

**FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL  
FACULDADE DE ENGENHARIAS, ARQUITETURA E URBANISMO E GEOGRAFIA  
MESTRADO PROFISSIONAL EM EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E SUSTENTABILIDADE**

**DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO – UNIVERSIDADE FEDERAL DE  
MATO GROSSO DO SUL – UNIDADE 5 E ANTIGO DEPARTAMENTO  
DE ENGENHARIA ELÉTRICA**

**SILVANO DIAS PEREIRA NAVES**

**CAMPO GRANDE**

**2015**

**FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL  
FACULDADE DE ENGENHARIAS, ARQUITETURA E URBANISMO E GEOGRAFIA  
MESTRADO PROFISSIONAL EM EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E SUSTENTABILIDADE**

**DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO – UNIVERSIDADE FEDERAL DE  
MATO GROSSO DO SUL – UNIDADE 5 E ANTIGO DEPARTAMENTO  
DE ENGENHARIA ELÉTRICA**

**SILVANO DIAS PEREIRA NAVES**

Trabalho de Conclusão de Curso do Mestrado Profissional apresentado na Faculdade de Engenharias, Arquitetura e Urbanismo e Geografia da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, para obtenção do título de Mestre em Eficiência Energética e Sustentabilidade, na área de concentração: eficiência energética.

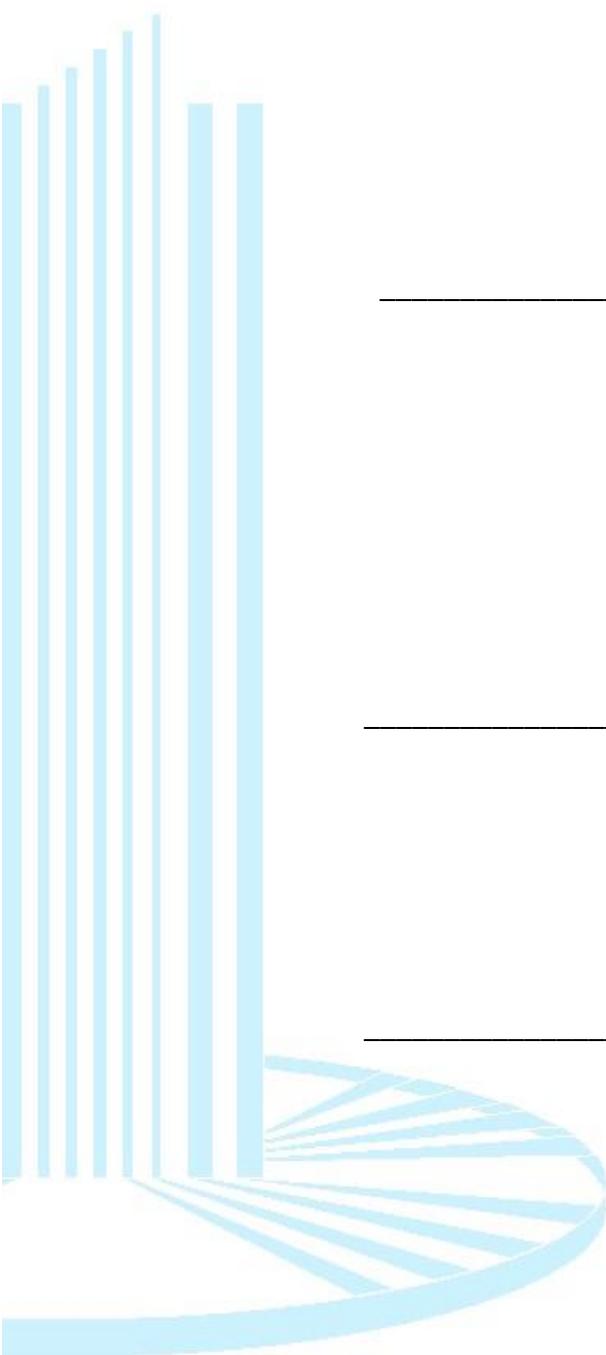
**Orientador: Prof. Dr. Amancio Rodrigues da Silva Junior**

**CAMPO GRANDE**

**JUNHO / 2015**

**FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL**  
**FACULDADE DE ENGENHARIAS, ARQUITETURA E URBANISMO E GEOGRAFIA**  
**MESTRADO PROFISSIONAL EM EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E SUSTENTABILIDADE**

Redação final do Trabalho de Conclusão Final de Curso defendida por Silvano Dias Pereira Naves, aprovada pela Comissão Julgadora em 12 de junho de 2015, na Faculdade de Engenharias, Arquitetura e Urbanismo e Geografia da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul para obtenção do título de Mestre em Eficiência Energética e Sustentabilidade.



---

Prof. Dr. Nome – Orientador  
FAENG/UFMS

---

Prof. Dr. Nome – Membro Titular  
Departamento/Instituição

---

Prof. Dr. Nome – Membro Titular  
Departamento/Instituição

## DEDICATÓRIA

À Deus e a minha amada esposa Rayssa  
Naves.

E com muito carinho aos meus pais e  
irmãos

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a Deus por me dá força e perseverança em mais essa etapa de minha vida.

Aos meus pais Lucas e Antônia, por sempre acreditarem no meu sucesso e pelos incentivos ao longo de toda minha vida.

A minha amada esposa Rayssa Naves, que sempre esteve ao meu lado me dando força e incentivo para começar a fazer esse trabalho da melhor forma possível.

Agradeço ao Prof. Dr. Amâncio Rodrigues da Silva Junior que possibilitou a concretização deste Mestrado, que sempre incentivou e encorajou seus alunos, esteve à disposição para ensinar e orientar e mais do que tudo, criou e proporcionou oportunidade para que todos pudessem aprender e evoluir manteve portas abertas para receber e instruir todos os profissionais que tiveram o privilégio de tê-lo como professor.

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO .....	17
1.1. JUSTIFICATIVA.....	17
1.2. OBJETIVOS .....	18
1.2.1. OBJETIVO GERAL.....	18
1.2.2. Objetivos Específicos .....	18
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	19
2.1. EFICIÊNCIA ENERGÉTICA .....	19
2.2. DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO .....	21
2.3. TARIFAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA .....	22
2.4. ILUMINAÇÃO .....	23
2.5. AR CONDICIONADO .....	25
2.6. FATOR DE POTÊNCIA .....	30
2.6.1. CORREÇÃO DO FATOR DE POTÊNCIA .....	31
3. MATERIAIS E MÉTODOS .....	34
3.1. LOCAIS - EDIFICAÇÕES.....	34
3.2. ROTINA DE TRABALHO .....	35
3.3. EQUIPAMENTOS .....	36
3.3.1. TRANSFORMADOR .....	36
3.3.2. ANALISADOR DE ENERGIA RE 2000 .....	37
3.3.3. METODOLOGIA .....	38
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES .....	41
4.1. LEVANTAMENTO DE CARGA .....	41
4.1.1. LEVANTAMENTO DE CARGA DA UNIDADE 5 .....	41
4.1.2. LEVANTAMENTO DE CARGA DO ANTIGO DEL .....	43
4.2. ANÁLISE DE CARGAS .....	45

4.2.1. AR CONDICIONADO .....	45
4.2.1.1. INVESTIMENTO E RETORNO .....	47
4.2.2. ILUMINAÇÃO .....	52
4.2.2.1. SISTEMA DE ILUMINAÇÃO .....	52
4.2.2.2. INVESTIMENTO E RETORNO .....	53
4.2.3. COMPUTADORES .....	58
4.3 MEDIÇÕES COM O ANALISADOR DE ENERGIA.....	59
4.3.1. CURVAS DE CARGA .....	59
4.3.2. FATOR DE CARGA.....	59
4.3.3. APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS .....	59
4.4. FATOR DE POTÊNCIA .....	61
4.4.1. FATOR DE POTÊNCIA HORÁRIO.....	61
4.4.2. APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS .....	61
4.5. CURVAS DE TENSÃO .....	62
4.5.1. LIMITES ADEQUADOS DE TENSÃO .....	62
4.5.2. APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS .....	62
4.6. CURVAS DE CORRENTE.....	64
4.7. SUGESTÕES E CONTRIBUIÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS .....	65
4.8. RECOMENDAÇÕES .....	66
5. CONCLUSÃO .....	67
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	69
ANEXOS.....	73

## LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1: Etiqueta que indica que o produto é do Selo PROCEL .....	20
Figura 2.2: Etiqueta PROCEL para edificações. ....	20
Figura 2.3: Etiqueta Energy Star (USA).....	27
Figura 2.4: Triângulo de potências. ....	32
Figura 3.1: UFMS – Vista Superior .....	34
Figura 3.2: UNIDADE 5 - UFMS .....	34
Figura 3.3: ANTIGO DEL - UFMS .....	35
Figura 3.4: Unidade 5 - UFMS.....	36
Figura 3.5: Transformador de alimentação.....	37
Figura 3.6: Analisador de energia RE 2000 .....	37
Figura 3.7: Carga instalada por grupo .....	38
Figura 4.1- Carga levantada – INFI.....	42
Figura 4.2- Carga levantada - INMA.....	43
Figura 4.3- Carga levantada – ANTIGO DEL .....	44
Figura 4.4- Carga Considerada – ANTIGO DEL.....	45
Figura 4.5 - Curvas de Carga - terça-feira, 08 de abril de 2014 .....	60
Figura 4.6 - Curva de Fator de Potência, terça-feira, 08 de abril de 2014.....	61
Figura 4.7 - Tensão das Fases, Terça-feira, 08 de abril de 2014 .....	63
Figura 4.8 - Corrente das Fases, Terça-feira, 08 de abril de 2014 .....	64
Figura 4.9 - Etapas para realização de um diagnóstico energético.....	65
Figura B.1 - Curvas de Carga - quarta-feira, 09 de abril de 2014 .....	76
Figura B.2 - Curvas de Carga - quinta-feira, 10 de abril de 2014 .....	77
Figura B.3 - Curvas de Carga - sexta-feira, 11 de abril de 2014.....	78
Figura B.4 - Curvas de Carga - sábado, 12 de abril de 2014.....	79

Figura B.5 - Curvas de Carga - domingo, 13 de abril de 2014.....	80
Figura B.6 - Curvas de Carga - segunda-feira, 14 de abril de 2014 .....	81
Figura C.1 - Curva de Fator de Potência, quarta-feira, 09 de abril de 2014.....	83
Figura C.2 - Curva de Fator de Potência, quinta-feira, 10 de abril de 2014.....	84
Figura C.3 - Curva de Fator de Potência, sexta-feira, 11 de abril de 2014 .....	85
Figura C.4 - Curva de Fator de Potência, sábado, 12 de abril de 2014 .....	86
Figura C.5 - Curva de Fator de Potência, domingo, 13 de abril de 2014 .....	87
Figura C.6 - Curva de Fator de Potência, segunda-feira, 14 de abril de 2014.....	88
Figura D.1 - Tensão das Fases, quarta-feira, 09 de abril de 2014 .....	90
Figura D.2 - Tensão das Fases, quinta-feira, 10 de abril de 2014 .....	91
Figura D.3 - Tensão das Fases, sexta-feira, 11 de abril de 2014 .....	92
Figura D.4 - Tensão das Fases, sábado, 12 de abril de 2014.....	93
Figura D.5 - Tensão das Fases, domingo, 13 de abril de 2014.....	94
Figura D.6 - Tensão das Fases, segunda-feira, 14 de abril de 2014 .....	95
Figura E.1 - Corrente das Fases, Quarta-feira, 09 de abril de 2014 .....	96
Figura E.2 - Corrente das Fases, Quinta-feira, 10 de abril de 2014 .....	97
Figura E.3 - Corrente das Fases, Sexta-feira, 11 de abril de 2014 .....	98
Figura E.4 - Corrente das Fases, Sábado, 12 de abril de 2014 .....	99
Figura E.5 - Corrente das Fases, Domingo, 13 de abril de 2014.....	100
Figura E.6 - Corrente das Fases, Segunda-feira, 14 de abril de 2014 .....	101

## LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 – Investimento e tempo de retorno da substituição das lâmpadas .....	25
Tabela 3.1 – Carga total por grupo .....	39
Tabela 4.1 – Carga Levantada - INFI .....	42
Tabela 4.2 – Carga Levantada - INMA .....	43
Tabela 4.3 – Carga levantada do antigo DEL.....	44
Tabela 4.4 – Carga considerada do antigo DEL .....	45
Tabela 4.5 – Aparelhos de Ar Condicionado - INFI .....	46
Tabela 4.6 – Aparelhos de Ar Condicionado – INMA.....	46
Tabela 4.7 – Aparelhos de Ar Condicionado – Antigo DEL.....	47
Tabela 4.8 – Aparelhos de Ar Condicionado – REDUÇÃO TOTAL.....	47
Tabela 4.9 – Aparelhos de Ar Condicionado – Economia - INFI.....	48
Tabela 4.10 – Acréscimo da bandeira tarifária vermelha - INFI.....	48
Tabela 4.11 – Aparelhos de Ar Condicionado – Economia - INMA .....	48
Tabela 4.12 – Acréscimo da bandeira tarifária vermelha - INMA.....	49
Tabela 4.13 – Aparelhos de Ar Condicionado – economia – Antigo DEL.....	49
Tabela 4.14 – Acréscimo da bandeira tarifária vermelha – Antigo DEL.....	49
Tabela 4.15 – Custo de execução – Ar Condicionado - INFI.....	50
Tabela 4.16 – Custo de execução – Ar Condicionado - INMA.....	50
Tabela 4.17 - Custo de execução – Ar Condicionado – ANTIGO DEL .....	50
Tabela 4.18 – Sistema de Iluminação Atual – Proposta - INFI.....	52
Tabela 4.19 - Sistema de Iluminação Atual – Proposta - INMA.....	53
Tabela 4.20 - Sistema de Iluminação Atual – Proposta – ANTIGO DEL.....	53
Tabela 4.21 – Iluminação- Redução na Carga Instalada .....	53
Tabela 4.22 – Iluminação Economia - INFI.....	54

Tabela 4.23 – Acréscimo Bandeira - INFI .....	54
Tabela 4.24 - Iluminação Economia - INMA.....	55
Tabela 4.25 – Acréscimo Bandeira - INMA.....	55
Tabela 4.26 - Iluminação Economia – ANTIGO DEL.....	55
Tabela 4.27 – Acréscimo Bandeira – ANTIGO DEL .....	56
Tabela 4.28 - Iluminação INFI – Investimento .....	56
Tabela 4.29 - Iluminação INMA – Investimento .....	56
Tabela 4.30 - Iluminação ANTIGO DEL – Investimento .....	56
Tabela 4.31 - Potências Máximas e Mínimas - Terça-feira, 08/04/2014 .....	60
Tabela 4.32 - Fator de Potência Horário - Terça-feira, 08 de abril de 2014.....	62
Tabela 4.33 - Classificação dos níveis de Tensão Nominal (220/127) .....	62
Tabela 4.34 - Tensão Máxima e Mínima - Terça-feira, 08 de abril de 2014.....	63
Tabela 4.35 – Corrente Máximos e Mínimos, Terça-feira, 08 de abril de 2014 .....	64
Tabela B.1 - Potências Máximas e Mínimas - Quarta-feira, 09/04/2014 .....	76
Tabela B.2 - Potências Máximas e Mínimas - Quinta-feira, 10/04/2014 .....	77
Tabela B.3 - Potências Máximas e Mínimas - Sexta-feira, 11/04/2014 .....	78
Tabela B.4 - Potências Máximas e Mínimas - Sábado, 12/04/2014.....	79
Tabela B.5 - Potências Máximas e Mínimas - Domingo, 13/04/2014 .....	80
Tabela B.6 - Potências Máximas e Mínimas - Segunda-feira, 14/04/2014 .....	81
Tabela C.1 - Fator de Potência Horário - Quarta-feira, 09 de abril de 2014 .....	83
Tabela C.2 - Fator de Potência Horário - Quinta-feira, 10 de abril de 2014 .....	84
Tabela C.3 - Fator de Potência Horário - Sexta-feira, 11 de abril de 2014 .....	85
Tabela C.4 - Fator de Potência Horário - Sábado, 12 de abril de 2014.....	86
Tabela C.5 - Fator de Potência Horário - Domingo, 13 de abril de 2014.....	87
Tabela C.6 - Fator de Potência Horário - Segunda-feira, 14 de abril de 2014 .....	88
Tabela D.1 - Tensão Máxima e Mínima - Quarta-feira, 09 de abril de 2014.....	90

Tabela D.2 - Tensão Máxima e Mínima - Quinta-feira, 10 de abril de 2014.....	91
Tabela D.3 - Tensão Máxima e Mínima - Sexta-feira, 11 de abril de 2014.....	92
Tabela D.4 - Tensão Máxima e Mínima - Sábado, 12 de abril de 2014.....	93
Tabela D.5 - Tensão Máxima e Mínima - Domingo, 13 de abril de 2014 .....	94
Tabela D.6 - Tensão Máxima e Mínima - Segunda-feira, 14 de abril de 2014.....	95
Tabela E.1 – Corrente Máximos e Mínimos, Quarta-feira, 09 de abril de 2014 .....	96
Tabela E.2 – Corrente Máximos e Mínimos, Quinta-feira, 10 de abril de 2014 .....	97
Tabela E.3 – Corrente Máximos e Mínimos, Sexta-feira, 11 de abril de 2014.....	98
Tabela E.4 – Corrente Máximos e Mínimos, Sábado, 12 de abril de 2014.....	99
Tabela E.5 – Corrente Máximos e Mínimos, Domingo, 13 de abril de 2014.....	100
Tabela E.6 – Corrente Máximos e Mínimos, Segunda-feira, 14 de abril de 2014 .....	101

## LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ACEEE	American Council for an Energy-Efficient Economy
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
CEPEL	Centro de Pesquisas de Energia Elétrica
DEL	Departamento de Engenharia Elétrica
ENERSUL	Empresa Energética do Mato Grosso do Sul
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
INFI	Instituto de Física
INMA	Instituto de Matemática
NBR	Norma Brasileira Regulamentada
PROCEL	Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica
LED	Light Emitting Diode (diodo emissor de luz)

## **LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS**

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ACEEE	American Council for an Energy-Efficient Economy
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
CEPEL	Centro de Pesquisas de Energia Elétrica
DEL	Departamento de Engenharia Elétrica
ENERSUL	Empresa Energética do Mato Grosso do Sul
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
INFI	Instituto de Física
INMA	Instituto de Matemática
NBR	Norma Brasileira Regulamentada
PROCEL	Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica
LED	Light Emitting Diode (diodo emissor de luz)

## RESUMO

NAVES, S. D. P. (2015). Diagnóstico Energético – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul – Unidade 5 E Antigo Departamento de Engenharia Elétrica. Campo Grande, 2015. 100p. Trabalho de conclusão de curso (Mestrado Profissional) – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Brasil.

A energia elétrica é uma das energias mais utilizadas em edificações públicas e devido ao seu elevado custo e às incertezas de seus custos de geração para os próximos anos é de fundamental importância à eficiência energética. O objetivo desta dissertação é realizar um diagnóstico energético na Unidade 5 e no Antigo Departamento de Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul – UFMS situada na cidade de Campo Grande – MS. Essas edificações são atendidas por um transformador de 150 KVA 13,8 KV/220V/127 V onde foi instalado um medidor de energia para avaliar as suas grandezas elétricas. A Unidade 5 é ocupada pelo INFI e INMA. A potência instalada no INFI é de 92.138 watts onde 51% correspondem a ar condicionado. No INMA a potência instalada é de 68.247 watts onde 55% correspondem a ar condicionado e no antigo DEL a potência instalada é de 55.335 watts onde 53% correspondem a ar condicionado. Para o sistema de ar condicionado que é composto por aparelhos antigos de baixa eficiência é recomendada a substituição por modelos atuais que tenham melhor eficiência energética e que tenham a certificação PROCEL classe A em consumo de energia; obtendo-se uma redução de 39.259 W que corresponde a 34,62% da potência instalada de refrigeração. O investimento para realizar a proposta é de aproximadamente R\$ 99.000,00 com aproximado de 23 meses.

Palavras-chave: Energia Elétrica, Eficiência Energética, Diagnóstico Energético.

## **ABSTRACT**

Electricity is one of the most energy used in public buildings and due to its high cost and uncertainty of their generation costs for years to come is of fundamental importance to energy efficiency. The aim of this work is to perform an energetic diagnosis in Unit 5 and Former Department of Electrical Engineering, Federal University of Mato Grosso do Sul - UFMS in the city of Campo Grande - MS. These buildings are serviced by a 150 KVA transformer 13.8kV / 220V/127 V where a power meter was installed to assess their electrical parameters. Unit 5 is occupied by the INFI and INMA. He power installed on INFI is 92,138 watts which 51% are air conditioning. INMA in the installed capacity of 68,247 watts where 55% are air conditioned and the old DEL installed capacity is 55,335 watts which 53% are air conditioning. For the air conditioning system that consists of old appliances low-efficiency replacement is recommended by current models have improved energy efficiency and having PROCEL Class A certification in energy consumption; obtaining a reduction of 39 259 W that corresponds to 34,62% of the installed cooling power. The investment to carry out the proposal is approximately R \$ 99,000.00 with approximately 23 months.

Keywords: Electric Power, Energy Efficiency, Energy Diagnostics.

# 1. INTRODUÇÃO

## 1.1 JUSTIFICATIVA

Com a constante sensação de uma nova ameaça de racionamento de energia elétrica devido a diversos fatores como, falta de chuva nas regiões dos reservatórios e o aumento da demanda de energia, fica evidente o quanto é atual e de extrema relevância o tema de eficiência energética.

Uma forma para aplicação de eficiência energética em edifícios já em funcionamento é através de um estudo voltado para otimizar o uso de energia na edificação, este analisa desde a rotina do local até a viabilidade da troca de equipamentos existentes por equipamentos mais modernos que consomem menos energia, dando preferência por aparelhos que venham com o selo PROCEL classe A. Para sabermos as ações que devemos adotar, usa-se das informações contidas em um Diagnóstico Energético do local.

O Diagnóstico Energético visa uma boa relação custo/benefício, otimizando o uso de recursos energéticos, diminuindo os custos e ainda contribuindo para preservação da natureza. Ele propõe medidas e estratégias para a conservação de energia, através da introdução de novas tecnologias, incluindo a conscientização do uso correto da energia [SANTOS et al. (2006)].

Um projeto de eficiência energética traz como benefício para o cliente: otimização dos processos produtivos, modernização e adequação das instalações, redução de custos de produção e conseqüente aumento da competitividade, crescimento sustentado, aumento do consumo de forma eficiente [SCRIDELLI (2013)].

Para fazer o gerenciamento energético de uma instalação é necessário ter o conhecimento dos sistemas energéticos existentes, dos hábitos de utilização da instalação, dos mecanismos de aquisição de energia e da experiência dos usuários e técnicos da edificação [GUILLIOD e CORDEIRO (2010)].

## **1.2 OBJETIVOS**

### **1.2.1 OBJETIVO GERAL**

O objetivo geral deste trabalho é estimular o hábito da realização de diagnóstico energético em edifícios em funcionamento para otimizar o uso eficiente e racional de energia elétrica através das orientações técnicas presentes nos diagnósticos de eficiência energética.

### **1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

Obter informações sobre os valores de grandezas elétricas como potências, tensões e correntes do transformador de 150KVA que alimenta as cargas instaladas nas edificações da unidade 5 e do antigo departamento de engenharia elétrica (DEL);

Analisar a curva de carga da instalação com a finalidade de identificar o comportamento das potências ativa, reativa e aparente, analisar o fator de potência horário da instalação;

Elaborar um diagnóstico energético, fundamentado em normas técnicas para o prédio público, onde serão propostas medidas de eficiência energética, que poderá ainda servir como um guia para a instalação de novos equipamentos e futuras reformas;

Apresentar um roteiro para realização de um diagnóstico energético que possa servir de orientação para os profissionais que atuem na área.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 – EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

A eficiência energética visa o combate do desperdício da energia elétrica que pode ser utilizada por outras cargas, promovendo assim o uso racional dos recursos ambientais uma vez que com a utilização dessa energia deixa-se de ser necessário a construção de novas fontes de geração de energia elétrica como termelétricas e pequenas centrais hidrelétricas que provocam grande impacto ao meio ambiente tanto no processo de implantação como no decorrer de sua utilização.

Para KARMOUCHE (2009) não existe uma definição única de eficiência energética. Uma delas considera que ocorre aumento de eficiência quando há redução na energia consumida para a realização de um dado serviço ou quando há aumento ou melhoria dos serviços para uma mesma quantidade de energia despendida.

Em países em desenvolvimento como o Brasil, que tem aumentado de forma muito significativa o consumo de energia elétrica a eficiência energética é uma forma de ação rápida e de médio prazo que pode contribuir para evitar problemas de falta de energia elétrica.

A conservação de energia é uma maneira de se “produzir” energia elétrica e combater o seu desperdício. A energia que está sendo desperdiçada poderá ser utilizada para a alimentação de outra carga, pelo fato da não necessidade de novos investimentos [ELETROBRÁS (2013)].

A preocupação com a falta de energia elétrica remete à necessidade de se avaliar de que forma esse tipo de energia vem sendo utilizada. Isso evidencia que o problema não se limita apenas à necessidade de gerar cada vez mais energia, mas também a eliminar desperdícios.

Os consumidores brasileiros podem escolher alguns eletrodomésticos tendo como base o selo PROCEL, que identifica os que menos consomem energia elétrica ao funcionar. A figura 2.1 ilustra a etiqueta do selo PROCEL.



Figura 2.1: Etiqueta que indica que o produto é do Selo PROCEL  
Fonte: PROCEL, 2013.

A Universidade Federal de Santa Catarina, através do Laboratório de Eficiência Energética em Edificações, fez a regulamentação para a etiquetagem voluntária de nível de eficiência energética de edifícios comerciais, de serviços e públicos, que inclui três requisitos: eficiência e potência instalada do sistema de iluminação, eficiência do sistema de condicionamento de ar e o desempenho térmico da envoltória o edifício. Ela permite uma classificação do nível de eficiência A (mais eficiente) a E (menos eficiente), e inclui incentivos adicionais para aumento da eficiência ao implementar sistemas como energia fotovoltaica ou cogeração (LABEEE, 2013). A figura 2.2 ilustra a etiqueta utilizada para classificação dos edifícios.

<b>Energia</b> (Elétrica)	<b>REFRIGERADOR</b>	→ Indica o tipo de equipamento
Fabricante	ABCDEF	→ Indica o nome do fabricante
Marca	XYZ(Logo)	→ Indica a marca comercial ou logomarca
Tipo de degelo	ABC/Automático	→ Indica o modelo/tensão
Modelo/Tensão(V)	IPQR/220	
<b>Mais eficiente</b>	<b>A</b>	→ A letra indica a eficiência energética do equipamento / Veja a tabela correspondente na coluna ao lado
<b>Menos eficiente</b>		
<b>CONSUMO DE ENERGIA (kWh/mes)</b> (adotado no teste clima tropical)	<b>XY,Z</b>	→ Indica o consumo de energia, em kWh/mês
Volume do compartimento refrigerado [l]	000	
Volume do compartimento do congelador [l]	000	
Temperatura do congelador (°C)	-18	
<small>Regulamento Específico Para Uso da Etiqueta Nacional de Conservação de Energia Lista de Refrigeradores e Assentadores - RESF001-NEF Instruções de instalação e recomendações de uso, leia o Manual do aparelho.</small>		
<b>PROGRAMA NACIONAL DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA</b>		
<b>IMPORTANTE: A REMOÇÃO DESTA ETIQUETA ANTES DA VENDA, ESTÁ EM DESACORDO COM O CÓDIGO DE DEFESA DO CONSUMIDOR</b>		

Figura 2.2. Etiqueta PROCEL para edificações.

Fonte: PROCEL, 2013.

O PROCEL, Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica, foi criado em dezembro de 1985 pelo Ministério de Minas e Energia e pelo Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior, em 1991 foi transformado em Programa de Governo. Tem como objetivo promover a racionalização da produção e do consumo de energia elétrica, para que se eliminem os desperdícios e se reduzam os custos e os investimentos setoriais.

Para CAPELLI (2007), eficiência energética é uma filosofia de trabalho que visa otimizar a utilização da energia elétrica por meio de orientações , direcionamentos, ações e controle dos recursos humanos, materiais e econômicos , reduzindo os índices globais e específicos da quantidade de energia necessária para obtenção do mesmo resultado ou produto.

## **2.2 - DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO**

Para NETO (2010), diagnóstico energético pode interpretar-se como uma radiografia do desempenho energético de uma área específica de uma instalação consumidora, como por exemplo, do sistema de ar comprimido ou do sistema de iluminação. Através dele, avaliam-se quanta energia é efetivamente consumida e de que forma essa energia é utilizada, estabelecem-se os principais fluxos e identificam-se os setores ou áreas onde é prioritário atuar, seguindo-se a definição das economias de energia passíveis de implementar.

De acordo com SZYSKA e AMÉRICO (2006), a indicação de ações voltadas para a eficiência energética na indústria fundamenta-se nas avaliações registradas durante as visitas técnicas realizadas e nos dados coletados através da aplicação de procedimentos de autodiagnóstico em diversas áreas que compõem o Parque Industrial avaliado. Este diagnóstico favorece a seleção das ações mais expressivas para a economia de energia, a implementação, até então, de uma delas, os custos envolvidos e o retorno dos investimentos associados.

De acordo com NETO et al. (2010), trabalhar com eficiência energética é trabalhar com economia, pois a redução do desperdício de energia elétrica, também reduz o valor pago do consumo de energia elétrica, uma vez que paga-se apenas a energia realmente utilizada. Isso ocorre quando os objetivos estabelecidos são alcançados pela localização dos pontos de desperdício e sugeridas ações para diminuir esses desperdícios possibilitando a redução dos gastos com energia elétrica.

Uma empresa para ser competitiva, nos dias atuais, não basta apenas ter o melhor produto, ela também precisa dar exemplos, como ser instalada em edifício que possibilite a economia de recursos naturais, o que influencia diretamente no valor final de seu produto conforme SANTOS et al.(2014).

Também de acordo com SANTOS et al.(2014), a evolução de novos modelos de equipamentos irá contribuir para a busca de futuros projetos de eficiência energética e redução do consumo de energia elétrica.

### **2.3 TARIFAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA**

O entendimento da estrutura tarifária de energia elétrica é de suma importância para a contratação da energia diante da concessionária, para isto deve-se entender os cálculos envolvidos nesse sistema. Uma boa análise dessa estrutura permite a decisão correta em função do uso eficiente da energia.

A leitura e interpretação da fatura de energia permite analisar os parâmetros de consumo daquela unidade consumidora. Uma forma eficaz para entender o comportamento do consumo de energia elétrica é através da análise das faturas de energia em um período mínimo de 12 faturas consecutivas.

Essa análise gera um banco de informações que permite verificar a necessidade de ajuste do contrato perante a concessionária de forma a reduzir os custos com energia elétrica.

Para CARÇÃO (2011), a elaboração das tarifas de energia elétrica é bastante complexa, na medida em que a receita requerida de uma concessionária distribuidora de energia elétrica, para realizar os investimentos necessários, não só para a continuidade dos serviços existentes, mas também para a expansão do seu sistema de distribuição. Para agregar os novos consumidores entrantes, bem como para a operação e manutenção, precisa ser rateada entre diversos níveis de tensão, subgrupos e postos tarifários, procurando refletir da melhor maneira possível os custos que os mesmos imputam ao sistema como um todo, de acordo com a estrutura tarifária vigente.

A resolução nº 414 de 2010 da ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica) estabelece de forma atualizada e consolidada as Condições Gerais de Fornecimento de Energia Elétrica no Brasil.

## 2.4 – ILUMINAÇÃO

É comum encontrarmos instalações elétricas dimensionadas de forma incorreta ou instaladas erroneamente seja por material de baixa qualidade, por falta de planejamento ou por mão de obra de baixa qualidade. O dimensionamento correto estabelece a carga necessária para a instalação de cada grupo de aparelhos, assegurando assim a ausência de perdas por aquecimento.

A utilização de forma eficiente dos sistemas de iluminação, associados a hábitos saudáveis, permite a redução do consumo de energia elétrica, garantindo assim, o nível de iluminação adequado do recinto para se obter um bom rendimento das tarefas a serem executadas SANTOS (2006).

GOMES (2009) fez um trabalho para analisar o impacto da iluminação na classificação energética dos edifícios de serviços em Portugal no âmbito do Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior de Edifícios de Portugal (SCE). Estudou-se o efeito de diferentes estratégias de controle de iluminação e estores (persianas), em três tipologias de edifícios – um escritório, uma pastelaria e uma escola.

Tendo por base um cenário de referência que não apresenta controle de iluminação e em que os dispositivos de sombreamento se apresentam sempre na mesma posição, foi depois possível verificar as alterações no consumo energético para diferentes alternativas.

SILVA (2013) obteve uma redução de 80% no consumo de energia elétrica em iluminação substituindo as lâmpadas tradicionais por lâmpadas de LED em um estudo de caso em um escritório da empresa GENE Energy System no edifício Burgo no Porto. SILVA (2013) verificou ainda o retorno do investimento para substituição do sistema de iluminação seria de aproximadamente quatro anos. No mesmo trabalho foi simulado um ambiente industrial que obteve uma redução de 60% com tempo de retorno de investimento de aproximadamente um ano.

Porém SILVA (2013) afirma que as várias possibilidades de aplicação da iluminação LED pode melhorar a vida dos consumidores, mas devido ao seu elevado custo e ao baixo fluxo luminoso emitido por alguns modelos necessitam de desenvolvimento para melhorar sua aceitação no mercado.

SANTOS (2011) apresenta um estudo voltado para melhorar a eficiência energética na iluminação pública em Portugal. Abordando tanto as lâmpadas e as luminárias. Nessa dissertação (SANTOS (2011)) são estudados os processos atuais que permitem obter uma maior eficiência energética na iluminação pública.

O estudo realizado revela a necessidade da tomada de consciência por parte dos municípios para a eficiência energética, num dos setores responsáveis por uma parte significativa da fatura energética municipal. Neste sentido, este trabalho propõe contribuir para a solução dessa problemática, apresentando uma sistematização de soluções eficientes, quer no nível de lâmpadas e luminárias, quer no nível de tecnologias que auxiliem e complementem a eficiência de uma instalação de iluminação pública.

A dissertação está dividida em duas partes. A primeira parte sistematiza os consumos verificados em Portugal, a vários níveis (consumo de energia eléctrica, evolução do consumo energético de iluminação pública, etc.), abordando também a questão da dependência energética de Portugal comparativamente à média verificada na UE, bem como a evolução da intensidade energética. É abordada, igualmente, a legislação aplicável à iluminação pública (EN 13201) e é efetuada uma análise e descrição do Documento de Referência para a Eficiência Energética na Iluminação Pública em Portugal. É feita uma sistematização das metas de Portugal para 2015, no âmbito do Plano de Ação para a Eficiência Energética (PNAEE) e são descritos alguns procedimentos que possibilitam a economia de energética na iluminação pública, aliada a instalações eficientes. A segunda parte da dissertação contempla o estudo de três casos práticos, cujo objetivo, no primeiro caso de estudo, é avaliar a evolução das medidas implementadas para satisfazer os requisitos de eficiência energética e quais as reduções obtidas no nível dos consumos, sendo que, no segundo e terceiro casos de estudo, são analisadas as vantagens inerentes à substituição de uma solução existente por outra que proporcione melhor desempenho energético, aliada à redução de custos e de emissões de CO<sub>2</sub>.

ÉVORA (2010), no sistema de iluminação da empresa Monteiro Ribas, S. A. optou pela substituição das lâmpadas do tipo T8 por tipo T5 por serem lâmpadas de melhor eficiência energética, tendo ainda uma vida útil maior, por possuírem níveis menores de ruídos e um consumo cerca de 25% menor se comparado às do tipo T8, conseguindo um aumento de eficiência de aproximadamente 7%.

A tabela 2.1 mostra o investimento e o retorno da substituição das lâmpadas.

Tabela 2.1 – Investimento e tempo de retorno da substituição das lâmpadas

Descrição	Valores em euro (€ )
Investimento	13.048,74
Mão de Obra	825
Investimento Total	13.873,74
Economia Anual	2.620,26
<b>Retorno</b>	<b>Cinco anos</b>

Fonte: Adaptada de Évora (2010)

DIAS (2011), realizou um estudo de caso na cidade de Aracaju, capital do estado de Sergipe, utilizando um programa computacional (TropLux) para verificar a contribuição da iluminação natural em uma edificação escolar da rede estadual. As medidas in loco foram realizadas apenas em uma sala situada no térreo. Utilizando-se do programa fez-se a simulação da sala de aula existente denominada de Geometria 1, e duas salas com alterações em algumas características, denominadas de Geometria 2 e Geometria 3 além de duas novas geometrias contendo dispositivos de controle e redirecionamento da luz natural, denominadas de Geometria 4 e Geometria 5. Para todas as simulações foram considerados céus com as seguintes características, encoberto, parcialmente encoberto e claro. Os valores de iluminâncias considerados foram dentro do intervalo  $300 \text{ lx} < \text{Iluminância} < 2000 \text{ lx}$ .

Para a comparação entre o desempenho de cada geometria, foram calculadas a média das iluminâncias médias, a média dos percentuais de iluminâncias dentro do intervalo proposto e os valores máximo e mínimo das iluminâncias médias. Os valores mostraram que intervenções isoladas na sala de aula em estudo (Geometria 1), como o aumento da refletância do teto (Geometria 2) ou a inclusão de um teto rebaixado plano (Geometria 3), não apresentaram melhorias em relação ao seu desempenho luminoso dentro do intervalo de iluminâncias considerado. Apesar disso, sugerem uma evolução no desempenho luminoso da (Geometria 5) em relação à sala de aula em estudo (Geometria 1).

## 2.5 - AR CONDICIONADO

Climatização é um processo que trata o ar, estabelecendo sua temperatura em valores geralmente acima de  $20 \text{ }^\circ\text{C}$  para atender determinada finalidade, uma finalidade é o conforto

térmico para as pessoas em casas, escritórios, comércios, escolas, etc. ou pode ser utilizado no setor industrial para o controle de variáveis de um processo industrial tal como, em indústrias de tecelagem e gráfica, controlando a temperatura do ar, a umidade e a pureza no recinto [PENA (2002)].

Ar condicionado é um tipo de carga que sempre deve ser tratada com muita atenção em um diagnóstico energético, pois representa na maioria das vezes boa parte da potência instalada como neste trabalho realizado em prédios públicos.

De acordo com a American Council for an Energy-Efficient Economy – ACEEE (2007), nos Estados Unidos foram adotadas medidas mínimas para eficiência energética em aparelhos de ar condicionados. Nos Estados Unidos, a eficiência dos aparelhos de ar condicionado é frequentemente medida pela taxa de Relação de Eficiência de Energia Sazonal ou Seasonal Energy Efficiency Ratio (SEER). Quanto mais alto o valor do SEER, mais eficiente energeticamente é o aparelho de ar condicionado. O SEER relaciona a produção de frio durante seu uso anual normal em Btu e o consumo de energia elétrica total em watts-hora durante o mesmo período. Esta eficiência é avaliada pelo Air Conditioning and Refrigeration Institute em sua norma 210/240.

A ACEEE recomenda ser de pelo menos 14,5 Btu/Wh para todos os climas. Recomenda também que os consumidores comprem equipamentos de refrigeração com a etiqueta Energy Star. Também recomenda um Energy Efficiency Ratio (EER) de pelo menos 11,6 Btu/Wh para garantir uma unidade eficiente ao longo do ano. A eficiência dos aparelhos de ar condicionados para apartamentos é avaliada por EER que é a relação entre a produção de frio e o consumo de potência, nesse caso em (Btu/Wh ou W/W). Quanto maior o EER mais eficiente é o aparelho de ar condicionado. Nos Estados Unidos em outubro de 2000 foram verificados os padrões federais de eficiência energética mínima para os aparelhos de ar condicionados de apartamento. Conforme a ASHRAE (1993) a EER dos aparelhos em estudo são:

- Aparelhos de Janela:  $7,5 \leq \text{EER} \leq 9,7$  Btu/Wh
- Aparelhos Split:  $6,8 \leq \text{EER} \leq 13,0$  Btu/Wh

Em 1992, a Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (EPA), criou o programa Energy Star, um programa voluntário de certificação destinado a identificar e promover produtos energeticamente eficientes, a etiqueta do programa é a apresentada na figura 2.3.



Figura 2.3: Etiqueta Energy Star (USA)

A determinação de índices mínimos de eficiência energética para classificar os equipamentos elétricos é utilizada por diversos países no mundo. Nos Estados Unidos, o termo “standard” (padrão) é designado para exprimir um índice mínimo de desempenho eficiente; a expressão “test procedure” (procedimento de ensaio) refere-se aos métodos de ensaio para a determinação do desempenho energético [GELLER (2006)].

Uma forma de divulgar os padrões de desempenho de consumo de energia elétrica de aparelhos elétricos é através das etiquetas de eficiência energética, por meio de categorias (A, B, C, D, E, F ou G) como no caso do Brasil, ou de forma contínua indicando o valor de energia elétrica consumida anualmente. Existem também as etiquetas chamadas de Endorsement Labels. Essa etiqueta informa para o consumidor apenas a confiabilidade que o equipamento apresentou quando aprovado nos testes utilizados para determinar sua eficiência energética. Um bom exemplo desse tipo de etiqueta é a americana Energy Star (Figura 2.3) que é muito utilizada em computadores e atualmente também vem sendo utilizada nas áreas de ventilação, aquecimento, ar condicionado e equipamentos para escritório, conforme CLASP (2005).

SOUZA<sub>1</sub> (2010) fez um estudo completo de avaliação do impacto energético atribuído ao Programa Selo PROCEL, no âmbito de ar condicionados do tipo janela e Split. A avaliação contemplou os aspectos tecnológicos e institucionais. O estudo abrange todas as regiões do país. Foi utilizada uma modelagem que determinasse o parque de equipamentos e seu desempenho. Buscou-se desenvolver essa modelagem de forma desagregada dos impactos e ao longo de toda a vida útil dos equipamentos, incluso efeitos de temperatura e perda de desempenho ao longo dos anos.

De acordo com o trabalho, SOUZA<sub>1</sub> (2010) apresentou a economia de energia provida pela introdução do Selo PROCEL em ar condicionados do tipo janela nos setores residencial e

comercial que ficou em 516 GWh em 2007 e 564 GWh em 2008. SOUZA1 (2010) apresentou também a redução de demanda na ponta em 2007 para aparelhos do tipo janela que ficou em 265 MW e em 2008 a economia foi de 290 MW. Já os aparelhos do tipo Split, estimando-se de modo agregado um potencial de economia de 85 GWh em 2007 e em 2008 de 100 GWh. A redução de demanda de ponta para os aparelhos do tipo Split foi de 42 MW e em 2008 de 49 MW.

Somados os efeitos de ambos os equipamentos instalados no Brasil, em 2007 foram economizados 601 GWh e de capacidade instalada 307 MW. Essa redução de consumo corresponde a 3,3% do consumo residencial em condicionamento de ar naquele ano. Já em 2008, somando os efeitos de ambos os equipamentos, foram economizados 664 GWh e de capacidade instalada 344 MW. Essa redução de consumo corresponde a 3,4% do consumo residencial em condicionamento de ar naquele ano. Em 2007 e 2008 os valores de demanda de ponta correspondem respectivamente a 0,31% e 0,32% da oferta máxima de energia elétrica registrada nestes anos pelo Sistema Interligado Nacional.

Pelas análises de incertezas concluiu-se que a modelagem proposta apresenta incertezas na ordem de 26%. Para a redução dos níveis de incertezas há que se aprofundar em pesquisas que podem ser realizadas juntamente a fabricantes de condicionadores de ar e órgãos como o CEPREL, em laboratório e no IBGE referentes aos seguintes tópicos:

- Fator de degradação de eficiência ao longo da vida útil dos equipamentos;
- Condições e níveis de sucateamento de condicionadores de ar;
- Fração das vendas com o Selo PROCEL;
- Fator de Coincidência de Ponta dos equipamentos.

MOREIRA (2009) fez um estudo em uma bancada de testes, para constatar a diferença de potência elétrica de acionamento e do coeficiente de performance no funcionamento de dois tipos diferentes de compressores: um hermético a pistão e o outro rotativo do tipo scroll, operando com conversor de frequência.

Com este estudo pode-se concluir, do ponto de vista técnico, que se usado na faixa adequada o inversor de frequência é um equipamento capaz de proporcionar uma significativa economia de energia. Como mostrado quando a carga térmica requerida é de aproximadamente 5100 W, há uma economia de 56% na potência elétrica de funcionamento do compressor provido do inversor de frequência em relação ao desprovido. Do mesmo modo

observa-se que quando a vazão de ar do ventilador é de aproximadamente 650 Nm<sup>3</sup>/h, há uma economia de potência em torno de 87% do sistema provido de inversor de frequência em relação ao sistema com partida direta. Sua vantagem é evidente não somente do ponto de vista econômico como também ambiental, já que poupando energia elétrica diminui-se a necessidade de energia oriunda de termoelétricas e, conseqüentemente, o lançamento de carbono na atmosfera.

Com a análise econômica deste trabalho pode-se afirmar que é necessário um estudo antecipado para a escolha do tipo mais adequado de compressor a ser utilizado em determinada situação. Com a escolha certa é possível obter uma economia anual de energia, para o sistema estudado, de até 49% do valor do investimento inicial além de um baixo tempo de retorno. Entretanto, conclui-se também que a utilização do compressor “errado” provoca uma ineficiência no sistema, o que resulta em desperdício de energia e conseqüentemente aumento dos custos com energia elétrica.

É possível então afirmar que o emprego de adventos tecnológicos, como os conversores de frequência, tem grande importância para se alcançar a eficiência energética e o desenvolvimento.

Nas conclusões do trabalho do MOREIRA (2009), que comparou a economia de aparelhos de ar condicionados que utilizam compressores com controle de rotação através de inversor de frequência (tecnologia inverter) com aparelhos com compressor a pistão (normal). Como mostrado em seu trabalho para cargas térmicas requeridas de aproximadamente 5100 W obteve-se uma economia de 56% da energia elétrica consumida pelo compressor que utiliza o inversor de frequência.

SOUZA<sup>2</sup> (2010), utilizando um software de simulação (EnergPlus) comparou o desempenho da eficiência energética entre dois tipos de refrigeração o sistema de Vazão de Refrigerante Variável ( VRF ) e o de água gelada que são sistemas comumente utilizados no mercado. Na edificação estudada especificamente ficou comprovado a maior eficiência energética em relação ao consumo de energia elétrica do sistema VRF que chega a 22,4% menor do que o sistema de Água Gelada.

MACHADO (2014) fez uma simulação de um prédio de escritórios em Porto Alegre usando um aparelho de ar condicionado de vazão de refrigeração variável (VRF) existente em um programa computacional para simulação (EnergyPlus). Utilizando uma carga térmica média de 13.600 W e obteve o resultado de um equipamento de uso comercial com potência

de 14.000 W que suprisse a carga térmica média. Com o uso das tabelas fornecidas pelo fabricante são encontradas as equações de desempenho do equipamento de ar condicionado comercial para traçar as curvas características. Com esses valores, MACHADO (2014) simulou no programa as mesmas condições com o equipamento comercial. Por fim comparou o resultado do equipamento comercial com o computacional. Conforme a simulação, o equipamento VRF comercial consome menos energia que o VRF do modelo computacional (existente no EnergyPlus).

Então, de acordo com MACHADO (2014), a utilização de simuladores para comparar modelos de ar condicionados do tipo VRF computacionais com modelos comerciais auxilia muito para obtenção dos valores das potências de refrigeração para evitar o superdimensionamento desses aparelhos.

## **2.6 - FATOR DE POTÊNCIA**

Equipamentos eletromagnéticos como motores de indução, reatores eletromagnéticos, indutores e outros, necessitam de uma corrente indutiva para formar um campo magnético para poderem funcionar. Da totalidade da potência elétrica consumida por um motor de indução parte é utilizada para o acionamento da carga, ou seja, produzir trabalho e outra parte é utilizada para gerar um campo eletromagnético. A parte responsável por produzir trabalho é denominada de potência ativa e a parte utilizada para criação do campo eletromagnético é denominada de potência reativa.

De acordo com NETO et al. (2010) fator de potência é um índice que indica quanto de energia consumida é convertida em trabalho. Geralmente em circuitos elétricos têm-se potências ativas e reativas. As potências ativas referem-se ao somatório dos valores dispensados à realização de trabalho como: aquecimento, resfriamento, iluminação e acionamento de equipamentos, enquanto as potências reativas são associadas à manutenção de campos elétricos, como os que ocorrem nas espiras dos motores elétricos. Ao somar vetorialmente a potência ativa e reativa tem-se a potência total (ou aparente). Desta forma, define-se como fator de potência, a razão entre a potência ativa e potência total, e seu valor varia entre 0 e 1.

Segundo NETO et al. (2010), a utilização de máquinas e equipamentos que utilizam componentes indutivos faz baixar o fator de potência das instalações elétricas. Os

componentes indutivos solicitam da rede uma parcela de energia responsável pela formação do campo magnético. Esta energia é chamada de reativa. A energia reativa não realiza trabalho, portanto não é consumida. A cada ciclo da rede ela é absorvida e devolvida para o sistema.

A energia reativa está relacionada com a energia ativa e o fator de potência da seguinte forma: quanto maior for o fator de potência de uma instalação (ou seja, mais próximo de 1), uma parcela maior da energia fornecida será convertida em trabalho (energia ativa) e será menor a quantidade de energia reativa.

A partir destas providências, uma forma de reduzir a circulação de energia reativa pelo sistema elétrico, consiste em “produzi-la” o mais próximo possível da carga, utilizando um componente elétrico chamado capacitor.

Quando o fator de potência é inferior a 92%, as concessionárias de energia elétrica cobram um acréscimo no valor pago pela energia consumida. Sendo assim, o fator de potência das unidades consumidoras deve ser monitorado e controlado, com o objetivo de evitar gastos maiores nas contas de energia.

### **2.6.1 – CORREÇÃO DO FATOR DE POTÊNCIA**

A correção do fator de potência constitui uma preocupação constante dos profissionais responsáveis pela manutenção, operação e gerenciamento de instalações industriais, comerciais e residenciais.

A concessionária de energia cobra valores adicionais correspondentes aos excedentes de demanda reativa e de consumo reativo, caso as unidades consumidoras não atendam ao limite de referência do fator de potência e aos demais critérios de faturamento estabelecidos pela Resolução nº. 414 da ANEEL de 9 de setembro de 2010 - art.96.

O baixo fator de potência pode vir a provocar sobrecarga em cabos e transformadores, aumento das perdas do sistema, aumento das quedas de tensão e o aumento do desgaste em dispositivos de proteção e manobra.

Em uma instalação elétrica, dentre os equipamentos responsáveis pelo baixo fator de potência, destacam-se: motores de indução, transformadores de potência, reatores

eletromagnéticos e lâmpadas fluorescentes, retificadores e equipamentos eletrônicos (CREDER, 2007).

O triângulo de potências, ilustrado na figura 2.4, representa a soma vetorial das potências ativa e reativa que resulta na potência aparente, segundo um ângulo  $\phi$  de defasagem da corrente em relação à tensão.

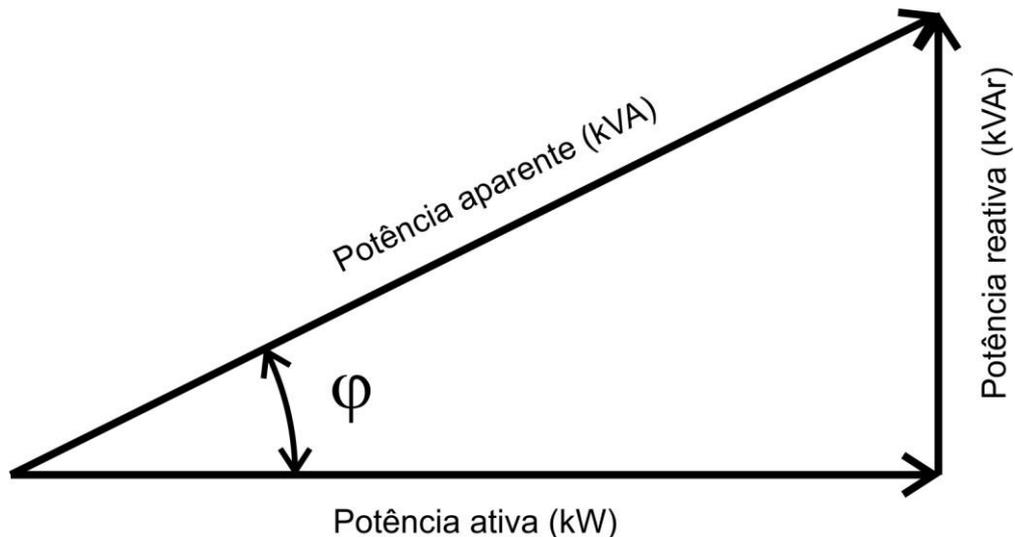


Figura 2.4. Triângulo de potências

A correção do fator de potência tem por objetivo a especificação da potência reativa necessária para elevação o fator de potência, de forma a evitar a ocorrência de cobrança pela concessionária dos valores excedentes de demanda e consumo reativo.

A regulamentação da ANEEL considera o fator de potência mínimo de referência de 0,92 e permite medição e faturamento da energia capacitiva, a critério da concessionária. A energia reativa indutiva deve ser medida ao longo das 24 horas do dia. Se a concessionária decidir medir também a energia capacitiva, deverá fazê-lo durante o período de 6 horas consecutivas compreendidas entre as 23h30min e 06h30min, ficando, nesse caso, a medição da energia reativa indutiva limitada ao período das 18 horas complementares ao período definido como de verificação da energia reativa capacitiva.

O excedente reativo inferior ao valor de 0,92 é cobrado com tarifa de energia ativa e demanda ativa. A fórmula do cálculo do fator de potência utilizada pelo sistema de faturamento, para avaliação mensal ou horária é descrita em (1), [CREDER, 2007];

$$FP = \cos(\arctg \frac{Q}{P}) \quad (1)$$

Onde:

FP = fator de potência;

Q = potência reativa em VAR;

P = potência ativa em W.

Instalando-se capacitores junto às cargas indutivas, a circulação de energia reativa fica limitada a estes equipamentos. Na prática, a energia reativa passa a ser fornecida pelos capacitores, liberando parte da capacidade do sistema elétrico e das instalações da unidade consumidora. Isso é comumente chamado de compensação de energia reativa.

SILVA (2009) fez um estudo sobre fator de potência em edificações que apresentam variações dinâmicas de carga, como, por exemplo, um sistema de soldagem que geralmente apresenta baixo fator de potência mesmo em carga plena. O trabalho apresentou de forma detalhada a aplicação de sistemas de correção do fator de potência para esses tipos de cargas com baixo fator de potência e dinâmica rápida. O objetivo foi na abordagem da tecnologia de correção dinâmica do fator de potência por capacitores estáticos acionados por tiristores. Como esperado, SILVA (2009), verificou uma maior sensibilidade na resposta do acionamento dos bancos de capacitores em relação aos sistemas existentes e largamente utilizados, na maioria constituídos de contadores e controladores automáticos comutados por relés, esse tipo de controle geralmente não são capazes de compensar plenamente as cargas com dinâmica rápida, pois não apresentam resposta suficientemente adequada (rápida) para essa finalidade.

### 3. MATERIAIS E MÉTODO

#### 3.1. LOCAIS - EDIFICAÇÕES

Os procedimentos para a realização dos estudos do trabalho foram realizados na Unidade 5 e no Antigo Departamento de Engenharia Elétrica localizados nas dependências da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS) nas coordenadas geográficas: Latitude = S 20° 30' 5.493600" e Longitude = O 54° 36' 55.666800".

A figura 3.1 mostra uma vista aérea da UFMS.



Figura 3.1- UFMS – Vista Superior

Fonte: Google maps

Pela figura 3.2 pode-se ver a entrada da unidade 5.



Figura 3.2: UNIDADE 5 - UFMS

Fonte: <http://if.ufms.br/>

A figura 3.3 mostra a edificação do antigo DEL.



Figura 3.3: Antigo DEL - UFMS

A edificação da unidade 5 foi construída em 1982, com uma área total de 1584,92 m<sup>2</sup> dividida em dois pisos com área de 792,46 m<sup>2</sup>. No piso térreo há 15 salas que são utilizadas como laboratórios e salas de apoio da administração dos Institutos e dois banheiros. No 1º piso há 29 salas que são ocupadas como salas de professores e salas de apoio como secretarias e dois banheiros.

O antigo departamento de engenharia elétrica é construção de 1992 que possui somente um piso com uma área construída de 788,58m<sup>2</sup> contendo 10 salas de professores, 4 laboratórios, 1 sala de manutenção, 1 secretaria, 2 banheiros, 1 copa e 3 salas.

### **3.2. - ROTINA DE TRABALHO**

As atividades da unidade 5 são desenvolvidas de segunda-feira à sexta-feira nos períodos matutino, vespertino e noturno e no sábado apenas no período matutino. Para o desenvolvimento dessas atividades considerou-se 11 horas de funcionamento de segunda-feira à sexta-feira e de 4 horas no sábado, totalizando 59 horas semanais de funcionamento. Os equipamentos que sempre ficam ligados são os aparelhos de ar condicionado, computadores e iluminação, visto que o ambiente interno proporciona pouco aproveitamento da iluminação natural, como podemos ver na figura 3.4.



Figura 3.4: Unidade 5

Há hoje 80 pessoas trabalhando nas dependências da unidade 5 entre servidores da UFMS e terceirizados.

No antigo DEL as atividades são realizadas de segunda-feira à sexta-feira nos períodos matutino, vespertino e noturno e no sábado apenas no período matutino. Para o desenvolvimento das atividades considerou-se 11 horas de funcionamento de segunda-feira à sexta-feira e de 4 horas no sábado, totalizando 59 horas semanais de funcionamento. Os equipamentos que ficam ligados são os aparelhos de ar condicionado, computadores e iluminação. Hoje existem 23 servidores trabalhando no local sendo 20 professores e 3 técnicos administrativos, existe também a utilização do espaço e equipamentos por alunos.

### **3.3. EQUIPAMENTOS**

#### **3.3.1. TRANSFORMADOR**

As duas edificações são atendidas por um transformador de 150 KVA trifásico 220/127 Volts.

Pela figura 3.5, tem-se a vista do transformador que atende as edificações onde pode-se ver que a entrada do primário é aérea e a saída do secundário é subterrânea.



Figura 3.5: Transformador de alimentação

### 3.3.2. ANALISADOR DE ENERGIA RE 2000

Foi utilizado para obtenção dos valores das grandezas elétricas o equipamento analisador de energia RE 2000 produzido pela Empresa Embrasul. A figura 3.6 mostra esse equipamento.



Figura 3.6: Analisador de energia RE 2000.

O RE 2000 é utilizado para medir grandezas elétricas.

As grandezas elétricas são: Tensão, corrente e potencias ativa e reativa.

### 3.3.3 - METODOLOGIA

Para o desenvolvimento do trabalho foi realizado o levantamento da carga total em ambas as edificações, o levantamento foi realizado no INMA e INFI (Unidade 5) e no antigo DEL para podermos verificar o perfil de cada unidade. Como se trata de 3 administrações diferentes, esse trabalho pode contribuir para a elaboração de projetos de eficiência energética de cada unidade individualmente.

A partir desse levantamento, foi organizada uma tabela contendo as relação dos equipamentos encontrados e sua potência em watts. Com a tabela dividiu-se a carga por grupo sendo: Ar condicionado, iluminação, computadores e outros.

A carga total instalada no transformador é representada na figura 3.7.

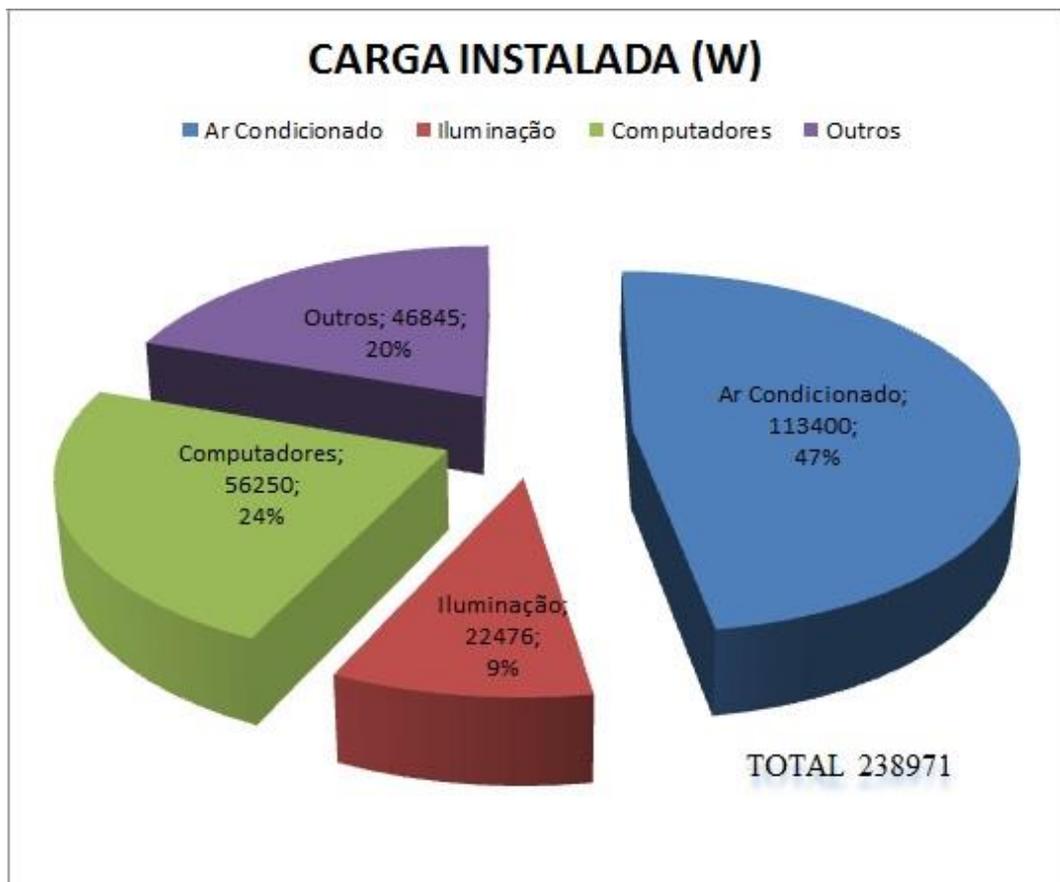


Figura 3.7: Carga Instalada por grupo

A tabela 3.1, apresenta a carga total instalada no transformador por grupo.

TABELA 3.1 – CARGA INSTALADA TOTAL – POR GRUPO		
CARGA INSTALADA		
GRUPO	POTÊNCIA(W)	%
Ar Condicionado	113.400	47
Iluminação	22.476	9
Computadores	56.250	24
Outros	46.845	20
<b>TOTAL</b>	<b>238.971</b>	<b>100</b>

As atividades realizadas:

- **Levantamento de dados:** é uma das fases mais importantes do diagnóstico energético. Nesta atividade são determinados todos os usos finais de energia elétrica para descobrir os pontos que poderão ser otimizados, propondo medidas para redução de consumo de energia elétrica. Entre os dados levantados destacam-se as contas de energia elétrica expedidas pela concessionária. Elas fornecem informações importantes sobre o uso de energia elétrica da instalação, sendo uma fonte de dados confiável. O levantamento de dados das características dos recintos analisados, como quantidade de equipamentos, regime de funcionamento, entre outros, é muito importante. Além disso, foram realizadas medições nos sistemas de iluminação alvos deste projeto.
- **Análise e tratamento de dados:** nesta fase é necessário analisar os dados obtidos, pelo levantamento da carga instalada Nesta atividade são verificados os dados obtidos na atividade anterior.
- **Determinação dos pontos de conservação de energia:** após a análise e tratamento de dados, são verificados quais pontos levantados poderão ser objetos de conservação de energia. Os grupos considerados foram: ar condicionado e iluminação.
- **Medição das grandezas elétricas com o analisador de energia instalado no secundário do transformador que alimenta as edificações.** No período de 08 de abril de 2014 à 14 de abril de 2014 obteve-se um banco de dados dos valores de tensão e corrente por

fase e das potências ativas e reativas totais. Utilizando o software ORIGIN e o banco de dados foi construído tabelas e gráficos para entender o comportamento (níveis) das tensões, correntes por fase, fator de potência e fator de carga do transformador durante o período de realização das atividades nas edificações.

- Medição das grandezas elétricas do transformador de 150KVA que alimenta as duas edificações por 7 dias consecutivos, com o objetivo de entender o consumo de energia elétrica durante o expediente de trabalho.
- O analisador de energia RE 2000 foi configurado para registrar as medidas da tensão e corrente por fase em intervalos de 30 segundos.
- O registro das potências ativas e reativas totais foram medidas em intervalos de 30 segundos. Para obtenção do fator de potência horário usou-se o software Origin que foi alimentado com os dados exportados pelo analisador.

Com essas tabelas e gráficos foi possível verificar os dias e horários de maior consumo de energia elétrica, permitindo assim a elaboração de ações para melhorar as grandezas elétricas como nível de tensão e fator de potência.

## **4. RESULTADOS E DISCUSSÕES**

Neste capítulo são apresentados as análises do levantamento de carga da Unidade 5 dividido em levantamento do INFI e INMA e do Antigo Departamento de Engenharia Elétrica e as curvas de carga, tensão, corrente e fator de potência horário referentes às condições de funcionamento da subestação que atende a Unidade 5 e o Antigo Departamento de Engenharia Elétrica, ambas as edificações situadas em Campo Grande no campus da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul - UFMS.

O levantamento de carga permite caracterizar as principais cargas e seu percentual representativo na carga geral, assim é possível ter uma ideia inicial do comportamento das grandezas elétricas que serão medidas pelo analisador de energia.

As medições realizadas permitem fazer um diagnóstico dinâmico dos parâmetros aferidos, demonstrando assim a qualidade da energia elétrica e a eficiência da instalação consumidora.

O estudo baseia-se em dados registrados com Analisador de Energia RE 2000, da marca EMBRASUL Indústria Eletrônica, entre os dias 08 de abril e 14 de abril de 2014.

### **4.1 LEVANTAMENTO DE CARGA**

#### **4.1.1 LEVANTAMENTO DE CARGA DA UNIDADE 5**

O levantamento foi realizado de forma detalhada para caracterizar a carga do Trafo, sendo assim fez-se o levantamento no INFI e INMA.

Para melhor entendimento, dividiu-se a carga levantada em grupos considerando a importância em análise previa, ficando definidos os seguintes grupos:

- Ar Condicionado
- Iluminação
- Computadores
- Outros.

Para melhor entendimento, vamos dividir a carga total da Unidade 5 em duas partes. A primeira referente ao INFI que corresponde a um total de 92.138 watts composta conforme a figura 4.1.

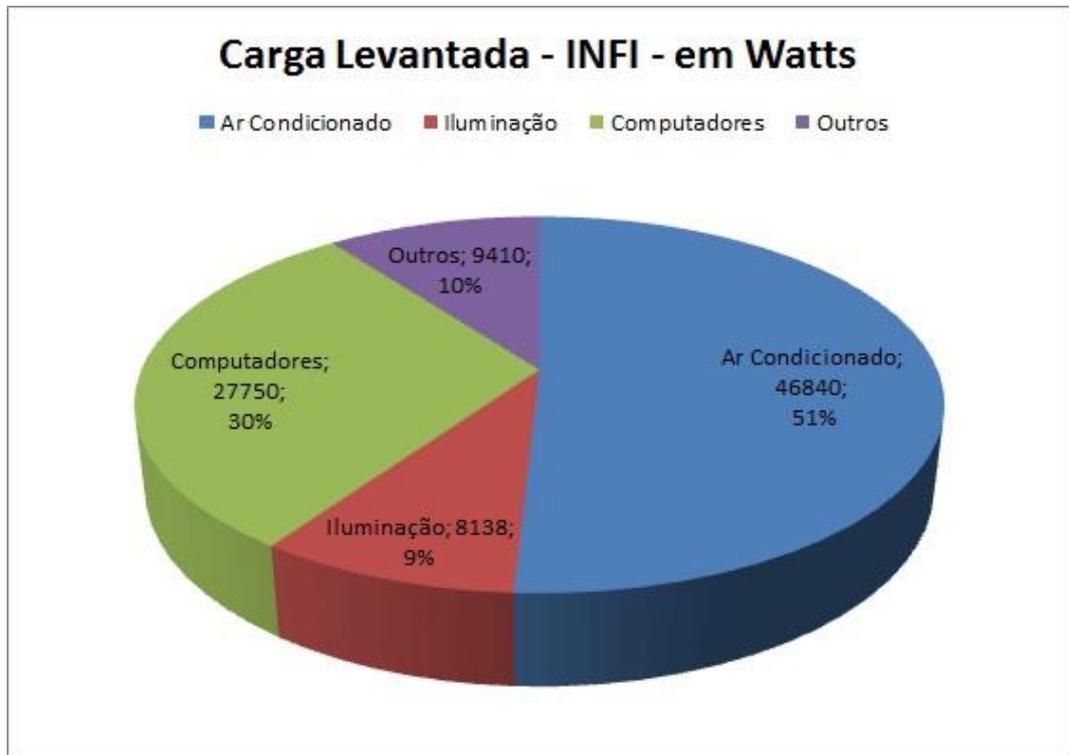


Figura 4.1- Carga levantada – INFI

Pela figura 4.1, podemos ver que a carga mais significativa é a referente aos aparelhos de ar condicionados ficando com um percentual de 51%.

A tabela 4.1 mostra a carga levantada do INFI.

Tabela 4.1 – Carga Levantada - INFI

Carga Levantada – INFI em Watts				
Ar condicionado	Iluminação	Computadores	Outros	Total
46.840	8.138	27.750	9.410	92.138

Fonte- Elaborada pelo autor

E a segunda corresponde à carga do INMA com um total de 6.8247 watts composta conforme a figura 4.2.

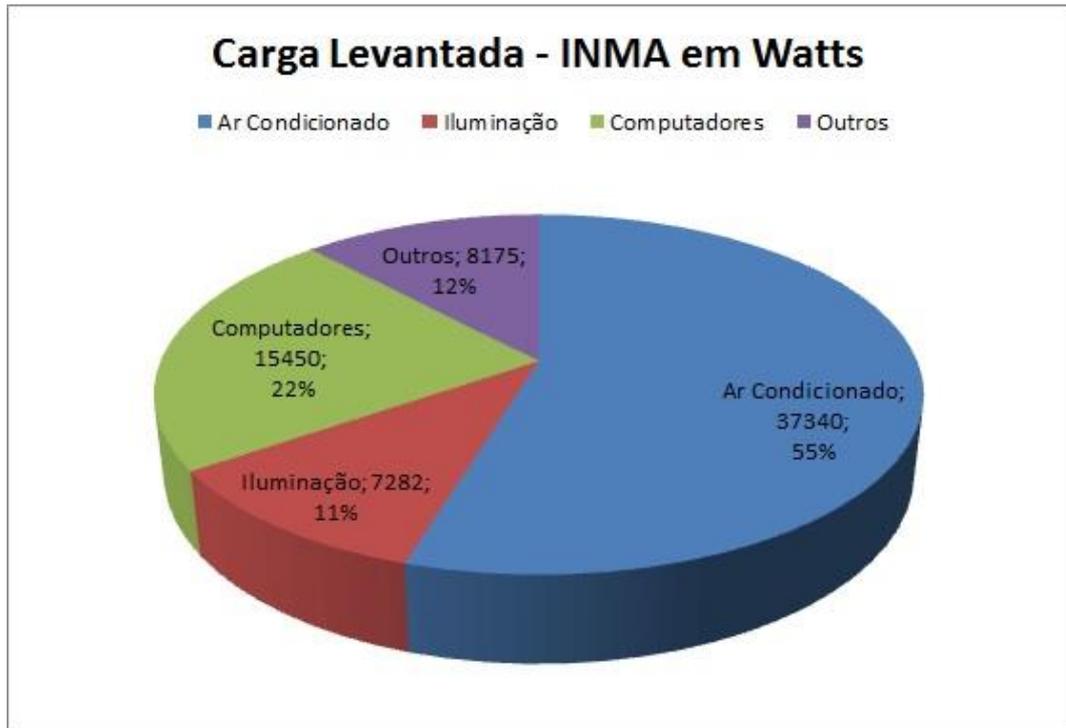


Figura 4.2- Carga levantada - INMA

A tabela 4.2 mostra a carga levantada do INMA.

Tabela 4.2 – Carga Levantada - INMA

Carga Levantada – INMA em Watts				
Ar condicionado	Iluminação	Computadores	Outros	Total
37.340	7.282	15.450	8.175	68.247

Fonte- Elaborada pelo autor

#### 4.1.2 LEVANTAMENTO DE CARGA DO ANTIGO DEL

No antigo departamento de Engenharia Elétrica, ocorre um fato interessante, a carga levantada não corresponde a carga real, pois os motores não são acionados de forma a contribuir para a carga total. A figura 4.3, mostra a carga levantada no antigo DEL.

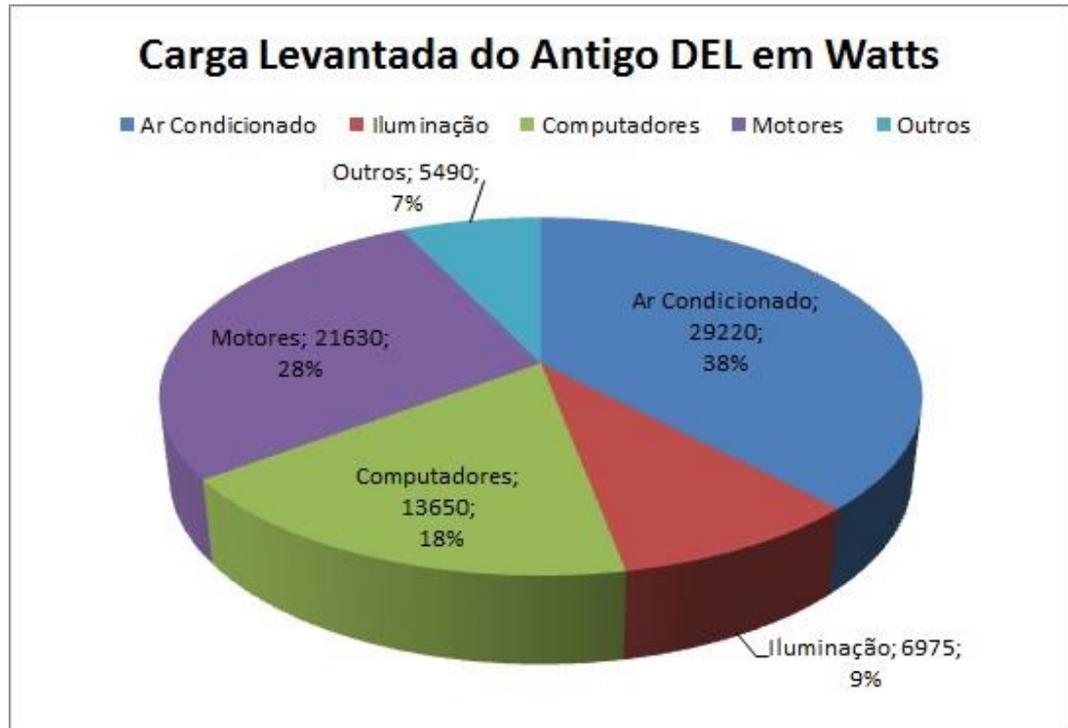


Figura 4.3- Carga levantada – Antiga DEL.

A tabela 4.3 mostra a carga levantada do antigo DEL.

Tabela 4.3 – Carga levantada do antigo DEL

Carga Levantada - Antigo DEL em Watts					
Ar Condicionado	Iluminação	Computadores	Motores	Outros	Total
29.220	6.975	13.650	21.630	5.490	76.965

Fonte- Elaborada pelo autor

Para melhor entendimento da influência das cargas no Trafo, devemos considerar apenas as cargas que realmente são acionadas, sendo assim ocorre uma nova composição da carga do Antigo DEL. A carga considerada corresponde a um total de 55.335 watts conforme figura 4.4.

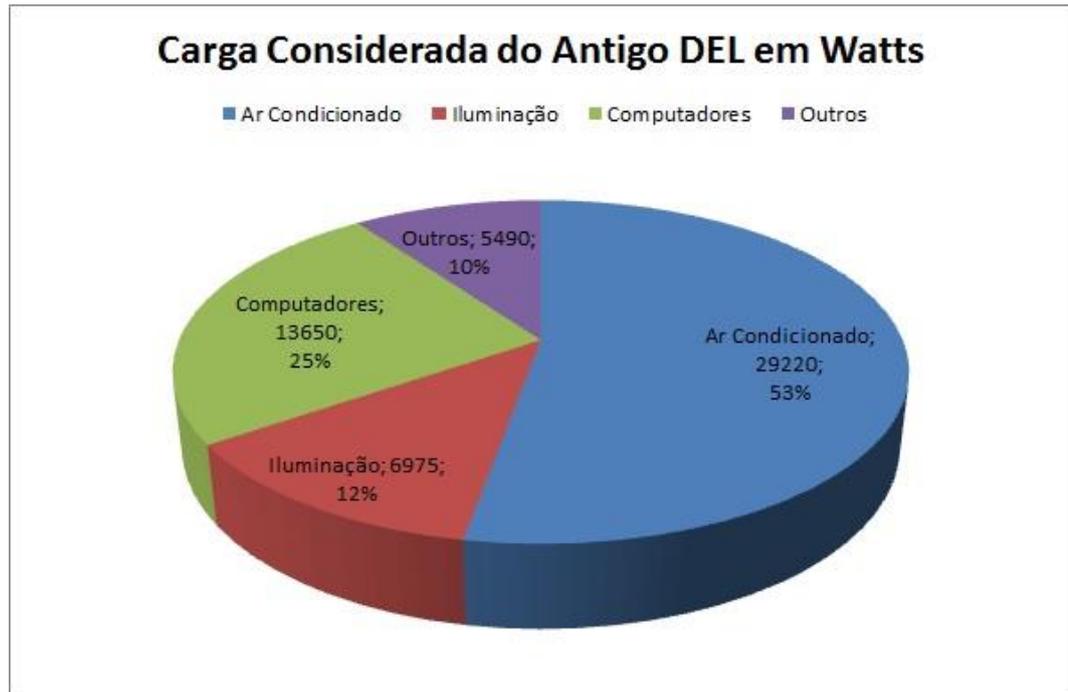


Figura 4.4- Carga Considerada – Antiga DEL.

Como informado pelos servidores do antigo DEL, os motores são de laboratórios que raramente são acionados, para efeito de calculo deste trabalho retirou-se essa carga ficando assim a carga considerada representada na tabela 4.4.

Tabela 4.4 – Carga considerada do antigo DEL

Carga Considerada – Antigo DEL em Watts				
Ar Condicionado	Iluminação	Computadores	Outros	Total
29.220	6.975	13.650	5.490	55.335

Fonte- Elaborada pelo autor

## 4.2 ANÁLISE DAS CARGAS

### 4.2.1 AR CONDICIONADO

Os aparelhos de ar condicionados das salas dos professores do INFI, INMA e antigo DEL, são na grande maioria equipamentos com mais de 20 anos, todos de baixo rendimento e sem o selo PROCEL.

Existem poucos ar condicionados do tipo Split e com o selo PROCEL classe A.

As tabelas 4.5, 4.6 e 4.7 apresentam a quantidade de aparelhos de ar condicionado separados por potência de refrigeração e a potência total instalada em watts de cada localidade e a proposta de substituição para cada localidade.

Para a proposta, foi considerado os aparelhos de ar condicionado do tipo split com o selo classe A PROCEL em consumo de energia elétrica. Os valores foram cotados no site <http://www.adias.com.br/>

Os aparelhos com tecnologia inverter, por apresentarem maior custo (40%) em relação aos convencionais e por apresentarem mais gastos com manutenção não foram considerados como uma alternativa para troca dos aparelhos existentes.

TABELA 4.5 – APARELHOS DE AR CONDICIONADO – INFI

AR CONDICIONADO - INFI - ATUAL				PROPOSTA	
POTÊNCIA (Btu)	POTÊNCIA (W)	QUANTIDADE	TOTAL (W)	POTÊNCIA (W)	REDUÇÃO (W)
7.500	1.200	3	3.600	678	1.566
10.500	1.470	8	11.760	821	5.192
10.000	1.400	4	5.600	821	2.316
12.000	1.600	1	1.600	1.085	515
18.000	2.600	2	5.200	1.644	1.912
60.000	6.360	3	19.080	2x2.860	1.920
Total		21	46.840		13.421

Pela tabela 4.5 tem-se a redução da potência instalada de ar condicionado no INFI no valor de 13421 W que corresponde a uma redução de 28,65%.

TABELA 4.6 – APARELHOS DE AR CONDICIONADO – INMA

AR CONDICIONADO - INMA - ATUAL				PROPOSTA	
POTÊNCIA (Btu)	POTÊNCIA (W)	QUANTIDADE	TOTAL (W)	POTÊNCIA (W)	REDUÇÃO (W)
7.500	1.200	11	13.200	678	5.742
10.500	1.470	2	2.940	821	1.298
10.000	1.400	4	5.600	821	2.316
12.000	1.600	3	4.800	1.085	1.545
18.000	2.600	2	5.200	1.644	1.912
21.000	2.800	2	5.600	2.008	1.584
Total		24	37.340		14.397

Pela tabela 4.6 tem-se a redução da potência instalada de ar condicionado no INMA no valor de 14.397 W que corresponde a uma redução de 38,56%.

TABELA 4.7 – APARELHOS DE AR CONDICIONADO – ANTIGO DEL

AR CONDICIONADO - ANTIGO DEL - ATUAL				PROPOSTA	
POTÊNCIA (Btu)	POTÊNCIA (W)	QUANTIDADE	TOTAL	POTÊNCIA (W)	REDUÇÃO (W)
7.500	1.200	11	13.200	678	5.742
9.000	1.320	1	1.320	821	499
10.000	1.400	2	2.800	821	1.158
12.000	1.600	2	3.200	1.085	1.030
18.000	2.600	2	5.200	1.644	1.912
24.000	3.500	1	3.500	2.400	1.100
Total		19	29.220		11.441

Pela tabela 4.7 tem-se a redução da potência instalada de ar condicionado no ANTIGO DEL no valor de 11441 W que corresponde a uma redução de 39,15%.

A tabela 4.8 , apresenta a redução total da potência instalada em ar condicionado no INFI, INMA e Antigo Del.

TABELA 4.8 – APARELHOS DE AR CONDICIONADO – REDUÇÃO TOTAL

AR CONDICIONADO - REDUÇÃO NA CARGA INSTALADA			
	Potência Existente (W)	Redução (W)	%
INFI	46.840	13.421	28,27
INMA	37.340	14.397	38,56
ANTIGO DEL	29.220	11.441	39,15
TOTAL	113.400	39.259	34,62

#### 4.2.1.1. INVESTIMENTO E RETORNO

Para o cálculo do investimento, consideram-se os seguintes fatores:

- O tempo de funcionamento das edificações de 11 horas por dia de segunda-feira à sexta-feira mais 4 horas de funcionamento no sábado.
- Considerando 22 dias mensais de funcionamento e 4 sábados mensais temos um total de 3.096 horas anuais de funcionamento;
- Retorno do investimento por *payback* simples;
- Valores médios dos equipamentos a serem substituídos.

A tabela 4.9 apresenta a economia em reais gerada pela troca dos aparelhos de ar condicionados por modelos com o selo procel classe A para o INFI.

A tabela 4.10 apresenta a economia em reais gerada pelo não pagamento do acréscimo na tarifa referente a bandeira vermelha.

TABELA 4.9 – APARELHOS DE AR CONDICIONADO - ECONOMIA – INFI

AR CONDICIONADO -INFI - ECONOMIA ANUAL							
Descrição Potência (W)	Horas Anuais		Tarifa		Valor		Total
	Ponta	Fora de Ponta	Ponta	Fora de Ponta	Ponta	Fora de Ponta	
13421	396	2700	R\$ 0,41	R\$ 0,28	R\$ 2.187,22	R\$ 10.283,98	R\$ 12.471,19
ICMS	17%						R\$ 2.120,10
CONFINS	4,94%						R\$ 616,08
PIS	1,07%						R\$ 133,44
<b>TOTAL</b>							<b>R\$ 15.340,82</b>

TABELA 4.10 – ACRÉSCIMO DA BANDEIRA TARIÁFIA VERMELHA - INFI

ACRÉSCIMO DA BANDEIRA TARIÁFIA VERMELHA - INFI				
Potência (kW)	Horas Anuais	Consumo Anual	Tarifa (100 kW)	Valor
13,421	3096	41.551	R\$ 5,50	R\$ 2.285,33

Pela tabela 4.09 e tabela 4.10, temos a economia anual gerada pela substituição dos aparelhos de ar condicionados do INFI em torno de R\$ 17.600,00

A tabela 4.11 apresenta a economia em reais gerada pela troca dos aparelhos de ar condicionados por modelos com o selo procel classe A para o INMA.

A tabela 4.12 apresenta a economia em reais gerada pelo não pagamento do acréscimo na tarifa referente a bandeira vermelha.

TABELA 4.11 – APARELHOS DE AR CONDICIONADO - ECONOMIA – INMA

AR CONDICIONADO -INMA - ECONOMIA ANUAL							
Descrição Potência (W)	Horas Anuais		Tarifa		Valor		Total
	Ponta	Fora de Ponta	Ponta	Fora de Ponta	Ponta	Fora de Ponta	
14397	396	2700	R\$ 0,41	R\$ 0,28	R\$ 2.345,30	R\$ 11.027,25	R\$ 13.372,55
ICMS	17%						R\$ 2.273,33
CONFINS	4,94%						R\$ 660,60
PIS	1,07%						R\$ 143,09
<b>TOTAL</b>							<b>R\$ 16.449,57</b>

TABELA 4.12 – ACRÉSCIMO DA BANDEIRA TARIÁFIA VERMELHA - INMA  
 ACRÉSCIMO DA BANDEIRA TARIÁFIA VERMELHA - INMA

Potência (kW)	Horas Anuais	Consumo Anual	Tarifa (100 kW)	Valor
14,397	3096	44.573	R\$ 5,50	R\$ 2.451,52

Pela tabela 4.11 e tabela 4.12, temos a economia gerada pela substituição dos aparelhos de ar condicionados do INMA em torno de R\$ 19.000,00.

A tabela 4.13 apresenta a economia em reais gerada pela troca dos aparelhos de ar condicionados por modelos com o selo procel classe A para o ANTIGO DEL.

A tabela 4.14 apresenta a economia em reais gerada pelo não pagamento do acréscimo na tarifa referente a bandeira vermelha.

TABELA 4.13 – APARELHOS DE AR CONDICIONADO - ECONOMIA – ANTIGO DEL  
 AR CONDICIONADO -ANTIGO DEL - ECONOMIA ANUAL

Descrição	Horas Anuais		Tarifa		Valor		Total
	Ponta	Fora de Ponta	Ponta	Fora de Ponta	Ponta	Fora de Ponta	
11441	396	2700	R\$ 0,41	R\$ 0,28	R\$ 1.864,54	R\$ 8.766,78	R\$ 10.631,32
ICMS	17%						R\$ 1.807,32
CONFINS	4,94%						R\$ 525,19
PIS	1,07%						R\$ 113,76
TOTAL							R\$ 13.077,59

TABELA 4.14 – ACRÉSCIMO DA BANDEIRA TARIÁFIA VERMELHA – ANTIGO DEL  
 ACRÉSCIMO DA BANDEIRA TARIÁFIA VERMELHA - ANTIGO DEL

Potência (kW)	Horas Anuais	Consumo Anual	Tarifa (100 kW)	Valor
11,441	3096	35.421	R\$ 5,50	R\$ 1.948,17

Pela tabela 4.13 e tabela 4.14, temos a economia gerada pela substituição dos aparelhos de ar condicionados do ANTIGO DEL em torno de R\$ 15.000,00.

As tabelas 4.15, 4.16 e 4.17 apresentam o investimento em cada localidade para executar a proposta de troca dos aparelhos de ar condicionado.

TABELA 4.15 – CUSTO DE EXECUÇÃO – AR CONDICIONADO - INFI

AR CONDICIONADO - INFI					MAO DE OBRA
Atual	Proposta	Valor Unitário	Quantidade	Valor total	Valor Unitário R\$ 200,00
7500 Btu	7500 Btu	R\$ 968,05	3	R\$ 2.904,15	R\$ 600,00
10000 Btu	9000 Btu	R\$ 980,00	4	R\$ 3.920,00	R\$ 800,00
10500 Btu	9000 Btu	R\$ 980,00	8	R\$ 7.840,00	R\$ 1.600,00
12000 Btu	12000 Btu	R\$ 1.016,00	1	R\$ 1.016,00	R\$ 200,00
18000 Btu	18000 Btu	R\$ 1.547,00	2	R\$ 3.094,00	R\$ 400,00
60000 Btu	2x30000 Btu	2x3269	3	R\$ 19.614,00	R\$ 1.200,00
TOTAL				R\$ 38.388,15	R\$ 4.800,00

TABELA 4.16 – CUSTO DE EXECUÇÃO – AR CONDICIONADO - INMA

AR CONDICIONADO - INMA					MAO DE OBRA
Atual	Proposta	Valor Unitário	Quantidade	Valor total	Valor Unitário R\$ 200,00
7500 Btu	7500 Btu	R\$ 968,05	11	R\$ 10.648,55	R\$ 2.200,00
10000 Btu	9000 Btu	R\$ 980,00	4	R\$ 3.920,00	R\$ 800,00
10500 Btu	9000 Btu	R\$ 980,00	2	R\$ 1.960,00	R\$ 400,00
12000 Btu	12000 Btu	R\$ 1.016,00	3	R\$ 3.048,00	R\$ 600,00
18000 Btu	18000 Btu	R\$ 1.547,00	2	R\$ 3.094,00	R\$ 400,00
21000 Btu	22000 Btu	R\$ 1.965,00	2	R\$ 3.930,00	R\$ 400,00
TOTAL				R\$ 26.600,55	R\$ 4.800,00

TABELA 4.17 – CUSTO DE EXECUÇÃO – AR CONDICIONADO – ANTIGO DEL

AR CONDICIONADO - ANTIGO DEL					Valor Unitário R\$ 200,00
Atual	Proposta	Valor Unitário	Quantidade	Valor total	Valor Unitário R\$ 200,00
7500 Btu	7500 Btu	R\$ 968,05	11	R\$ 10.648,55	R\$ 2.200,00
9000 Btu	9000 Btu	R\$ 980,00	1	R\$ 980,00	R\$ 200,00
10000 Btu	9000 Btu	R\$ 980,00	2	R\$ 1.960,00	R\$ 400,00
12000 Btu	12000	R\$ 1.016,00	2	R\$ 2.032,00	R\$ 400,00
18000 Btu	18000	R\$ 1.547,00	2	R\$ 3.094,00	R\$ 400,00
24000 Btu	24000	R\$ 2.037,00	1	R\$ 2.037,00	R\$ 200,00
TOTAL				R\$ 20.751,55	R\$ 3.800,00

Com a tabela 4.15 e a economia obtida pela substituição, obtem-se o retorno do investimento da troca dos aparelhos de ar condicionados do INFI.

$$\text{O retorno} = \text{Valor do investimento} / \text{Economia anual} = 43.188,15 / 17.626,15$$

Retorno=2,45 anos. Portanto, o tempo de retorno é aproximadamente de 29 meses.

Com a tabela 4.16 e a economia obtida pela substituição, obtem-se o retorno do investimento da troca dos aparelhos de ar condicionados do INMA.

O retorno = Valor do investimento / Economia anual = 31.400,55 / 18.901,09

Retorno=1,66. Portanto, o tempo de retorno é aproximadamente de 20 meses.

Com a tabela 4.17 e a economia obtida pela substituição, obtem-se o retorno do investimento da troca dos aparelhos de ar condicionados do ANTIGO DEL.

O retorno = Valor do investimento / Economia anual = 24.551,55 / 15.025,76

Retorno=1,63 anos. Portanto, o tempo de retorno é aproximadamente de 20 meses.

Para o investimento total em refrigeração temos:

- Investimento do INFI + Investimento do INMA + Investimento do ANTIGO DEL dividido pela economia total.
- Investimento total = (38388,15 + 4800) + (26600,55 + 4800) + (20751,55 + 3800)
- Investimento total = R\$ 99.140,25.

Para a economia total em refrigeração temos:

- Economia total é igual à economia do INFI + economia do INMA + economia do ANTIGO DEL.
- Economia total = (R\$ 17.626,15 ) + (R\$ 18.901,09) + (R\$ 15.025,76 )
- Economia total = R\$ 51.553.

Para calcular o retorno total temos:

- Retorno total = Investimento total / Economia total
- Retorno total = 99.140,25 / 51.553
- Retorno total = 1,92 anos. Portanto, o tempo aproximado de retorno é 23 meses.

## 4.2.2 ILUMINAÇÃO

Para calcular o consumo total da iluminação definimos que:

Cada conjunto de lâmpadas 2x32 W é formada por duas lâmpadas de 32 W e um reator eletromagnético com consumo de 20 W totalizando um consumo de 84 W.

Cada conjunto de lâmpadas 2x40 W é formada por duas lâmpadas de 40 W e um reator eletromagnético com consumo de 20 W totalizando um consumo de 100 W.

OBS. Em vistoria para identificar o tipo de reator foi encontrado apenas reatores eletromagnéticos ( três luminárias foram verificadas).

Para melhorar a eficiência do sistema de iluminação, considera-se:

A substituição das lâmpadas de 32 W e 40 W por lâmpadas de 28 W e a substituição dos reatores eletromagnéticos por reatores eletrônicos.

Desta forma obtem-se uma contribuição para melhoria do fator de potência.

### 4.2.2.1 SISTEMA DE ILUMINAÇÃO

A iluminação do INFI é composta por 76 conjuntos de luminárias contendo 152 lâmpadas tubulares modelo T8 de 32w e 76 reatores eletromagnéticos, 11 conjuntos de luminárias contendo 22 lâmpadas tubulares modelo T8 de 40w e 11 reatores eletromagnéticos que utilizadas no interior das salas, laboratórios e secretarias.

Nos corredores são utilizadas lâmpadas fluorescentes compactas de 25W / 220V e a iluminação externa é composta por 2 lâmpadas do tipo mista de 250w / 220 onde estão todas relacionadas na tabela 4.18.

ILUMINACAO - INFI – ATUAL			PROPOSTA	
POTENCIA (W)	QUANTIDADE	POTÊNCIA TOTAL (W)	POTENCIA (W)	REDUÇÃO (W)
2x32	76	6.384	2x28	2.128
2x40	11	1.100	2x28	484
2X20	1	60	2x28	4
COMP 25	7	175	175	0
MISTA 250	2	500	500	0
<b>TOTAL</b>		<b>8.219</b>		<b>2.616</b>

Fonte: Elaborada pelo autor

A tabela 4.19, apresenta o atual sistema de iluminação do INMA e sua proposta.

A tabela 4.21, apresenta a redução total da potência instalada em iluminação no INFI, INMA e Antigo Del.

TABELA 4.19 – SISTEMA DE ILUMINAÇÃO ATUAL - PROPOSTA - INMA

ILUMINACAO - INMA - ATUAL			PROPOSTA	
POTENCIA (W)	QUANTIDADE	POTÊNCIA TOTAL (W)	POTENCIA (W)	REDUÇÃO (W)
2x32	73	6.132	2x28	2.044
2x40	9	900	2x28	396
COMP 25	10	250	250	0
<b>TOTAL</b>		<b>7.282</b>		<b>2.440</b>

Fonte: Elaborada pelo autor

A tabela 4.20 apresenta o atual sistema de iluminação do ANTIGO DEL.

Tabela 4.20 - SISTEMA DE ILUMINAÇÃO ATUAL - PROPOSTA – ANTIGO DEL

ILUMINACAO -ANTIGO DEL - ATUAL			PROPOSTA	
POTENCIA (W)	QUANTIDADE	POTÊNCIA TOTAL (W)	POTENCIA (W)	REDUÇÃO (W)
2x32	75	6.300	2x28	2.100
COMP 45	15	675	675	0
<b>TOTAL</b>		<b>6.975</b>		<b>2.100</b>

Fonte: Elaborada pelo autor

Tabela 4.21 - ILUMINAÇÃO - REDUÇÃO NA CARGA INSTALADA

ILUMINAÇÃO - REDUÇÃO NA CARGA INSTALADA			
	Potência Existente (W)	Redução (W)	%
INFI	8.219	2.616	31,83
INMA	7.282	2.440	33,51
ANTIGO DEL	6.975	2.100	30,11
<b>TOTAL</b>	<b>22.476</b>	<b>7.156</b>	<b>31,84</b>

#### 4.2.2.2. INVESTIMENTO E RETORNO

Para o cálculo do investimento, consideram-se os seguintes fatores:

- O tempo de funcionamento das edificações de 11 horas por dia de segunda-feira à sexta-feira mais 4 horas de funcionamento no sábado.
- Considerando 22 dias mensais de funcionamento e 4 sábados mensais temos um total de 3.096 horas anuais de funcionamento;

- Retorno do investimento por *payback* simples;
- Valores médios dos equipamentos a serem substituídos.

A tabela 4.22 apresenta a economia em reais gerada pela troca das lâmpadas e demais componentes de iluminação existentes pela proposta no INFI.

A tabela 4.23 apresenta a economia em reais gerada pelo não pagamento do acréscimo na tarifa referente a bandeira vermelha.

TABELA 4.22 – ILUMINAÇÃO - ECONOMIA – INFI

ILUMINAÇÃO - INFI - ECONOMIA ANUAL							
Descrição	Horas Anuais F. P.	Horas Anuais P.	Tarifa Fora de Ponta (kWh)	Valor Fora de Ponta	Tarifa Ponta (kWh)	Valor Ponta	Total ANUAL
2616 W	2700	396	R\$ 0,28	R\$ 2.004,54	R\$ 0,41	R\$ 426,33	R\$ 2.430,87
ICMS		17%					R\$ 413,25
CONFINS		4,94%					R\$ 120,08
PIS		1,07%					R\$ 26,01
<b>TOTAL</b>							<b>R\$ 2.990,21</b>

TABELA 4.23 – ACRÉSCIMO BANDEIRA – INFI

ACRÉSCIMO DA BANDEIRA TARIÁFIA VERMELHA - INFI				
Potência (kW)	Horas Anuais	Consumo Anual	Tarifa (100 kW)	Valor
2.616	3.096	8.099	R\$ 5,50	R\$ 445,45

Pela tabela 4.22 e tabela 4.23, conclui-se que a economia gerada pela substituição das lâmpadas do INFI fica em torno de R\$ 3.400,00.

A tabela 4.24 apresenta a economia em reais gerada pela troca das lâmpadas e demais componentes de iluminação existentes pela proposta no INMA.

A tabela 4.25 apresenta a economia em reais gerada pelo não pagamento do acréscimo na tarifa referente a bandeira vermelha.

TABELA 4.24 – ILUMINAÇÃO - ECONOMIA – INMA

ILUMINAÇÃO - INMA - ECONOMIA ANUAL							
Descrição	Horas Anuais F. P.	Horas Anuais P.	Tarifa Fora de Ponta (kWh)	Valor Fora de Ponta	Tarifa Ponta (kWh)	Valor Ponta	Total ANUAL
2440 W	2700	396	R\$ 0,28	R\$ 1.869,67	R\$ 0,41	R\$ 397,65	R\$ 2.267,32
ICMS		17%					R\$ 385,44
CONFINS		4,94%					R\$ 112,01
PIS		1,07%					R\$ 24,26
<b>TOTAL</b>							<b>R\$ 2.789,03</b>

TABELA 4.25 – ACRÉSCIMO BANDEIRA – INMA

ACRÉSCIMO DA BANDEIRA TARIÁFIA VERMELHA - INMA				
Potência (kW)	Horas Anuais	Consumo Anual	Tarifa (100 kW)	Valor
2,44	3096	7.554	R\$ 5,50	R\$ 415,48

Pela tabela 4.24 e tabela 4.25, conclui-se que a economia gerada pela substituição das lâmpadas do INMA fica em torno de R\$ 3.200,00.

A tabela 4.26 apresenta a economia em reais gerada pela troca das lâmpadas e demais componentes de iluminação existentes pela proposta no ANTIGO DEL.

A tabela 4.27 apresenta a economia em reais gerada pelo não pagamento do acréscimo na tarifa referente a bandeira vermelha.

TABELA 4.26 – ILUMINAÇÃO - ECONOMIA – ANTIGO DEL

ILUMINAÇÃO - ANTIGO DEL - ECONOMIA ANUAL							
Descrição	Horas Anuais F. P.	Horas Anuais P.	Tarifa Fora de Ponta (kWh)	Valor Fora de Ponta	Tarifa Ponta (kWh)	Valor Ponta	Total ANUAL
2100 W	2700	396	R\$ 0,28	R\$ 1.609,15	R\$ 0,41	R\$ 342,24	R\$ 1.951,38
ICMS		17%					R\$ 331,74
CONFINS		4,94%					R\$ 96,40
PIS		1,07%					R\$ 20,88
<b>TOTAL</b>							<b>R\$ 2.400,40</b>

TABELA 4.27 – ACRÉSCIMO BANDEIRA – ANTIGO DEL

ACRÉSCIMO DA BANDEIRA TARIÁFIA VERMELHA - ANTIGO DEL				
Potência (kW)	Horas Anuais	Consumo Anual	Tarifa (100 kW)	Valor
2,1	3096	6.502	R\$ 5,50	R\$ 357,59

Pela tabela 4.26 e tabela 4.27, conclui-se que a economia gerada pela substituição das lâmpadas do ANTIGO DEL fica em torno de R\$ 2.700,00.

As tabelas 4.28, 4.29 e 4.30, apresentam o custo para efetuar a troca das lâmpadas com reatores e luminárias do INFI, INMA e ANTIGO DEL respectivamente.

TABELA 4.28 – ILUMINAÇÃO INFI - INVESTIMENTO

ILUMINAÇÃO – INFI			
Descrição	Valor Unitário	Quantidade	Valor total
Reator Eletrônico 2x28w T5	R\$ 60,70	88	R\$ 5.343,60
Luminária E11 para 2T5 de 28w Abalux	R\$ 94,80	88	R\$ 8.342,40
Lâmpada Tubular 28w T5	R\$ 7,40	176	R\$ 1.302,40
Total			R\$ 14.988,40

TABELA 4.29 – ILUMINAÇÃO INMA - INVESTIMENTO

ILUMINAÇÃO – INMA			
Descrição	Valor Unitário	Quantidade	Valor total
Reator Eletrônico 2x28w T5	R\$ 60,70	82	R\$ 4.977,40
Luminária E11 para 2T5 de 28w Abalux	R\$ 94,80	82	R\$ 7.773,60
Lâmpada Tubular 28w T5	R\$ 7,40	164	R\$ 1.213,60
Total			R\$ 13.964,60

TABELA 4.30 – ILUMINAÇÃO ANTIGO DEL - INVESTIMENTO

ILUMINAÇÃO – ANTIGO DEL			
Descrição	Valor Unitário	Quantidade	Valor total
Reator Eletrônico 2x28w T5	R\$ 60,70	75	R\$ 4.552,50
Luminária E11 para 2T5 de 28w Abalux	R\$ 94,80	75	R\$ 7.110,00
Lâmpada Tubular 28w T5	R\$ 7,40	150	R\$ 1.110,00
Total			R\$ 12.772,50

Com o valor do investimento e o valor da economia da proposta, obtem-se o tempo de retorno do investimento na troca das lâmpadas do INFI.

$$\text{Retorno} = \text{Valor do Investimento INFI} / \text{Economia Anual INFI}$$

$$\text{Retorno} = 14.988,40/3.435,66 = 4,36 \text{ anos}$$

Portanto, o tempo de retorno do investimento é aproximadamente 52 meses.

Com o valor do investimento e o valor da economia da proposta, obtem-se o tempo de retorno do investimento na troca das lâmpadas do INMA.

$$\text{Retorno} = \text{Valor do Investimento INMA} / \text{Economia Anual INMA}$$

$$\text{Retorno} = 13.964,60 / 3.204,51 = 4,36 \text{ anos}$$

Portanto, o tempo de retorno do investimento é aproximadamente 52 meses.

Com o valor do investimento e o valor da economia da proposta, obtem-se o tempo de retorno do investimento na troca das lâmpadas do ANTIGO DEL.

$$\text{Retorno} = \text{Valor do Investimento ANTIGO DEL} / \text{Economia Anual ANTIGO DEL}$$

$$\text{Retorno} = 12.772,50/2.757,51 = 4,63 \text{ anos}$$

Portanto, o tempo de retorno do investimento é aproximadamente 56 meses

Para o investimento total em iluminação temos:

- Investimento do INFI + Investimento do INMA + Investimento do ANTIGO DEL dividido pela economia total.
- Investimento total = 14.988,4 + 13.964,6 + 12.772,5
- Investimento total é aproximadamente R\$ 41.700,00.

Para a economia total em iluminação temos:

- Economia total é igual à economia do INFI + economia do INMA + economia do ANTIGO DEL.

- Economia total = (R\$ 3.435,66) + (R\$ 3.204,51) + (R\$ 2.757,99)
- Economia total é aproximadamente R\$ 9.400,00

Para calcular o retorno total temos:

- Retorno total = Investimento total / Economia total
- Retorno total = 41.725,12 / 9.398,16
- Retorno total = 4,44 anos
- Portanto, o tempo de retorno total do investimento é aproximadamente 53 meses

### 4.2.3 COMPUTADORES

Como praticamente todos os computadores e monitores são novos, não há a necessidade de trocá-los por equipamentos mais modernos. Ficando assim sua contribuição na economia de energia voltada apenas nos hábitos de utilização.

Dicas para economizar energia elétrica na utilização de computadores:

- Desligue seu PC quando não estiver em uso
- Desligue o monitor quando for deixá-lo inativo por mais de 15 minutos
- Configure o computador para economizar energia
- Consertar em vez de substituir por um equipamento novo
- Doe os computadores velhos

Todas essas ações contribuem para a melhoria do meio ambiente, pois minimizam a emissão de gases que provocam o efeito estufa.

### **4.3 MEDIÇÕES COM ANALISADOR DE ENERGIA**

Instalou-se o Analisador de Energia RE 2000 no quadro geral da subestação da Unidade 5 UFMS, para a aferição e o registro das grandezas elétricas: tensões e correntes por fase; potência trifásica ativa e reativa; em intervalos de 30 segundos. As demais grandezas elétricas apresentadas neste TCC tais como: fator de potência horário e fator de carga são oriundos da relação física e matemática que estas mantêm com as grandezas aferidas.

A subestação é alimentada por transformador trifásico de distribuição com potência aparente nominal de 150 kVA, com tensões de 13,8 kV (Alta Tensão) e 220/127 V (Baixa Tensão).

#### **4.3.1 CURVAS DE CARGA**

As curvas de carga são traçadas a partir do registro da demanda de energia elétrica requerida por um consumidor em um determinado período. Elas apresentam o comportamento da potência ativa (kW), reativa (kVAr) e aparente (kVA) solicitadas nas instalações elétricas com seus picos e declives.

#### **4.3.2 FATOR DE CARGA**

O fator de carga é definido como sendo a razão entre a demanda média e a demanda máxima da unidade consumidora ocorrida no mesmo intervalo de tempo especificado.

O fator de carga mostra se a instalação elétrica está sendo utilizada de forma racional por parte do consumidor.

#### **4.3.3 APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS**

Como a amostra é temporal, não se faz análises de desvio padrão, variância etc.

O período de coleta dos dados para as análises foi compreendido de sete dias consecutivos pois assim pode-se analisar o comportamento da carga instalada durante todo o funcionamento das edificações inclusive nos fins de semana. Os dias das medições foram de

08 de abril de 2014 a 14 de abril de 2014 período que representa o total funcionamento das edificações por ser letivo.

Pela figura 4.5, verifica-se que o período de maior consumo ocorre por volta das 09:00 horas e das 15:00 horas com máxima as 15:45 horas conforme tabela 3.1 para o dia 08 de abril de 2014.

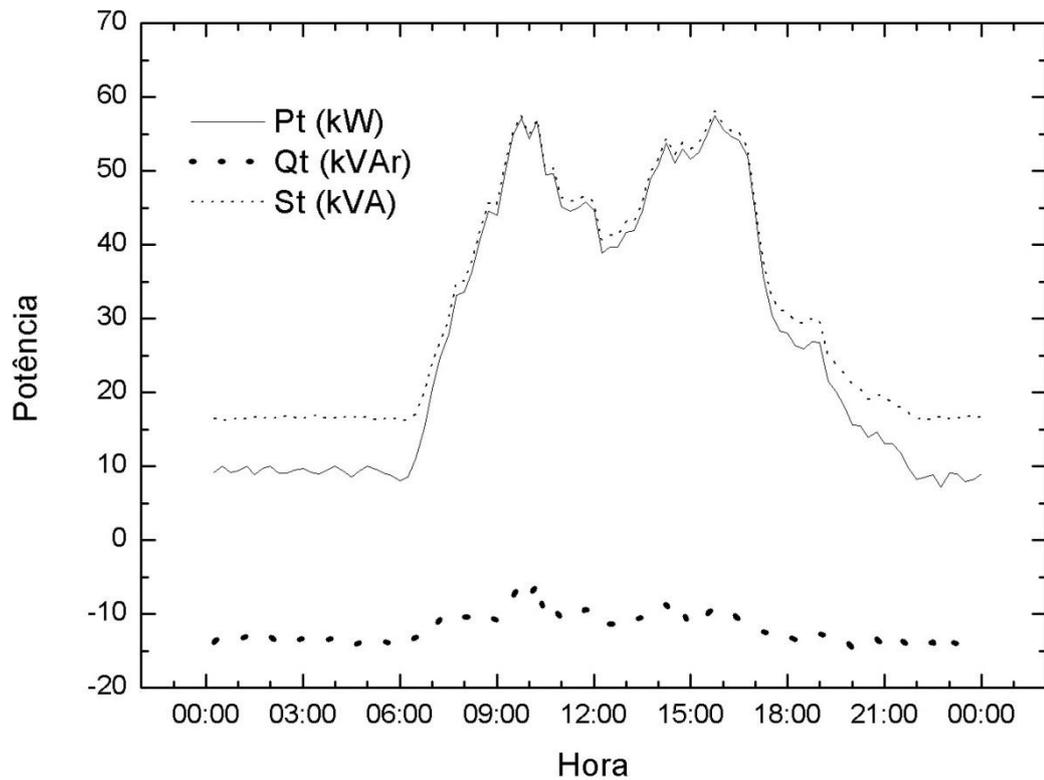


Figura 4.5 - Curvas de Carga - Terça-feira, 08 de abril de 2014

O fator de carga calculado e as demandas de potência máxima e mínima registradas diariamente estão na Tabela 4.31.

Tabela 4.31 - Potências Máximas e Mínimas- terça-feira, 08/04/2014				
Grandezas	Valor Máximo	Horário (hs)	Valor Mínimo	Horário (hs)
Pt(KW)	57,46	15:45	7,18	22:45
Qt(KVAr)	-5,77	10:15	-15,29	22:45
St(KVA)	58,14	15:45	16,16	06:15
Fator de Carga:	0,47			

## 4.4 FATOR DE POTÊNCIA

### 4.4.1 FATOR DE POTÊNCIA HORÁRIO

O fator de potência é razão entre a energia elétrica ativa e a raiz quadrada da soma dos quadrados das energias elétrica ativa e reativa, consumidas num mesmo período especificado.

### 4.4.2 APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

A Figura 4.6, apresenta os valores das medições do fator de potência em valores horários para análise do excedente de reativos conforme legislação pertinente. A tabela 4.32 apresenta o fator de Potência horário correspondente ao dia 08 de abril de 2014.

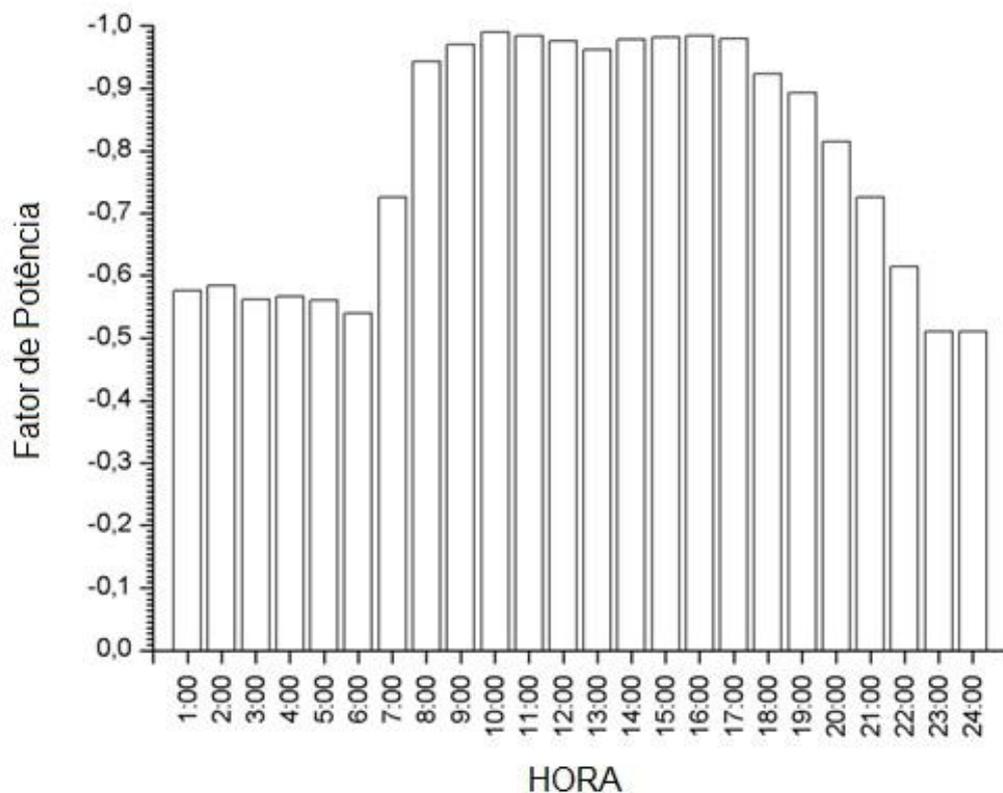


Figura 4.6 - Curva de Fator de Potência, Terça-feira, 08 de abril de 2014.

A tabela 4.32, apresenta o valor do fator de potência (Fp) horário medido a cada hora no dia 08 de abril de 2014.

Tabela 4.32 - Fator de Potência Horário - Terça-feira, 08 de abril de 2014

Horário	Fp	Horário	Fp	Horário	Fp	Horário	Fp
01:00	-0,58	07:00	-0,73	13:00	-0,96	19:00	-0,89
02:00	-0,58	08:00	-0,94	14:00	-0,98	20:00	-0,81
03:00	-0,56	09:00	-0,97	15:00	-0,98	21:00	-0,73
04:00	-0,57	10:00	-0,99	16:00	-0,98	22:00	-0,61
05:00	-0,56	11:00	-0,98	17:00	-0,98	23:00	-0,51
06:00	-0,54	12:00	-0,98	18:00	-0,92	00:00	-0,51

## 4.5. CURVAS DE TENSÃO

### 4.5.1 LIMITES ADEQUADOS DE TENSÃO

Conforme a tabela 4.33 reproduzida da publicação da ANEEL “Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional – PRODIST – Módulo 8 qualidade da energia elétrica”, temos os limites de tensão para regime permanente para tensões 220v/127v.

Tabela 4.33 – Classificação dos níveis de Tensão Nominal (220/127)

Tensão de Atendimento (TA)	Faixa de Variação da Tensão de Leitura (TL em Volts)
Adequada	$(201 \leq TL \leq 231) / (116 \leq TL \leq 133)$
Precária	$(189 \leq TL < 201 \text{ ou } 231 < TL \leq 233) /$ $(109 \leq TL < 116 \text{ ou } 133 < TL \leq 140)$
Crítica	$(TL < 189 \text{ ou } TL > 233) / (TL < 109 \text{ ou } TL > 140)$

FONTE: ANEEL - Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional – PRODIST – Módulo 8

### 4.5.2. APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

A Figura 4.7, apresenta os valores das tensões das fases A, B e C, registrados no período de medição.

A Tabela 4.34, mostra o valor máximo e mínimo registrado no dia 08 de abril de 2014.

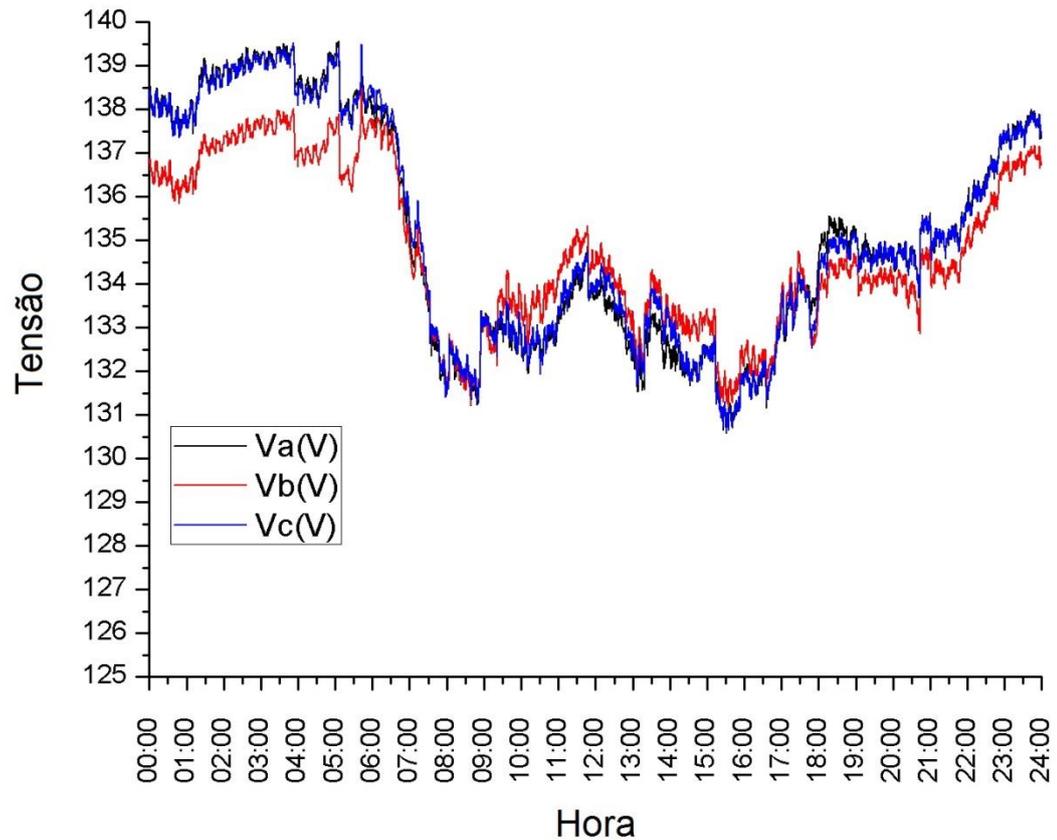


Figura 4.7 - Tensão das Fases, Terça-feira, 08 de abril de 2014.

A tabela 4.34, apresenta os valores máximos e mínimos das tensões em cada fase para o dia 08 de abril de 2014.

Tabela 4.34 Tensão Máxima e Mínima - Terça-feira, 08 de abril de 2014				
Tensão (V)	Valor Máximo	Horário	Valor Mínimo	Horário
Ua	139,57	05:06:00	130,58	15:31:00
Ub	138,50	05:42:30	131,18	15:34:30
Uc	139,53	03:52:30	130,62	15:31:00

#### 4.6 CURVAS DE CORRENTE

A Figura 4.8, apresenta os valores das correntes das fases A, B e C registrados no dia 08 de abril de 2014.

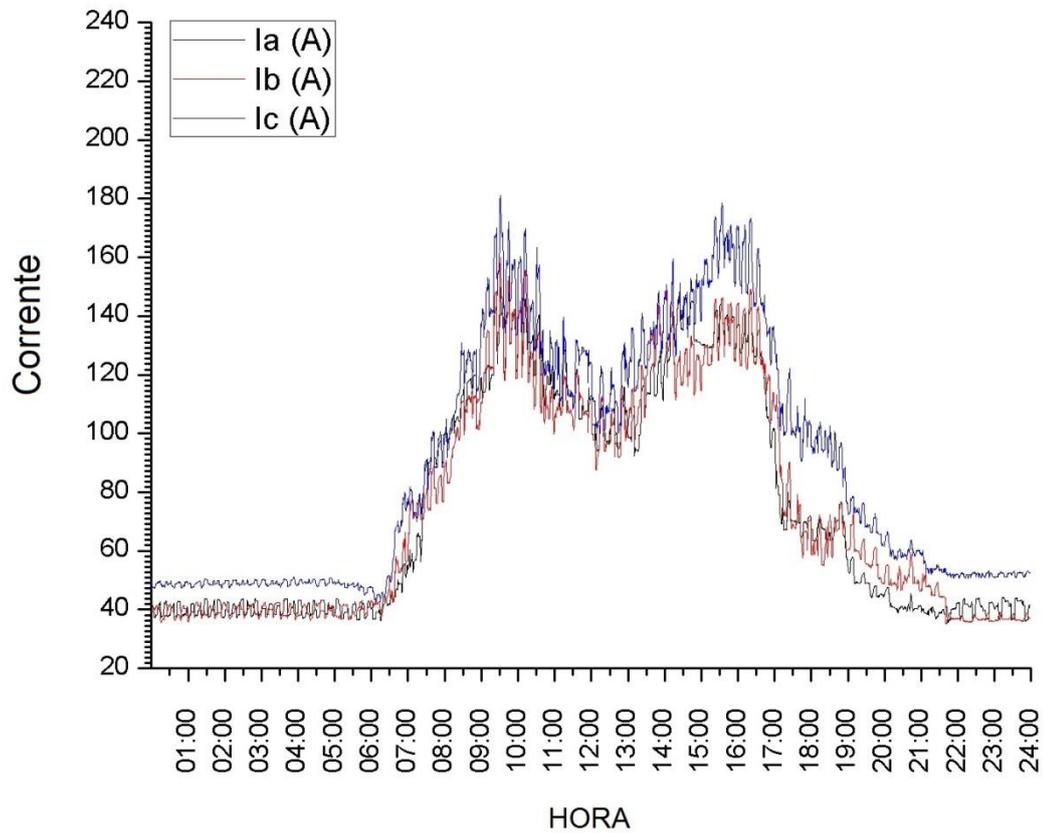


Figura 4.8 - Corrente das Fases, Terça-feira, 08 de abril de 2014.

A tabela 4.35 apresenta os valores máximos e mínimos das correntes em cada fase para o dia 08 de abril de 2014.

Tabela 4.35 - Corrente – Máximos e Mínimos, Terça-feira, 08 de abril de 2014				
Corrente (A)	Valor Máximo	Horário	Valor Mínimo	Horário
Ia	150,43	13:40:48	35,77	21:43:30
Ib	159,99	09:31:00	35,16	21:40:30
Ic	181,06	09:31:00	42,63	06:14:30

#### 4.7 SUGESTÕES E CONTRIBUIÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Uma sugestão para a realização de um diagnóstico energético em edificações já em funcionamento é apresentado na figura 4.9 contendo seis etapas, as quais podem sofrer ajustes conforma a particularidade de cada localidade.

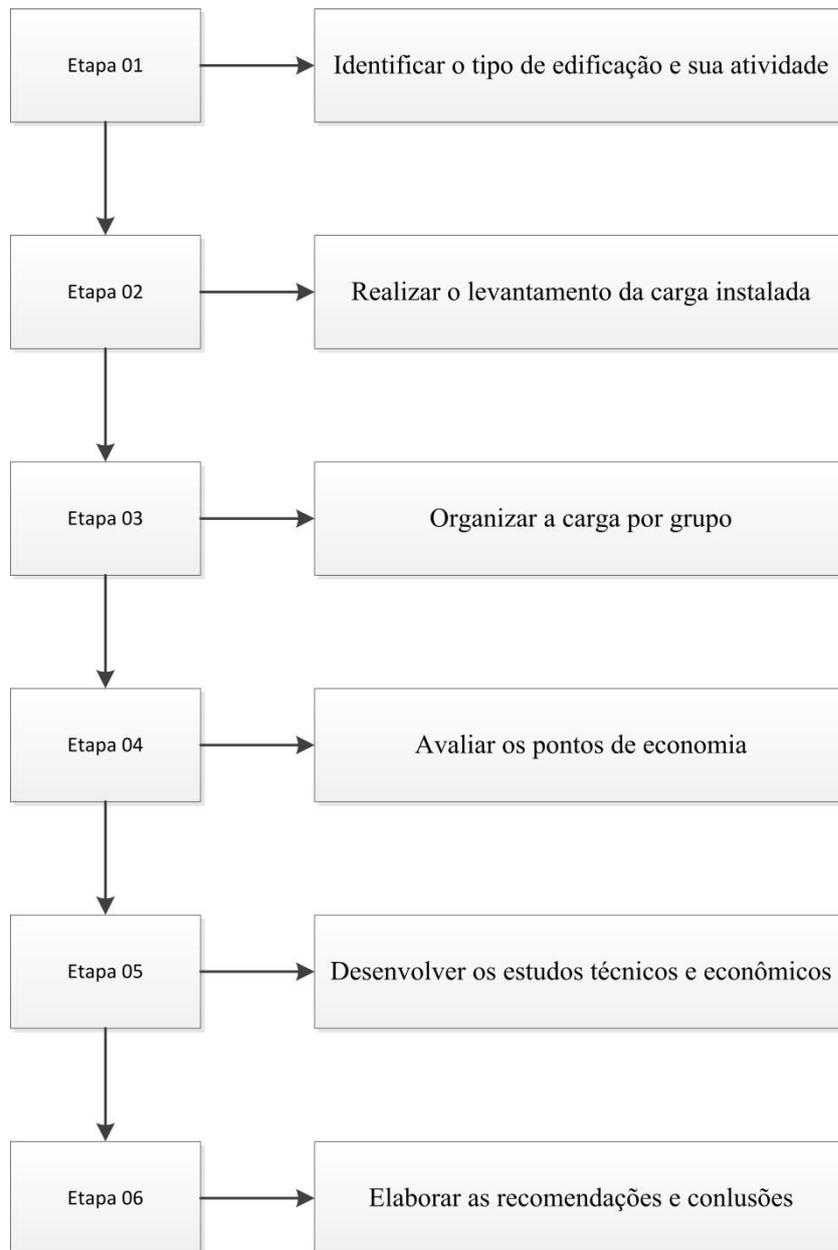


Figura 4.9 - Etapas para realização de um diagnóstico energético

## **4.8 RECOMENDAÇÕES**

Recomenda-se a instalação de um banco de capacitor trifásico fixo de 10 kVAr, no valor de R\$ 3.200,00 com custo de instalação de R\$ 800,00, totalizando R\$ 4.000,00 de investimento. A criação da CICE (Comissão Interna de Conservação de Energia), com o objetivo de propor, implementar e acompanhar medidas efetivas de utilização racional de energia elétrica além de controlar e divulgar as informações mais relevantes.

Incentivar medidas comportamentais para um melhor uso da energia elétrica em prédios públicos.

Adotar medidas drásticas para ter resultados imediatos para a conservação de energia elétrica nas edificações.

## 1. CONCLUSÃO

Com a realização do diagnóstico energético, ficou claro sua contribuição para o melhoramento da eficiência energética das edificações analisadas.

Nos pontos analisados dessa dissertação (ar condicionado, iluminação, computadores) e fator de potência horário obteve-se a real possibilidade de uma redução do consumo de energia elétrica com a troca dos equipamentos de ar condicionados antigos do tipo janela por modelos Split com o selo PROCEL Classe A.

Como as edificações são ocupadas por três unidades diferentes realizou-se o estudo por instituição chegando aos seguintes valores:

Comprovou-se, como esperado que a carga de maior significância em edificações públicas de ensino é a de refrigeração sendo responsável por 47% de toda a carga analisada, ou seja, o trabalho realizado nessa carga faz muita diferença no diagnóstico energético devendo ser analisada com bastante atenção. Neste trabalho, chegou-se depois de uma análise das opções de substituição dos aparelhos existentes, por aparelhos modernos, pode-se obter uma redução 39.259 W na potência instalada que corresponde a uma redução de 34,62%.

O investimento para troca dos aparelhos considerando a mão de obra para execução é de R\$ 99.140,25 considerando valores comerciais médios para cada modelo e a economia anual gerada por essa troca é de R\$ 51.553, proporcionando um retorno do investimento em 23 meses. Ou seja é um investimento que deve-se considerar, pois seguramente além de ser viável economicamente, esses aparelhos mais modernos proporcionam um local de trabalho mais agradável com menos ruídos e melhorando a qualidade do ar.

Na iluminação, executando a proposta desse trabalho tem-se uma redução de 7.156 W na potência instalada que corresponde a uma redução de 31,84%.

O investimento para executar a proposta na iluminação é de R\$ 41.725,50 e a economia anual gerada é de R\$ 9.398,16, proporcionando um retorno em 53 meses, portanto não sendo viável sua implantação devido ao elevado custo das luminárias. No entanto para novas instalações é uma ótima opção.

O fator de potência corrigido proporciona uma folga no transformado que passa a disponibilizar mais energia ativa, melhora os níveis de tensões e reduz o custo com energia elétrica pelo não pagamento do excesso de reativo. Com a economia gerada pelas ações

propostas no diagnóstico energético é possível implantar as medidas com pouco investimento e a certeza que em pouco tempo terá o retorno além de modernizar os equipamentos e aparelhos contribuindo com o meio ambiente como no caso dos aparelhos de ar condicionados que utilizam o gás refrigerante R410a conhecido também como gás ecológico, que não agride o meio ambiente.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACEEE – **American Council for an Energy-Efficient Economy - Consumer Guide to Home Energy Savings: Condensed Online Version - Cooling Equipment**, 2007.

ANEEL – **Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional – PRODIST, Módulo 8 – Qualidade da Energia Elétrica**. 2011.

ASHREA, **Fundamentals Handbook, American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers**. USA, 1993.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5413: Iluminância de interiores**. Rio de Janeiro, 1992.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6023: informação e documentação: referências elaboração**. Rio de Janeiro, 2002.

CAPELLI, A. **Energia elétrica para sistemas automáticos de produção**. 1ª ed. São Paulo: Erica, 2007. 320p.

CLASP. **Energy-Efficiency Labels and Standards: A Guidebook for Appliances, Equipment and Lighting**. Lead authors: WIEL, Stephen and MCMAHON, James E., Collaborative Labeling and Appliance Standards Program (CLASP), February, 2005, 205 p.

CARÇÃO, J. F. de C. **Tarifas de energia elétrica no brasil**. 2011. 103p. Dissertação ( Mestrado ) Escola politécnica da universidade de São Paulo, São paulo, 2011.

CREDER, H. **Instalações Elétricas**. 15ª ed. Rio de Janeiro: LTC, 2007.440p.

DIAS, A. F. A. **Análise do uso da luz natural em salas de aula: Estudo de caso em Aracaju-SEe.** 2011, 142p. Dissertação (Mestrado) Universidade federal de Alagoas – UFAL, Maceió, 2011.

ELETROBRÁS. **Programa PROCEL.** Disponível em:  
[www.eletronbras.gov.br](http://www.eletronbras.gov.br) . Acesso 17 de agosto 2013.

ÉVORA, A. C. D. **Diagnostico energético e reengenharia do processo de secagem de revestimentos.** 2010. 163p. Dissertação ( Mestrado) Instituto Superior de Engenharia do Porto – ISEP, Porto, 2010.

GELLER, H. S. **Minimum Efficiency Performance Standards, Labels, and Test Procedures for Refrigerators, Freezers, and Room Air Conditioners in Canada, Mexico, the United States, China, and Other Developing and Transition Nations.** 2006. 19p

Disponível em:

<http://www.clasponline.org/en/Resources/Resources/PublicationLibrary/2006/MEPS-test-procedures-labels-in-US-Canada-Mexico-China-and-others.aspx#English%20Version>

GOMES, M. M. de A. **A iluminação no contexto da certificação energética.** 2009. 173p. Dissertação (Mestrado) Faculdade de Engenharia Universidade do Porto – FEUP, Porto, 2009.

GUILLIOD, S. M., CORDEIRO, M. L. R., **Manual do Pré-Diagnóstico Energético: Autodiagnóstico na Área de Prédios Públicos** - Rio de Janeiro, dezembro, 2010. 53p.

Disponível em:

[http://www.orcamentofederal.gov.br/eficiencia-do-gasto/Manual\\_Pre-Diagnostico\\_Energetico\\_Projeto\\_Eficiencia\\_Energetica\\_Predio\\_Publicos.pdf](http://www.orcamentofederal.gov.br/eficiencia-do-gasto/Manual_Pre-Diagnostico_Energetico_Projeto_Eficiencia_Energetica_Predio_Publicos.pdf)

KALACHE, N. **Investigação dos parâmetros de desempenho energético de um ventilador centrífugo industrial tipo siroco.** 2011. 93p. Dissertação (Mestrado) Universidade Federal de Mato Grosso do Sul – UFMS, Campo Grande, 2011.

KARMOUCHE, A. R. **Análise da eficiência energética em compressores a pistão em sistemas de ar comprimido.** 2009. 92p. Dissertação (Mestrado) Universidade Federal de Mato Grosso do Sul – UFMS, campo Grande, 2009.

MACHADO, R. A. **Determinação dos coeficientes e avaliação das equações de desempenho de condicionadores de ar com vazão de refrigerante variável.** 2014. 127p. Dissertação (Mestrado) Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS, Porto Alegre, 2014.

MOREIRA, R. S. **Comparação da viabilidade técnica-econômica em condicionamento de ar: Compressor a pistão versus compressor rotativo de velocidade variável.** 2009. 116p. Dissertação (Mestrado) Universidade Estadual Paulista – UNESP, Guaratinguetá, 2009.

NETO, J. V. T. **Diagnóstico Energético em uma Unidade de Separação de Gases.** 2010. 57P. Trabalho de conclusão de curso - Universidade de Pernambuco – UPE, Recife, 2010

NETO, M. J. F.; LIRA, L.; SILVA, M. F.; ROCHA, J. J. B.; JÚNIOR, J. A. A. **Auditoria energética no Instituto Federal de Alagoas – Campus Palmeira dos Índios/AL: Estudo de caso.** CONNEPI 2010. 8p.

Disponível em:

<http://connepi.ifal.edu.br/ocs/index/connepi/CONNEPI2010/paper/view/707/426>

PENA, S. M. **Sistemas de Ar Condicionado e Refrigeração.** 1ª Edição. Rio de Janeiro: PROCEL, 2002. 96p.

SANTOS, L. O., SOUZA, E.E., ARRIFIANO, R. C. D., CORRÊA, F. **Diagnóstico Energético em Empresa de Venda e Assistência Técnica de Equipamentos Médicos.** Revista Engenharia Elétrica nº 2, 2014.

SANTOS, A.H.M.; SIMÕES, A. A.; MARTINS, A. R. S.; VIANA, A. N. C. **Conservação de Energia: Eficiência Energética de Equipamentos e Instalações.** 3º ed. Itajubá: Eletrobrás/PROCEL EDUCAÇÃO e UNIFEI, 2006. 621p.

SANTOS, C. R. A. **Iluminação pública e Sustentabilidade Energética**. 2011. 155p. Dissertação (Mestrado) Faculdade de Engenharia Universidade do Porto – FEUP, Porto, 2011

SCRIDELLI, M. **Eficiência Energética – Oportunidade de Negócio**. Apresentação. CPFL Paulista. pp3. Acessado em: Dezembro de 2013.

SILVA, C. I. **Correção do fator de potência de cargas industriais com dinâmica rápida**. 2009. 241p. Dissertação (Mestrado) Universidade federal de Minas Gerais – UFMG, Belo Horizonte, 2009.

SILVA, N. F. V. da. **Iluminação Led: Avaliação econômica e ambiental**. 2013. 93p. Dissertação ( Mestrado) Faculdade de Engenharia Universidade do Porto – FEUP, Porto, 2013

SOUZA<sub>1</sub>, E. P. **Economia de energia em ar condicionado no Brasil: Eficiência e economicidade**. 2010. 137p. Dissertação ( Mestrado) Universidade Federal de Itajubá – UNIFEI, Itajubá, 2010.

SOUZA<sub>2</sub>, W. B. **Comparação entre dois sistemas de ar condicionados para um prédio histórico**. 2010. 29p. Dissertação ( Graduação) Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS, Porto Alegre, 2010.

SZYSKA, E. e AMÉRICO, M. (2006). **Metodologia de realização de diagnóstico energético: Guia avançado**. Pub. PROCEL/ELETRONBRAS, 51 p.

<http://www.adias.com.br/>

## ANEXO A

### DEFINIÇÕES

**Demanda:** média das potências elétricas ativas ou reativas, solicitadas ao sistema elétrico pela parcela da carga instalada em operação na unidade consumidora, durante um intervalo de tempo especificado, expressa em quilowatts (kW) e quilovolt-ampère-reactivo (kvar), respectivamente.

**Demanda Contratada:** é a demanda de potência ativa a ser obrigatória e continuamente disponibilizada pela distribuidora, no ponto de entrega, conforme valor e período de vigência fixados em contrato, que deve ser integralmente paga, seja ou não utilizada durante o período de faturamento, expressa em quilowatts (kW).

**Demanda Faturada:** é valor da demanda de potência ativa, considerada para fins de faturamento, com aplicação da respectiva tarifa, expressa em quilowatts (kW).

**Demanda medida:** é o maior demanda de potência ativa, verificada por medição, integralizada em intervalos de 15 (quinze) minutos durante o período de faturamento.

**Consumo de energia elétrica ativa:** é o valor que representa o somatório das energias elétricas utilizadas pelos equipamentos de uma unidade consumidora ao longo de um período determinado.

**Energia elétrica ativa:** é expresso em quilowatts-hora (kWh). Representa o resultado da multiplicação da potência de um equipamento pelo seu tempo de utilização.

**Energia elétrica reativa:** energia elétrica que circula continuamente entre os diversos campos elétricos e magnéticos de um sistema de corrente alternada, sem produzir trabalho, expressa em quilovolt-ampère-reactivo-hora (kVArh).

**Reativos:** é o tipo de energia e demanda inerentes às características construtivas de determinados equipamentos elétricos (ex: motores, lâmpadas fluorescentes, etc.) que provocam efeitos indesejáveis ao sistema elétrico da distribuidora.

**Consumo de energia elétrica ativa:** é o valor que representa o somatório da energia utilizada pelos equipamentos de uma unidade consumidora ao longo de um período determinado.

**Fator de potência:** é uma relação entre potência ativa e potência reativa. Trata-se da diferença entre o consumo aparente e o consumo real. Indica a eficiência com a qual a energia está sendo usada. A principal vantagem em corrigir o fator de potência é a economia que gera na conta de energia elétrica, além de evitar multas.

**Horário de ponta:** Período 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, exceto para finais de semana e feriados definidos na Resolução Normativa nº 414/2010. A Energisa (ENERSUL) considera o posto horário de ponta das 17h30 às 20h30 e como média mensal de horas utilizadas, adota 66 horas.

**Horário fora de ponta:** período composto pelo conjunto das horas diárias consecutivas e complementares aquelas definidas no HORÁRIO DE PONTA.

**Grupo B:** unidades consumidoras com fornecimento em tensão inferior a 2,3kV, caracterizado pela tarifa monômnia. Subgrupo B1 – residencial, subgrupo B2 – rural, subgrupo B3 – comercial/industrial.

**Grupo A:** unidades consumidoras com fornecimento de energia elétrica em tensão igual ou superior a 2,3 KV. É subdividida por tensões de fornecimento, no qual a classe de tensão A4 varia de 2,3 kV a 25 kV.

**Modalidade tarifária - Grupo B:** caracteriza-se por tarifas aplicáveis à componente de consumo de energia elétrica, independentemente das horas de utilização do dia.

**Modalidade tarifária - Grupo A:** modelo de tarifas aplicáveis às componentes de consumo de energia elétrica ativa e demanda.

**Tarifa convencional:** modalidade caracterizada pela aplicação de tarifas de consumo de energia elétrica e demanda independente da hora de utilização do dia.

**Tarifas horárias:** modalidade caracterizada pela aplicação de tarifas diferenciadas de consumo de energia elétrica e demanda, de acordo com o horário de utilização do dia.

**Tarifa Azul:** modalidade caracterizada pela aplicação de tarifas diferenciadas de consumo de energia elétrica de acordo com o horário de utilização do dia. A tarifa de demanda também é diferenciada de acordo com os horários do dia.

**Tarifa Verde:** modalidade caracterizada pela aplicação de tarifas diferenciadas de consumo de energia elétrica de acordo com as horas de utilização do dia. Já a tarifa de demanda é única independente do horário do dia.

**Bandeiras tarifárias:** O sistema de bandeiras tarifárias é representado pelas cores verde, amarela e vermelha, no qual a bandeira verde significa baixo custo para gerar energia, a amarela indica sinal de atenção pois o custo de geração está aumentando e a bandeira vermelha indica que a situação está se agravando e a oferta de energia para atender a demanda é feita com maiores custos de geração, através do acionamento das termelétricas por exemplo, cujo custo de produção é superior ao das hidrelétricas. O ano de 2014 foi adotado como período de teste para simular os resultados obtidos caso fossem aplicadas as bandeiras amarela e vermelha e foi divulgado aos consumidores os procedimentos de aplicação do sistema de bandeiras.

## ANEXO - B

### CURVAS DE POTÊNCIAS

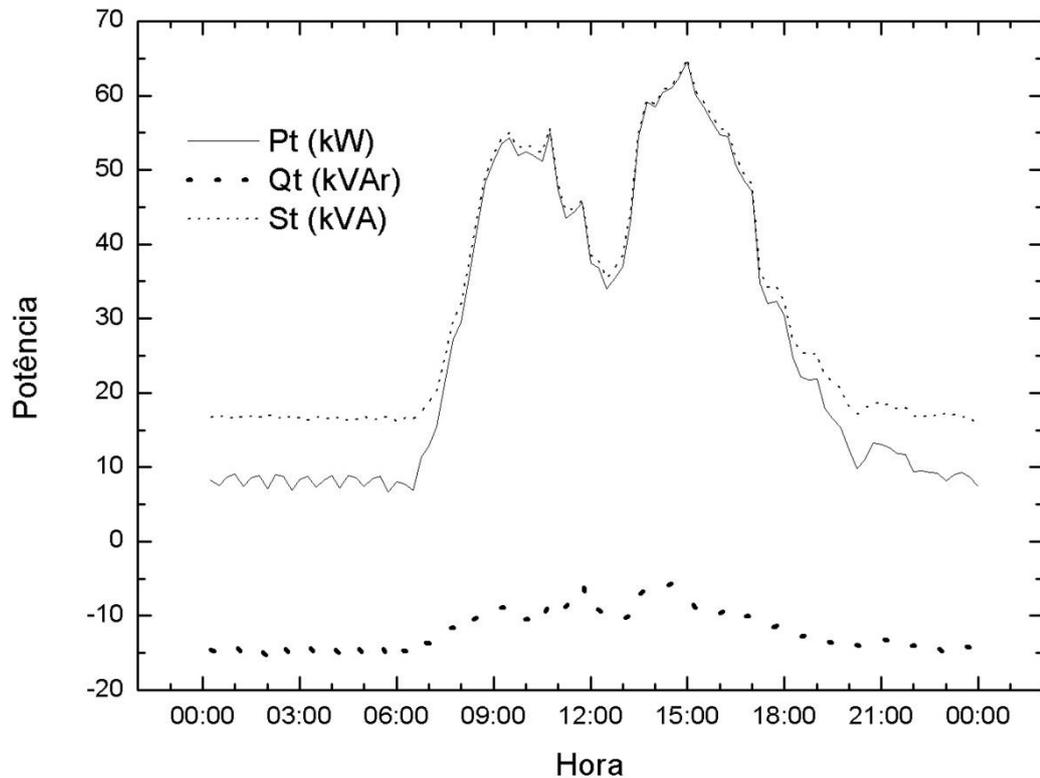


Figura B.1 - Curvas de Carga - Quarta-feira, 09 de abril de 2014

Tabela B.1 - Potências Máximas e Mínimas- quarta-feira, 09/04/2014				
Grandezas	Valor Máximo	Horário (hs)	Valor Mínimo	Horário (hs)
Pt(KW)	64,52	15:00	6,74	05:45
Qt(KVAr)	-5,61	14:30	-15,69	05:45
St(KVA)	64,96	15:00	15,74	00:00
Fator de Carga:				0,42

A tabela B.1 apresenta o valor de consumo das potências para seus valores máximas e mínimas e o horário de suas ocorrências para o dia 09 de abril de 2014. Assim fica evidente que o comportamento dos usuários reflete nos valores coletados pelo medidor.

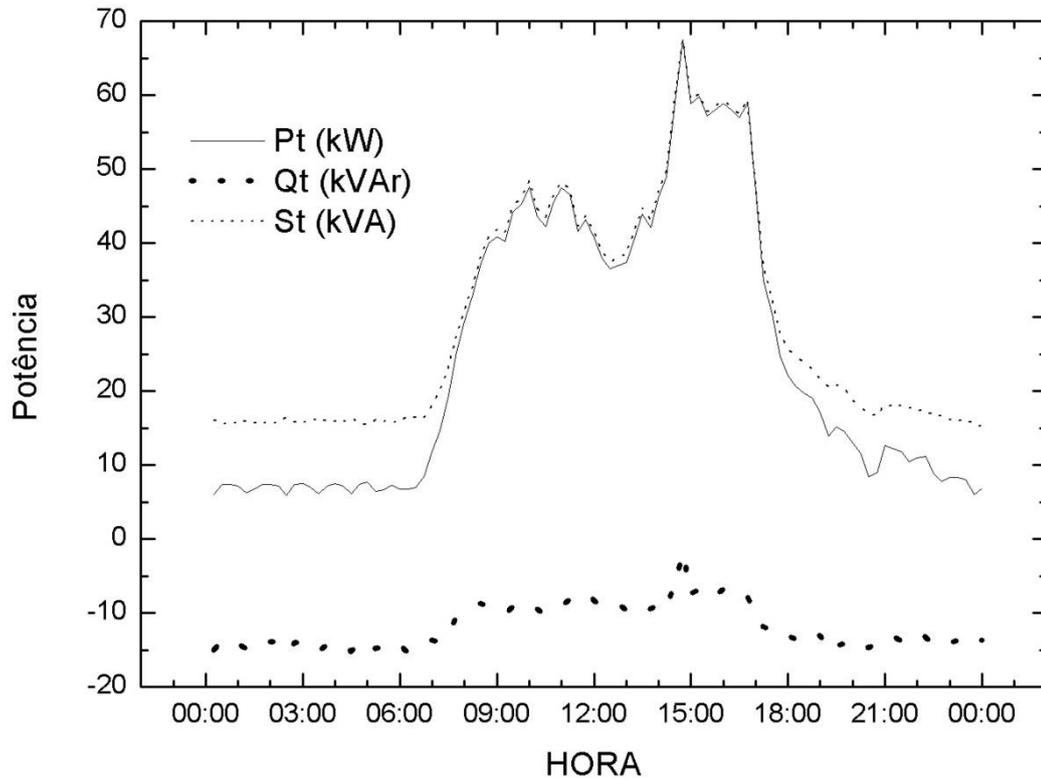


Figura B.2 - Curvas de Carga - Quinta-feira, 10 de abril de 2014

Tabela B.2 - Potências Máximas e Mínimas- quinta-feira, 10/04/2014				
Grandezas	Valor Máximo	Horário (hs)	Valor Mínimo	Horário (hs)
Pt(KW)	67,44	14:45	5,93	02:30
Qt(KVAr)	-1,91	14:45	-15,46	02:30
St(KVA)	67,46	14:45	15,25	00:00
Fator de Carga:				0,37

A figura B.2 apresenta um comportamento semelhante ao da figura B.1 em relação ao horário de ocorrência dos valores de consumo máximos de potências, mas em relação ao valor das potências temos valores diferentes, o que pode representar que as atividades na quinta-feira são mais concentradas no período vespertino.

A tabela B.2 apresenta o valor de consumo das potências para seus valores máximos e mínimos e o horário de suas ocorrências para o dia 10 de abril de 2014. Assim fica evidente que o comportamento dos usuários reflete nos valores coletados pelo medidor.

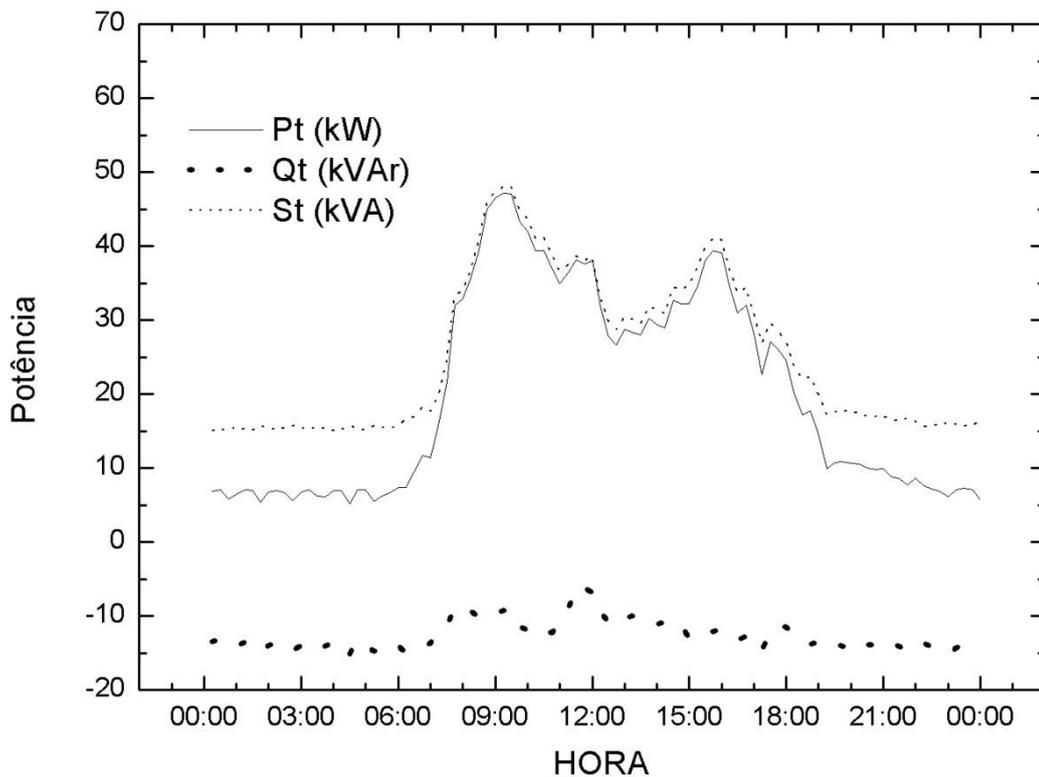


Figura B.3 - Curvas de Carga - Sexta-feira, 11 de abril de 2014

Tabela B.3 - Potências Máximas e Mínimas- sexta-feira, 11/04/2014				
Grandezas	Valor Máximo	Horário (hs)	Valor Mínimo	Horário (hs)
Pt(KW)	47,14	09:15	5,21	04:30
Qt(KVAr)	-6,21	11:45	-15,37	00:00
St(KVA)	48,04	09:15	15,04	00:15
Fator de Carga:	0,42			

A figura B.3 apresenta um comportamento semelhante ao da figura B.2, em relação ao horário de ocorrência dos valores de consumo máximos de potências, mas em relação ao valor das potências temos valores diferentes, o que pode representar que as atividades na sexta-feira são mais concentradas no período matutino.

A tabela B.3 apresenta o valor de consumo das potências para seus valores máximas e mínimas e o horário de suas ocorrências para o dia 11 de abril de 2014. Assim fica evidente que o comportamento dos usuários reflete nos valores coletados pelo medidor.

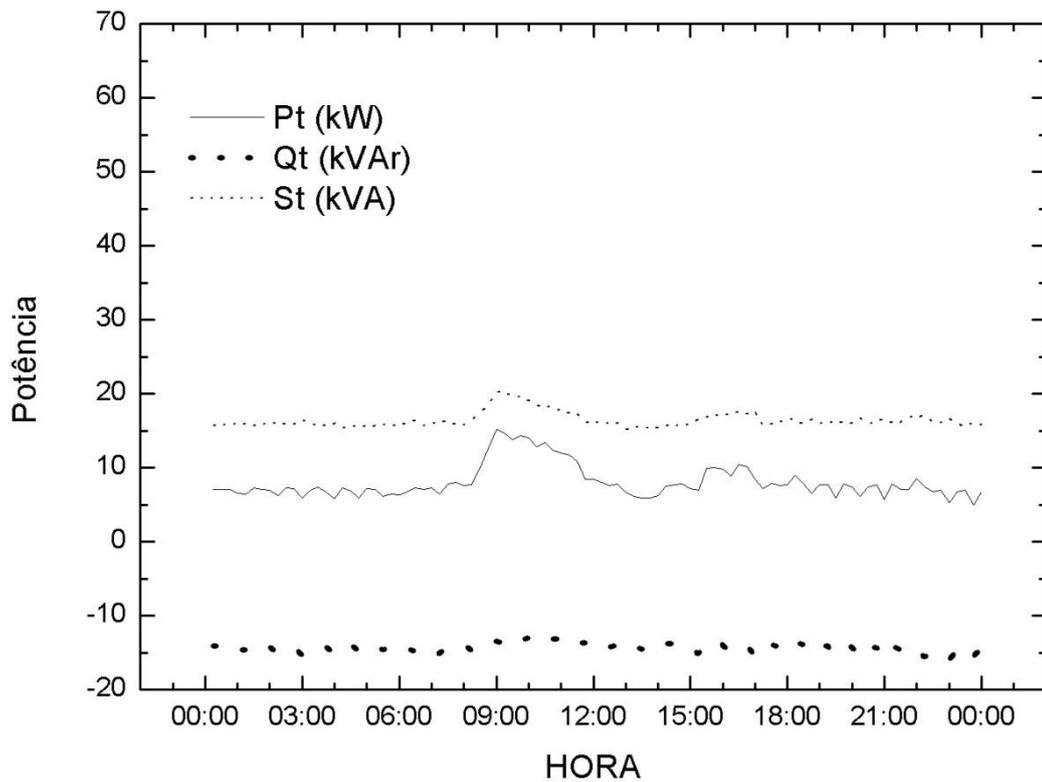


Figura B.4 - Curvas de Carga - Sábado, 12 de abril de 2014

Tabela B.4 - Potências Máximas e Mínimas- sábado, 12/04/2014				
Grandezas	Valor Máximo	Horário (hs)	Valor Mínimo	Horário (hs)
Pt(KW)	15,16	09:00	4,94	23:45
Qt(KVAr)	-12,73	10:30	-15,85	23:00
St(KVA)	20,25	09:00	15,22	13:00
Fator de Carga:	0,53			

A figura B.4 apresenta um comportamento totalmente diferente em relação às figuras anteriores. Tal fato deve-se a diminuição das atividades nos fins de semana.

A tabela B.4 apresenta o valor de consumo das potências para seus valores máximas e mínimas e o horário de suas ocorrências para o dia 12 de abril de 2014. Observa-se que no sábado, devido à diminuição das atividades realizadas nas edificações, os valores das potências máximas e mínimas diminuem significativamente. Pode-se verificar que com certeza temos menos usuários nas edificações.

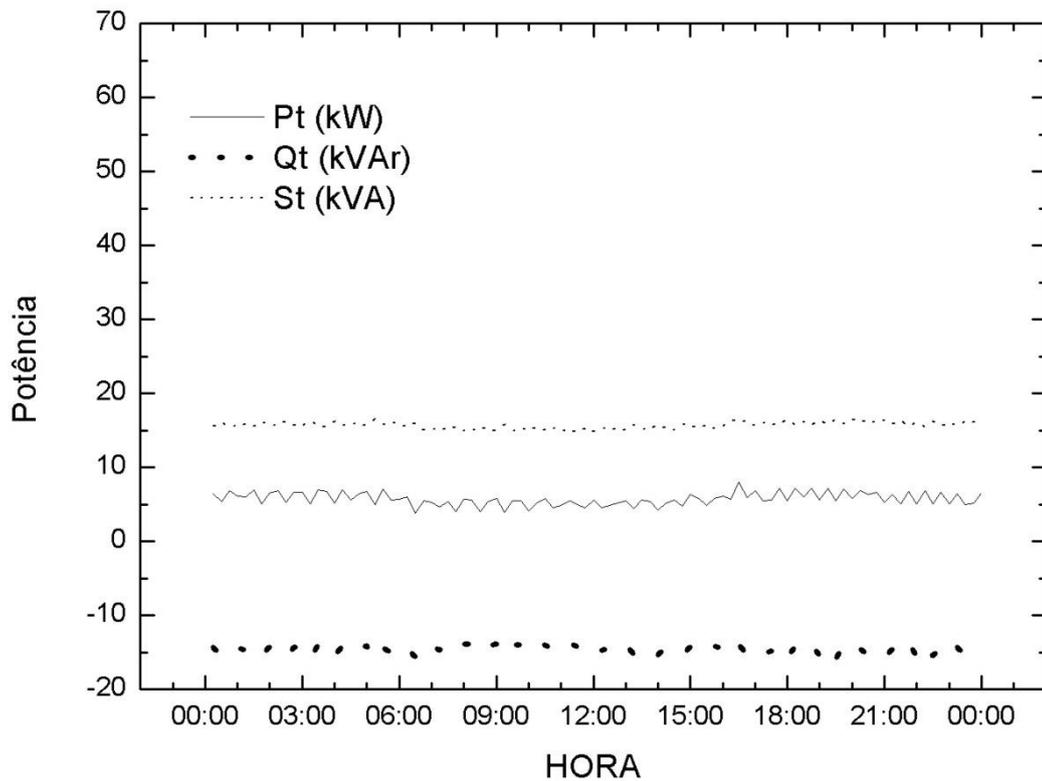


Figura B.5 - Curvas de Carga - Domingo, 13 de abril de 2014

Tabela B.5 - Potências Máximas e Mínimas- domingo, 13/04/2014				
Grandezas	Valor Máximo	Horário (hs)	Valor Mínimo	Horário (hs)
Pt(KW)	8,08	16:30	3,8	06:30
Qt(KVAr)	-13,78	11:15	-15,81	05:15
St(KVA)	16,64	19:30	14,84	11:15
Fator de Carga:	0,71			

A figura B.5 também apresenta um comportamento totalmente diferente em relação às figuras anteriores inclusive a figura B.4 do dia 12 de abril de 2014 um sábado. Isso se deve a não existência de expediente no domingo nas edificações.

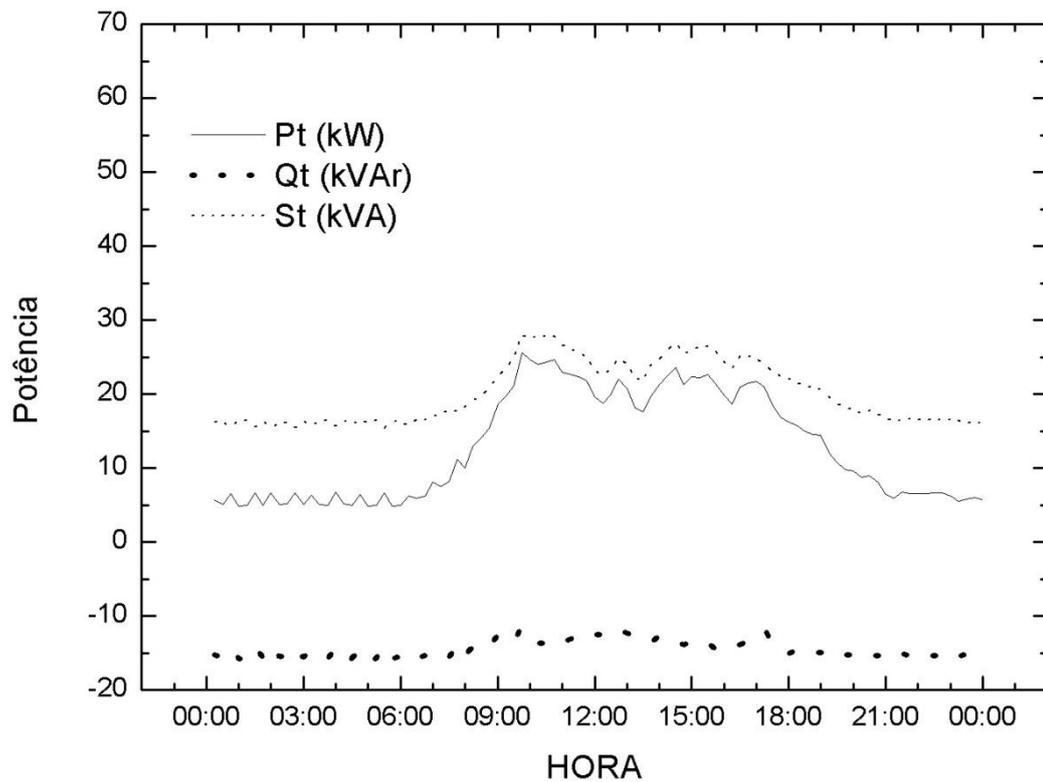


Figura B.6 - Curvas de Carga - Segunda-feira, 14 de abril de 2014

Tabela B.6 - Potências Máximas e Mínimas- segunda-feira, 14/04/2014				
Grandezas	Valor Máximo	Horário (hs)	Valor Mínimo	Horário (hs)
Pt(KW)	25,58	09:30	4,82	00:45
Qt(KVAr)	-11,28	09:30	-15,96	07:00
St(KVA)	27,96	09:30	15,43	01:45
Fator de Carga:	0,5			

A figura B.6 apresenta um comportamento diferente em relação aos outros dias da semana. Tal fato pode ser ocasionado pela distribuição das atividades na semana. Observa-se que os horários das máximas continuam em torno das 09:00 horas período matutino e das 15:00 horas no período vespertino.

A tabela B.6 apresenta o valor de consumo das potências para seus valores máximas e mínimas e o horário de suas ocorrências para o dia 14 de abril de 2014.

Observa-se nos gráficos que as curvas de potência ativa e aparente são praticamente iguais. Isto é devido ao valor da potência reativa ser muito menor em relação a ambos. Uma baixa demanda de potência reativa indutiva solicitada pelo consumidor indica a

predominância de cargas resistivas, cargas com alto fator de potência ou a presença de bancos de capacitores instalados para correção do fator de potência.

Através das curvas de carga observa-se que a máxima demanda de potências ativa, reativa e aparente foi respectivamente 67,44 kW; -1,91 kVAr (indutivo –adiantado); 67,46 kVA; registradas no dia quinta-feira, 10 de abril de 2014 às 14:45 horas.

Portanto, constata-se que o transformador de 150 kVA opera com folga de aproximadamente 55% de sua potência nominal, no instante em que foi registrada a maior potência aparente.

Em relação aos fatores de carga diários, o mesmo manteve-se entre 0,37 a 0,71; conforme mostram as tabelas acima. Um fator de carga próximo de 1,00 indica que as cargas elétricas foram utilizadas racionalmente ao longo do tempo. Por outro lado, um fator de carga baixo indica que houve concentração de consumo em um curto período de tempo.

## ANEXO - C

### FATOR DE POTÊNCIA

Pela figura C.1 verifica-se o comportamento do fator de potência de hora em hora no dia 09 de abril de 2014. Com essa informação é possível prever a necessidade ou não de medidas para sua correção.

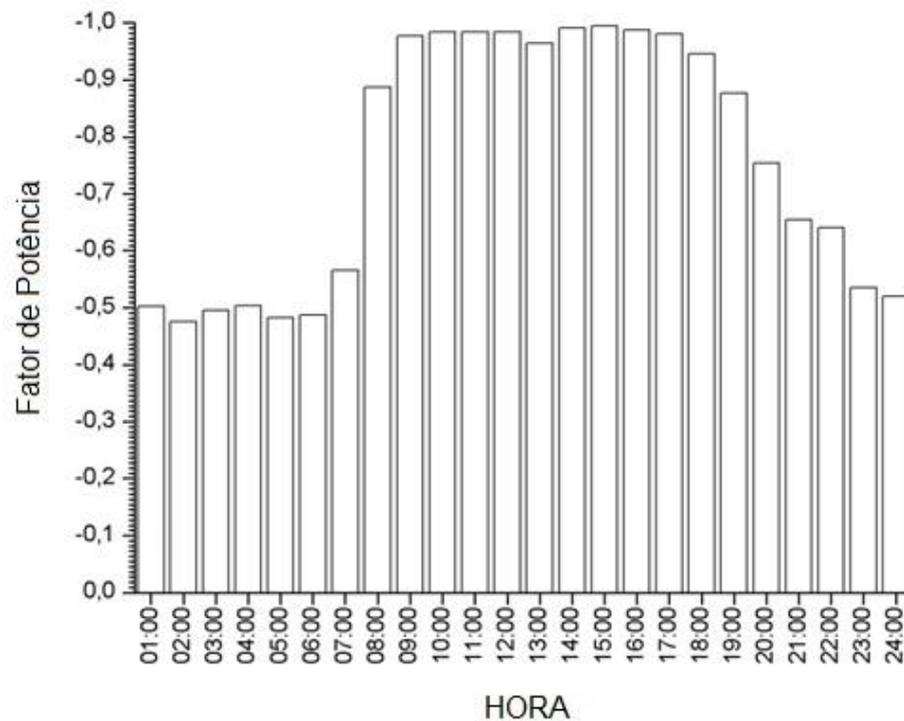


Figura C.1 - Curva de Fator de Potência, Quarta-feira, 09 de abril de 2014

A tabela C.1 apresenta o valor do fator de potência (Fp) horário medido a cada hora no dia 09 de abril de 2014.

Tabela C.1 - Fator de Potência Horário - Quarta-feira, 09 de abril de 2014

Horário	Fp	Horário	Fp	Horário	Fp	Horário	Fp
01:00	-0,5	07:00	-0,56	13:00	-0,96	19:00	-0,88
02:00	-0,48	08:00	-0,89	14:00	-0,99	20:00	-0,75
03:00	-0,5	09:00	-0,98	15:00	-0,99	21:00	-0,65
04:00	-0,5	10:00	-0,98	16:00	-0,99	22:00	-0,64
05:00	-0,48	11:00	-0,98	17:00	-0,98	23:00	-0,53
06:00	-0,49	12:00	-0,98	18:00	-0,95	00:00	-0,52

A figura C.2 apresenta o comportamento do fator de potência horário do transformador para o dia 10 de abril de 2014.

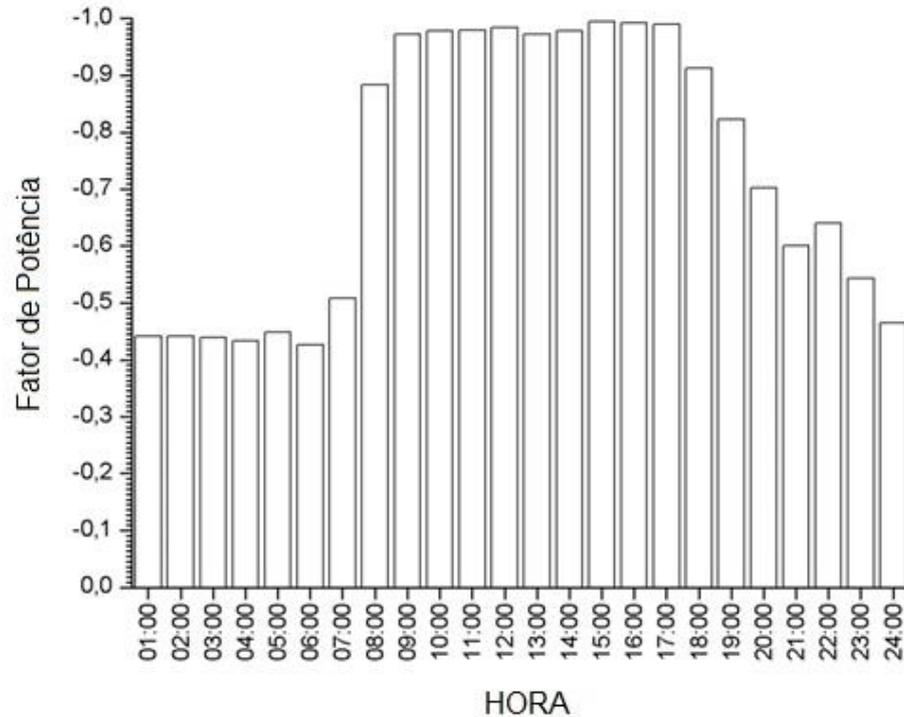


Figura C.2 - Curva de Fator de Potência, Quinta-feira, 10 de abril de 2014

A tabela C.2 apresenta o valor do fator de potência (Fp) horário medido a cada hora no dia 10 de abril de 2014.

Tabela C.2 - Fator de Potência Horário - Quinta-feira, 10 de abril de 2014

Horário	Fp	Horário	Fp	Horário	Fp	Horário	Fp
01:00	-0,44	07:00	-0,51	13:00	-0,97	19:00	-0,82
02:00	-0,44	08:00	-0,88	14:00	-0,98	20:00	-0,7
03:00	-0,44	09:00	-0,97	15:00	-0,99	21:00	-0,6
04:00	-0,43	10:00	-0,98	16:00	-0,99	22:00	-0,64
05:00	-0,45	11:00	-0,98	17:00	-0,99	23:00	-0,54
06:00	-0,43	12:00	-0,98	18:00	-0,91	00:00	-0,47

Pela figura C.3, novamente vemos o mesmo comportamento do fator de potência no dia 11 de abril de 2014.

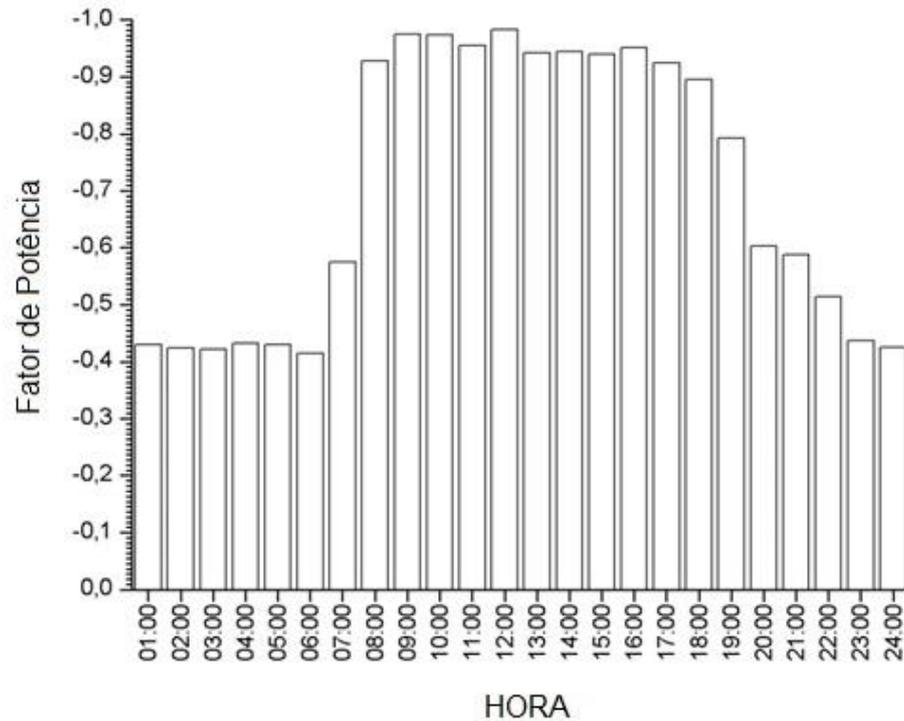


Figura C.3 - Curva de Fator de Potência, Sexta-feira, 11 de abril de 2014

A tabela C.3 apresenta os valores do fator de potência (Fp) do transformador que alimenta as edificações no dia 11 de abril de 2014.

Tabela C.3 - Fator de Potência Horário - Sexta-feira, 11 de abril de 2014

Horário	Fp	Horário	Fp	Horário	Fp	Horário	Fp
01:00	-0,43	07:00	-0,58	13:00	-0,94	19:00	-0,79
02:00	-0,42	08:00	-0,93	14:00	-0,94	20:00	-0,6
03:00	-0,42	09:00	-0,98	15:00	-0,94	21:00	-0,59
04:00	-0,43	10:00	-0,97	16:00	-0,95	22:00	-0,51
05:00	-0,43	11:00	-0,95	17:00	-0,92	23:00	-0,44
06:00	-0,42	12:00	-0,98	18:00	-0,9	00:00	-0,43

A figura C.4 apresenta um comportamento diferente do fator de potência no dia 12 de abril de 2014. Isso ocorre pela diminuição das atividades no sábado.

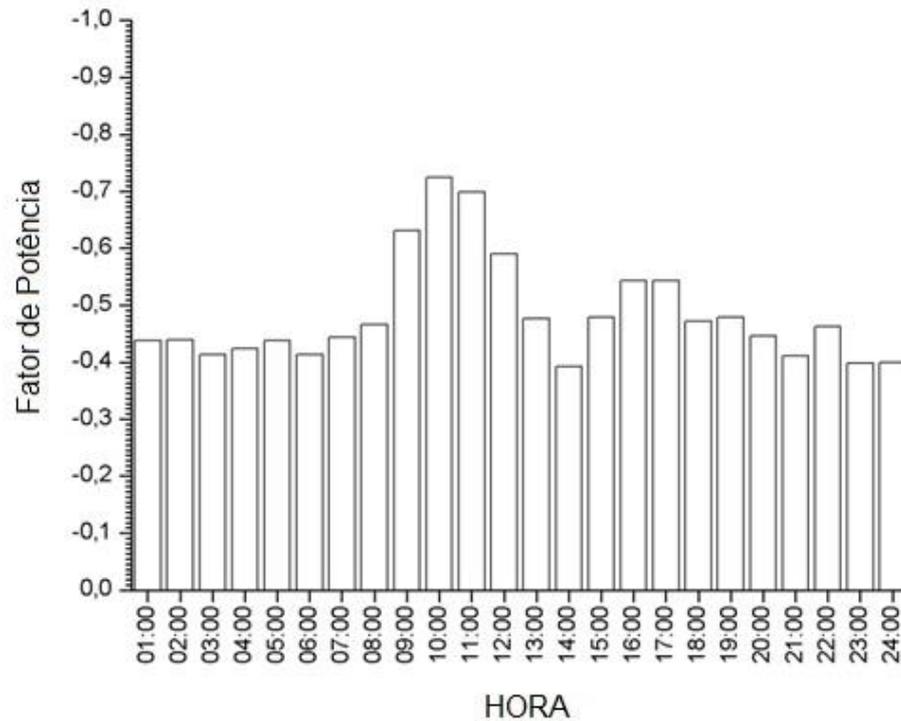


Figura C.4 - Curva de Fator de Potência, Sábado, 12 de abril de 2014

A tabela C.4 apresenta os valores do fator de potência (Fp) do transformador que alimenta as edificações no dia 12 de abril de 2014.

Tabela C.4 - Fator de Potência Horário - Sábado, 12 de abril de 2014

Horário	Fp	Horário	Fp	Horário	Fp	Horário	Fp
01:00	-0,44	07:00	-0,44	13:00	-0,48	19:00	-0,48
02:00	-0,44	08:00	-0,47	14:00	-0,39	20:00	-0,45
03:00	-0,41	09:00	-0,63	15:00	-0,48	21:00	-0,41
04:00	-0,42	10:00	-0,72	16:00	-0,54	22:00	-0,46
05:00	-0,44	11:00	-0,70	17:00	-0,54	23:00	-0,40
06:00	-0,41	12:00	-0,59	18:00	-0,47	00:00	-0,40

A figura C.5 apresenta um comportamento do fator de potência no dia 13 de abril de 2014. Observa-se que todos os valores estão bem abaixo dos demais dias, ou seja, o transformador está praticamente em vazio.

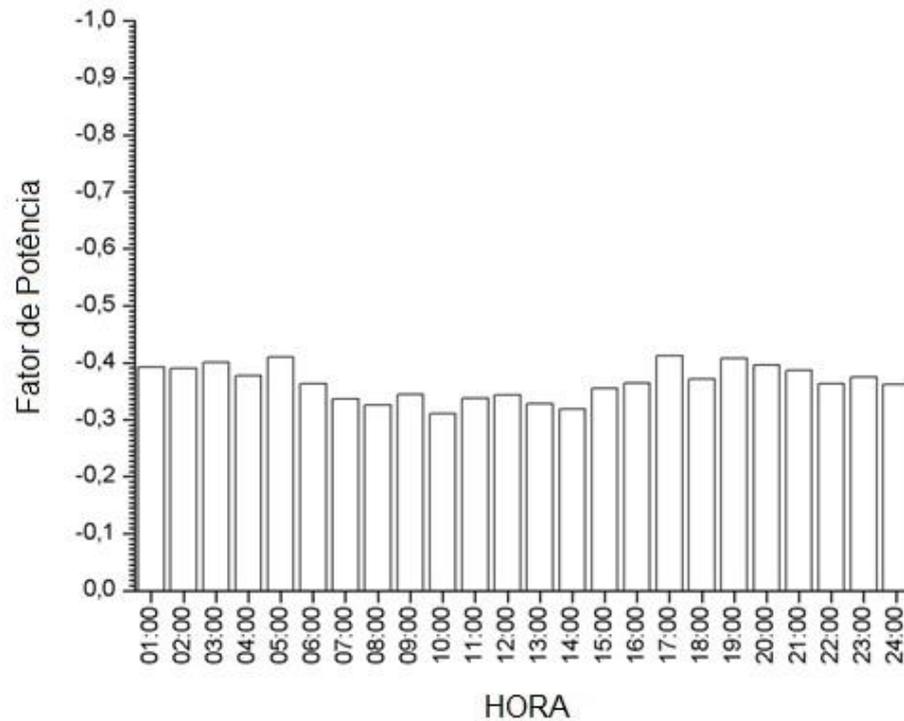


Figura C.5 - Curva de Fator de Potência, Domingo, 13 de abril de 2014

A tabela C.5 apresenta os valores do fator de potência (Fp) do transformador que alimenta as edificações no dia 13 de abril de 2014.

Tabela C.5 - Fator de Potência Horário - Domingo, 13 de abril de 2014

Horário	Fp	Horário	Fp	Horário	Fp	Horário	Fp
01:00	-0,39	07:00	-0,34	13:00	-0,33	19:00	-0,41
02:00	-0,39	08:00	-0,33	14:00	-0,32	20:00	-0,4
03:00	-0,4	09:00	-0,34	15:00	-0,35	21:00	-0,39
04:00	-0,38	10:00	-0,31	16:00	-0,36	22:00	-0,36
05:00	-0,41	11:00	-0,34	17:00	-0,41	23:00	-0,38
06:00	-0,36	12:00	-0,34	18:00	-0,37	00:00	-0,36

A figura C.6 apresenta o comportamento do fator de potência (Fp) de uma segunda – feira, onde as atividades nas edificações são realizadas de forma plena.

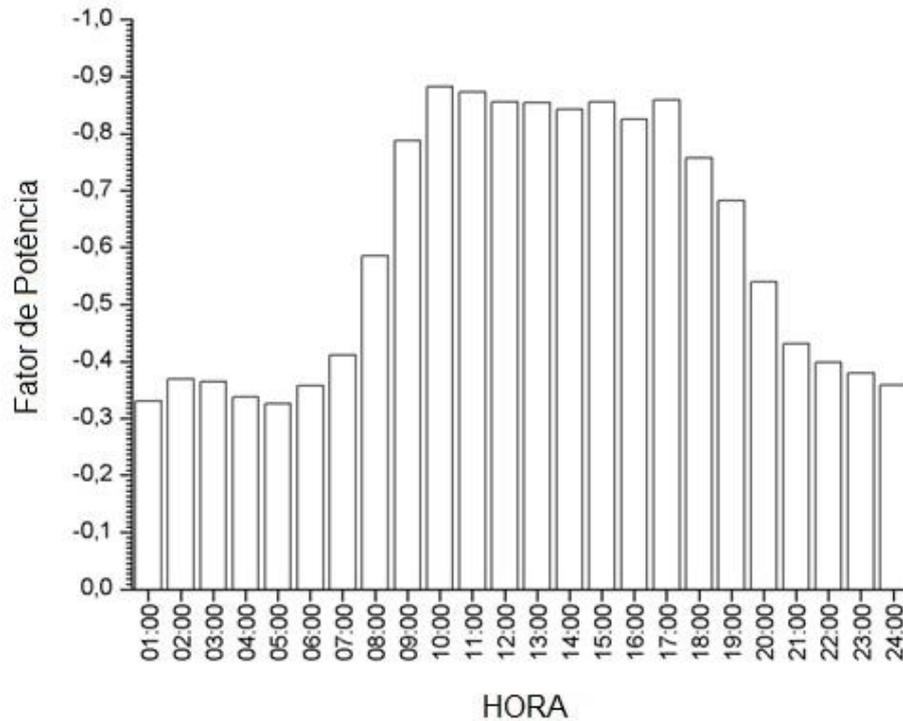


Figura C.6 - Curva de Fator de Potência, segunda-feira, 14 de abril de 2014

A tabela C.6 mostra os valores horários do fator de potência (Fp), onde se verifica seu comportamento semelhante aos dias da semana.

Tabela C.6 - Fator de Potência Horário - Segunda-feira, 14 de abril de 2014

Horário	Fp	Horário	Fp	Horário	Fp	Horário	Fp
01:00	-0,33	07:00	-0,41	13:00	-0,85	19:00	-0,68
02:00	-0,37	08:00	-0,58	14:00	-0,84	20:00	-0,54
03:00	-0,36	09:00	-0,79	15:00	-0,86	21:00	-0,43
04:00	-0,34	10:00	-0,88	16:00	-0,83	22:00	-0,4
05:00	-0,33	11:00	-0,87	17:00	-0,86	23:00	-0,38
06:00	-0,36	12:00	-0,86	18:00	-0,76	00:00	-0,36

Através dos gráficos de fator de potência horário observa-se que durante o período de medição foram encontrados valores abaixo de 0,92, capacitivo, principalmente nos horários correspondentes ao não funcionamento da unidade, o que provoca baixo fator de potência na medição na alta tensão (13.800 V) pela geração de indutivo. Mas para efeito de faturamento esse fator de potência horário não tem impacto visto que a medição é feita em outro ponto que abrange outros transformadores. Para a medição o fator de potência horário está corrigido.

Para melhorar o fator de potência horário local (do transformador), recomenda-se a instalação de um banco de capacitores de 10 kVAr fixo no valor total de R\$ 4.000,00, para que durante o dia ele corrija o indutivo proveniente da carga e durante a noite o indutivo do próprio transformador.

## ANEXO - D

### CURVAS DE TENSÃO

A figura D.1 mostra que as tensões das fases devem ser ajustadas para os valores apresentados na tabela D.1.

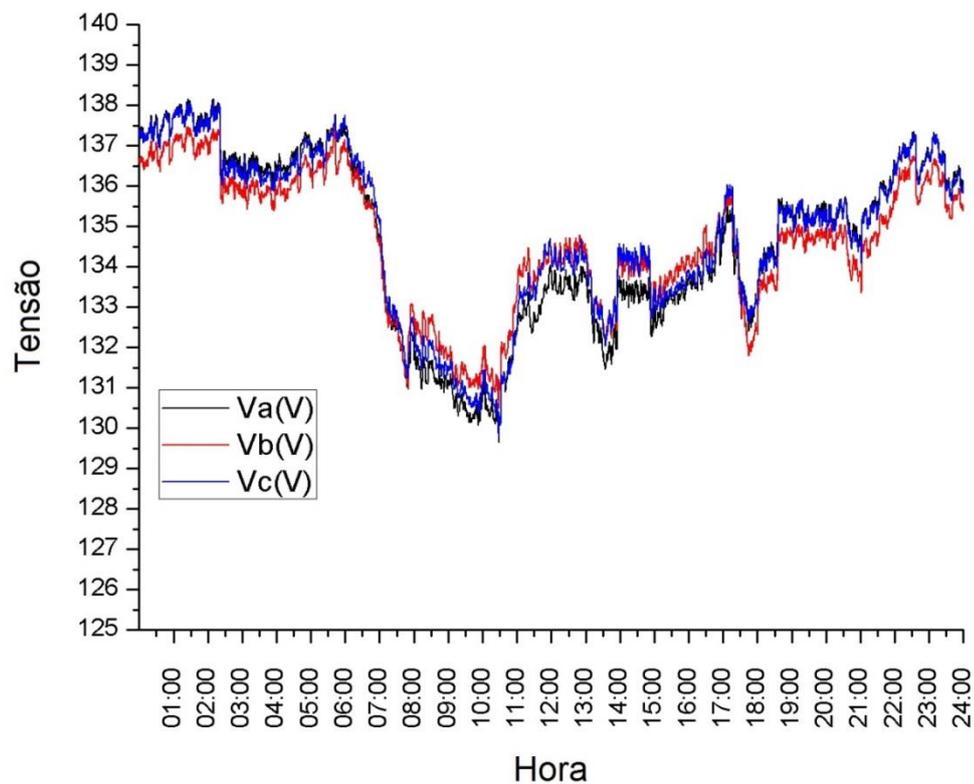


Figura D.1 - Tensão das Fases, Quarta-feira, 09 de abril de 2014.

A tabela D.1 apresenta os valores máximos e mínimos das tensões em cada fase para o dia 09 de abril de 2014.

Tabela D.1 - Tensão Máxima e Mínima - Quarta-feira, 09 de abril de 2014				
Tensão (V)	Valor Máximo	Horário	Valor Mínimo	Horário
Ua	138,17	01:25:00	129,65	10:28:00
Ub	137,65	05:43:30	130,49	10:28:00
Uc	138,06	01:28:30	129,79	10:28:00

A figura D.2 mostra que as tensões das fases devem ser ajustadas para os valores apresentados na tabela D.2.

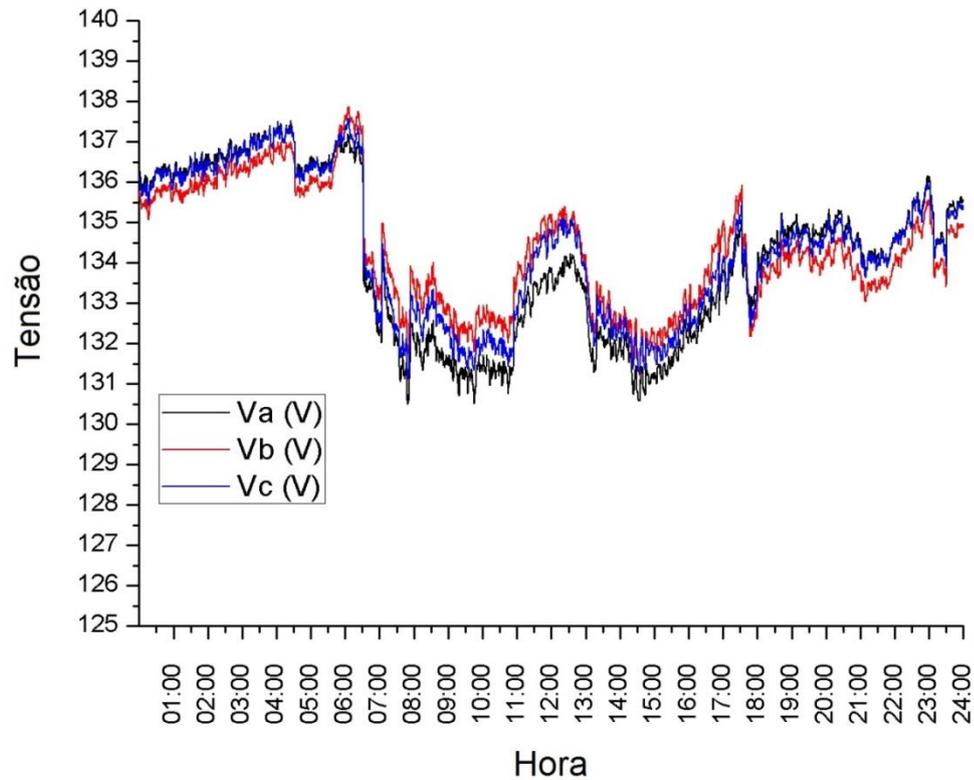


Figura D.2 - Tensão das Fases, Quinta-feira, 10 de abril de 2014.

A tabela D.2 apresenta os valores máximos e mínimos das tensões em cada fase para o dia 10 de abril de 2014.

Tabela D.2 - Tensão Máxima e Mínima - Quinta-feira, 10 de abril de 2014				
Tensão (V)	Valor Máximo	Horário	Valor Mínimo	Horário
Ua	137,53	04:25:00	130,49	07:49:00
Ub	137,86	06:04:30	131,22	14:34:30
Uc	138,59	06:04:30	131,13	07:49:30

A figura D.3 mostra que as tensões das fases devem ser ajustadas para os valores apresentados na tabela D.3.

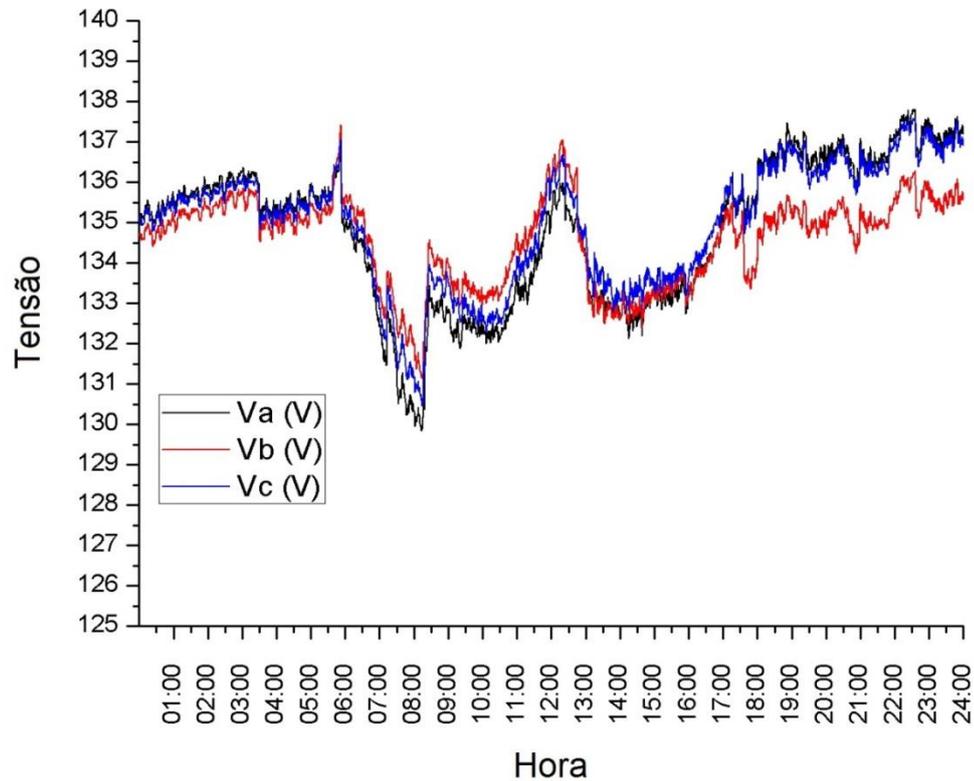


Figura D.3 - Tensão das Fases, Sexta-feira, 11 de abril de 2014.

A tabela D.3 apresenta os valores máximos e mínimos das tensões em cada fase para o dia 11 de abril de 2014.

Tabela D.3 - Tensão Máxima e Mínima - Sexta-feira, 11 de abril de 2014				
Tensão (V)	Valor Máximo	Horário	Valor Mínimo	Horário
Ua	137,82	22:32:30	129,86	08:13:00
Ub	137,42	05:52:30	131,15	08:14:30
Uc	137,59	22:23:00	130,45	08:14:30

A figura D.4 mostra que as tensões das fases devem ser ajustadas para os valores apresentados na tabela D.4.

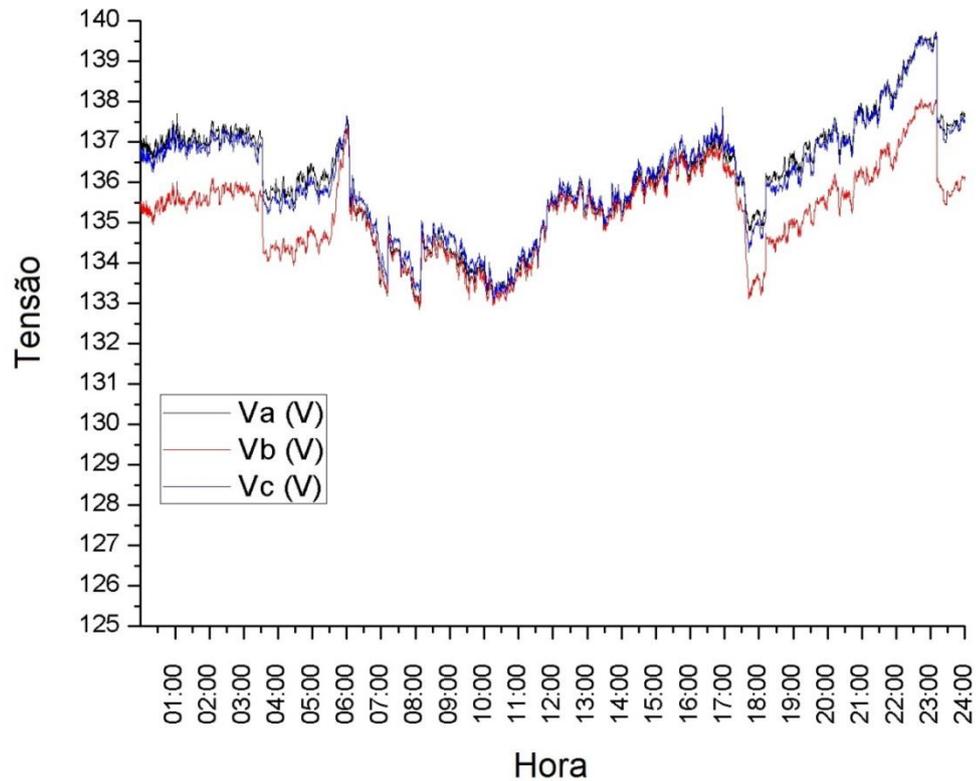


Figura D.4 - Tensão das Fases, Sábado, 12 de abril de 2014.

A tabela D.4 apresenta os valores máximos e mínimos das tensões em cada fase para o dia 12 de abril de 2014.

Tabela D.4 - Tensão Máxima e Mínima - Sábado, 12 de abril de 2014				
Tensão (V)	Valor Máximo	Horário	Valor Mínimo	Horário
Ua	139,71	23:09:00	132,93	08:07:00
Ub	138,06	22:43:30	132,85	08:07:00
Uc	139,69	23:09:00	133,09	10:18:00

A figura D.5 mostra que as tensões das fases devem ser ajustadas para os valores apresentados na tabela D.5.

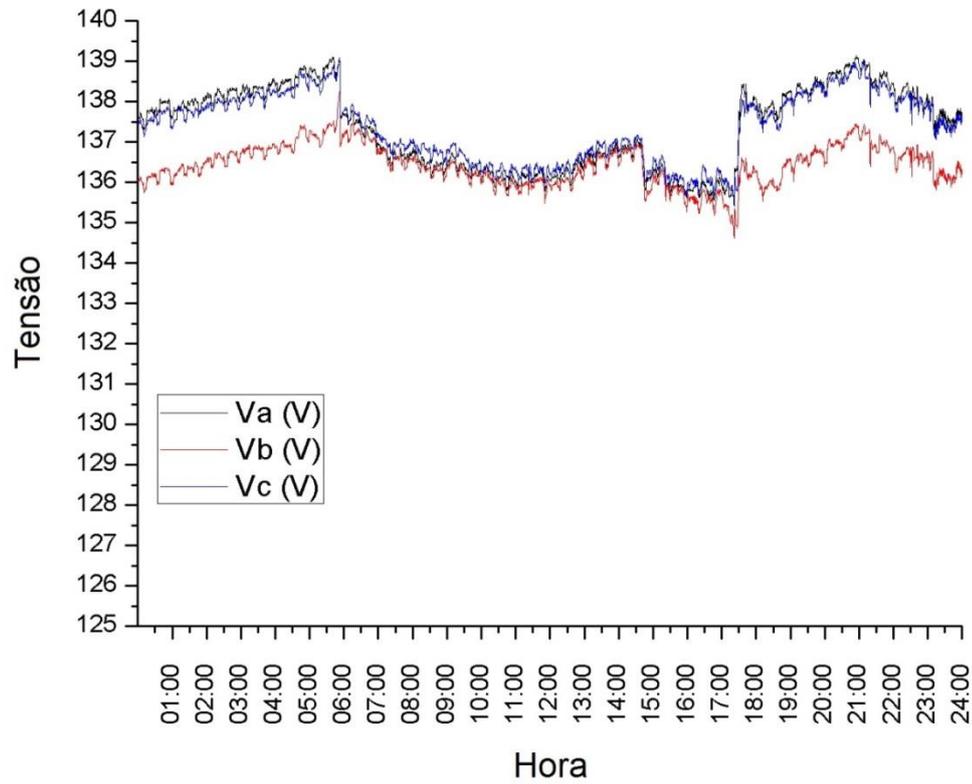


Figura D.5 - Tensão das Fases, Domingo, 13 de abril de 2014.

A tabela D.5 apresenta os valores máximos e mínimos das tensões em cada fase para o dia 13 de abril de 2014.

Tabela D.5 - Tensão Máxima e Mínima - Domingo, 13 de abril de 2014				
Tensão (V)	Valor Máximo	Horário	Valor Mínimo	Horário
Ua	139,14	20:55:30	135,53	17:21:00
Ub	138,25	05:52:30	134,62	17:21:30
Uc	139,07	05:52:30	135,4	17:21:30

A figura D.6 mostra que as tensões das fases devem ser ajustadas para os valores apresentados na tabela D.6.

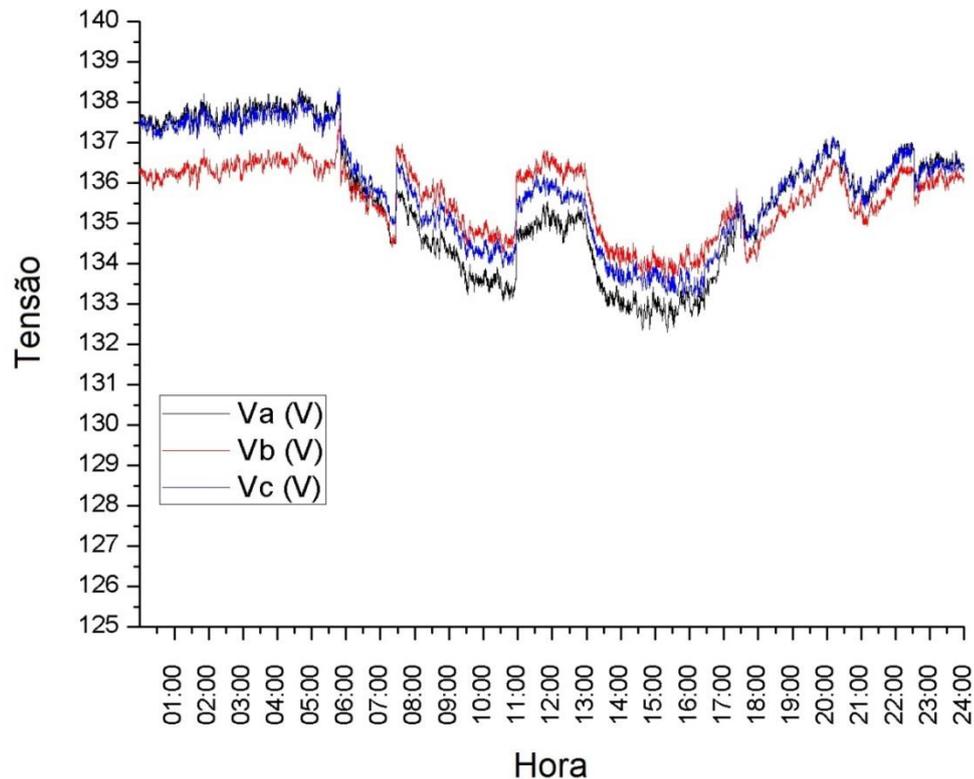


Figura D.6 - Tensão das Fases, Segunda-feira, 14 de abril de 2014.

A tabela D.6 apresenta os valores máximos e mínimos das tensões em cada fase para o dia 13 de abril de 2014.

Tabela D.6 - Tensão Máxima e Mínima - Segunda-feira, 14 de abril de 2014				
Tensão (V)	Valor Máximo	Horário	Valor Mínimo	Horário
Ua	138,35	04:39:30	132,31	15:21:30
Ub	137,59	05:49:00	133,53	15:21:30
Uc	138,35	05:49:00	133,16	16:17:00

Analisando as curvas de tensões nas Figuras D.1 a D.6 e as Tabelas D.1 a D.6, verificou-se que os maiores e menores valores de tensão foram registrados na fase A, sendo a máxima de 139,71 V no dia 12/04/2014 (Sexta-feira) e o mínimo de 129,65 V no dia 09/04/2014 (Quarta-Feira). Ficando evidente que se deve mudar o TAP (é uma derivação no enrolamento secundário do transformador que permite a mudança da relação de transformação) do transformador para que os níveis de tensão estejam de acordo com a tabela 4.33.

## ANEXO - E

### CURVAS DE CORRENTE

A figura E.1 apresenta os valores das correntes por fase durante o expediente, pode-se verificar que o horário de maior consumo de energia elétrica é o mesmo verificado pelo horário registrado nas figuras referentes às potências máximas de cada dia.

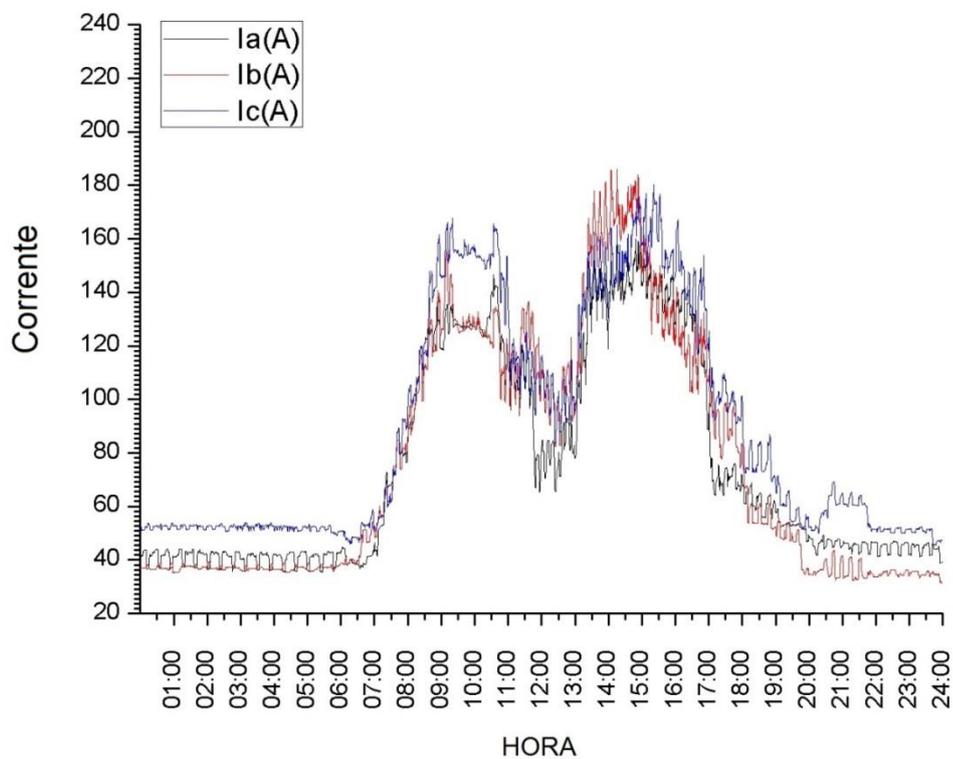


Figura E.1 - Corrente das Fases, Quarta-feira, 09 de abril de 2014.

A tabela E.1 apresenta os valores máximos e mínimos das correntes em cada fase para o dia 09 de abril de 2014.

Tabela E.1 - Corrente – Máximos e Mínimos, Quarta-feira, 09 de abril de 2014				
Corrente (A)	Valor Máximo	Horário	Valor Mínimo	Horário
Ia	159,99	14:49:00	35,40	05:25:00
Ib	186,08	14:15:00	31,24	23:59:30
Ic	180,32	15:21:00	45,57	23:42:30

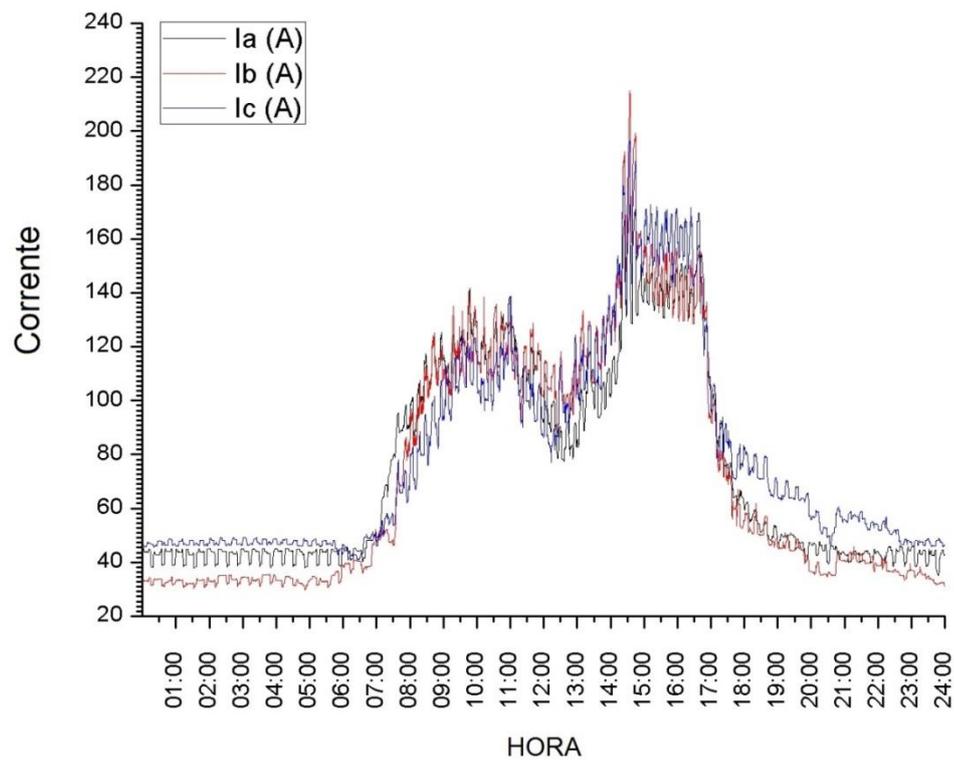


Figura E.2 - Corrente das Fases, Quinta-feira, 10 de abril de 2014.

A tabela E.2 apresenta os valores máximos e mínimos das correntes em cada fase para o dia 10 de abril de 2014.

Pode-se observar que a fase B apresentou o maior valor, ou seja, essa fase possui mais carga instalada do que as demais.

Tabela E.2 - Corrente – Máximos e Mínimos, Quinta-feira, 10 de abril de 2014				
Corrente (A)	Valor Máximo	Horário	Valor Mínimo	Horário
Ia	172,85	14:35:00	35,16	23:48:00
Ib	214,99	14:34:00	29,77	04:51:30
Ic	196,86	14:35:00	41,04	06:08:30

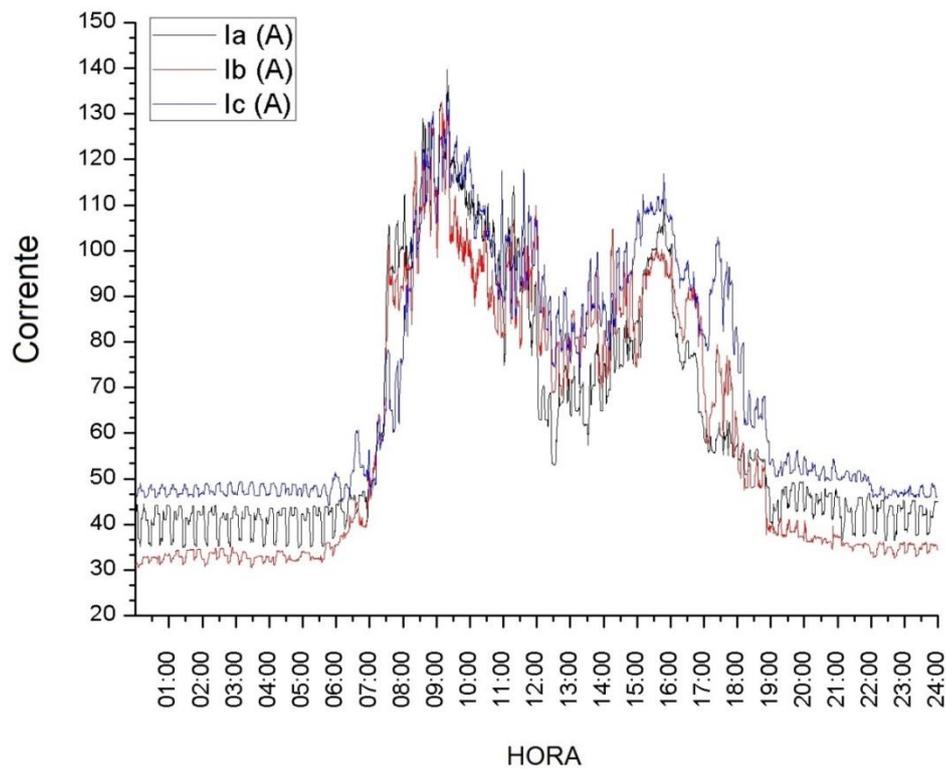


Figura E.3 - Corrente das Fases, Sexta-feira, 11 de abril de 2014.

A tabela E.3 apresenta os valores máximos e mínimos das correntes em cada fase para o dia 11 de abril de 2014.

Tabela E.3 - Corrente – Máximos e Mínimos, Sexta-feira, 11 de abril de 2014				
Corrente (A)	Valor Máximo	Horário	Valor Mínimo	Horário
Ia	139,77	09:18:30	34,79	04:52:00
Ib	136,59	09:18:30	30,50	00:05:30
Ic	135,36	09:19:00	41,10	05:45:30

No dia 11 de abril de 2014, verificou-se uma melhor distribuição da carga nas fases, conforme apresentado na tabela E.3. Isso pode ser causado pelos diferentes aparelhos ligados em relação ao dia anterior.

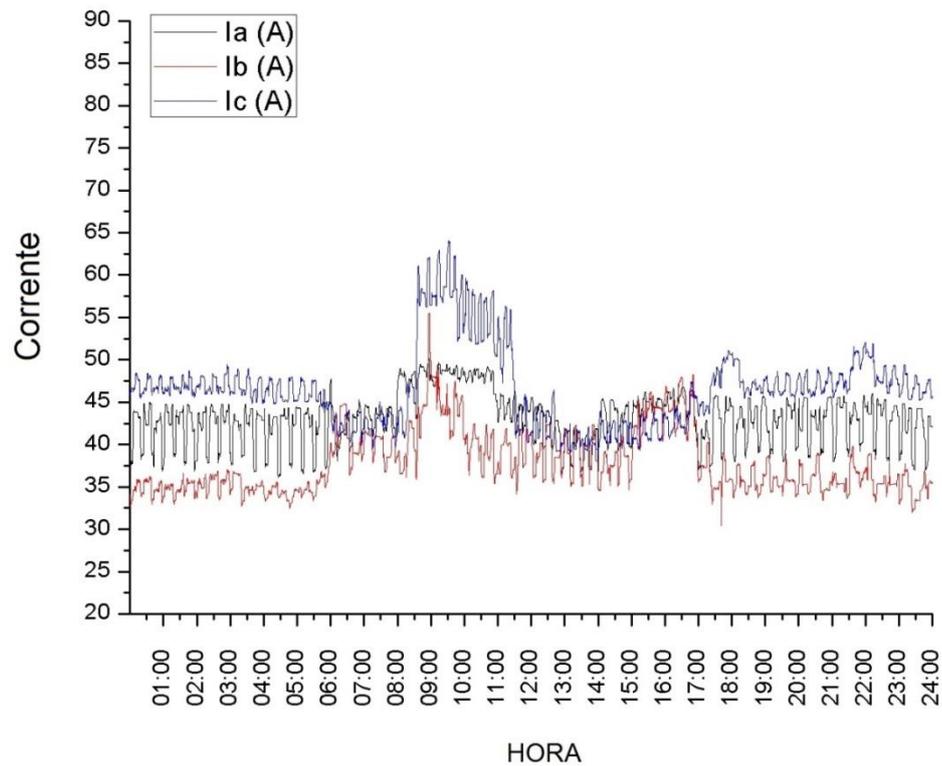


Figura E.4 - Corrente das Fases, Sábado, 12 de abril de 2014.

A tabela E.4 apresenta os valores máximos e mínimos das correntes em cada fase para o dia 12 de abril de 2014.

Tabela E.4 - Corrente – Máximos e Mínimos, Sábado, 12 de abril de 2014				
Corrente (A)	Valor Máximo	Horário	Valor Mínimo	Horário
Ia	50,35	08:55:30	36,14	04:26:30
Ib	55,49	08:56:00	30,38	17:41:00
Ic	64,07	09:32:00	38,71	14:00:00

No sábado (12 de abril de 2014), temos o consumo reduzido pela falta de algumas atividades que são realizadas somente de segunda-feira a sexta-feira. A tabela E.4 apresenta os valores de correntes máximas das fases com valores bem menores se comparados aos dias de atividades normais.

A figura E.5, apresenta os valores das correntes de fase no domingo, sendo um dia sem atividades, esses valores são devido ao funcionamento de equipamentos que não podem ser desligados, por exemplo, geladeiras, servidores, iluminação externa e de emergência entre

outros. Com essa figura vê-se claramente uma oscilação nos valores da corrente, esse fato ocorre da existência de refrigeradores antigos que ficam acionando seus motores em intervalos de tempo muito curto, por volta de 3 minutos. Existem dois refrigeradores, um no Antigo deu e outro no INFI. É recomendada a substituição dessas geladeiras por geladeiras novas com etiqueta PROCEL classe A em consumo de energia elétrica, assim elimina-se esses picos de energia.

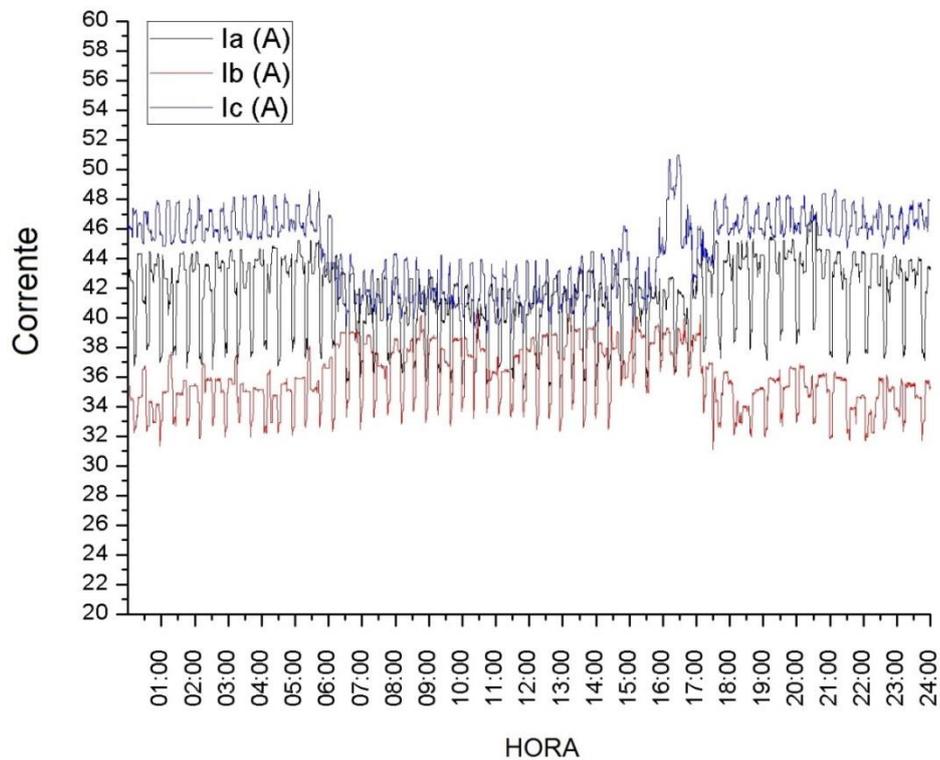


Figura E.5 - Corrente das Fases, Domingo, 13 de abril de 2014.

A tabela E.5 apresenta os valores máximos e mínimos das correntes em cada fase para o dia 12 de abril de 2014.

Tabela E.5 - Corrente – Máximos e Mínimos, Domingo, 13 de abril de 2014				
Corrente (A)	Valor Máximo	Horário	Valor Mínimo	Horário
Ia	47,16	20:24:00	35,16	11:49:30
Ib	40,55	10:26:00	31,12	17:29:30
Ic	50,96	16:26:00	38,96	10:43:00

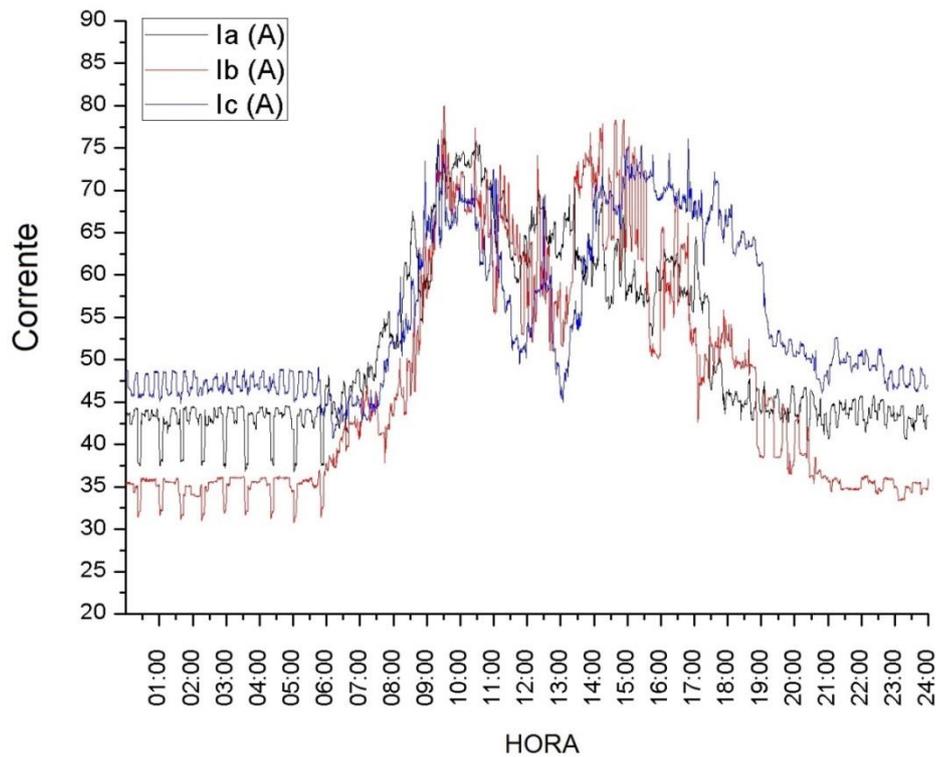


Figura E.6 - Corrente das Fases, Segunda, 14 de abril de 2014

Tabela E.6 - Corrente – Máximos e Mínimos, Segunda-feira, 14 de abril de 2014				
Corrente (A)	Valor Máximo	Horário	Valor Mínimo	Horário
Ia	76,20	09:30:00	36,75	05:01:30
Ib	79,99	09:31:30	30,75	05:01:30
Ic	76,07	16:48:00	40,79	06:11:00

Analisando cada fase do Trafo, conforme apresenta as Figuras E.1 a E.6 e as Tabelas E.1 a E.6, temos:

Na fase “A” a corrente máxima registrada foi de 172,85 A no dia 10/04/2014 e a mínima foi de 34,79 no dia 11/04/2014. Na fase “B” a corrente máxima registrada foi de 214,99 A no dia 10/04/2014 e a mínima registrada foi de 29,77 A na fase B no dia 10/04/2014. Já na fase “C” a corrente máxima registrada foi de 196,86 A no dia 10/04/2014 e a mínima de 38,71 A no dia 12/04/2014.

Observou-se que tanto a corrente máxima e mínima foram registradas na fase B.

ANEXO - F

FATURA DE ENERGIA ELÉTRICA



**EMPRESA ENERGÉTICA DE MATO GROSSO DO SUL S.A. -**  
 Av. Gary Marquet, s/n - Campo Grande  
 CNPJ 15461510000133 - IE 28169592

**Seu número**  
 Unidade Consumidora - UC  
**90000013**

Processamento autorizado por regime especial - processo nº. 03/07/2010  
 Nota Fiscal - Série B - 140589 Cód. Fiscal de operação: 5.257 PAT: 08-0014419833351-11

**Dados do Cliente**  
**FUFMS FUND UNIV FED MS**  
 RANLONPU/GPP: 15461510000133 IE:  
 Rod Br 163, Rod Br 163 S/N 25.103.12.443000 - Jardim Monumento - CEP: 79050-970 - Campo Grande - MS

Mês	Vencimento	Consumo Faturado kWh	Valor (R\$)
06/2014	15/07/2014	271.094	135.993,16

**Dados da U.O.**  
 Classe: Poder Público  
 SubClasse: Administração Pública Federal-Essex  
 Tipo de Tarifa: Med Tarifária Horária Azul  
 Grupo de Tarifa: A 4  
 Faixa: Trifásico  
 Local: 8103  
 Etapa / Lote / Seq: 17 / 10312H / 11  
 Perdas de Transformação (%): 0  
 Tensão Contratada (V): 13800  
 Limite Tensão (V): 12634 a 14490

**Dados do Contrato**  
 Demanda (kW): 1000  
 Demanda Fora Ponta (kW): 1650  
 Demanda Reserva Cap. F. Ponta (kW):  
 Demanda de Garantia:  
 Demanda de Distrib. Ponta (kW):  
 Demanda de Distrib. P. Ponta (kW):  
 Consumo Ponta (kWh):  
 Consumo Fora Ponta (kWh):

**Dados da Leitura**  
 Leitura Atual: 23/06/2014  
 Leitura Anterior: 23/05/2014  
 Próxima Leitura: 23/07/2014  
 Número de Dias Faturados: 31  
 Origem da Leitura Atual:  
 Consumo médio diário: 8.774,00  
 Média dos 12 últimos meses: 358.531,58  
 Emissão: 23/06/2014  
 Apresentação: 26/06/2014  
 Equipamento: 271003  
 Fator de Correção Média: 0,82  
 Dem. Móx. Ponta (kW): 678,72  
 Dem. Móx. Fora Ponta (kW): 1057,92

**Histórico de Demanda Média**



Dados do Faturamento	Unidade Medida	Leitura Atual	Leitura Anterior	Constante de Faturamento	Medido	Faturado	Tarifa	Total (R\$)
CONSUMO PONTO	kWh	11727535	11635457	0,2400	28506,00	28506,00	0,204080	7.000,80
CONSUMO FORA PONTO	kWh	108225400	107304394	0,2400	240006,00	240006,00	0,185400	48.176,88
ENERGIA PEAT EXC PP	kWh	229480	229281	0,2400	817,92	817,92	0,367000	136,52
DEMANDA PTA	kW	767	875	0,0000	878,72	1000,00	37,820000	37.820,00
DEMANDA PFTA	kW	1102	1308	0,0000	1057,92	1000,00	12,600000	21.216,48
CONSUMO	kWh	118052255	11801081	0,2400	271094,00	271094,00	0,00	0,00
DEMANDA PONTO	kW	71856	70540	0,0000	878,72	0,00	0,00	0,00
DEMANDA FORA PONTO	kW	118050	117807	0,0000	1057,92	0,00	0,00	0,00
ENERGIA PEAT EXC P	kWh	229408	229404	0,2400	816,00	0,00	0,00	0,00
ENERGIA PEAT EXC P	kWh	8000	8036	0,2400	0,00	0,00	0,00	0,00
DEMANDA PEAT EXC P	kvar	386278	386232	0,2400	825,84	0,00	0,00	0,00
DEMANDA PEAT EXC PP	kvar	445132	441181	0,2400	825,84	0,00	0,00	0,00

**Subtotal (R\$): 113.992,80**

Tributos	Base de Cálculo (R\$)	Alíquota (%)	Valor (R\$)	Outros Lançamentos, Obranças e Serviços Autorizados	Valor (R\$)
ICMS	146.108,72	17,00000	24.840,27	CORREÇÃO MONETÁRIA POR ATRASO JUNTOS COM A ANTERIOR	04/2014
COPINS	146.108,72	4,51740	6.601,68	CONTR CUSTEIO SERV IL PUBLICA	04/2014
PIB	146.108,72	0,00000	1.450,00	TARIFA POSTAL	0,00
			<b>Subtotal (R\$): 32.892,16</b>	PET INS NOMINAT SPP 120412-PPV	-3.882,76
				PET INS NOMINAT SPP 120412-PIB	-623,55
				PET INS NOMINAT SPP 120412-COPINS	-4.891,01
				PET INS NOMINAT SPP 120412-COLL	-1.467,00

**Até a presente data não registramos o pagamento da(s) seguinte(s) fatura(s):**

Mês	Valor R\$	Vencimento

**Subtotal (R\$): -16.145,29**

**RESERVADO AO FISCO PERÍODO FISCAL: 25/06/2014**  
 7408.EFES.DA72.E03E.B8B8.5A69.7A25.8380

**Mensagens**  
 - A partir de 2013 vigorará o sistema de bandeiras tarifárias. A bandeira verde não implicará cobrança adicional. As bandeiras amarela ou vermelha, quando acionadas, implicarão tarifas de maior valor, devido ao maior custo de geração. No mês de junho vigorará a bandeira vermelha, a qual implicará em R\$ 0,83 / kWh de acréscimo no valor da tarifa, líquido de tributos. Mais informações em www.aneel.gov.br  
 DEBITO: 05/2014 R\$ 189.536,27

---

**EMPRESA ENERGÉTICA DE MATO GROSSO DO SUL S.A. - EN**  
 Av. Gary Marquet, s/n - Campo Grande  
 CNPJ 15461510000133 - IE 28169592  
 FONECEX 0800 000 0000

836100013595 931800500009 001080020140 419833351119

PAGÁVEL EM QUALQUER AGENTE ARRECADADOR				VERBA
CLIENTE	EMPRESA ENERGÉTICA DE MATO GROSSO DO SUL S.A. - ENERSUL	UNIDADE CONSUMIDORA	90000013	15/07/2014
DATA DOCUMENTO	25/06/2014	DATA DE VENCIMENTO	06/2014	AGENCIAMENTO (CÓDIGO)
DATA DOCUMENTO	25/06/2014	DATA DE VENCIMENTO	25/06/2014	ROBOTO (NOME)
VALOR DOCUMENTO	R\$	VALOR	135.993,16	[4] VALOR DOCUMENTO
				[2] VALOR ARRECADADO
				[3] VALOR DE DEDUÇÃO
				[4] VALOR
				[5] VALOR ACRÉSCIMOS
				[6] VALOR CORRIGIDO
				<b>135.993,16</b>

**SAÇADO**  
 FUFMS FUND UNIV FED MS  
 ROD BR 163, - ROD BR 163 S/N 25.103.12.443000 - JARDIM MONUMENTO - CEP 79050-970 - CAMPO GRANDE - MS

NAO RECEBER - FATURA ARRECADADA