



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE ENGENHARIA ELÉTRICA E INFORMÁTICA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA

**GERENCIAMENTO DE ENERGIA ELÉTRICA NO CAMPUS DA UFCG EM
CAMPINA GRANDE**

JOSÉ DANILO LEÃO BARROS

CAMPINA GRANDE, PARAÍBA
AGOSTO DE 2011

JOSÉ DANILO LEÃO BARROS

**GERENCIAMENTO DE ENERGIA ELÉTRICA NO CAMPUS DA UFCG
EM CAMPINA GRANDE**

Trabalho de Conclusão de Curso submetido à Unidade Acadêmica de Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Campina Grande como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Engenheiro Eletricista.

Orientador:
Prof. Dr. Benedito Antonio Luciano

Campina Grande, Paraíba
Agosto de 2011

JOSÉ DANILO LEÃO BARROS

**GERENCIAMENTO DE ENERGIA ELÉTRICA NO CAMPUS DA
UFCG EM CAMPINA GRANDE**

Trabalho de Conclusão de Curso submetido à
Unidade Acadêmica de Engenharia Elétrica da
Universidade Federal de Campina Grande como
parte dos requisitos necessários para a obtenção
do grau de Engenheiro Eletricista.

Aprovado em ____ de _____ de 2011

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Benedito Antonio Luciano
Universidade Federal de Campina Grande
Orientador

Professor Convidado
Universidade Federal de Campina Grande
Avaliador

Campina Grande, Paraíba
Agosto de 2011

Dedico este trabalho à minha mãe, **Maria Adailza Leão Barros** (*in memoriam*).

AGRADECIMENTOS

Sou grato aos meus pais, principalmente a minha mãe, Maria Adailza Leão Barros, pessoa de imensurável importância na minha formação e principalmente na minha vida.

Agradeço à minha família, especialmente à minha irmã Daniela Leão Barros, pelo apoio, amor e carinho.

À minha namorada, Carolina Bastos Ribeiro, pela compreensão, paciência, apoio, amor e por estar sempre ao meu lado durante todos os momentos, os bons e os de dificuldade.

Ao meu cunhado Adelfran Pereira de Castro e os amigos Jarson Amaral, Manoel Leoemi, Victor de Paiva, Alberto Henrique, Flávio Roque, pessoas com quem compartilhei parte da minha vida acadêmica, noites em claro de estudo, e grandes momentos vividos.

Ao professor Benedito Antonio Luciano, mestre e orientador que se dispôs a me acompanhar em mais essa etapa da minha graduação, contribuindo constantemente com conhecimento e lições de vida.

Aos engenheiros eletricitas Mario Araújo e Ferdinando Fernandes, e toda a equipe técnica da Prefeitura Universitária, pela grande contribuição com o presente trabalho e informações que colaboraram na minha formação profissional.

A todos que participaram de maneira direta ou indireta da minha vida acadêmica.

RESUMO

Este trabalho tem como objetivo propor melhorias relacionadas ao consumo de energia elétrica da Universidade Federal de Campina Grande - Campus de Campina Grande, mediante a avaliação da possibilidade de redução de gastos com energia elétrica, assim como propor medidas que contribuam o uso eficiente da energia elétrica. A análise tarifária e o estudo de correção do fator de potência levaram a conclusão que a modalidade tarifária horo-sazonal verde, o valor de 1.640 kW para a demanda contratada e a instalação de um banco de capacitores fixo de 150 kvar são as opções mais interessantes economicamente para a unidade consumidora. É proposta, também, a reativação do sistema de gestão de energia elétrica através do uso do Registrador de Pulsos Analo, como auxílio nas tomadas de decisão referentes à conservação de energia.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	IX
LISTA DE TABELAS.....	X
1 INTRODUÇÃO.....	1
1.1 OBJETIVOS.....	2
1.2 METODOLOGIA	2
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	3
2.1 CONCEITOS BÁSICOS.....	3
2.1.1 <i>Energia Elétrica Ativa</i>	3
2.1.2 <i>Energia Elétrica Reativa</i>	3
2.1.3 <i>Demanda</i>	3
2.1.4 <i>Demanda Média</i>	4
2.1.5 <i>Demanda Máxima</i>	4
2.1.6 <i>Demanda Medida</i>	4
2.1.7 <i>Demanda Contratada</i>	4
2.1.8 <i>Demanda Faturável</i>	4
2.1.9 <i>Fator de Potência</i>	5
2.1.10 <i>Horário de Ponta</i>	6
2.1.11 <i>Horário Fora de Ponta</i>	6
2.1.12 <i>Período Seco</i>	6
2.1.13 <i>Período Úmido</i>	6
2.1.14 <i>Tensão de Fornecimento e Classificação dos Consumidores</i>	7
2.1.14.1 Grupo A.....	7
2.1.14.2 Grupo B.....	8
2.1.15 <i>Estrutura Tarifária</i>	8
2.1.15.1 <i>Estrutura tarifária convencional</i>	8
2.1.15.2 <i>Estrutura tarifária horo-sazonal</i>	8
2.1.16 <i>Faturamento Líquido</i>	9
2.1.17 <i>Tarifa Azul</i>	9
2.1.18 <i>Tarifa Verde</i>	10
2.1.19 <i>Tarifa de Ultrapassagem</i>	10
2.1.20 <i>Energia Reativa Excedente</i>	11
2.1.21 <i>Imposto Sobre Circulação de Mercadorias e Serviços: ICMS</i>	13
3 ESTUDO DE CASO: UFCG - CAMPUS CAMPINA GRANDE	13

3.1	CARACTERÍSTICAS DE CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA	15
4	ANÁLISE DO CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA	17
4.1	ANÁLISE DA DEMANDA DE POTÊNCIA	17
4.2	ANÁLISE DA OPÇÃO TARIFÁRIA	22
4.3	EXCESSO DE ENERGIA REATIVA E CORREÇÃO DO FATOR DE POTÊNCIA	24
5	SISTEMA DE GERENCIAMENTO DE ENERGIA ELÉTRICA	31
5.1	REGISTRADOR DE PULSOS ANALO	32
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	38
	BIBLIOGRAFIA	39
	ANEXOS	40
	ANEXO I – RELAÇÃO PARCIAL DE BLOCOS DA UFCG – CAMPUS CAMPINA GRANDE	40
	ANEXO II: TARIFAS DA ENERGISA APLICADAS AO GRUPO A, SUBGRUPO A4:	42
	A) <i>Tarifa Horo-Sazonal Azul ENERGISA</i>	42
	B) <i>Tarifa Horo-Sazonal Verde ENERGISA</i>	42
	ANEXO III: SIMULAÇÃO PARCIAL DO FATURAMENTO DE REATIVO EXCEDENTE COM A INSTALAÇÃO DO BANCO DE CAPACITORES DE 150 KVAR NO CAMPUS DE CAMPINA GRANDE DA UFCG – PERÍODO DE FATURAMENTO PARA EXEMPLIFICAÇÃO: 01 DE ABRIL DE 2011	43

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Triângulo de potências.....	5
Figura 2 - Vista Superior da UFCG Campus Campina Grande.	15
Figura 3 - Histórico de Consumo da UFCG - Campus Campina Grande.	16
Figura 4 - Histórico da Demanda Medidas da UFCG - Campus Campina Grande.	17
Figura 5 - Histórico de Demanda de Ultrapassagem da UFCG – Campus de Campina Grande.	17
Figura 6 - Demanda Registrada dos Últimos 12 meses.	19
Figura 7 - Simulação da Demanda de Ultrapassagem para Demanda Contratada de 1.640 kW (fora de ponta).	20
Figura 8 - Demanda Registrada no Horário de Ponta.	20
Figura 9 - Comparações Tarifárias entre as Opções Horo-Sazonais Azul e Verde.	23
Figura 10 - Foto da Entrada de Energia do Campus da UFCG em Campina Grande.	26
Figura 11 - Histórico de Energia Reativa Excedente Faturada.....	26
Figura 12 - Avaliação Horária Média do Fator de Potência.	27
Figura 13 - Triângulo de Potências: Exemplo.	28
Figura 14 – Fator de Potência Resultante da Simulação da Instalação de Banco de Capacitores de 150 kvar.....	29
Figura 15 - Tempo de Retorno do Investimento do Banco de Capacitores de 150 kvar.....	31
Figura 16 - Registrador de Pulsos ANALO.	32
Figura 17 - Sistema de Aquisição de Dados do Registrador de Pulsos ANALO.....	33
Figura 18 - Curva de Carga Gerada referente ao dia 28 de julho de 2002 (Domingo).	34
Figura 19 - Curva de Carga referente ao dia 31 de julho de 2002 (Quarta-feira).....	35
Figura 20 - Exemplo da Iluminação do Campus durante o período noturno.	36
Figura 21 - Exemplo da Iluminação do Campus durante o período diurno.	36
Figura 22 - Registrador de Pulsos instalado.	37
Figura 23 - Monitoramento em tempo real dos dados fornecidos pelo medidor digital.	37

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Tensão de Fornecimento: Grupo A.....	7
Tabela 2 - Subdivisões do Grupo B.	8
Tabela 3 - Valores Monetários Referentes à Demanda Faturada com Demanda Contratada de 850 kW na Ponta e 1.115 kW Fora de Ponta.....	21
Tabela 4 - Valores Monetários Referentes a Demanda Faturada com Demanda Contratada de 1.160 kW na Ponta e 1.640 kW Fora de Ponta.....	21
Tabela 5 - Histórico de Consumo Faturado e Demanda Medida da UFCG - Campus Campina Grande.	23
Tabela 6 - Resultados Obtidos para a Potência do Banco de Capacitores.....	28

1 INTRODUÇÃO

Atualmente, a maioria das atividades residenciais, comerciais e industriais requer a utilização de algum tipo de energia para sua realização, e dentre elas destaca-se a energia elétrica. O consumo de energia elétrica em um dado país acompanha o seu ritmo de crescimento gerando, portanto, um aumento significativo na demanda energética e trazendo à tona uma preocupação no que se refere ao esgotamento das fontes de energia e as questões ambientais atreladas à geração da energia elétrica.

Surge então o conceito de conservação de energia, que se trata da busca pelo aumento da eficiência do uso de energéticos para obter resultados de racionalização do uso da energia, sem que haja perda de qualidade de vida, conforto e segurança proporcionados pela energia elétrica. A conservação de energia traz diversos benefícios para a sociedade como a redução dos custos de energia elétrica para o país e para o consumidor, a ampliação, no tempo, dos recursos renováveis e não renováveis disponíveis, além de oferecer maior garantia de fornecimento de energia e capacidade para o aumento da demanda energética.

Existem várias medidas a serem adotadas pelos consumidores que podem contribuir com a conservação de energia. Além disso, o governo federal juntamente com os órgãos responsáveis tem atuado em prol dessa causa por meio de programas como o Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL) e de normas e regulamentos determinados pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) com ênfase para uma das medidas mais eficazes, que é a tarifação da energia.

A determinação da forma de tarifação para um dado consumidor é baseada no conhecimento dos hábitos de consumo de energia elétrica, e tem o intuito de que seja pago um preço adequado pela energia que se consome. Porém, a instalação elétrica pode passar por mudanças, o que ocasiona um consumo de energia fora dos padrões estimados e contratados, fazendo com que o consumidor pague maiores valores diante da energia que está sendo efetivamente consumida.

Um dos principais causadores de problemas às instalações elétricas é o baixo fator de potência, o que o torna um dos grandes objetos de estudo por parte dos

engenheiros eletricitas. Muitos são os pontos nos quais há influência do fator de potência, entre tantos podemos citar a queda de tensão, a sobrecarga dos transformadores e principalmente o aumento do valor a ser pago na fatura de energia elétrica.

Assim, medidas corretivas devem ser tomadas no sentido de melhorar o fator de potência da instalação, o que implica em diversas melhorias como liberação da capacidade, redução das perdas do sistema e especialmente a redução dos custos da energia elétrica.

Atualmente, a Universidade Federal de Campina Grande passa por um processo de expansão, com a construção de novos blocos e recuperação de outros já existentes. Essa situação reflete em aumento da demanda, e conseqüentemente uma alteração no comportamento do consumo de energia elétrica bem como em seu fator de potência. Diante de tal fato, é de grande importância que exista um estudo que permita estabelecer relações entre hábitos e consumo de energia, visando definir medidas que auxiliem na forma mais adequada de utilização da energia elétrica na UFCG.

1.1 Objetivos

Realizar um estudo a cerca do consumo de energia elétrica na UFCG campus de Campina Grande voltado para adoção de medidas corretivas para melhorar o fator de potência mediante a instalação de banco de capacitores, verificando se a adoção dessa medida é economicamente viável. Adicionalmente, avaliar o atual enquadramento tarifário, propor medidas adequadas que resultem em menor despesa com energia elétrica e propor, finalmente, um sistema de gerenciamento de energia elétrica adequado para a UFCG.

1.2 Metodologia

Para o desenvolvimento do estudo do consumo de energia elétrica no Campus de Campina Grande da UFCG foi realizada uma análise da memória de massa fornecida pela distribuidora de energia elétrica local (Energisa).

Os dados obtidos pela fonte foram analisados e tratados através do *software* Microsoft Office Excel 2007®, utilizado também para o dimensionamento e estudo

da viabilidade econômica da instalação do banco de capacitores no campus de Campina Grande.

Tomando como base as análises dos dados, neste trabalho foi proposto um novo valor para a demanda contratada da universidade, bem como o enquadramento tarifário mais adequado, mantendo o foco na diminuição das despesas com energia elétrica, dentro do conceito do uso eficiente da energia elétrica, que consiste basicamente em redução de perdas e eliminação de desperdícios.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Conceitos básicos

2.1.1 Energia Elétrica Ativa

Energia elétrica ativa é aquela capaz de ser convertida em outra forma de energia. É a potência ativa utilizada durante um intervalo de tempo, mais usualmente utiliza-se o período de uma hora, tendo como unidade o quilowatt-hora (kWh).

2.1.2 Energia Elétrica Reativa

Energia elétrica reativa é aquela que não produz trabalho efetivo, porém é indispensável para produzir o fluxo magnético necessário ao funcionamento de equipamentos como transformadores e motores. Esse tipo de energia circula entre a carga e a fonte ocupando um “espaço” no sistema elétrico que poderia ser utilizado para o fornecimento de mais energia ativa. É expressa em quilovolt-ampère-reactivo-hora (kvarh).

2.1.3 Demanda

A demanda de um equipamento ou de uma unidade consumidora é a média da potência elétrica, ativa ou reativa, absorvida durante um intervalo de tempo especificado, cujo valor comumente utilizado é 15 minutos. A demanda pode ser

calculada como a razão entre a energia elétrica absorvida pela carga em um intervalo de tempo e este intervalo de tempo, é expressa em quilowatts (kW).

2.1.4 Demanda Média

A demanda média, como sugere a nomenclatura, é a média das demandas verificadas em um determinado período, em outras palavras é a relação entre quantidade de energia elétrica solicitada durante um período e o número de horas desse período.

2.1.5 Demanda Máxima

Também denominada de Ponta de Carga, a demanda máxima é o maior valor de demanda verificada durante certo período, que pode ser um dia, um mês ou um ano.

2.1.6 Demanda Medida

Demanda medida é a maior demanda verificada através de medição, integralizada no intervalo de 15 minutos durante o período de faturamento, geralmente 30 dias.

2.1.7 Demanda Contratada

Demanda contratada é a demanda de potência ativa que a concessionária deve disponibilizar no ponto de entrega continuamente, conforme fixado no contrato de fornecimento. A demanda contratada deve ser integralmente paga pela unidade consumidora, sendo essa utilizada ou não.

2.1.8 Demanda Faturável

Demanda faturável é o valor da demanda de potência ativa considerada para fins de faturamento, com aplicação da respectiva tarifa, e deve ser a maior entre as seguintes demandas:

- Demanda medida;
- Demanda contratada;
- Maior valor da demanda registrada nos onze ciclos completos de faturamento anteriores.

2.1.9 Fator de Potência

Fator de potência é um fator que indica percentualmente quanto da potência fornecida pela fonte geradora é efetivamente convertida em trabalho útil, em outras palavras, em potência ativa. Assim, o fator de potência é utilizado como indicador de eficiência do uso de sistemas elétricos evidenciando numericamente o aproveitamento da energia elétrica.

A razão entre a potência ativa (kW) e a potência aparente (kVA) de uma instalação se constitui no fator de potência, enquanto a potência aparente é a potência total fornecida pelo sistema elétrico. O triângulo de potências é utilizado para auxiliar na compreensão da relação entre as potências, representando-as graficamente, como apresentado na Figura 1.

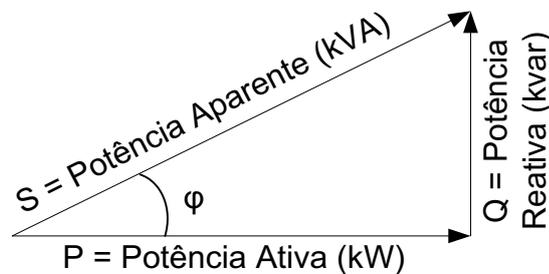


Figura 1 - Triângulo de potências.

Portanto:

$$fp = \frac{P}{S} = \frac{P}{\sqrt{P^2+Q^2}} = \cos \varphi = \cos \left(\tan^{-1} \left(\frac{Q}{P} \right) \right). \quad (1)$$

O valor ideal para o fator de potência é o unitário, o que indica que toda a potência absorvida pela carga é convertida em trabalho útil, a forma mais eficiente da utilização da energia elétrica.

Na Resolução da ANEEL nº 414 de 9 de Setembro de 2010 é estabelecido um nível máximo de utilização de reativos indutivos ou capacitivos em função da

energia ativa consumida, fixando um valor de referência para o fator de potência em 0,92. Os valores inferiores ao limite mínimo permitido indicam excesso de reativo consumido, e é passível de faturamento.

2.1.10 Horário de Ponta

Horário de ponta é o horário composto por três horas consecutivas diárias, e definido pela concessionária em virtude da sua capacidade de fornecimento, geralmente compreende-se entre as 17 e 20 horas. Nesse período as tarifas cobradas pelo consumo de energia elétrica e pela demanda faturada são maiores, pelo fato de ser o horário em que o sistema demanda mais carga. Existem exceções para os sábados, domingos, terça-feira de carnaval, sexta-feira da Paixão, “*Corpus Christi*”, dia de finados, 1º de janeiro, 21 de abril, 1º de maio, 7 de setembro, 12 de outubro, 15 de novembro e 25 de dezembro.

2.1.11 Horário Fora de Ponta

Horário fora de ponta é o período composto pelo número de horas diárias consecutivas e complementares às definidas no horário de ponta.

2.1.12 Período Seco

Período seco é o período de sete meses consecutivos e compreendidos de maio a novembro de cada ano. Refere-se ao período de escassez de chuva nos reservatórios de água utilizados na geração de energia elétrica.

2.1.13 Período Úmido

Período úmido é o período que vai de dezembro até abril do ano seguinte, compreendendo assim cinco meses consecutivos e que se refere ao período com mais chuva.

2.1.14 Tensão de Fornecimento e Classificação dos Consumidores

A Resolução nº 414 da ANEEL de 9 de setembro de 2010 divide as unidades consumidoras através dos níveis de tensão de fornecimento, onde cada uma delas apresenta valores de tarifa definidos. Este nível de tensão está associado à carga instalada na unidade consumidora, cabendo a concessionária estabelecer e informar ao consumidor a tensão de fornecimento, obedecendo aos limites listados a seguir. Para unidades consumidoras com:

- Carga instalada até 75 kW: Tensão secundária de distribuição;
- Carga instalada superior a 75 kW e a demanda contratada ou estimada pela unidade for igual ou inferior a 2,5 MW: Tensão primária de distribuição até 69 kV;
- Demanda contratada ou estimada para o fornecimento for superior a 2,5 MW: Tensão primária de distribuição igual ou superior a 69 kV.

Para fins de faturamento, classificam-se as unidades consumidoras em diferentes grupos tarifários, que são definidos, sobretudo pela tensão de fornecimento, podendo ser em baixa tensão ou alta tensão.

2.1.14.1 Grupo A

É considerado consumidor do Grupo A aqueles com tensão de fornecimento igual ou superior a 2300 V, ou ainda, as unidades consumidoras atendidas com tensão inferior a 2300 V através de sistema subterrâneo de distribuição.

Este grupamento é caracterizado pela tarifação binômica, sendo faturados tanto o consumo de energia elétrica como a demanda faturável, e subdividido em subgrupos como apresentados na Tabela 1.

Subgrupo	Tensão de Fornecimento
A1	≥230 kV
A2	88 kV a 138 kV
A3	69 kV
A3a	30 kV a 44 kV
A4	2,3 kV a 25 kV
AS	Subterrâneo

2.1.14.2 Grupo B

É considerado consumidor do Grupo B aqueles com tensão de fornecimento inferior a 2300 V e estão sujeitos à tarifação monômnia, onde é faturado apenas o consumo. Subdivide-se nos subgrupos apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 - Subdivisões do Grupo B.

Subgrupo	Unidade Consumidora
B1	Residencial, residencial baixa renda
B2	Rural, cooperativa de eletrificação rural, serviço público de irrigação
B3	Demais classes
B4	Iluminação pública

2.1.15 Estrutura Tarifária

Conjunto de tarifas aplicadas aos valores de demanda de potência ativa faturável (quando cabível de faturamento) e consumo de energia elétrica. A estrutura tarifária deve estar de acordo com a modalidade de provimento de energia elétrica.

2.1.15.1 Estrutura tarifária convencional

A estrutura tarifária convencional é aquela em que é faturado, através de suas respectivas tarifas, o consumo de energia elétrica e/ou a demanda faturável independentemente do período do ano ou do horário de utilização no dia.

2.1.15.2 Estrutura tarifária horo-sazonal

Estrutura tarifária horo-sazonal é a estrutura tarifária que considera os segmentos horários e sazonais. As tarifas são aplicadas de forma diferenciada para o consumo de energia elétrica e de demanda de potência de acordo com o horário de utilização do dia, podendo ser no horário de ponta ou no horário fora de ponta, e de acordo com o período do ano, período seco ou período úmido. As unidades consumidoras podem ser enquadradas em duas modalidades para esta estrutura tarifária:

- Tarifa Azul: Aplicação de tarifas diferenciadas de consumo de energia elétrica em horário de ponta no período seco, horário de ponta no período úmido, fora de ponta no período seco e fora de ponta no período úmido, e ainda tarifas diferenciadas de demanda de potência em horário de ponta e fora de ponta.
- Tarifa Verde: Aplicação de tarifas diferenciadas de consumo de energia elétrica em horário de ponta no período seco, horário de ponta no período úmido, fora de ponta no período seco e fora de ponta no período úmido, e ainda uma única tarifa de demanda de potência.

Maiores detalhes sobre as tarifas Azul e Verde serão discutidos a seguir.

2.1.16 Faturamento Líquido

O valor líquido da fatura de energia elétrica é o valor em moeda corrente correspondente à aplicação das tarifas de fornecimento, sem a incidência dos impostos sobre o consumo de energia elétrica ativa, de demanda de potência ativa, de utilização do sistema e de demanda de potência reativa excedente. Os valores apresentados no presente trabalho referem-se todos ao valor líquido faturado.

2.1.17 Tarifa Azul

O enquadramento dos consumidores do Grupo A na tarifa azul é obrigatória para as unidades consumidoras dos subgrupos A1, A2 e A3. Além disso, nessa modalidade tarifária o consumidor determina, através de contrato com a concessionária, um valor de demanda pretendida para o horário de ponta, chamada de demanda contratada na ponta, e um valor de demanda pretendida para o horário fora de ponta, a demanda contratada fora de ponta.

A tarifa azul possui a seguinte estrutura tarifária:

I – Demanda de potência em kW (DF):

- a) Uma tarifa específica para o horário de ponta (T_P);
- b) Uma tarifa específica para o horário fora de ponta (T_F).

II – Consumo de energia ativa em kWh (CF):

- a) Uma tarifa específica para o horário de ponta em período úmido (T_{PU});
- b) Uma tarifa específica para o horário de ponta em período seco (T_{PS});

- c) Uma tarifa específica para o horário fora de ponta em período úmido (T_{FU});
- d) Uma tarifa específica para o horário fora de ponta em período seco (T_{FS}).

Assim, o valor parcial do faturamento líquido para a unidade consumidora incluída na estrutura tarifária azul é dada por:

- No período seco:
 - $V_{\text{parcial}} \text{ (R\$)} = CF_{PS} \cdot T_{PS} + CF_{FS} \cdot T_{FS} + DF_P \cdot T_P + DF_F \cdot T_F;$ (2)
- No período úmido:
 - $V_{\text{parcial}} \text{ (R\$)} = CF_{PU} \cdot T_{PU} + CF_{FU} \cdot T_{FU} + DF_P \cdot T_P + DF_F \cdot T_F.$ (3)

2.1.18 Tarifa Verde

A tarifa verde possui a seguinte estrutura tarifária:

I – Demanda de potência em kW (DF):

- a) Uma tarifa específica única, independente do horário e do período (T_D).

II – Consumo de energia ativa em kWh (CF):

- a) Uma tarifa específica para o horário de ponta em período úmido (T_{PU});
- b) Uma tarifa específica para o horário de ponta em período seco (T_{PS});
- c) Uma tarifa específica para o horário fora de ponta em período úmido (T_{FU});
- d) Uma tarifa específica para o horário fora de ponta em período seco (T_{FS}).

Assim, o valor parcial do faturamento líquido para a unidade consumidora incluída na estrutura tarifária verde é dada por:

- No período seco:
 - $V_{\text{parcial}} \text{ (R\$)} = CF_{PS} \cdot T_{PS} + CF_{FS} \cdot T_{FS} + DF \cdot T_D;$ (4)
- No período úmido:
 - $V_{\text{parcial}} \text{ (R\$)} = CF_{PU} \cdot T_{PU} + CF_{FU} \cdot T_{FU} + DF \cdot T_D.$ (5)

2.1.19 Tarifa de Ultrapassagem

Quando a demanda medida pela concessionária ultrapassar o valor da demanda contratada pela unidade consumidora é aplicada sobre essa ultrapassagem uma tarifa com um valor majorado chamada de tarifa de ultrapassagem. A aplicação dessa só será realizada se a parcela de ultrapassagem exceder 5% os valores contratados.

Se a estrutura tarifária da unidade consumidora for a Tarifa Azul, existirá uma tarifa de ultrapassagem para o horário de ponta e outra para o horário fora de ponta.

De acordo com o mencionado, o faturamento da demanda de ultrapassagem será dado pelas seguintes equações:

- Para a tarifa azul:
 - $DUF_P \text{ (R\$)} = (DM_P - DC_P) \cdot TU_P;$ (6)
 - $DUF_F \text{ (R\$)} = (DM_F - DC_F) \cdot TU_F.$ (7)
- Para a tarifa verde:
 - $DUF \text{ (R\$)} = (DM - DC) \cdot TU.$ (8)

Onde:

- DUF – Demanda de Ultrapassagem Faturada;
- DM – Demanda Medida;
- DC – Demanda Contratada;
- TU – Tarifa de Ultrapassagem;
- P – índice que indica horário de ponta;
- F – índice que indica horário fora de ponta.

2.1.20 Energia Reativa Excedente

A ANEEL fixa o fator de potência de referência em 0,92, indutivo ou capacitivo, como limite mínimo permitido para as instalações elétricas das unidades consumidoras. Para os consumidores enquadrados no Grupo A, a medição do fator de potência deve ser obrigatoriamente permanente, enquanto para as unidades consumidoras do Grupo B a medição é facultativa.

Durante o período entre as 23 h 30 min até as 6 h 30 min do dia seguinte a energia reativa capacitiva é medida e faturada, enquanto a energia reativa indutiva é medida e faturada no período entre as 6 h 30 min até as 23 h 30 min.

Existem duas formas distintas de realizar o faturamento correspondente ao consumo de energia elétrica reativa:

- Por avaliação horária: Quando a unidade consumidora possui equipamento apropriado de medição. É realizada de hora em hora durante o ciclo de faturamento, obedecendo aos períodos de faturamento referentes ao reativo capacitivo e indutivo excedente. O

faturamento para o consumo de energia elétrica reativa excedente nesse caso é dado pela expressão:

$$\circ \quad ERE(p) = \sum_{t=1}^n \left[CA_t \times \left(\frac{f_r}{f_t} - 1 \right) \right] \times TCA(p); \quad (9)$$

na qual:

- $ERE(p)$ – Valor do faturamento por posto horário p , correspondente ao consumo de energia elétrica reativa excedente;
 - CA_t – Consumo de energia elétrica ativa medida em intervalos de uma hora, durante o ciclo de faturamento;
 - f_r – Fator de potência de referência (0,92);
 - f_t – Fator de potência da unidade consumidora, calculado em intervalos de uma hora, durante o ciclo de faturamento;
 - $TCA(p)$ – Tarifa de energia ativa, de acordo com cada posto horário “ p ”;
 - t – Intervalo de uma hora, no ciclo de faturamento;
 - p – Posto horário: ponta ou fora de ponta;
 - n - Número de intervalos de integralização “ t ”, por posto horário “ p ”, durante o ciclo de faturamento.
- Por avaliação mensal: Quando a unidade consumidora não possui equipamento apropriado de medição. É realizada através dos valores de energia ativa e reativa medidos durante o ciclo de faturamento. O faturamento do consumo de excedente reativo nesse caso é dado por:

$$\circ \quad ERE = CA \times \left(\frac{f_r}{f_m} - 1 \right) \times TCA; \quad (10)$$

- na qual:
- ERE – Valor do faturamento total correspondente ao consumo de energia elétrica reativa excedente;
- CA – Consumo de energia elétrica ativa medida no ciclo de faturamento;
- f_r – Fator de potência de referência (0,92);
- f_m – Fator de potência indutivo médio da unidade consumidora, calculado para o ciclo de faturamento;

- TCA – Tarifa de energia ativa, aplicável ao fornecimento.

2.1.21 Imposto Sobre Circulação de Mercadorias e Serviços: ICMS

Como outros tipos de mercadoria, a energia elétrica fornecida pela concessionária incide sobre a mesma o ICMS. Nesse tipo de imposto, suas taxas são definidas por lei estadual. Portanto, cabe à concessionária, dentro de sua área de concessão, o recolhimento e repasse ao Estado das quantias cobradas nas faturas de energia elétrica. Todos os consumidores tem o dever de pagar o ICMS.

O cálculo do ICMS é efetuado de forma que o montante do imposto integra sua própria base de cálculo. O Conselho de Política Fazendária – Confaz – define a fórmula para operacionalizar o cálculo do ICMS conforme apresentado a seguir. (ELETROBRÁS, 2001)

$$ICMS = F \times \left[\left(\frac{1}{1-X} \right) - 1 \right], \quad (11)$$

na qual:

F – Fornecimento;

X – Alíquota/100.

Existem ainda outros tributos que, assim como o ICMS, são pagamentos compulsórios devidos ao Poder Público e determinados por Lei. Sobre as faturas mensais de energia elétrica incidem os seguintes tributos, além do ICMS:

- Programa de Integração Social (PIS), Lei federal;
- Contribuição para o Financiamento da Seguridade Social (CONFINS), Lei federal;
- Contribuição do Serviço de Iluminação Pública (CIP), Lei municipal.

Apesar de a relevância no valor final na fatura de energia elétrica, no presente trabalho não será levando em consideração a incidência dos tributos referidos, conforme apresentado no item 2.1.16.

3 ESTUDO DE CASO: UFCG - CAMPUS CAMPINA GRANDE

A Universidade Federal de Campina Grande foi criada conforme a Lei nº 10.419, de 9 de abril de 2002 e é proveniente do desmembramento da já existente Universidade Federal da Paraíba. A referida Lei determina que a UFCG seja uma

instituição de natureza jurídica autárquica, vinculada ao Ministério da Educação e que tem sede e foro na cidade de Campina Grande no estado da Paraíba. E ainda, que fará parte da Universidade Federal de Campina Grande, além do Campus II da antiga UFPB, os *campi* de Patos, Cajazeiras e Sousa.

O Programa de Apoio a Planos de Reestruturação e Expansão das Universidades Federais (REUNI) do Governo Federal iniciou em 2007. Este programa tem como foco principal aumentar o acesso ao ensino superior e o combate da evasão através de ações que promovam a expansão física, pedagógica e acadêmica da rede federal de ensino superior.

A Universidade Federal de Campina Grande – UFCG – aderiu ao programa no primeiro semestre de 2008. Assim sendo, a UFCG elaborou uma proposta para apresentação ao REUNI baseada no déficit de vagas públicas no ensino superior na Paraíba. Este documento apresenta as metas almejadas pela instituição, seguindo as diretrizes do REUNI, para um período de cinco anos.

Entre as metas apresentadas, a de maior interesse para a discussão do trabalho de conclusão de curso sugerido é a necessidade de uma expansão física da instituição que conta com a criação e melhoria dos espaços físicos disponíveis para os cursos de graduação. Portanto, fica evidente o processo de expansão física pelo qual está passando a UFCG, que possui hoje um total de 87 blocos (com exceção do setor D referente ao Centro de Ciências Biológicas e Saúde – CCBS, que não é alvo do estudo referido no presente trabalho) e os blocos que estão em construção, que no último levantamento realizado pela Prefeitura Universitária contabilizou-se um total de cerca de 11 blocos. No Anexo I está apresentada a relação da maioria dos blocos que estão em funcionamento.



**Figura 2 - Vista Superior da UFCG Campus Campina Grande.
Fonte: Google Earth® em Julho de 2011.**

3.1 Características de Consumo de Energia Elétrica

O Campus de Campina Grande da UFCG é classificado como uma unidade consumidora do Grupo A, subgrupo A4 com tensão de fornecimento igual a 13,8 kV e está enquadrado atualmente na estrutura tarifária horo-sazonal azul.

Na Figura 3 é apresentado o histórico de consumo de energia ativa do campus Campina Grande relativo aos últimos 12 meses de faturamento. Em média registrou-se um consumo mensal de 38.791,67 kWh no horário de ponta e 324,1 MWh no horário fora de ponta. Estes valores representam monetariamente, em média um montante de R\$55.395,51 (cinquenta e cinco mil trezentos e noventa e cinco reais e cinquenta e um centavos), aplicadas as devidas tarifas referentes ao enquadramento tarifário no qual está inserido.

Com relação à demanda de potência ativa medida nos últimos 12 meses de faturamento, a unidade consumidora apresentou uma média mensal de 979,42 kW no horário de ponta e 1.341,67 kW no horário fora de ponta, o histórico da demanda registrada é apresentado na Figura 4. O faturamento referente à demanda faturada, no horário de ponta e fora de ponta, registrou uma média mensal de R\$43.718,61 (quarenta e três mil setecentos e dezoito reais e sessenta e um centavos).

Atualmente, a demanda contratada do Campus de Campina Grande da UFCG é de 850 kW no horário de ponta e 1.115 kW no horário fora de ponta, foram registrados durante os últimos 12 meses de faturamento valores referentes à demanda de ultrapassagem, tendo um custo total de R\$184.840,96 (cento e oitenta e quatro mil oitocentos e quarenta reais e noventa e seis centavos). Conforme apresentado na Figura 5, pode-se perceber que em apenas dois meses não foram registrados valores de demanda de ultrapassagem. Ressaltando que o custo da demanda de ultrapassagem é numericamente igual ao dobro da demanda faturável, segundo resolução da ANEEL.

As tarifas discutidas no presente trabalho a serem aplicadas à unidade consumidora do Grupo A e subgrupo A4, estão apresentadas no Anexo II de acordo com o especificado pela ENERGISA.

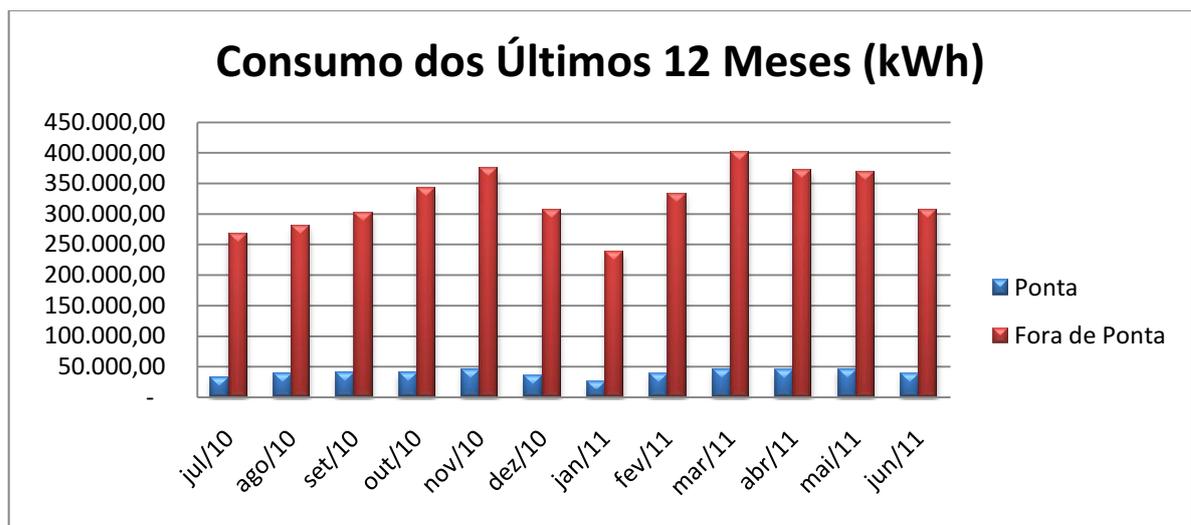


Figura 3 - Histórico de Consumo da UFCG - Campus Campina Grande.

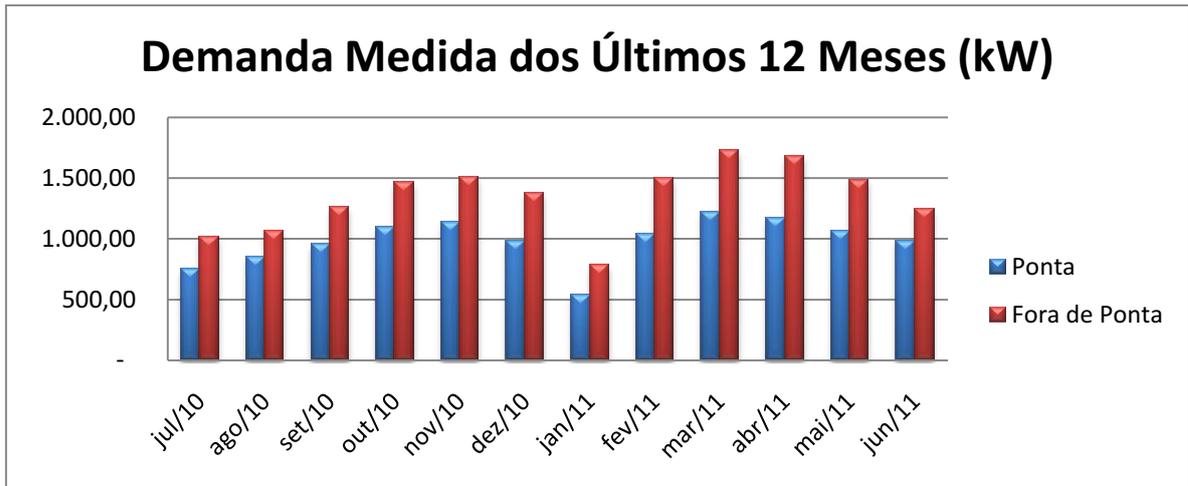


Figura 4 - Histórico da Demanda Medidas da UFCG - Campus Campina Grande.

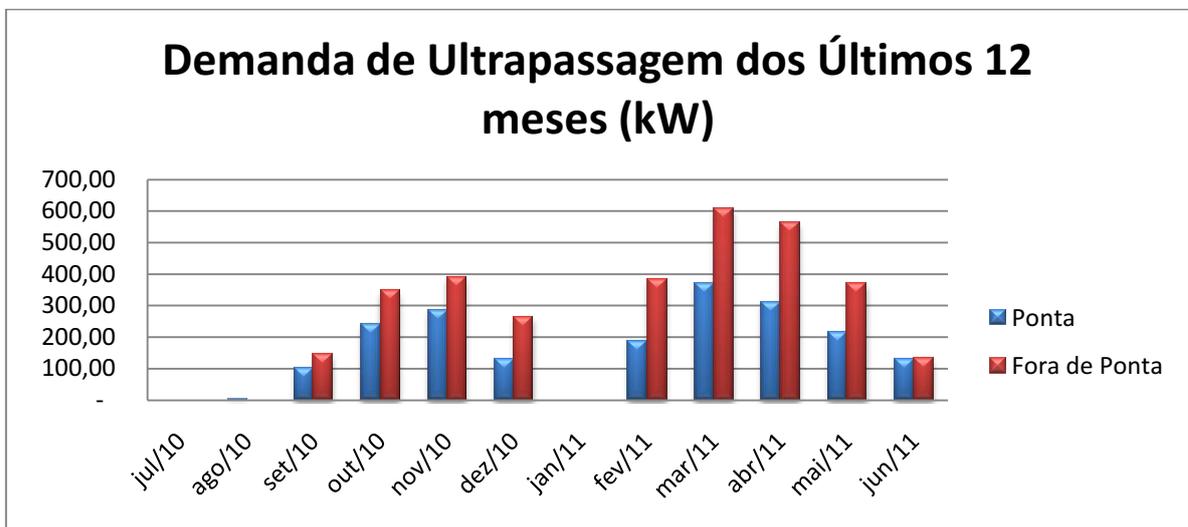


Figura 5 - Histórico de Demanda de Ultrapassagem da UFCG – Campus de Campina Grande.

4 ANÁLISE DO CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA

Partindo das informações obtidas no histórico de consumo de energia elétrica do Campus da UFCG em Campina Grande, foi possível a realização da análise do consumo de energia elétrica, do ponto de vista dos seguintes segmentos: Demanda de potência e estrutura tarifária.

4.1 Análise da Demanda de Potência

O objetivo da análise da demanda de potência é procurar adequar seus valores aos que atendam as necessidades reais da unidade consumidora. Para tal,

são analisados, mediante comparação, os valores de demanda de potência ativa medidos pela concessionária, os valores de demanda de potência ativa contratados para aquela unidade consumidora, e a demanda de potência ativa realmente faturada.

A escolha do valor da demanda contratada pela unidade consumidora é de grande relevância quando se deseja assegurar mínimas despesas mensais com a fatura de energia elétrica. Dois pontos da legislação devem ser levados em consideração na escolha da demanda contratada:

- Será faturado o valor da demanda contratada sempre que a demanda solicitada for inferior ao valor contratado;
- Serão aplicadas as tarifas de ultrapassagem sempre que os valores registrados de demanda ultrapassem os valores contratados em percentuais superiores ao limite estabelecido.

Fica claro para o leitor que, se as demandas contratadas não forem aquelas que correspondem à necessidade da unidade consumidora, haverá elevação desnecessária dos custos com a energia elétrica, seja por subdimensionamento ou superdimensionamento da demanda contratada.

Na Figura 6 está apresentado o comportamento das demandas registradas durante os últimos 12 períodos de faturamento da UFCG (Campus de Campina Grande). Nela podemos verificar que o maior valor registrado de demanda de potência ativa ocorreu em Março de 2011, onde se registrou 1.722 kW.

Conforme a resolução da ANEEL, são aplicadas as tarifas de ultrapassagem quando o montante de demanda de potência ativa registrado na unidade consumidora exceder em mais de 5% o valor contratado. Baseado no limite estabelecido e no histórico dos últimos 12 meses calculou-se que o valor ideal para a demanda contratada seria de 1.640 kW.

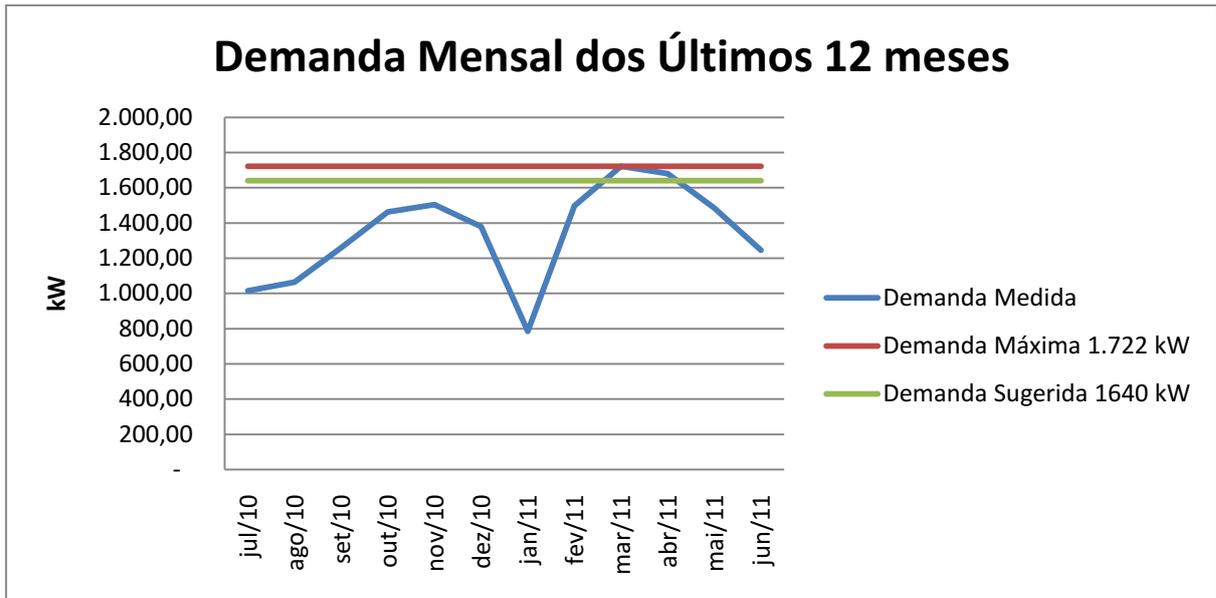


Figura 6 - Demanda Registrada dos Últimos 12 meses.

O gráfico da Figura 7 é apresentado o comportamento da demanda de ultrapassagem nos últimos 12 meses se o valor da demanda contratada fosse o sugerido (1.640 kW). Comparando o gráfico com a Figura 5 percebe-se que os valores de demanda de ultrapassagem faturados seriam reduzidos, o que reflete em termos monetários em uma economia de R\$56.227,12 (cinquenta e seis mil duzentos e vinte e sete reais e doze centavos) nestes 12 períodos de faturamento.

Ainda na Figura 7, pode-se perceber que apesar de o valor da demanda de ultrapassagem ter sido reduzido, ele ainda não teria sido extinguido, pois a presente estrutura tarifária na qual está enquadrado o campus de Campina Grande da UFCG (Tarifa Azul) requer que seja estabelecido, mediante contrato, um valor para demanda de acordo com o posto horário. Assim, deve ser calculado um valor para demanda contratada também no horário de ponta.

De posse do histórico da demanda de potência ativa registrada no horário de ponta dos últimos 12 meses chegou-se a conclusão que o valor mais adequado para a demanda contratada na ponta seria de 1.160 kW ao invés dos 850 kW contratados atualmente. No gráfico da Figura 8 percebe-se que o maior valor registrado de demanda ativa no horário de ponta foi de 1.218 kW, que ocorreu em Março de 2011, analogamente ao valor registrado para o período fora de ponta.

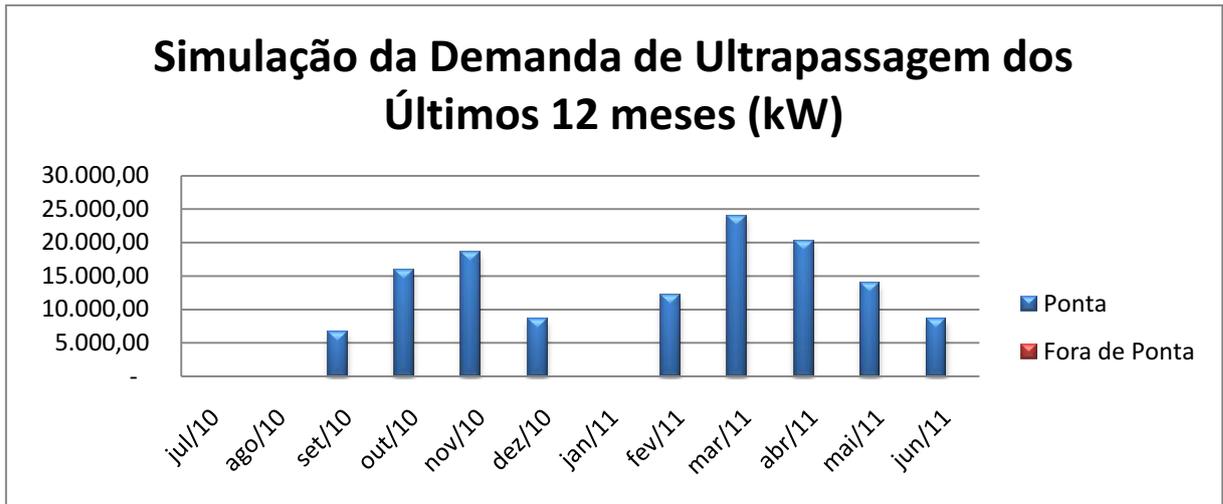


Figura 7 - Simulação da Demanda de Ultrapassagem para Demanda Contratada de 1.640 kW (fora de ponta).

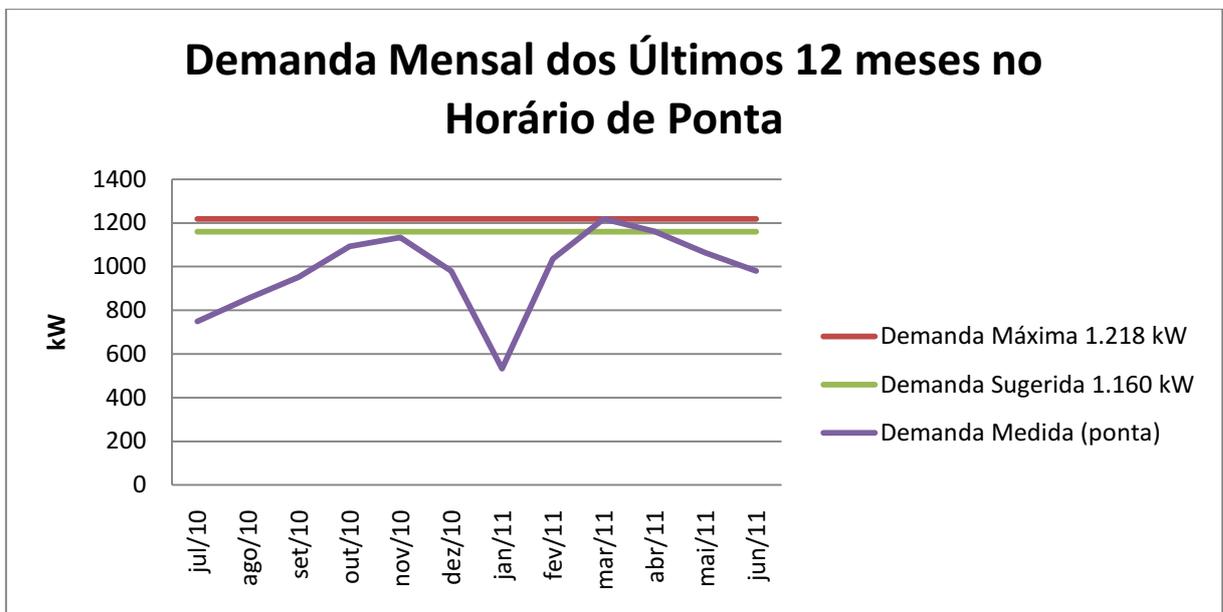


Figura 8 - Demanda Registrada no Horário de Ponta.

Em resumo, na Tabela 3 apresentam-se os valores monetários referentes ao que foi pago pela unidade consumidora durante os períodos de faturamento analisados e, na Tabela 4, quanto seria pago levando-se em consideração a mudança da demanda contratada de 850 kW para 1.160 kW na ponta, e de 1.115 kW para 1.640 kW no horário fora de ponta.

Tabela 3 - Valores Monetários Referentes à Demanda Faturada com Demanda Contratada de 850 kW na Ponta e 1.115 kW Fora de Ponta.

Mês	PAGAMENTO - TARIFA AZUL(R\$)				TOTAL MENSAL
	DEMANDA		ULTRAPASSAGEM		
	Ponta	Fora Ponta	Ponta	Fora Ponta	
jan/11	27.718,50	9.789,70	-	-	37.508,20
fev/11	33.783,96	13.152,44	12.130,92	6.725,48	65.792,80
mar/11	39.718,98	15.119,16	24.000,96	10.658,92	89.498,02
abr/11	37.892,82	14.750,40	20.348,64	9.921,40	82.913,26
mai/11	34.697,04	13.029,52	13.957,08	6.479,64	68.163,28
jun/11	31.957,80	10.939,88	8.478,60	2.300,36	53.676,64
jul/10	27.718,50	9.789,70	-	-	37.508,20
ago/10	27.848,94	9.789,70	-	-	37.638,64
set/10	31.044,72	11.062,80	6.652,44	2.546,20	51.306,16
out/10	35.610,12	12.845,14	15.783,24	6.110,88	70.349,38
nov/10	36.979,74	13.213,90	18.522,48	6.848,40	75.564,52
dez/10	31.957,80	12.107,62	8.478,60	4.635,84	57.179,86

Tabela 4 - Valores Monetários Referentes a Demanda Faturada com Demanda Contratada de 1.160 kW na Ponta e 1.640 kW Fora de Ponta.

Mês	PAGAMENTO - TARIFA AZUL(R\$)				TOTAL MENSAL
	DEMANDA		ULTRAPASSAGEM		
	Ponta	Fora Ponta	Ponta	Fora Ponta	
jan/11	37.827,60	14.399,20	-	-	52.226,80
fev/11	37.827,60	14.399,20	-	-	52.226,80
mar/11	39.718,98	15.119,16	-	-	54.838,14
abr/11	37.892,82	14.750,40	-	-	52.643,22
mai/11	37.827,60	14.399,20	-	-	52.226,80
jun/11	37.827,60	14.399,20	-	-	52.226,80
jul/10	37.827,60	14.399,20	-	-	52.226,80
ago/10	37.827,60	14.399,20	-	-	52.226,80
set/10	37.827,60	14.399,20	-	-	52.226,80
out/10	37.827,60	14.399,20	-	-	52.226,80
nov/10	37.827,60	14.399,20	-	-	52.226,80
dez/10	37.827,60	14.399,20	-	-	52.226,80

Conclui-se, portanto que a modificação da demanda contratada para os valores sugeridos trariam para a universidade uma economia de R\$ 97.349,60 (noventa e sete mil trezentos e quarenta e nove reais e sessenta centavos) durante os últimos 12 meses de faturamento, sendo uma mudança adequada.

Deve-se atentar para o fato de que a análise da demanda contratada não leva em consideração o consumo mensal registrado, bem como as tarifas aplicadas

sobre o mesmo, somente os valores de demanda de potência ativa registradas durante o período de análise.

4.2 Análise da Opção Tarifária

A análise da opção tarifária é dada pela escolha da estrutura tarifária mais adequada para a unidade consumidora, considerando-se seu regime de funcionamento. É realizada através da simulação com os dados do histórico de consumo da fatura de energia elétrica, onde se verifica a conveniência da melhor estrutura tarifária que proporciona o menor custo médio de energia elétrica.

Consumidores do Grupo A, como o Campus da UFCG, em Campina Grande, devem ter tarifa binômia, sendo cobrado tanto pelo consumo de energia elétrica como pela demanda de potência ativa. Segundo a ANEEL, como a unidade consumidora em questão possui tensão de fornecimento igual ou inferior a 69 kV e demanda contratada igual ou superior a 300 kW, esta pode ser enquadrada nas modalidades tarifárias horo-sazonal azul ou verde.

Para realizar a análise da opção tarifária considerou-se:

1. Valores mensais de consumo e de demanda em cada um dos segmentos de ponta e fora de ponta;
2. Valores mensais de consumo e de demanda de acordo com os períodos secos e úmidos;
3. Valores de ultrapassagem, levando em conta os valores atuais da demanda contratada nos segmentos de ponta (850 kW) e fora de ponta (1.115 kW);
4. As despesas mensais com cada um dos sistemas tarifários.

Na Tabela 5 encontra-se o histórico do consumo do Campus de Campina Grande da UFCG, baseado nos dados das faturas de energia elétrica. Os meses destacados correspondem ao período seco do ano e possuem tarifas diferenciadas para as estruturas tarifárias sazonais. Como mencionado, a modalidade tarifária da unidade consumidora é a Azul, com demandas contratadas de 850 kW no horário de ponta e 1.115 kW no horário fora de ponta.

Tabela 5 - Histórico de Consumo Faturado e Demanda Medida da UFCG - Campus Campina Grande.

Histórico Mensal	Consumo Faturado (kWh)		Demanda Medida (kW)	
	Ponta	Fora de Ponta	Ponta	Fora de Ponta
2011				
jan/11	25.200,00	236.600,00	532,00	784,00
fev/11	37.800,00	333.200,00	1.036,00	1.498,00
mar/11	46.200,00	401.800,00	1.218,00	1.722,00
abr/11	43.400,00	372.400,00	1.162,00	1.680,00
mai/11	46.200,00	368.200,00	1.064,00	1.484,00
jun/11	37.800,00	306.600,00	980,00	1.246,00
jul/10	32.200,00	266.700,00	749,00	1.015,00
2010				
ago/10	38.500,00	280.000,00	854,00	1.064,00
set/10	39.900,00	301.700,00	952,00	1.260,00
out/10	39.900,00	341.600,00	1.092,00	1.463,00
nov/10	44.100,00	374.500,00	1.134,00	1.505,00
dez/10	34.300,00	305.900,00	980,00	1.379,00

A simulação tarifária comparativa entre as opções horo-sazonais azul e verde foi realizada com base nas tarifas apresentadas no Anexo II, e está mostrada graficamente na Figura 9.

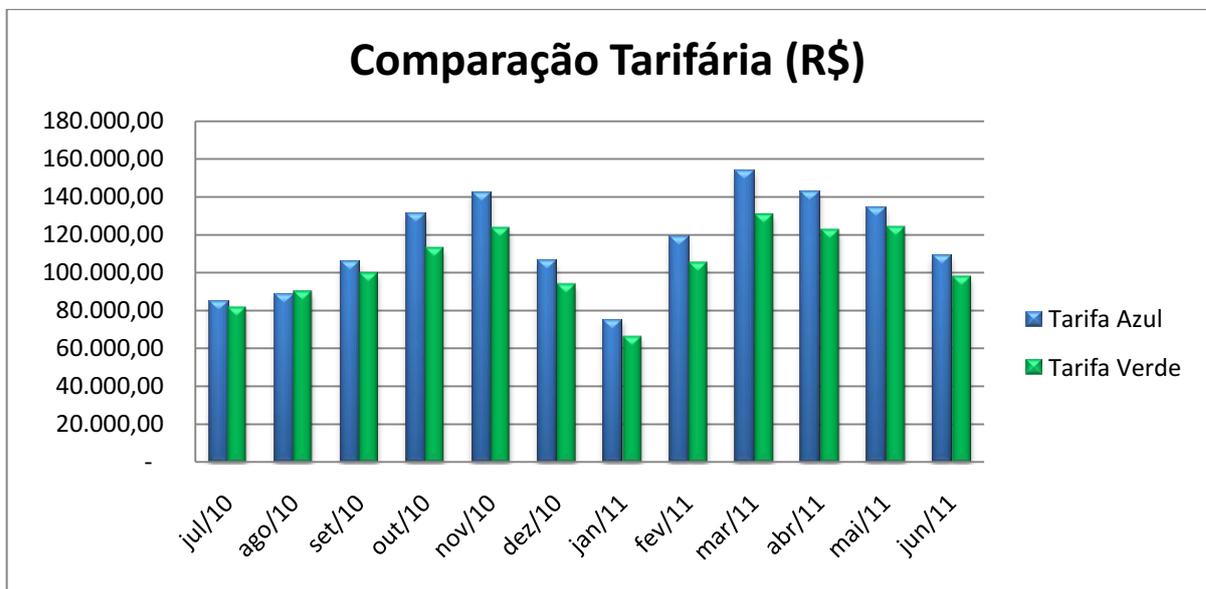


Figura 9 - Comparações Tarifárias entre as Opções Horo-Sazonais Azul e Verde.

Observando o gráfico da Figura 9 observa-se que a opção horo-sazonal verde é mais vantajosa economicamente. Pois, apenas no mês de agosto de 2010 há uma vantagem na tarifação azul. Analisando o custo anual da simulação, a opção tarifária horo-sazonal azul excede um montante equivalente a R\$144.715,00 (cento e

quarenta e quatro mil e setecentos e quinze reais) com relação à horo-sazonal verde, sendo esta mais economicamente viável para a universidade.

4.3 Excesso de Energia Reativa e Correção do Fator de Potência

Além da energia elétrica ativa consumida por uma dada unidade, existe ainda o faturamento devido à energia elétrica reativa que excede os valores permitidos e definidos pela ANEEL. O fator utilizado para referenciar os limites admissíveis é o fator de potência da instalação, e este tem como limite mínimo 0,92 seja capacitivo ou indutivo.

As maiores causas do baixo fator de potência, conseqüentemente do excesso de reativos faturados, são as cargas fortemente indutivas, que necessitam de energia reativa para o seu funcionamento, podemos citar como exemplos: reatores de lâmpadas fluorescentes, retificadores, equipamentos eletrônicos, aparelhos de ar-condicionado, motores e transformadores.

Além da questão econômica, a correção do fator de potência apresenta como objetivos a liberação da capacidade do sistema, a diminuição das quedas de tensão causadas por excesso de reativo e redução das perdas do sistema. Todos os fatores mencionados contribuem para a estabilidade e condições de aproveitamento do sistema de geração, transmissão e distribuição de energia elétrica.

A primeira medida a ser adotada para a correção do fator de potência é a eliminação efetiva das causas que levam a utilização excessiva de energia reativa, como a racionalização do uso de certos equipamentos, o redimensionamento de transformadores e motores superdimensionados, a substituição de equipamentos por novos que possuam maior eficiência, entre outras. No caso discutido no trabalho, devido à grande quantidade e diversidade de equipamentos instalados na universidade torna-se inviável tomar essa medida em curto espaço de tempo. Assim, uma maneira de reduzir o consumo de energia elétrica reativa seria a compensação de reativos utilizando um banco de capacitores. A energia reativa requerida pela instalação elétrica passa a ser fornecida pelos capacitores, evitando que essa seja solicitada ao sistema elétrico fornecedor, liberando parte de sua capacidade.

Existem diferentes alternativas para a instalação do banco de capacitores em uma unidade consumidora e a escolha da mais viável depende da análise da instalação elétrica da unidade. Elas podem ser:

1. Compensação individual: o banco de capacitores é instalado junto aos equipamentos com baixo fator de potência que necessitam de correção;
2. Compensação por grupo de cargas: o banco é instalado junto a um quadro de distribuição que alimenta um conjunto de cargas específicas e tem como objetivo compensar a energia elétrica reativa desse conjunto de cargas;
3. Compensação geral: instalação de banco de capacitores na saída do transformador. É utilizado geralmente em instalações elétricas com grande número de cargas de diferentes potências e com regimes variados de funcionamento;
4. Compensação na entrada de energia (em alta tensão): a instalação do banco de capacitores é realizada junto ao lado de alta tensão do transformador, na entrada de energia elétrica. É geralmente utilizada em unidades consumidoras que demandam grandes quantidades de energia elétrica.

O campus de Campina Grande da UFCG é alimentado por uma rede de distribuição com nível de tensão de 13,8 kV, tendo apenas um ponto de entrega, conforme mostrado na Figura 10. A distribuição interna é realizada através de uma rede própria de distribuição que alimenta os transformadores das unidades consumidoras individuais. Assim, se torna mais conveniente a instalação do banco de capacitores na entrada de energia, já que outra alternativa implicaria na instalação de vários bancos de capacitores, aumentando os custos de investimento e de manutenção.



Figura 10 - Foto da Entrada de Energia do Campus da UFCG em Campina Grande.

Na Figura 11 é apresentado graficamente o histórico do consumo de reativos excedentes faturados nos últimos 12 períodos de faturamento, de acordo com o posto horário ponta e fora de ponta. Os dados foram obtidos na fatura de energia elétrica da unidade consumidora.

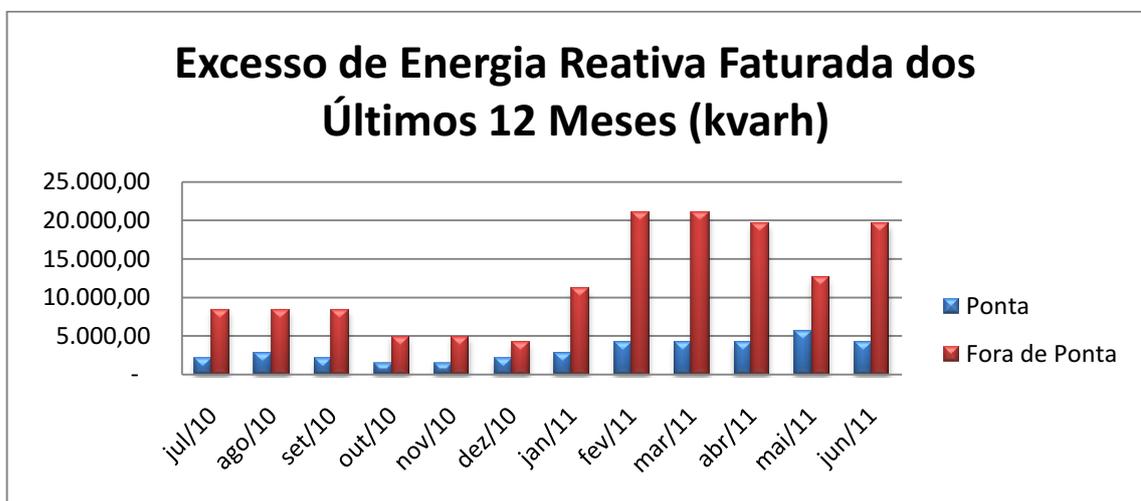


Figura 11 - Histórico de Energia Reativa Excedente Faturada.

Para realizar o dimensionamento do banco de capacitores adequado a necessidade de energia elétrica reativa da unidade consumidora, foi efetuada uma análise utilizando as memórias de massa de três meses: abril, maio e junho de 2011. A ENERGISA disponibiliza essa informação como uma prestação de serviço e cobra uma taxa pelo mesmo.

Na análise da memória de massa foram desconsiderados os dias referentes aos finais de semana e os feriados nacionais contidos nos meses de abril (21 – Dia de Tiradentes, 22 – Sexta-feira da Paixão) e de junho (23 - *Corpus Christi*), tornando a análise voltada para os dias de consumo efetivo de energia elétrica.

Através da avaliação horária do fator de potência, calculou-se uma média do fator de potência para cada hora do dia de faturamento, onde foi observado que em grande parte do dia o fator se encontra abaixo do limite de referência permitido 0,92, conforme apresentado na Figura 12.

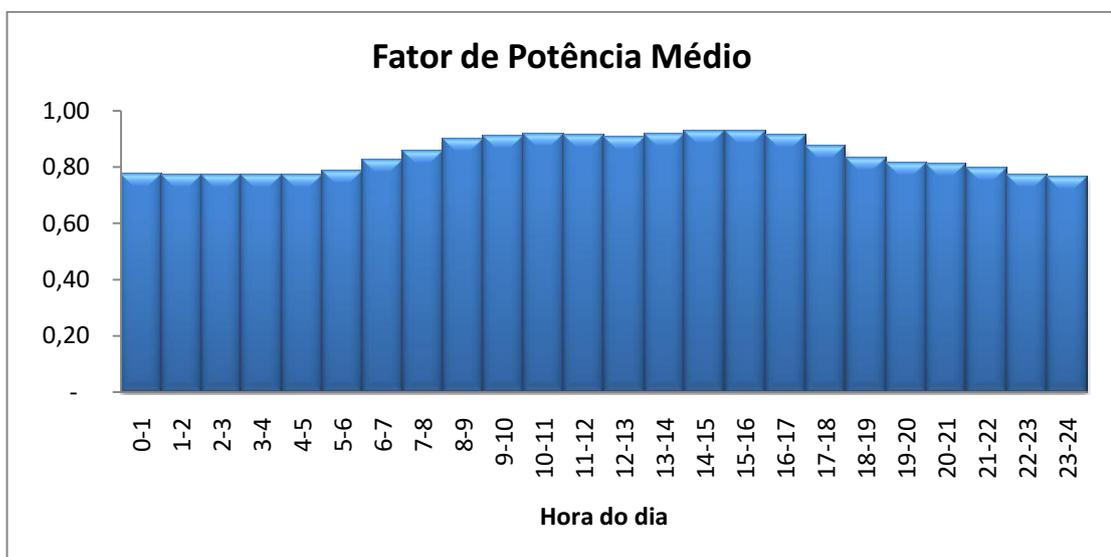


Figura 12 - Avaliação Horária Média do Fator de Potência.

Para cada hora de cada mês foi realizado o cálculo da potência do banco de capacitores necessário para realizar a compensação dos reativos e trazer o fator de potência o mais próximo possível para o limite estabelecido pela ANEEL. O cálculo foi realizado mediante o emprego do método analítico, que é baseado na resolução do triângulo de potências, conforme o exemplo abaixo.

A determinação da potência do banco de capacitores capaz de elevar o fator de potência $\cos\varphi_1$ para $\cos\varphi_2$ (valor de referência 0,92) é realizado com base na equação 12, proveniente da resolução do triângulo de potências mostrado na Figura 13.

$$Q_C \text{ (kvar)} = P \text{ (kW)} \times (\tan \varphi_1 - \tan \varphi_2). \quad (12)$$

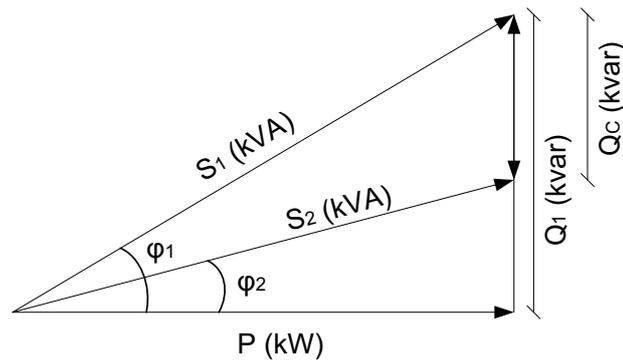


Figura 13 - Triângulo de Potências: Exemplo.

Os resultados para a potência do banco de capacitores variaram do valor mínimo de 0 até 179,95 kvar capacitivos, dependendo do horário, conforme apresentado na Tabela 6.

Tabela 6 - Resultados Obtidos para a Potência do Banco de Capacitores.

ABRIL, MAIO E JUNHO	CONSUMO DIÁRIO			
	VALORES MÉDIOS			
	ATIVO kW	REATIVO kvar	FP -	BANCO kvar Cap
HORA				
0-1	375,34	307,16	0,77	147,26
1-2	368,70	302,17	0,77	145,10
2-3	366,00	301,94	0,77	146,03
3-4	363,37	298,74	0,77	143,95
4-5	360,10	295,86	0,77	142,46
5-6	305,60	241,01	0,79	110,83
6-7	273,66	187,49	0,82	70,91
7-8	442,52	266,34	0,86	77,82
8-9	803,95	389,21	0,90	46,73
9-10	987,72	441,35	0,91	20,58
10-11	1.090,82	465,41	0,92	0,72
11-12	1.011,45	446,52	0,91	15,64
12-13	780,21	359,46	0,91	27,09
13-14	802,82	349,58	0,92	7,58
14-15	1.059,45	423,88	0,93	-
15-16	1.103,67	446,41	0,93	-
16-17	1.007,36	442,19	0,92	13,06
17-18	866,98	481,86	0,87	112,53
18-19	706,88	470,57	0,83	169,44
19-20	624,82	446,12	0,81	179,95
20-21	560,71	407,22	0,81	168,35
21-22	476,33	364,44	0,79	161,52
22-23	413,10	338,96	0,77	162,98
23-24	397,97	333,13	0,77	163,60

Com base nos dados obtidos, escolheu-se uma potência de 150 kvar para um banco de capacitores fixo a ser simulado durante o período de faturamento dos meses de abril, maio e junho de 2011, objetivando comparar a avaliação horária do fator de potência com e sem o banco de capacitores e conseqüentemente o faturamento de reativos excedentes na mesma situação.

O comportamento do fator de potência horário médio com a instalação do banco de capacitores sugerido comparado ao fator de potência horário médio sem a instalação do banco de capacitores está representado na Figura 14 em forma de gráfico.

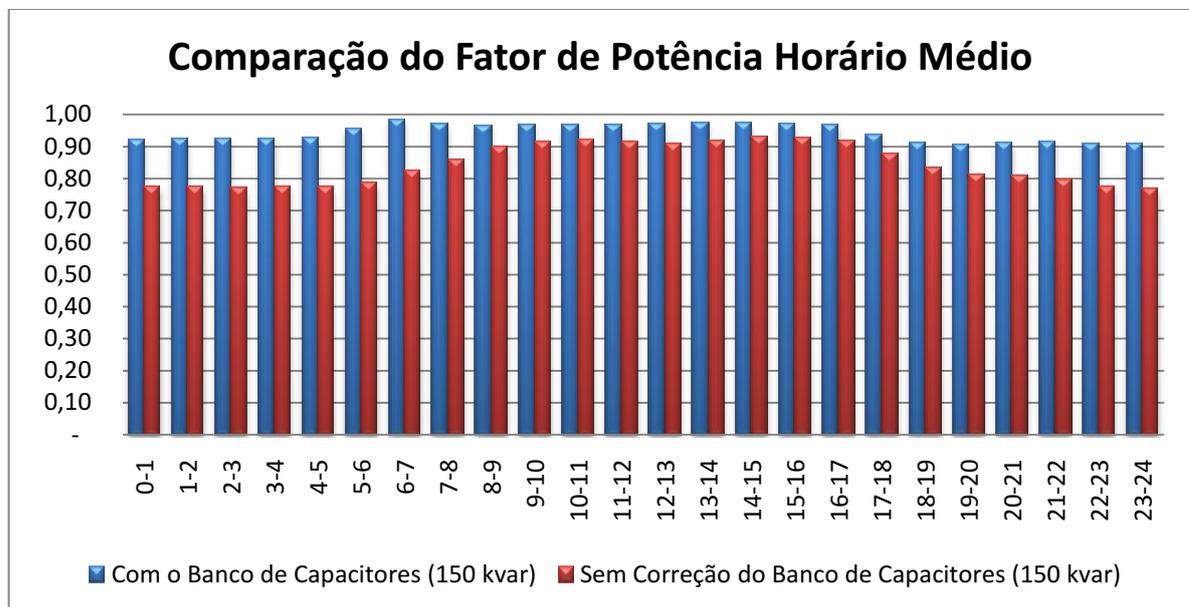


Figura 14 – Fator de Potência Resultante da Simulação da Instalação de Banco de Capacitores de 150 kvar.

Analisando o gráfico apresentado na Figura 13 fica evidente a correção do fator de potência para valores que variam de 0,91 a 0,98 indutivos. Porém, os valores apresentados são resultados da média de cada hora, de cada dia de consumo efetivo para cada período de faturamento analisado (abril, maio e junho de 2011).

Assim, para realizar uma análise mais específica, foi calculado o faturamento de reativo excedente individualmente em cada hora, de cada dia, de cada mês analisado, com intuito de obter exatamente os valores monetários referentes ao faturamento de excesso de reativo e obter a economia que seria realizada com a instalação do referido banco de capacitores. Os valores foram calculados de acordo

com a expressão (9), levando em consideração o tipo de fator de potência (indutivo ou capacitivo) e o horário referente ao seu faturamento (Entre 23 h 30 min e 6 h 30 min do dia seguinte só é faturado o excesso de reativo para valores de fator de potência inferiores a 0,92 capacitivos verificados em intervalos de uma hora). Um exemplo do referido cálculo está apresentado no Anexo III.

Os resultados da simulação da instalação do banco de capacitores de 150 kvar na entrada de energia da universidade apresentou uma economia de R\$2.981,94 (dois mil novecentos e oitenta e um reais e noventa e quatro centavos) em abril, R\$2.832,90 (dois mil oitocentos e trinta e dois reais e noventa centavos) em maio e R\$3.408,34 (três mil quatrocentos e oito reais e trinta e quatro centavos) em junho, resultando em uma economia mensal média de R\$3.044,39 (três mil e quarenta e quatro reais e trinta e nove centavos), que representa uma economia em média de 95%.

Recentemente, o Setor de Engenharia Elétrica da Prefeitura Universitária da UFCG – Campus de Campina Grande - adquiriu dois bancos de capacitores de 50 kvar que custou R\$29.000,00 (vinte e nove mil reais). Um dos bancos já está instalado, e a memória de massa utilizada nos cálculos do presente trabalho já é resultado da compensação de tal banco.

Como o dimensionamento calculado anteriormente sugere um banco de capacitores de 150 kvar, seria necessário a aquisição de apenas mais dois bancos de 50 kvar, que ligados em paralelo ao já existente e não instalado totalizaria um banco com potência equivalente à proposta no trabalho. Portanto, o investimento necessário para a instalação do banco sugerido seria de R\$29.000,00 (vinte e nove mil reais).

Levando em consideração o investimento inicial de R\$29.000,00 e uma economia mensal de R\$3.044,39, o tempo de retorno do investimento da instalação do banco de capacitores é de menos de 10 meses, como mostrado na Figura 15. Ao final do quinto ano após a instalação do banco proposto a economia será de R\$190.196,08 (cento e noventa mil cento e noventa e seis reais e oito centavos), descontando o valor da compra do banco. Assim, é possível concluir que o projeto de instalação do banco de capacitores sugerido é economicamente viável.

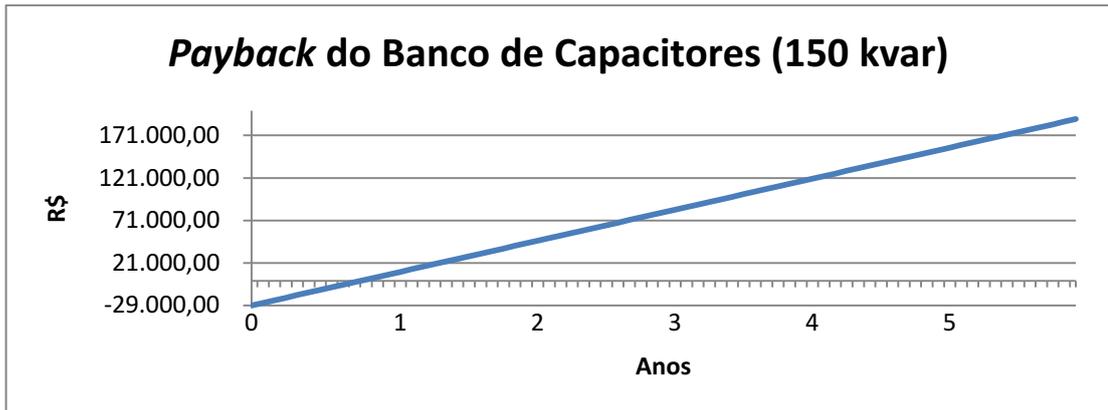


Figura 15 - Tempo de Retorno do Investimento do Banco de Capacitores de 150 kvar.

5 SISTEMA DE GERENCIAMENTO DE ENERGIA ELÉTRICA

Um sistema de gerenciamento de energia elétrica visa principalmente alcançar níveis superiores de desempenho na utilização da energia elétrica de um dado consumidor, através de sistemas de supervisão e que ofereçam sugestões voltadas à redução do custo e conservação da energia elétrica.

Em 2002 foi desenvolvido um projeto de implantação de um sistema de gestão de energia elétrica para a UFCG, na época UFPB, envolvendo todos os campi abrangidos pela universidade, com maior ênfase para o campus II (Campina Grande). A proposição desse projeto foi realizada por professores do departamento de engenharia elétrica, dentre eles os professores Benedito Antonio Luciano, Wellington Santos Mota e as professoras Moema Soares de Castro e Rosa Tânia de Menezes Vaz. O sistema projetado visava determinar os hábitos de consumo de energia elétrica de cada unidade da universidade com o intuito de planejar e sugerir medidas corretivas que contribuíssem para o uso racional da energia elétrica.

Para a consolidação do sistema era necessária a utilização de um equipamento capaz de registrar as informações referentes ao consumo de energia elétrica oriundas de medidores digitais e que, através de software, pudesse realizar a análise dos dados obtidos gerando relatórios que tivessem parâmetros de energia como: Consumo de energia elétrica ativa, reativa e aparente, demanda ativa, reativa e aparente, fator de potência por intervalo de integração, fator de carga, entre outros.

A instalação desse sistema foi realizada gentilmente pelo Sr. Alcides Fadigas, representante da empresa ANALO Sistemas de Energia Ltda., contando com a colaboração dos professores Benedito Antonio Luciano e Wellington Santos Mota.

A implantação do projeto foi definida em três fases:

1. Implantação do sistema de aquisição e registro de dados e gestão de energia elétrica do campus, mediante o monitoramento das informações fornecidas pelo medidor digital;
2. Implantação dos conjuntos de medição nas unidades individuais a serem monitoradas;
3. Construção de um laboratório de qualidade de energia elétrica, com objetivo de complementar o sistema de gestão de energia e reforçar sua base tecnológica.

Apesar de os inúmeros benefícios que a concretização do projeto traria, contribuindo diretamente com os planos de conservação de energia, o mesmo não chegou a ser concretizado em sua plenitude.

5.1 Registrador de Pulsos ANALO

O Registrador de Pulsos Analo é um equipamento capaz de receber os dados provenientes dos medidores digitais utilizados pelas concessionárias, armazenando em forma de memória de massa todas as informações referentes ao consumo de energia elétrica da unidade consumidora na qual estiver devidamente instalado.

Sua função básica é tornar disponível para a unidade consumidora sob supervisão as mesmas informações que a concessionária utiliza para o faturamento da energia elétrica.



Figura 16 - Registrador de Pulsos ANALO.
Fonte: Site do fabricante – www.analo.com.br.

O equipamento pode monitorar até quatro medidores digitais, e apresenta uma memória com capacidade de armazenamento de até cinco meses e meio para um único canal de medição. Os dados armazenados são transferidos para um microcomputador através de uma saída serial que pode ser configurada para operar como RS232 (para comunicação local) ou RS485 (para comunicação em rede), assim, suas informações podem ser monitoradas remotamente em tempo real através da internet, conforme diagrama apresentado na Figura 17.

O equipamento ANALO possui relógio interno com bateria incorporada (que mantém a data e hora durante interrupção do fornecimento de energia elétrica), e sistema de auto-sincronismo que mantém seu relógio interno sincronizado com o relógio do medidor. A bateria é responsável também pelo registro em memória de massa das interrupções no fornecimento de energia elétrica.

Com auxílio do *software* fornecido pelo próprio fabricante, utilizado juntamente com o registrador de pulsos, o usuário pode analisar de forma analítica a evolução das grandezas relacionadas ao uso de energia elétrica através de relatórios gerados pelo Sistema de Informação de Energia Analo (*software*). Além disso, baseado nos dados obtidos pelo equipamento, o usuário pode legitimar as faturas de energia elétrica remetidas pela concessionária.

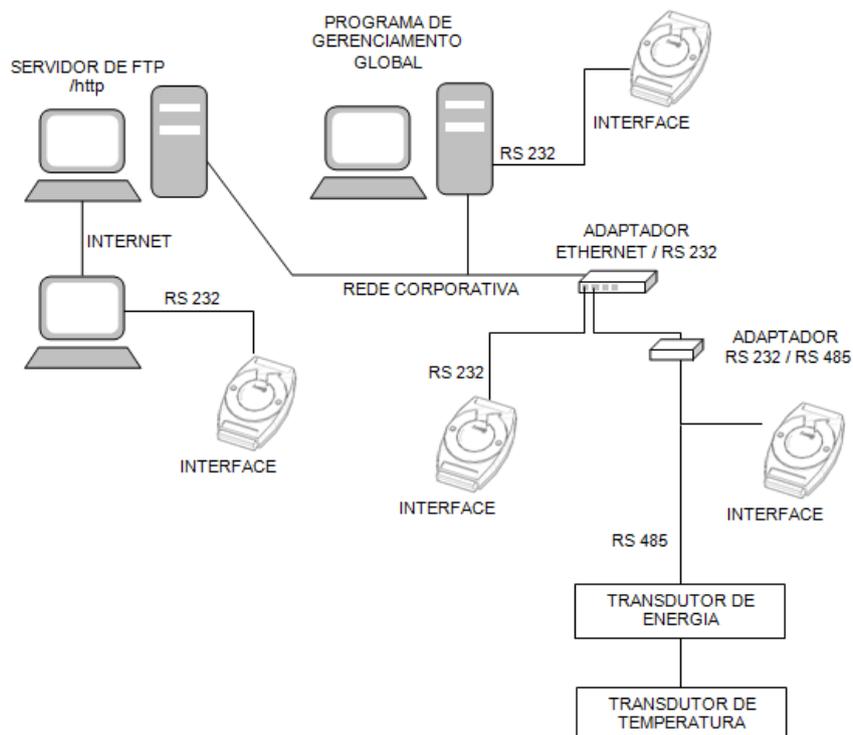


Figura 17 - Sistema de Aquisição de Dados do Registrador de Pulsos ANALO.
Fonte: Projeto de Gestão de Energia Elétrica da UFPB (LUCIANO, 2002).

Outra funcionalidade relevante do Registrador de Pulsos ANALO é o gerenciamento da demanda instantânea da instalação, podendo ser verificados através de curvas de cargas problemas de ultrapassagem de demanda e de baixo fator de potência. Nas Figuras 18 e 19 são apresentadas as curvas de carga fornecidas pelo equipamento, obtidas em 2002, período em que foi criado o projeto de implantação do sistema de gestão de energia elétrica na UFPB, e período em que o ANALO esteve instalado no Campus II da mesma instituição.

Além das grandezas mencionadas, outras informações também são disponibilizadas pelo equipamento, das quais é relevante citar:

1. Potência capacitiva necessária na compensação de reativos para o fator de potência de 0,92;
2. Períodos de faturamento considerados pela concessionária;
3. Valores dos parâmetros tarifários calculados para o período de faturamento;
4. Identificação de redução do custo médio da energia mediante reenquadramento tarifário.

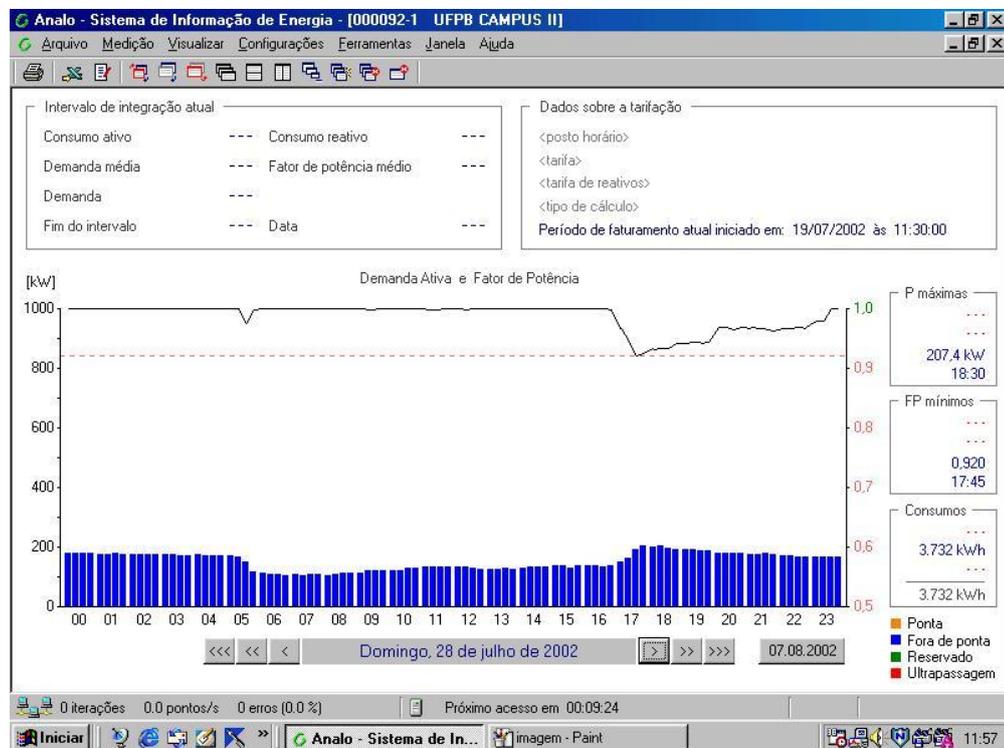


Figura 18 - Curva de Carga Gerada referente ao dia 28 de julho de 2002 (Domingo).

Na Figura 18 é apresentada a curva de carga relativa ao consumo de energia elétrica na universidade no dia 28 de julho de 2002. Percebe-se que pelo fato de ser referente a um domingo, praticamente não há demanda ativa da unidade consumidora, sendo os valores constatados possivelmente resultantes de cargas como iluminação. Durante o dia a demanda diminui justamente pela ausência da iluminação. Além disso, não há diferença quanto ao posto horário, todo o dia de faturamento é considerado no segmento horário fora de ponta.

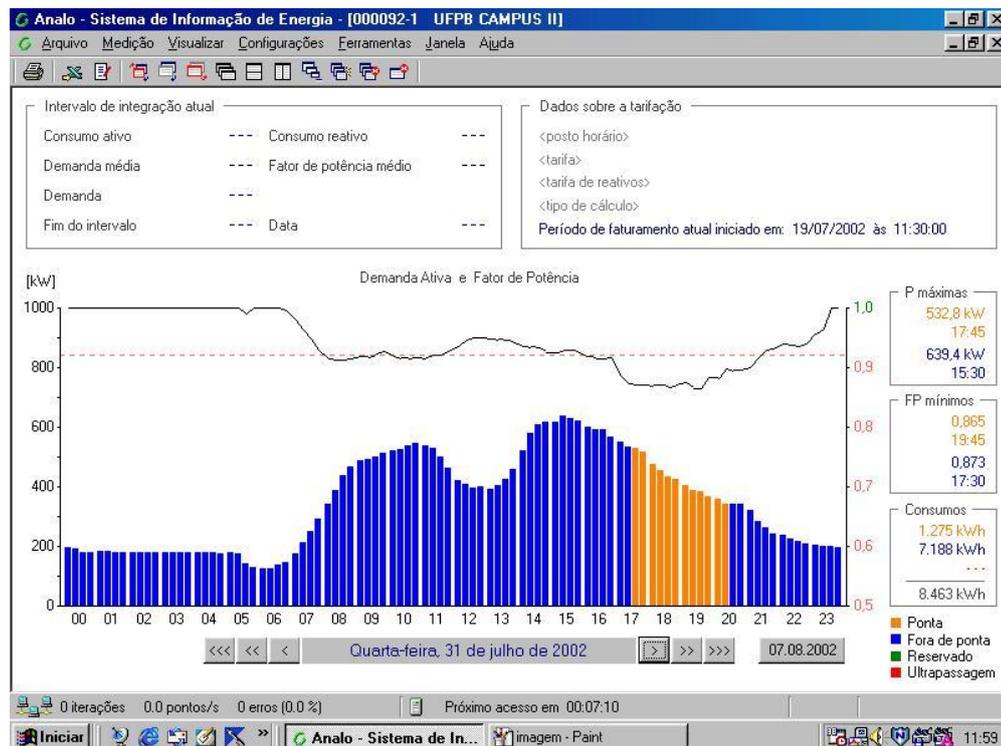


Figura 19 - Curva de Carga referente ao dia 31 de julho de 2002 (Quarta-feira).

A curva de carga mostrada na Figura 19 refere-se a um dia comum de atividades no Campus II da UFPB. Durante a madrugada a demanda de potência ativa permanece praticamente constante, devido às cargas de iluminação. Na Figura 20 é apresentado um exemplo da iluminação do campus durante a madrugada. Ao amanhecer, quando as células fotovoltaicas atuam desligando a iluminação externa há um pequeno afundamento na demanda ativa que passa a aumentar mesmo antes do horário de início das aulas (8 h), com trabalho do pessoal de limpeza. No horário de almoço há outra queda na demanda, período em que as salas de aulas estão vazias e a carga é referente a unidades consumidoras de outra natureza, como setores administrativos e laboratórios, por exemplo. Por volta das 14 h, a

demanda volta a aumentar devido ao período vespertino das aulas, e tende a diminuir pelo fim do horário de aulas e do período de trabalho da maioria das unidades administrativas do campus. A demanda a partir das 18 h é caracterizada pela carga dos blocos onde há aulas para os cursos noturnos, e a carga referente à iluminação.

É importante ressaltar que para esta curva de carga, o horário de ponta está destacado pela cor laranja, compreendido entre as 17 h e 20 h, conforme determinado pela concessionária.



Figura 20 - Exemplo da Iluminação do Campus durante o período noturno.



Figura 21 - Exemplo da Iluminação do Campus durante o período diurno.



Figura 22 - Registrador de Pulsos instalado.

Na Figura 22 está apresentado o equipamento devidamente instalado junto ao medidor digital. As informações são recebidas do medidor via sensor ótico, que tem como função além da transmissão dos dados, a proteção elétrica dos equipamentos acoplados ao registrador através de isolação ótica.

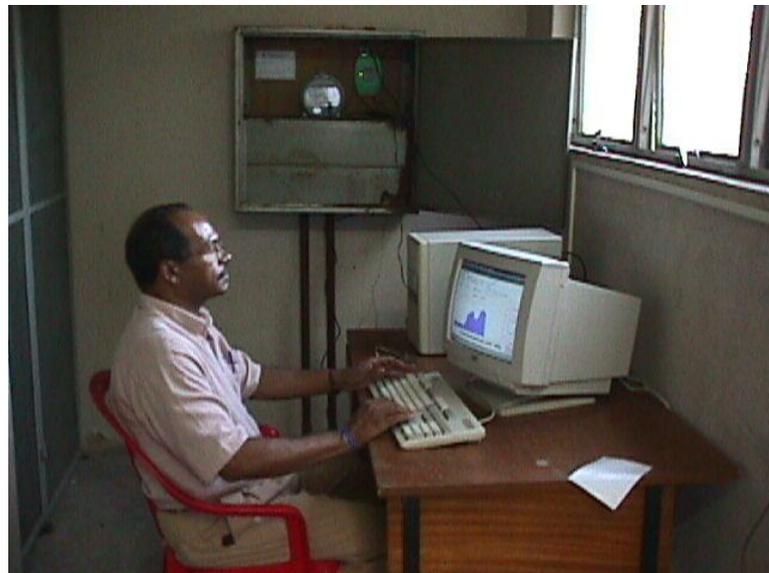


Figura 23 - Monitoramento em tempo real dos dados fornecidos pelo medidor digital.

Diante da importância de um sistema de gestão de energia elétrica, verifica-se que o uso de um equipamento como o Registrador de Pulsos Analo é imprescindível e determinante no auxílio à redução do custo e à otimização da utilização da energia elétrica.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste Trabalho de Conclusão de Curso foi apresentado um estudo sobre o consumo de energia elétrica do Campus de Campina Grande da UFCG, visando a adoção medidas que possam melhorar o uso eficiente dessa energia e o custo médio pago pela mesma.

A primeira medida a ser tomada é a modificação da modalidade tarifária na qual está enquadrada atualmente a UFCG para a estrutura tarifária horo-sazonal verde, que se apresentou mais interessante economicamente. Tal mudança acarretaria em uma economia anual de R\$144.715,00.

A segunda modificação sugerida é a mudança do valor da demanda contratada de 1.115 kW para 1.640 kW no horário fora de ponta e de 850 kW para 1.160 kW no horário de ponta. Levando em consideração a atual modalidade tarifária a mudança sugerida geraria uma economia anual de R\$97.349,60.

Finalmente, se o campus de Campina Grande da UFCG estivesse enquadrado na modalidade tarifária horo-sazonal verde com uma demanda contratada de 1.640 kW a unidade consumidora teria uma economia anual de R\$200.784,08.

Adicionalmente, foram apresentadas as melhorias relacionadas à correção do fator de potência, no âmbito da própria unidade consumidora como para o sistema elétrico nacional. Diante de tal fato, foi proposto a instalação de um banco de capacitores fixo de 150 kvar, que trará para a UFCG uma economia média mensal de R\$3.044,39 no valor faturado dos reativos excedentes. Além disso, obteve-se como resultado que o projeto da instalação do banco sugerido é economicamente viável, apresentando um tempo de retorno de investimento inferior a 10 meses.

Como sugestão foi proposta a reativação do sistema de gerenciamento de energia elétrica através do Registrador de Pulsos Analo, que teria como função básica o monitoramento do consumo de energia elétrica na UFCG, auxiliando assim na determinação de medidas corretivas e preventivas que contribuam para a conservação de energia, tendo em vista a atual expansão física da instituição e consequente aumento de sua demanda de energia elétrica.

BIBLIOGRAFIA

- ANEEL. *Resolução n°414, de 9 de setembro de 2010*. D.O.U. 15/09/2010.
- BITU, R. e BORN, P. *Tarifas de energia elétrica: Aspectos conceituais e metodológicos*. São Paulo: MM Editora, 1993.
- CONTA DE ENERGIA: TARIFAS:
 < <http://www.energisa.com.br/paraiba/paginas%20internas/tarifas.aspx> > -
 Acessado em 25 de Julho de 2011.
- CREDER, Hélio. *Instalações Elétricas*. 14 ed. Rio de Janeiro: LTC, 2000.
- LOPES, Juarez Castrillon. *Manual de Tarifação da Energia Elétrica*. 2 ed. Procel, 2002.
- LUCIANO, B. A. *A Conta de Energia Elétrica*. Campina Grande: Diário da Borborema, 5 de fevereiro de 2009.
- LUCIANO, B. A. *Plano De Gestão De Energia Elétrica Da Universidade Federal Da Paraíba*. Campina Grande: 2002.
- LUCIANO, B. A. *Projeto De Eficientização Energética Na Universidade Federal Da Paraíba*. UFPB - Campus II. Campina Grande: 2002.
- MAMEDE FILHO, João. *Instalações Elétricas Industriais*. 6 ed. Rio de Janeiro: LTC, 2002.
- PROPOSTA DA UFCG AO REUNI:
 <www.ufcg.edu.br/prt_ufcg/reuni/proposta_reuni.pdf> - Acessado em 22 de Julho de 2010.
- REIS, Lineu Belico dos. *Geração de energia elétrica: Tecnologia, inserção ambiental, planejamento, operação e análise de viabilidade*. São Paulo: Malone, 2003.
- RELATÓRIO DO PRIMEIRO ANO DE REUNI:
 <http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com_docman&task=doc_download&gid=2069&Itemid=>> - Acessado em 23 de Julho de 2010.
- SOUZA, Benemar Alencar de. *Distribuição de Energia Elétrica*. Campina Grande: UFPB, 1997. 144p.
- VÁRIOS AUTORES. *Conservação de energia: Eficiência energética de instalações e equipamentos*. Itajubá: FUPAI, 2001.

ANEXOS

Anexo I – Relação Parcial de Blocos da UFCG – Campus Campina Grande

SETOR	BLOCO	DESCRIÇÃO	
A	AA	REITORIA	
	AB	AULAS ADM	
	AC	RESTAURANTE UNIVERSITÁRIO	
	AD	BIBLIOTECA CENTRAL	
	AE	GINÁSIO POLIESPORTIVO	
	AF	BANCO SANTANDER	
	AF1	CAIXA ECONOMICA FEDERAL	
	AG	ASSISTÊNCIA SOCIAL	
	AH	POSTO MÉDICO	
	AI	BANCO DO BRASIL	
	AJ	PREFEITURA UNIVERSITÁRIA	
	AK	CREDUNI	
	AK1	ARQUIVO GERAL	
	AL	CENTRO DE EXTENSÃO	
	AM	CAMPO DE FUTEBOL	
	A N	CENTRAL DE APOIO	
	AN1	DEPÓSITO	
	AO	LICITAÇÃO, ARQUIVO E DIVISÃO DE MATERIAIS	
	BA	ADMINISTRAÇÃO DO CH/NDT.M	
	BB	NÚCLEO DE PROCESSO DE DADOS	
	BC	CENTRAL DE AULAS	
	BD	CENTRAL DE AULAS	
	BE	CENTRO GEMOLÓGICO	
	BF	CRECHE ESCOLAR	
	BF1	DEPARTAMENTO DE ARTES	
	BG	CENTRAL DE AULAS	
	BH	ADMINISTRAÇÃO DEPARTAMENTO DAC/DME	
	B	BH1	LAPEM
		BI	LAB. DE SOLOS III
		BJ	ADMINISTRAÇÃO DEPARTAMENTO DEM
		BK	LAB. DE SOLOS I
		BL	OFICINA MECÂNICA
BM		LAB. DO DEM/ALMOXARIFADO	
BN		LAB. DE ENERGIA EÓLICA - NERG	
BO		LAB. DE DESENHO INDUSTRIAL	
BP		ATECEL	
BQ		COORDENAÇÃO DE CURSOS	
BR	LAB. DE MECÂNICA - MÁQUINAS		

C	BS	LAB. DO DMG
	BT	LAB. DO DMG
	BU	LAB. DE MODELO REDUZIDO
	BV	EXPRESSÃO GRÁFICA
	BV1	ADUFCG
	BW	SINTESPB
	BX	LAB. DE FUNDIÇÃO
	BZ	CENTRAL DE AULAS
	CAA	CENTRAL DE MINIANFITEATROS
	CA	CENTRAL DE AULAS
	CB	CENTRAL DE AULAS
	CD	CENTRAL DE AULAS E LAB. DE FÍSICA
	CE	CENTRAL TELEFÔNICA
	CF	LAB. DE ALTA TENSÃO
	CG	LAB. DE GRADUAÇÃO DO DEE
	CH	LAB. DE PROJETO I DO DEE
	CI	LAB. DE APOIO DO DEE
	CJ	LAB. DE PROJETO II DO DEE
	CK	LAB. DE ENGENHARIA DE IRRIGAÇÃO
	CK1	LAB. DO NÚCLEO DE METERELOGIA APLICADA
	CL	ADMNISTRAÇÃO DEP. DF/DEM/DCA
	CM	ADMNISTRAÇÃO DEP. DEAG/DEC/DEO
	CN	ADMINISTRAÇÃO DEP. DSC/DMG/DEE
	CP	CASA DE VEGETAÇÃO
	CP1	ESTUFA AGRÍCOLA
	CQ	DIRETORIA DO CCT/LMSR
	CR	LAB. DE HIDRÁULICA
	CS	LAB. DE IRRIGAÇÃO
	CT	LAB. DE SOLOS II
	CV	LAB. DE SANEAMENTO/TRATAMENTO DE ÁGUA E AEROF.
	CW	LAB. DE ESTRUTURA E MATERIAL DE CONSTRUÇÃO
	CY	LAB. DE LAB. DE QUÍMICA/MATEMÁTICA
CX	LAB. DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA	
CZ	LAB. DE PROC. E ARMAZ. DE PROD. VEG.	
C26	LAB. DE SISTEMAS DISTRIBUIDOS	
C27	LAB. DE TECNOLOGIAS AGROAMBIENTAIS	
C28	IQUANTA	
	CEEI	

Anexo II: Tarifas da Energisa aplicadas ao Grupo A, subgrupo A4:

A) Tarifa Horo-Sazonal Azul ENERGISA

SEGMENTO HORÁRIO	DEMANDA (R\$/kW)	
	PONTA	FORA DE PONTA
	TARIFA	TARIFA
Consumo mensal acima de 300 kWh	32,61	8,78
	CONSUMO (R\$/kWh)	
SEGMENTO SAZONAL - PERÍODO SECO	PONTA	FORA DE PONTA
	TARIFA	TARIFA
Consumo mensal acima de 300 kWh	0,244	0,14883
	CONSUMO (R\$/kWh)	
SEGMENTO SAZONAL - PERÍODO ÚMIDO	PONTA	FORA DE PONTA
	TARIFA	TARIFA
Consumo mensal acima de 300 kWh	0,21983	0,1348
	DEMANDA (R\$/kW)	
ULTRAPASSAGEM SEGMENTO HORÁRIO	PONTA	FORA DE PONTA
	TARIFA	TARIFA
Consumo mensal acima de 300 kWh	65,22	17,56

B) Tarifa Horo-Sazonal Verde ENERGISA

SUBGRUPO A4	DEMANDA (R\$/kW)	
	TARIFA	
Consumo mensal acima de 300 kWh	8,78	
	CONSUMO (R\$/kWh)	
PERÍODO SECO	PONTA	FORA DE PONTA
	TARIFA	TARIFA
Consumo mensal acima de 300 kWh	1,00115	0,14883
	CONSUMO (R\$/kWh)	
PERÍODO ÚMIDO	PONTA	FORA DE PONTA
	TARIFA	TARIFA
Consumo mensal acima de 300 kWh	0,97698	0,1348
	DEMANDA (R\$/kW)	
ULTRAPASSAGEM	TARIFA	
Consumo mensal acima de 300 kWh	26,34	

Anexo III: Simulação parcial do Faturamento de reativo excedente com a instalação do banco de capacitores de 150 kvar no Campus de Campina Grande da UFCG – Período de faturamento para exemplificação: 01 de abril de 2011

MEDIDA DE CARGA DIÁRIA - ABRIL DE 2011									
MEMÓRIA DE MASSA									
PERÍODO	HORA	CONSUMO kWh	ENERGIA REATIVA		fp -	TIPO (fp)	Informações Adicionais		FER R\$
			IND kvarh	CAP			Posto horário	Seg. Reativo	
01/04/2011	0-1	385,35	335,30	150	0,90	Ind	Fora Ponta	Cap	-
	1-2	377,30	323,75	150	0,91	Ind	Fora Ponta	Cap	-
	2-3	371,00	314,30	150	0,91	Ind	Fora Ponta	Cap	-
	3-4	366,45	313,95	150	0,91	Ind	Fora Ponta	Cap	-
	4-5	364,70	315,70	150	0,91	Ind	Fora Ponta	Cap	-
	5-6	317,10	269,15	150	0,94	Ind	Fora Ponta	Ind	-
	6-7	313,25	239,05	150	0,96	Ind	Fora Ponta	Ind	-
	7-8	571,55	343,35	150	0,95	Ind	Fora Ponta	Ind	-
	8-9	1.107,75	490,35	150	0,96	Ind	Fora Ponta	Ind	-
	9-10	1.357,65	571,55	150	0,96	Ind	Fora Ponta	Ind	-
	10-11	1.449,35	583,80	150	0,96	Ind	Fora Ponta	Ind	-
	11-12	1.360,10	564,20	150	0,96	Ind	Fora Ponta	Ind	-
	12-13	1.020,95	460,95	150	0,96	Ind	Fora Ponta	Ind	-
	13-14	1.055,25	435,75	150	0,97	Ind	Fora Ponta	Ind	-
	14-15	1.352,75	505,05	150	0,97	Ind	Fora Ponta	Ind	-
	15-16	1.355,90	509,60	150	0,97	Ind	Fora Ponta	Ind	-
	16-17	1.197,35	509,25	150	0,96	Ind	Fora Ponta	Ind	-
	17-18	970,55	502,95	150	0,94	Ind	Ponta	Ind	-
	18-19	752,15	509,25	150	0,90	Ind	Ponta	Ind	2,98
	19-20	646,10	483,00	150	0,89	Ind	Ponta	Ind	4,58
	20-21	586,95	438,20	150	0,90	Ind	Fora Ponta	Ind	1,72
	21-22	490,35	392,00	150	0,90	Ind	Fora Ponta	Ind	1,49
	22-23	401,80	364,35	150	0,88	Ind	Fora Ponta	Ind	2,02
	23-24	383,60	368,55	150	0,87	Ind	Fora Ponta	Cap	-