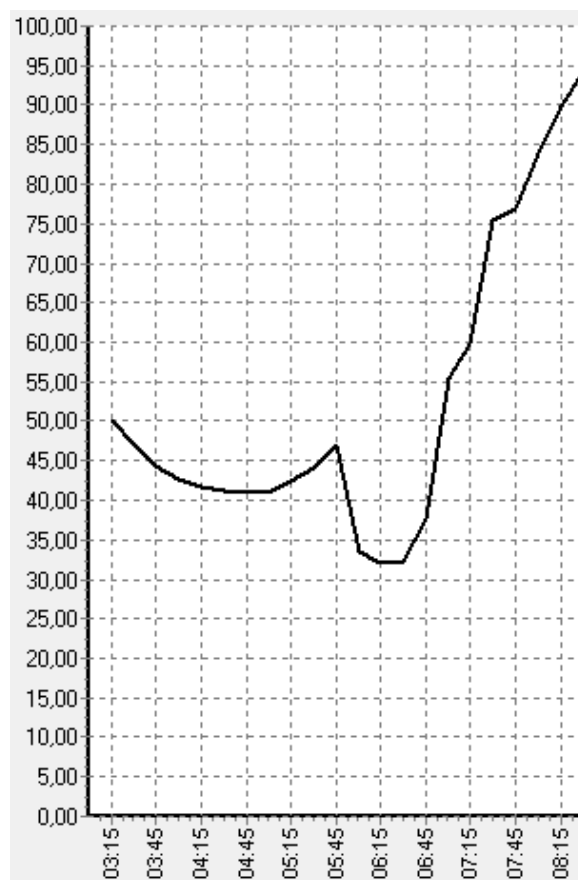
Gráfico 13- Variação do fator de potência entre 18/07 a 24/07.



Fonte: ELO.50, 2017.

A partir da análise da memória de massa, observou-se que entre os horários de 3:00 às 7:00 da manhã, os valores de fator de potência variam entre 0,3 e 0,4, como mostra a Figura 17. Vale lembrar, que nesse intervalo de horário, a instituição não está em funcionamento. Pelas amostras dos dados, percebeu-se que nos dias de sábado e domingo o fator de potência encontra-se abaixo do recomendando. Sabe-se que um transformador em “vazio”, consome carga indutiva e o mesmo pode ser a causa do baixo fator de potência. Só uma análise mais avançada pode confirmar a hipótese e aponta as possíveis soluções para o problema.

Figura 10- Variação do fator de potência entre os horários de 3:00h às 7:00h.



Fonte: ELO.50, 2017.

4.2 Correção do fator de potência

A partir das informações coletadas, dá-se início ao estudo com as análises das causas, para em seguida se proceder a um diagnóstico que as identifique e indique as melhores soluções.

É bom salientar, que a correção do fator de potência, pode ser feita, até certo ponto, corrigindo-se as causas, o que levará à utilização de equipamentos de correção com menor potência. Posteriormente, deverão ser feitas avaliações, sobre a melhor localização dos equipamentos de correção, levando-se em conta, os aspectos econômicos.

Finalmente, os resultados dos cálculos são analisados em conjunto, para que através de uma avaliação econômica das alternativas levantadas, se façam as recomendações finais.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Observou-se que o fator de potência interfere diretamente na qualidade da energia distribuída pela rede elétrica à qual nossas residências estão ligadas. Quedas de tensão, perdas, sobrecargas são só algumas das consequências de um fator de potência baixo numa instalação. Essa condição resulta em aumento na corrente total que circula nas redes de distribuição de energia elétrica da Concessionária e das unidades consumidoras, podendo sobrecarregar as subestações, as linhas de transmissão e distribuição, prejudicando a estabilidade e as condições.

Os resultados obtidos no trabalho, mostram que os objetivos foram alcançados. A partir dos mesmos, verificou-se que na UFERSA - Campus Pau dos Ferros, enfrenta problemas de fator de potência desde o início de seu funcionamento. Sabe-se que o desperdício com energia reativa, resulta em multa por violar as recomendações da concessionária e da ANEEL.

Por característica, o excedente é sempre maior em horário fora de ponta. Pela coleta de dados, observou-se que existe um percentual reativo abaixo do recomendado no bloco de laboratórios, mas os mesmos não justificam os valores cobrados nas faturas de energia. Por fim, através do software ELO.50 analisando dados de memória de massa, pode-se apurar que a problemática existe, sendo maior em períodos que a instituição não há expediente.

Além disso, foram geradas informações importantes para o desenvolvimento de futuros estudos na área de fator de potência e eficiência energética. Como sugestões para trabalhos futuros, pode-se propor uma análise mais completa do fator de potência da instituição, não se limitado apenas aos blocos além de fazer um levantamento acerca das alternativas para correção do fator de potência

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICA

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica. **Legislação básica do setor elétrico brasileiro.** Disponível em: <<http://ppp.worldbank.org/public-private-partnership/sites/ppp.worldbank.org/files/documents/Legisla11o0B1sica0do0Setor0El1trico.pdf>>. Acesso em 27 de agosto de 2017.

AMORIM, Edson. **Efeitos da correção do FP na BT sob o ponto de vista da eficiência energética.** In: Eficiência energética com a correção do fator de potência. São Paulo: ABINEE, 2008. 18 p

BOYLESTAD, Robert L. **Introdução à Análise de Circuitos.** 11ªed. São Paulo: Pearson, 2011.

CEMIG – Companhia Energética de Minas Gerais - **Manual de Instalações Elétricas Residenciais.** Belo Horizonte – MG: CEMIG, 2003.

CEMIG – Companhia Energética de Minas Gerais - **Manual de Gerenciamento de Energia.** Belo Horizonte – MG: CEMIG, 2011.

CODI – Comitê de Distribuição de Energia Elétrica. **Manual de Orientação aos Consumidores: Energia Reativa Excedente.** CODI, 2004. 13 p.

COSERN - Companhia de Energética do Rio Grande do Norte. **Energia Reativa.** Disponível em: <<http://servicos.cosern.com.br/residencial-rural/Pages/energia-reativa.aspx>>. Acesso em: 08 out. 2017

DIAS, André. **Máquinas Elétricas Estáticas e Rotativas.** 2015. <https://prezi.com/evxp9y6e7gpu/maquinas-eletricas-estaticas-e-rotativas/>. Acesso em 13/10/2017.

HADDAD, Jamil. **Energia Elétrica: Conceitos, Qualidade e Tarifação** – Rio de Janeiro, dezembro/2004.

JACQUES, Luiz. **Correção do fator de potência: uso do banco de capacitores.** 2014. Online < <http://www.portaleletricista.com.br/correcao-do-fator-de-potencia/>>. Acesso em 02/07/2017.

L. Q. Orsini, D. Consonni e V.H.N. **Medidas de potência e fator de potência.** Apostila do Departamento de Engenharia Eletrônica da Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, 23 p, 1995.

KAGAN N. e ROBBA, E. J. **Circuitos de corrente alternada**. Apostila do Departamento de Engenharia de Energia e Automação Elétricas da Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 51 p, 1997.

NISHIMURA, Rafael & Gomes, Saulo & Wellington, Moreira & Araújo, Rocha & R Da, Amâncio & Júnior, Silva & S Lara, Gervásio & César Okumoto, João & Irineu Koltermann, Paulo. (2007). **Análise tarifária e otimização do fator de potência: estudo de caso em indústria de embalagens plásticas**. <https://www.researchgate.net/publication/264847917>. Acesso em 12/10/2017.

NR-10 - **Segurança em Instalações e Serviços em Eletricidade** - Ed 2004.

SILVA, Marco. **Correção do fator de potência de cargas industriais com dinâmica rápida**. 2009. 241 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Elétrica, UFMG, Belo Horizonte, 2009.

SOUZA, Fabiana. **Correção de fator de potência para instalações de baixa potência**. 2000. Tese (Doutorado em Engenharia Elétrica) - UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA. Florianópolis.

SILVEIRA, F.L. **Qual é o significado do termo "fase" e "neutro" em uma rede elétrica?** <https://www.if.ufrgs.br/ceref/?area=questions&id=90>. Acesso em 17/10/2017

SUHETT, Marcos Riva. **Análise de Técnicas de Medição de Potência Reativa em Medidores Eletrônicos**. 2008. 106 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Elétrica, Coppe, UFRJ, Rio de Janeiro, 2008.

WEG ACIONAMENTOS. **Manual para correção do fator de potência**. Jaraguá do Sul-SC: WEG, 2001. 34 p.