



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

**TARCISIO OLIVEIRA TRAJANO**

**DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO DE UMA INSTITUIÇÃO DE**  
**ENSINO FUNDAMENTAL E MÉDIO**

**CAMPINA GRANDE - PB**

**2013**

**TARCISIO OLIVEIRA TRAJANO**

**DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO DE UMA INSTITUIÇÃO DE ENSINO  
FUNDAMENTAL E MÉDIO**

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

ORIENTADOR: Prof. Dr. Benedito Antonio Luciano

CAMPINA GRANDE - PB

2013

**TARCISIO OLIVEIRA TRAJANO**

**DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO DE UMA INSTITUIÇÃO DE ENSINO  
FUNDAMENTAL E MÉDIO**

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

ORIENTADOR: Prof. Dr. Benedito Antonio Luciano

Aprovado em \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 2013

BANCA EXAMINADORA

---

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

**Orientador**

---

Professor Convidado  
Universidade Federal de Campina Grande

**Avaliador**

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, pois sem Ele não somos nada.

Sou grato aos meus pais, Marcelo Trajano Alves e Maria de Lourdes Oliveira Trajano, por me entender e me apoiar nas minhas decisões.

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

Aos amigos Romero Álamo, Andreza Andrade, Ana Vitória entre outros que por acaso esqueci de mencionar.

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

Ao eletricista Rogério Soares, e todos os funcionários e professores da Escola Virgem de Lourdes, pela grande contribuição com o presente trabalho e informações que colaboraram na conclusão deste trabalho.

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

## RESUMO

O presente trabalho tem por objetivo apresentar um estudo que visa avaliar o uso racional e eficiente de energia elétrica para usos finais na Escola Virgem de Lourdes, localizada no município de Campina Grande, Paraíba. Para tal, foram realizadas medições nas instalações elétricas e levantamento dos usos finais, sendo iluminação, refrigeradores de ar os principais equipamentos. Adicionalmente são apresentados os procedimentos para o levantamento do potencial de conservação de energia elétrica e croquis de situação da iluminação existente nas salas de aula, visando análise da iluminância existente em cada ambiente e uma série de sugestões de medidas a serem tomadas pela escola, com foco na iluminação, aparelhos de ar condicionado e criação de equipes com o intuito de fiscalizar o desperdício energético.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1-Triângulo de Potências.....	4
Figura 2– Espectro visível.....	13
Figura 3– Curva de sensibilidade visual. ....	13
Figura 4– Temperatura de cor correlata da luz.....	14
Figura 5– IRC 70 / 85 / 100.....	15
Figura 6– Tipo de lâmpadas Fonte: Creder (2006).....	15
Figura 7– Histórico de consumo da Escola Virgem de Lourdes .....	26
Figura 8– Foto interna da entrada de energia da escola.....	27
Figura 9–Demanda registrada nos últimos 12 meses.....	28
Figura 10–Medição realizada no bloco 1 .....	32
Figura 11– Localização dos pontos de medição sala de aula bloco 1.....	33
Figura 12– Medição realizada no bloco 2.....	33
Figura 13– Localização dos pontos de medição sala de aula bloco 2.....	33
Figura 14– Medição realizada no bloco 3 .....	34
Figura 15– Localização dos pontos de medição nas salas de aula bloco 3 .....	34

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1-Tensão de fornecimento Grupo A .....	6
Tabela 2- Subdivisões do Grupo B .....	6
Tabela 3 Potência de aparelhos de ar condicionado .....	30
Tabela 4 Custo para substituição de lâmpadas .....	31
Tabela 5 economia realizada com a substituição de lâmpadas.....	31
Tabela 6 Custo de materiais para banheiro .....	32

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1. Iluminâncias por classe de tarefas visuais. Fonte: NBR 5413 .....	28
---	----

# Sumário

1 INTRODUÇÃO .....	1
<b>1.1 Objetivos</b> .....	1
<b>1.2 Metodologia</b> .....	2
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA .....	2
<b>2.2 Conceitos Básicos</b> .....	2
2.2.1 Energia elétrica ativa .....	2
2.2.2 Energia elétrica reativa .....	2
2.2.3 Demanda .....	3
2.2.4 Demanda Média .....	3
2.2.5 Demanda Máxima .....	3
2.2.6 Demanda Medida.....	3
2.2.7 Demanda Contratada .....	3
2.2.8 Demanda Faturável.....	3
2.2.9 Fator de Potência .....	4
2.2.10 Horário de Ponta.....	4
2.2.11 Horário Fora de Ponta.....	5
2.2.12 Período Seco.....	5
2.2.13 Período Úmido .....	5
2.2.14 Tensão de fornecimento e classificação dos consumidores .....	5
2.2.15 Estrutura Tarifária.....	7
2.2.16 Faturamento Líquido .....	7
2.2.17 Tarifa Azul .....	8
2.2.18 Tarifa Verde .....	8
2.2.19 Tarifa de Ultrapassagem .....	9
2.2.20 Energia Reativa Excedente .....	10
2.2.21 Tributos .....	11

<b>2.3 Usos Finais de Energia Elétrica</b> .....	12
2.3.1 Iluminação.....	12
2.3.2 Ar condicionado .....	19
<b>3 ESTUDO DE CASO DA ESCOLA VIRGEM DE LOURDES</b> .....	20
<b>3.1 Consumo de Energia Elétrica</b> .....	20
<b>3.2 Análise das Instalações Elétricas da Escola</b> .....	21
3.2.1 Análise de Sistema de Iluminação.....	21
3.2.2 Análise do Sistema de Ar Condicionado .....	23
3.2.2 Análise de Outros Equipamentos .....	23
3.2.3 Análise Econômica das Medidas.....	24
3.2.4 Análise das Tarifas Cobradas.....	24
<b>3.3 Potencial de conservação</b> .....	24
3.3.1 Escola Virgem de Lourdes.....	25
<b>4 CONCLUSÃO</b> .....	35
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	36
<b>ANEXO I</b> .....	38

# **1 INTRODUÇÃO**

A geração de energia elétrica no Brasil é um parque predominantemente hidráulico, merecendo destaque neste momento na inserção do gás natural na matriz energética, a diversificação imediata do nosso parque gerador, quer seja através da incorporação imediata de termelétricas utilizando o gás natural, quer seja através da implantação de sistemas de cogeração e através da incorporação de energias renováveis. O consumo crescente de energia elétrica aliada à falta de investimento no setor de geração vem diminuindo a distância entre a demanda e oferta.

As alternativas que visam o uso racional e eficiente de energia elétrica apresentam, geralmente, custo e tempo de retorno pequeno quando comparados aos valores de outras alternativas. Os resultados obtidos, relativo à redução do consumo, são imediatos, tornando o uso racional e eficiente de energia elétrica uma alternativa de certa forma, natural para a solução de parte do problema do fornecimento de energia elétrica em curto prazo.

Em termos práticos, por meio de um diagnóstico energético é possível identificar desperdícios e onde ocorrem as maiores perdas nos sistemas elétricos, fazendo com que seja possível elaborar ações para o uso eficiente da energia elétrica, da geração aos usos finais. Com isso a necessidade de construção de novas usinas é reduzida, contribuindo para a preservação da natureza, além da economia de recursos energéticos como óleo e carvão.

É neste contexto que este Trabalho de Conclusão de Curso é apresentado, com foco nos usos finais da energia elétrica em um estabelecimento de ensino fundamental e médio, no município de Campina Grande - PB.

## **1.1 Objetivos**

Este trabalho tem como objetivo apresentar a realização de um diagnóstico energético em uma escola de ensino privado, buscando a identificação e avaliação da possibilidade de redução de perdas e eliminação de desperdícios no uso final da energia elétrica, assim como a criação de medidas para tais fins.

## **1.2 Metodologia**

Inicialmente, foi realizada uma revisão bibliográfica acerca do assunto, estudo e leitura de trabalhos publicados, assim como, estudo das normas vigentes. Em seguida fez-se um levantamento de dados por meio de observação e obtenção de documentos, como as faturas de energia elétrica.

A etapa seguinte foi a elaboração de medidas para redução das perdas e eliminação dos desperdícios, em casos de necessidade.

A consolidação do projeto se deu com a elaboração de um relatório, contendo, além de uma introdução teórica sobre o assunto, todas as etapas necessárias à obtenção das medidas propostas.

## **2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

### **2.2 Conceitos Básicos**

#### **2.2.1 Energia elétrica ativa**

Energia elétrica ativa é aquela que pode ser convertida em outra forma de energia. É a potência utilizada em um período de tempo, expressa em quilowatt-hora (kWh).

#### **2.2.2 Energia elétrica reativa**

Energia elétrica reativa é aquela que não produz trabalho mas é necessária ao funcionamento de certos equipamentos. Ela circula entre os diversos campos os diversos campos elétricos e magnéticos de um sistema de corrente alternada. É expressa em quilovolt-ampère-reativo-hora (kvarh).

### 2.2.3 Demanda

Demanda é a média da potência elétrica, ativa ou reativa, absorvida durante um intervalo de tempo, o qual normalmente é considerado 15 min. Pode ser calculada como a razão entre energia elétrica absorvida pela carga em um intervalo de tempo e este intervalo de tempo, é expressa em quilowatts (kW).

### 2.2.4 Demanda Média

A demanda média é a média das demandas em um determinado período.

### 2.2.5 Demanda Máxima

Demanda máxima é o maior valor verificado durante um período.

### 2.2.6 Demanda Medida

Demanda Medida é a maior demanda de potência ativa medida integralizada em intervalos de 15 minutos durante o período de faturamento.

### 2.2.7 Demanda Contratada

Demanda contratada é a demanda de potência ativa que a concessionária é obrigada a disponibilizar no ponto de entrega continuamente conforme fixado em contrato, e que deve ser paga integralmente seja ela utilizada ou não.

### 2.2.8 Demanda Faturável

Demanda faturável é o valor de demanda de potência ativa considerada para fins de faturamento, com aplicação da respectiva tarifa.

### 2.2.9 Fator de Potência

Fator de potência é um fator que indica quanto da potência fornecida pela fonte é convertida em potência ativa. Sendo assim ele é usado como indicador numérico da eficiência do uso de sistemas elétricos.

A razão entre a potência ativa (kW) e a potência aparente (kVA) é o fator de potência, sendo potência aparente a potência total fornecida pelo sistema. Para melhor entendimento da relação entre as potências é usado um triângulo de potências, fazendo uma representação gráfica das potências, a qual está apresentada na figura 1.

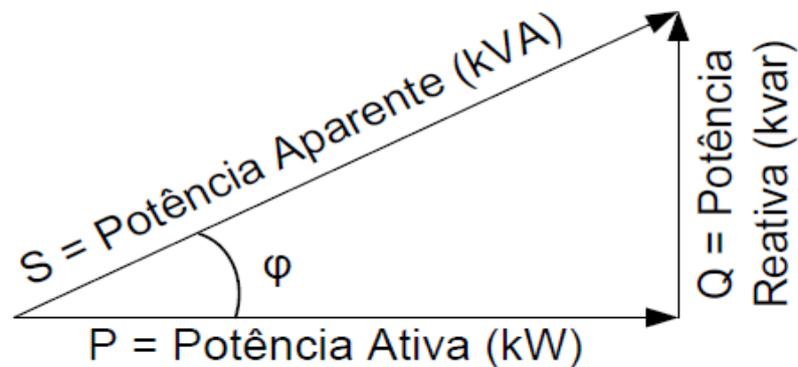


Figura 1-Triângulo de Potências

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

Nota-se que o valor ideal para o fator de potência é 1, este valor indicaria que toda a potência absorvida pela carga é transformada em trabalho.

Na resolução da ANEEL 414 de setembro de 2010 é estabelecido um limite de reativos indutivos ou capacitivos, onde é fixado um valor para o fator de potência em 0,92. Se o valor do fator de potência for inferior a este valor um uso excessivo de reativos é detectado e é passível de multa.

### 2.2.10 Horário de Ponta

Horário de ponta é o horário composto por três horas consecutivas diárias e definido pela concessionária baseado na sua capacidade de fornecimento, geralmente compreendido entre 17 e 20 horas. Neste período as tarifas cobradas pelo consumo de

energia elétrica e pela demanda são mais altas em virtude de que neste horário há uma maior demanda de carga do sistema. Existem exceções para os sábados, domingos, terça-feira de carnaval, sexta-feira da paixão, "Corpus Christi", dia de finados, 1º de Janeiro, 21 de Abril, 1º de Maio, 7 de Setembro, 12 de Outubro, 2 de Novembro, 15 de Novembro e 25 de Dezembro.

#### 2.2.11 Horário Fora de Ponta

Horário fora de ponta é o período composto pelas horas complementares às definidas no horário de ponta.

#### 2.2.12 Período Seco

Período seco é o período de sete meses consecutivos, referente aos meses de maio a novembro. Este período é referente aos meses aonde ocorre uma escassez de chuva nos reservatórios de água utilizados na geração de energia elétrica.

#### 2.2.13 Período Úmido

Período úmido é o período de cinco meses consecutivos, referente aos meses de dezembro de um ano a abril do ano seguinte, o qual se refere ao período chuvoso nos reservatórios de água.

#### 2.2.14 Tensão de fornecimento e classificação dos consumidores

A divisão dos consumidores é baseada na resolução 414 da ANEEL, a qual se baseia nos níveis de tensão de fornecimento, onde cada uma delas apresenta tarifas definidas. Este nível de tensão está associado à uma carga instalada na unidade consumidora, cabendo a concessionária estabelecer e informar a tensão de fornecimento, obedecendo os limites listados a seguir.

- Carga instalada até 75 kW: tensão secundária de distribuição.
- Carga instalada superior a 75 kW e a demanda contratada ou estimada for igual ou inferior a 2,5 MW: tensão primária de distribuição até 69 kV.

- Demanda contratada ou estimada for superior a 2,5 MW: tensão primária de distribuição igual ou superior a 69 kV.

As unidades consumidoras são classificadas em diferentes grupos tarifários para fins de faturamento, os quais são definidos pela tensão de fornecimento.

#### 2.2.14.1 Grupo A

É considerado consumidor do grupo A aqueles com tensão de fornecimento igual ou superior a 2300 V, ou unidades consumidoras atendidas com tensão inferior a 2300 V através de distribuição subterrânea.

Este grupo é tarifado de forma binômia, ou seja, faturados tanto pelo consumo de energia elétrica como pela demanda faturável. Este grupo é subdividido em subgrupos como apresentado na Tabela 1.

Subgrupo	Tensão de fornecimento
A1	$\geq 230$ kV
A2	88 kV a 138 kV
A3	69 kV
A3a	30kV a 44 kV
A4	2,3 kV a 25 kV
AS	$\leq 2,3$ kV e subterrâneo

Tabela 1-Tensão de fornecimento Grupo A

#### 2.2.14.2 Grupo B

É considerado consumidor do grupo B aqueles com tensão de fornecimento inferior a 2300 V e são tarifados de forma monômia, o qual é faturado apenas o consumo de energia elétrica.

Subgrupo	Unidade consumidora
B1	Residencial, residencial baixa renda
B2	Rural
B3	Demais classes
B4	Iluminação pública

Tabela 2– Subdivisões do Grupo B

### 2.2.15 Estrutura Tarifária

Estrutura Tarifária é um conjunto de tarifas aplicadas aos consumidores baseadas na demanda de potência ativa faturável e consumo de energia elétrica. A estrutura tarifária deve estar de acordo com a modalidade de provimento de energia elétrica.

#### 2.2.15.1 Estrutura tarifária convencional

A estrutura tarifária convencional é aquela em que é faturado o que a unidade consumidora consome de energia elétrica e/ou demanda independente do período do ano ou do horário de utilização no dia.

#### 2.2.15.2 Estrutura tarifária horo-sazonal

Estrutura tarifária horo-sazonal é aquela em que é considerado o período do ano (período seco ou período úmido) e o horário de utilização no dia (fora de ponta ou horário de ponta). As unidades consumidoras são divididas em duas categorias.

- Tarifa azul: aplicação de tarifas de consumo de energia elétrica dependendo do horário do dia, horário de ponta ou horário fora de ponta, e do período do ano, período seco ou período úmido, e também tarifas de demanda de potência dependendo do horário, horário fora de ponta ou horário de ponta.
- Tarifa verde: aplicação de tarifas de consumo de energia elétrica dependendo do horário do dia, horário de ponta ou horário fora de ponta, e do período do ano, período seco ou período úmido, e tarifa única de demanda de potência.

### 2.2.16 Faturamento Líquido

O valor líquido da fatura de energia elétrica é o valor faturado baseado somente no consumo de energia elétrica e de demanda, sem incidência de impostos ou multas.

### 2.2.17 Tarifa Azul

Este tipo de tarifa é obrigatória para consumidos do grupo A enquadrados nos seguintes subgrupos A1, A2, A3. Nesta modalidade fica a cargo do consumidor determinar, por contrato, um valor de demanda para o horário fora de ponta e um valor de demanda para o horário de ponta.

A tarifa azul é calculada da seguinte forma:

Consumo de energia elétrica:

$$Pc = (TP * CP) + (TF * CFP) \quad (2)$$

Demanda:

$$Pd = (TDP * DCP) + (TDFP * DCFP) \quad (3)$$

Onde:

- TP – Tarifa específica para horário de ponta;
- TF – Tarifa específica para horário fora de ponta;
- CP – Consumo medido na ponta;
- CFP – Consumo medido fora de ponta;
- TDP – Tarifa específica para demanda no horário de ponta;
- TDFP – Tarifa específica para demanda no horário fora de ponta;
- DCP – Demanda contratada no horário de ponta;
- DCFP – Demanda contratada no horário fora de ponta;
- DM – Demanda medida;
- Pc – Parcela de consumo;
- Pd – Parcela de demanda;

As tarifas de consumo no horário de ponta e fora de ponta são mais caras no período seco no que do período úmido.

As demandas contratadas no horário de ponta e fora de ponta podem ser substituídas pelas demandas medidas respectivamente se ocorrer uma ultrapassagem acima da tolerância.

### 2.2.18 Tarifa Verde

Esta opção de tarifa só é possível para unidades do grupo A enquadradas nos subgrupos A3a, A4 e AS.

A tarifa verde é calculada da seguinte forma:

Consumo de energia elétrica:

$$P_c = (TP * CP) + (TFP * CFP) \quad (4)$$

Demanda:

$$P_d = TD * DC \quad (5)$$

na qual:

- TP – Tarifa específica para horário de ponta;
- TF – Tarifa específica para horário fora de ponta;
- CP – Consumo medido na ponta;
- CFP – Consumo medido fora de ponta;
- DC – Demanda contratada;
- TD – Tarifa de demanda;
- DM – Demanda medida;
- Pc – Parcela de consumo;
- Pd – Parcela de demanda;

As tarifas de consumo no horário de ponta e fora de ponta são mais caras no período seco do que no período úmido.

As demandas contratadas no horário de ponta e fora de ponta podem ser substituídas pelas demandas medidas respectivamente se ocorrer uma ultrapassagem acima da tolerância.

### 2.2.19 Tarifa de Ultrapassagem

Quando a demanda medida ultrapassa a demanda contratada acima de um limite de tolerância (5% para os subgrupos A1, A2 e A3 e 10% para os outros subgrupos), é cobrada uma parcela de ultrapassagem.

- Tarifa azul:

$$P_{ult} = (TUP * (DMP - DCP)) + (TUFP * (DMFP - DCFP)) \quad (6)$$

- Tarifa verde:

$$P_{ult} = TU * (DM - DC) \quad (7)$$

na qual:

- TUP – Tarifa de ultrapassagem na ponta;
- TUFP – Tarifa de ultrapassagem fora de ponta;

- DMP – Demanda medida na ponta;
- DMFP – Demanda medida fora de ponta;
- DCP – Demanda contratada na ponta;
- DCFP – Demanda contratada fora de ponta;
- TU – Tarifa de ultrapassagem;
- DM – Demanda medida;
- DC – Demanda contratada:

A tarifa de ultrapassagem é diferenciada apenas se a tarifação for azul.

### 2.2.20 Energia Reativa Excedente

As instalações elétricas dos consumidores devem ter um fator de potência igual ou superior a 0,92, seja capacitivo ou indutivo.

Sempre que o fator de potência é inferior a 0,92, cobra-se, na fatura de energia elétrica, consumo de energia reativa excedente e demanda reativa excedente.

A energia reativa capacitiva é medida entre 00h:00 min e 06h:00 min e a energia reativa indutiva no resto do dia. Caso não seja possível medir a energia reativa capacitiva, mede-se a energia reativa indutiva durante todo o dia.

Caso a unidade consumidora possua equipamento apropriado de medição, os valores correspondentes à energia elétrica e demanda de potência reativas excedentes são calculados de acordo com a seguinte expressão:

$$ERE = \sum_{t=1}^n \left[ CA_t \times \left( \frac{fr}{ft} - 1 \right) \right] \times TCA(p) \quad (8)$$

na qual:

- ERE – Valor correspondente à energia elétrica reativa excedente à quantidade permitida pelo fator de potência de referência, no período de faturamento em Reais;
- fr – fator de potência de referência igual a 0,92;
- ft – fator de potência da unidade consumidora, calculado em cada intervalo de tempo “T” de 1 hora, durante o período de faturamento;
- T – indica intervalo de uma hora, no período de faturamento;
- p – indica horário, ponta ou fora de ponta, para as tarifas horosazonais;

- $n$  – número de intervalos de integralização “T”, por horário no período “p” no período de faturamento;
- $CA_t$  – Consumo de energia elétrica ativa medida em intervalos de uma hora, durante o ciclo de faturamento;
- $TCA(p)$  – Tarifa de energia ativa, de acordo com cada posto horário “p”;

Para unidade consumidora que não possua equipamento de medição, o qual as equações mostradas anteriormente não podem ser utilizadas. Neste caso, usa-se a seguinte expressão:

$$ERE = CA \times \left( \frac{fr}{fm} - 1 \right) \times TCA \quad (9)$$

- $ERE$  – Valor correspondente à energia elétrica reativa excedente à quantidade permitida pelo fator de potência de referência, no período de faturamento em Reais;
- $fr$  – fator de potência de referência igual a 0,92;
- $fm$  – fator de potência indutivo médio da unidade consumidora, calculado para o período de faturamento;
- $CA_t$  – Consumo de energia elétrica ativa medida em intervalos de uma hora, durante o ciclo de faturamento;
- $TCA(p)$  – Tarifa de energia ativa, de acordo com cada posto horário “p”;
- $T$  – indica intervalo de uma hora, no período de faturamento;
- $p$  – indica horário, ponta ou fora de ponta, para as tarifas horosazonais;
- $n$  – número de intervalos de integralização “T”, por horário no período “p” no período de faturamento;

### 2.2.21 Tributos

Nas faturas de energia, além do pagamento da energia elétrica utilizada, os consumidores pagam tributos federais, estaduais e municipais, que em seguida são repassados ao poder público pelas concessionárias de energia elétrica. São estes:

- Tributos federais – PIS (Programas de Integração Social) e COFINS (Contribuição para o Financiamento da Seguridade Social);

- Tributo estadual – ICMS (Imposto sobre a Circulação de Mercadorias e Serviços);
- Tributo municipal – CIP (Contribuição para Custeio do serviço de Iluminação Pública):

## **2.3 Usos Finais de Energia Elétrica**

Este capítulo visa apresentar as características e noções sobre o uso final geralmente utilizados em instalações elétricas da escola. Tais como: aparelhos de ar condicionado, iluminação e outros equipamentos.

As principais tecnologias aqui apresentadas, vão fornecer informações e orientações que permitem estimar quantitativamente e qualitativamente as vantagens e desvantagens de se utilizar equipamentos ou aparelhos elétricos no que diz respeito a economia de energia elétrica, permitindo verificar cuidadosamente sua aplicação mais adequada da metodologia apresentada para se determinar o potencial de conservação de energia elétrica na escola estudada.

### **2.3.1 Iluminação**

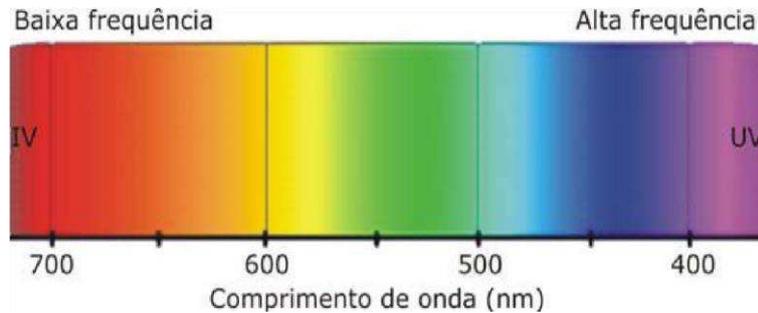
Embora a questão do uso racional e eficiente de energia tenha se tornado uma preocupação atual, muitos projetos ainda ignoram aspectos simples e de baixo custo relacionados com a tecnologia de iluminação adotada. É muito mais caro substituir um sistema de iluminação já existente do que instalar um novo num prédio.

Existem diversos métodos de avaliação de iluminação natural nos ambientes escolar, estes métodos podem ser considerados como modelos que podem prever o comportamento da luz natural no interior da edificação. Como a maioria dos modelos, são realizadas simplificações e abstrações da realidade para a formulação matemática do problema. Pode-se dizer que os modelos são abstrações da realidade que possuem certas limitações e que podem fornecer dados quantitativos e qualitativos da iluminação natural no interior das edificações, podendo auxiliar o projetista a tomar decisões.

Para um melhor entendimento e posteriormente estar definindo conclusões a respeito dos usos finais que são utilizados nas escolas e residência, será dado neste capítulo os conceitos em iluminação.

### 2.3.1.1 Luz

Luz é a radiação eletromagnética capaz de produzir sensação visual. Essa faixa de radiação eletromagnética tem com comprimento de onda entre 380 a 780 nm (nanômetros), ou seja, da cor ultravioleta à vermelha, passando pelo azul, verde, amarelo e roxo. As cores azul, vermelho e verde, quando somadas em quantias iguais, definem o aspecto da luz branca.

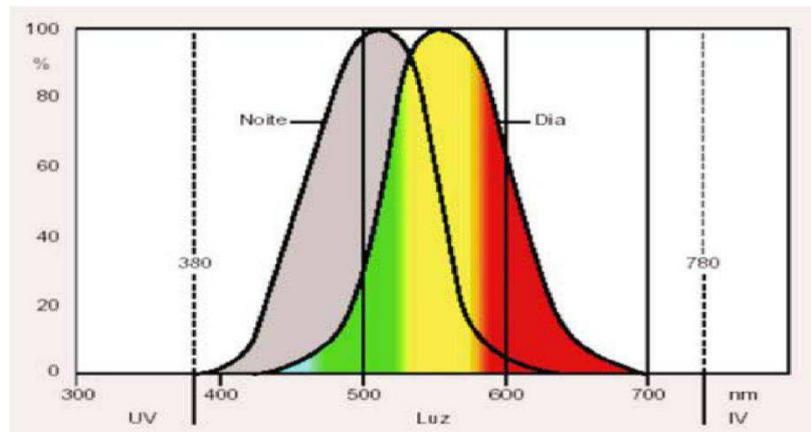


**Figura 2– Espectro visível**

**Fonte: OSRAM – Manual Luminotécnico Prático.**

### 2.3.1.2 Sensibilidade visual

A curva de sensibilidade indica como varia a sensibilidade do olho humano aos diferentes comprimentos de onda.



**Figura 3– Curva de sensibilidade visual.**

**Fonte: OSRAM – Manual Luminotécnico Prático.**

Visão escotópica (noturna): baixos níveis de luminância ( $0,001 \text{ cd/m}^2$ )

Visão fotópica (diurna): altos níveis de luminância ( $> 3 \text{ cd/m}^2$ )

Sensibilidade visual depende do comprimento de onda e da luminosidade.

Sendo assim:

- Quanto menor o comprimento de onda (violeta e azul), maior será a intensidade de sensação luminosa com pouca luz.
- Quanto maior comprimento de onda (laranja e vermelho), menor será a intensidade de sensação luminosa com pouca luz.

#### 2.3.1.3 Fluxo luminoso

Fluxo luminoso é a quantidade total de luz emitida por uma fonte. É medido em lumens (lm).

#### 2.3.1.4 Intensidade luminosa

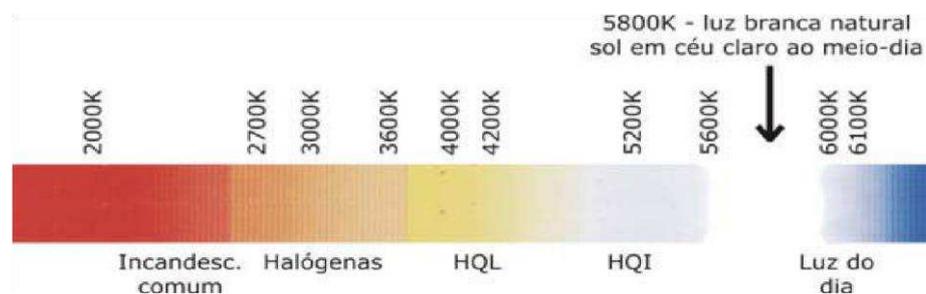
Expressa em candelas (cd), a intensidade luminosa é a intensidade do fluxo luminoso projetado em uma determinada direção.

#### 2.3.1.5 Iluminância

Iluminância é o fluxo luminoso que incide sobre uma superfície, situada a uma certa distância da fonte, por unidade de área. No SI a unidade de medida para iluminância é lumen/m<sup>2</sup> ou lux (lx).

#### 2.3.1.6 Temperatura de cor correlata (TCC)

As fontes de luz podem emitir luz de aparência de cor entre “quente” e “fria”. As cores “quentes” possuem uma aparência avermelhada ou amarelada e as cores “frias” são azuladas. No entanto, as aparências “quente” e “fria” têm sentido inverso ao da TCC, pois quanto mais alta a TCC, mais fria é a sua aparência e quanto mais baixa a TCC, mais quente é a sua aparência. A temperatura de cor correlata é expressa em kelvin (K).

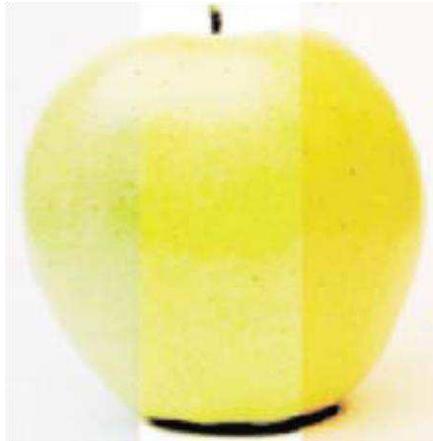


**Figura 4– Temperatura de cor correlata da luz**

**Fonte: OSRAM – Manual Luminotécnico Prático.**

### 2.3.1.7 Índice de reprodução de cores (IRC)

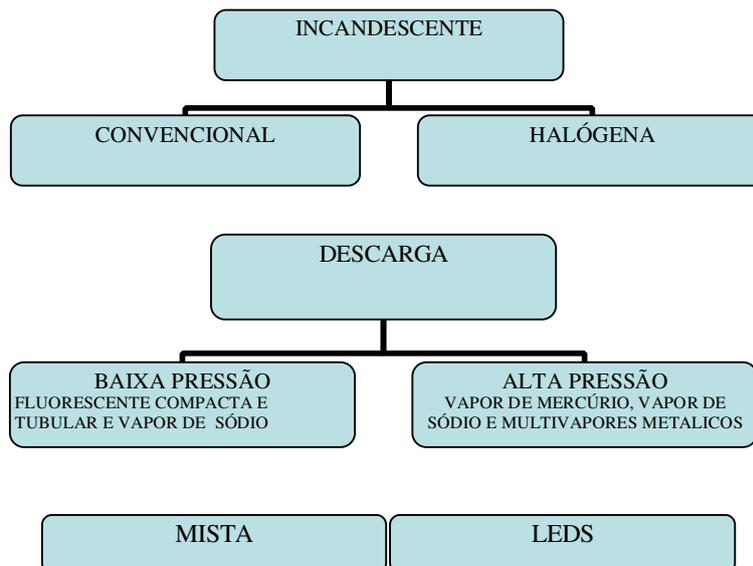
O IRC mede quanto a luz artificial se aproxima da natural. Quanto maior o IRC, melhor, sendo este um fator preponderante para reflexão das cores e comparação de fontes de luz com a mesma TCC, ou para a escolha da lâmpada, isto é, maior IRC, melhor reflexão da cor natural do objeto.



**Figura 5– IRC 70 / 85 / 100**

**Fonte: OSRAM – Manual Luminotécnico Prático.**

No Brasil, os tipos de lâmpadas existentes no mercado brasileiro e que o projetista pode utilizar em seus projetos são classificadas da seguinte forma:



**Figura 6– Tipo de lâmpadas Fonte: Creder (2007).**

#### 2.3.1.8 Incandescentes convencionais

O funcionamento das lâmpadas incandescentes baseia-se na passagem da corrente elétrica por um filamento de tungstênio que, com o aquecimento, gera a luz. Com temperatura de cor agradável, na faixa de 2.700 K ("amarelada") e reprodução de cor de 100%, têm atualmente sua aplicação predominantemente residencial. Atualmente, por serem menos eficientes, as lâmpadas incandescentes são pouco utilizadas em função do aparecimento da fluorescente compacta e mais recentemente as lâmpadas LED.

#### 2.3.1.9 Halógenas

Funcionando em tensão de rede ou em baixa tensão, as lâmpadas halógenas são também consideradas incandescentes por terem o mesmo princípio de funcionamento; porém, são incrementadas com gases halógenos que, dentro do bulbo, se combinam com as partículas de tungstênio desprendidas do filamento. Essa combinação, associada à corrente térmica dentro da lâmpada, faz com que as partículas se depositem de volta no filamento, criando assim o ciclo regenerativo do halogênio. Suas principais vantagens em relação às lâmpadas incandescentes são:

- Luz mais branca, brilhante e uniforme durante toda vida;
- Alta eficiência energética, ou seja, mais luz com potência igual ou menor;
- Vida útil mais longa (entre 2 e 4 mil horas);
- Menores dimensões.

#### 2.3.1.10 Fluorescentes compactas

As lâmpadas fluorescentes compactas possuem a tecnologia e as características de uma lâmpada fluorescente tubular, porém com tamanhos reduzidos. São utilizadas para as mais variadas atividades, seja comercial, institucional ou residencial, com as seguintes vantagens:

- Consumo de energia 80% menor;
- Durabilidade 10 vezes maior;
- Design moderno, leve e compacto;
- Aquecem menos o ambiente, representando forte redução na carga térmica das grandes instalações;
- Excelente reprodução de cores, com índice de 85%;

- Tonalidade de cor adequada para cada ambiente, com opções entre 2.700 K (aparência de cor semelhante às incandescentes) a 4.000 K (aparência de cor mais branca).

#### 2.3.1.11 Fluorescentes tubulares

De alta eficiência e longa durabilidade, as lâmpadas fluorescentes tubulares emitem luz pela passagem da corrente elétrica através de um gás, descarga essa quase que totalmente formada por radiação ultravioleta (invisível ao olho humano) que, por sua vez, será convertida em luz pelo pó fluorescente que reveste a superfície interna do bulbo. É da composição deste pó que resultam as mais diferentes alternativas de cor de luz adequadas a cada tipo de aplicação, além de determinar a qualidade e quantidade de luz e a eficiência na reprodução de cor. São encontradas nas versões Standard (com eficiência energética de até 70 lm/W, temperatura de cor entre 4.100 e 6.100 K e índice de reprodução de cor de 85%) e Trifósforo (eficiência energética de até 100 lm/W, temperatura de cor entre 4.000 e 6.000 K e índice de reprodução de cor de 85%). A performance dessas lâmpadas é otimizada através da instalação com reatores eletrônicos. São usadas em áreas comerciais e industriais.

O nível de iluminação é um dos parâmetros mais importantes na especificação de um sistema de iluminação, corresponde a iluminância, que deve ser medida na altura do campo de trabalho (altura útil de trabalho em relação ao solo). O nível de iluminação ideal está diretamente relacionado com o tipo de tarefa visual. No quadro 1 é mostrado o nível de iluminância ideal por tipo de tarefa extraído das normas técnicas da ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas).

Classe A	Iluminância (lux)	Tipo de Atividade	
Iluminação geral para áreas usadas ininterruptamente ou com tarefas visuais simples	20 - 30 – 50	Áreas públicas com arredores escuros	
	50 - 75 – 100	Orientação simples para permanência curta.	
	100 - 150 - 200	Recintos não usados para trabalho contínuo; depósitos.	
	200 - 300 - 500	Tarefas com requisitos visuais limitados, trabalho bruto de maquinaria, auditórios.	
	500 - 750 - 1000	Tarefas com requisitos visuais normais, trabalho médio de maquinaria, escritórios.	
Classe B	1000 - 1500 – 2000	Tarefas com requisitos especiais, gravação manual, inspeção, indústria de roupas.	
Iluminação geral para área de trabalho	2000 - 3000 – 5000	Tarefas visuais exatas e prolongadas, eletrônica de tamanho pequeno.	
	5000 - 7500 - 10000	Tarefas visuais muito exatas, montagem de microeletrônica.	
Classe C	Iluminação adicional para tarefas visuais	10000 - 15000 - 20000	Tarefas visuais muito especiais, cirurgia

Quadro 1 – Iluminâncias por classe de tarefas visuais. Fonte: NBR 5413.

### 2.3.2 Ar condicionado

O sistema de ar condicionado, quando existente, é responsável por uma grande parcela do consumo de energia elétrica em escolas.

Geralmente, o sistema de ar condicionado é utilizado para proporcionar conforto aos alunos, professores e direção que são os usuários das instalações da escola.

Assim como no sistema de iluminação, existem normas que orientam o sistema de ar condicionado, recomendando, por exemplo, os valores mais adequados de temperatura, umidade e fluxo de ar para cada tipo de ambiente.

Os equipamentos de ar condicionado são compostos por compressores, ventiladores, condensadores, evaporadores, filtro e gás refrigerante, existindo diversos modelos e topologia de sistemas: aparelho de janela, “*self contained*”, aparelhos *split*, *ductless systems*, sistemas centrais de expansão direta, sistema centrais de expansão indireta (água gelada) e outros.

Os aparelhos de janela são os equipamentos mais portáteis, instalados diretamente nos ambientes a serem climatizados. Com capacidade de refrigeração igual ou inferior a 30000 Btu/h, dependendo da marca, a instalação desse aparelhos se restringe a ambientes de dimensões não muito grande, onde pelo menos uma das paredes deve permitir comunicação com o ambiente exterior – troca de calor com o ar externo.

Na escola visitada onde o estudo foi realizado os aparelhos de ar condicionado são do tipo *split*.

#### 2.3.1.1 Forma de Uso Racional do Ar Condicionado

Seguem algumas recomendações relativas ao uso racional dos aparelhos de ar condicionado:

Regular adequadamente os termostatos de todos os equipamentos de ar condicionado, adaptando a temperatura média para o período de outono/inverno;

Realizar a limpeza periódica dos filtros e dos condensadores;

Manter as portas e janelas fechadas, evitando a entrada de ar externo quando o ar condicionado estiver em operação;

Utilizar o ar exterior nos períodos de outono/inverno ou quando a temperatura externa estiver amena;

Reduzir a carga térmica do equipamento eliminando a incidência direta do sol, sem prejuízo da iluminação do ambiente;

Desligar os equipamentos de ar condicionado nos ambientes não utilizados e durante os períodos de limpeza.

Programar o desligamento do sistema de ar condicionado central para horários predefinidos de expediente (ex: ligar 30 minutos antes do expediente e desligá-lo meia hora antes do final, aproveitando a inércia térmica).

Realizar a verificação de cada equipamento de modo a determinar possíveis irregularidades que resultem em desperdícios (ex: termostatos defeituosos ou inoperantes, carga de gás insuficiente etc).

A carga térmica provocada por lâmpadas incandescentes ou reatores expostos deve ser evitada, sempre que possível, através da substituição dessas lâmpadas por lâmpadas frias e pela instalação do reator sobre o forro.

Manter desobstruídas as grelhas de circulação de ar.

### **3 ESTUDO DE CASO DA ESCOLA VIRGEM DE LOURDES**

Apresenta-se agora a análise das instalações elétricas da Escola Virgem de Lourdes (EVL) para determinar o potencial de conservação de energia elétrica nos usos finais assim como avaliar as instalações elétricas em relação a eficiência energética nos usos finais.

A EVL é considerada, pelo tamanho, quantidade de alunos e pela arquitetura, como sendo uma das maiores escolas da cidade de Campina Grande.

#### **3.1 Consumo de Energia Elétrica**

Para avaliar e analisar o consumo de energia elétrica de uma instalação se faz necessário conhecer detalhadamente o seu perfil de consumo. É preciso determinar o consumo global de energia elétrica e o consumo por tipo de uso final. O consumo global de energia elétrica é um dos parâmetros considerado para as concessionárias de energia elétrica, para o cálculo da conta de energia. Um dos principais objetivos das ações do uso racional e eficiente de energia elétrica é reduzir o consumo e os custos, e

para se conseguir essa redução é imprescindível o conhecimento do consumo global e do uso final. Com isso se faz necessário a realização do diagnóstico energético das instalações elétricas.

O consumo global de energia elétrica pode ser obtido diretamente nas contas de energia elétrica fornecido pela concessionária ou fazer a leitura via processo de medição direta nas cabines de medição (grupo A); diretamente no medidor de energia elétrica da concessionária instalado em cada unidade consumidora (grupo B); ser estimado a partir de dados levantados por inspeção nas instalações do ambiente analisado; e quando se instalada o analisador de energia no quadro geral de baixa tensão.

Os valores levantados e obtidos nas contas de energia são extremamente úteis, permitem verificar a existência de multas por ultrapassar a demanda contratada, excessos de reativos (fator de potência baixo  $< 0,92$ ), entre outras informações. Na análise dos valores levantados e nas contas de energia dos últimos 12 meses, permite estimar tendência de crescimento do consumo e de demanda, fazendo com que se tenha um planejamento das instalações no que diz respeito expansão do sistema elétrico e ao seu contrato de fornecimento junto a concessionária de energia elétrica.

### **3.2 Análise das Instalações Elétricas da Escola**

Agora, iremos analisar cada uso final das instalações elétricas da EVL. Essa análise é uma ferramenta importante para a realização do diagnóstico energético da escola.

Além disso, o levantamento e o acompanhamento dos indicadores do uso de energia elétrica, propícia a criação de um banco de dados com valores individuais de cada tipo de atividade, possibilitando a realização de análise energética mais rápida e de menor custo.

#### **3.2.1 Análise de Sistema de Iluminação**

Essa análise no sistema de iluminação é essencial para a realização do diagnóstico energético. Além de ser um dos usos finais mais fáceis de trabalhar, e aplicar ações de uso racional e eficiente de energia elétrica, a iluminação corresponde a uma maior participação do consumo global de energia elétrica da escola em estudo.

### 3.2.1.1 Conservação no Sistema de Iluminação

No sistema de iluminação existe uma quantidade grande de ações que promovem o aumento da eficiência do sistema que são:

- Aproveitamento possível da iluminação natural;
- Uso de detectores de presença;
- Empregar tecnologia mais adequada às atividades desenvolvidas;
- Acionamento setorial do sistema;
- Implementação de programa de manutenção periódica; e
- Educação dos usuários.

Sistemas de iluminação mal projetados podem reduzir a performance e prejudicar a saúde dos usuários, além de desperdiçar energia elétrica. A substituição de tecnologias de iluminação deve ser realizada mediante um novo projeto de iluminação, levando em consideração as características físicas e de ocupação das instalações (ambiente). Outra medida bastante efetiva é o aproveitamento da iluminação natural, dependendo do local a iluminação natural é intensa o suficiente para desligar o sistema de iluminação artificial. No caso se faz necessário haver controle setorial das luminárias próximas às áreas que recebem luz natural para que possam ser desligadas. Muitas vezes não é encontrado esse controle por setor e sim um controle total das luminárias através de um único interruptor.

Outra medida que pode ser implantada é a instalação de detectores de presença. O sucesso dessa medida está relacionado com a frequência na qual os alunos ou usuários abandonam os ambientes controlados. Os cálculos precisos do potencial de conservação de energia elétrica proporcionados pelo uso dos detectores de presença podem ser realizados aonde se conheça os horários dos alunos e dos usuários do ambiente analisado.

A eficiência e a eficácia do sistema de iluminação são mantidos através de manutenção. Pessoas responsáveis pela manutenção devem ser treinadas para verificar as condições de operação do sistema de iluminação, verificando todos os ambientes da escola para que haja um controle e manutenção periódica adequada nas instalações, visando qualidade da iluminação e satisfação do aluno/usuário.

Faz-se necessário a interação entre usuário e funcionários de manutenção, visando o repasse de informação sobre a eficácia do sistema de iluminação.

A criação de um trabalho informativo sobre conservação e uso racional de energia elétrica dentro das escolas, através de cartazes publicitários, palestras e programas educativos que conscientizem e faça o aluno/usuário a engajar a ideia de eficiência energética na escola e conseqüentemente em sua residência, e podendo ser estendido para a conservação e desperdício de água e reciclagem do lixo, visualizando a sustentabilidade ambiental.

### 3.2.2 Análise do Sistema de Ar Condicionado

A participação do sistema de ar condicionado no consumo global de energia elétrica da EVL atualmente não é tão expressiva.

O ar condicionado é um sistema que geralmente apresenta um potencial de conservação de energia elétrica considerável, em função de dimensionamentos e projetos mal dimensionados. Sem deixar de levar em consideração a manutenção, a qual é realizada duas vezes ao ano na EVL.

#### 3.2.2.1 Conservação no Sistema de Ar Condicionado

No sistema de ar condicionado existe um potencial de conservação de energia elétrica que pode ser realizado apenas com algumas simples ações, como limitar o uso dos aparelhos apenas quando houver necessidade, e a manutenção dos mesmos.

Muitos fatores são essenciais para o cálculo da carga térmica de um ambiente (Btu/h), como por exemplo, área útil, pé direito, quantidades de portas e janelas existentes no ambiente a serem calculados; verificação de incidência solar, quantidade de pessoas que entram ou trabalham no ambiente, quantidade e potência média do ar condicionado, material do piso, teto e paredes, condições de isolamento térmica e outros mais. Dessa forma, o cálculo torna-se bastante complexo, e dependendo do tamanho das instalações, fica inviável o cálculo dentro do diagnóstico energético.

### 3.2.2 Análise de Outros Equipamentos

Para determinar o potencial de conservação de energia elétrica de um determinado equipamento específico, devem ser realizados estudos detalhados de seu ciclo de funcionamento. Através desse ciclo de funcionamento, é possível estudar a viabilidade de aplicação de algumas medidas do uso racional e eficiente de energia elétrica, normalmente essas ações são:

- Substituição de equipamentos antigos, por equipamentos novos com o selo do programa de eficiência energética do PROCEL.

- Implementação de programas de manutenções periódicas.
- Controle para que desligue o aparelho quando não tiver pessoas no ambiente.

### 3.2.3 Análise Econômica das Medidas

Muitas vezes as medidas tomadas para a conservação de energia proporcionam grandes economias de energia elétrica, mas podem não ser economicamente viáveis. Todo administrador, por mais que esteja preocupado com questões ambientais e de preservação de recursos naturais, deseja muitas vezes, garantir o retorno do capital ou justificar o investimento, quando se implanta medidas de uso racional e eficiente de energia elétrica. Mas, nem sempre se tem um resultado positivo em função do total descontrole após a implementação dessas ações, que visam o uso racional e eficiente de energia elétrica. Na maioria das vezes as pessoas que estavam diretamente ligadas aos programas, são relocadas para outros setores ou outras funções, que não tem correlação com o programa de eficiência energética.

### 3.2.4 Análise das Tarifas Cobradas

O objetivo dessa análise é determinar a modalidade tarifária e os valores de contrato mais adequado, que o consumidor se enquadra, para que minimize sua despesa na conta de energia elétrica.

Muito embora a mudança tarifária e dos valores de contrato não proporcione diretamente uma redução do consumo de energia elétrica da instalação, ela pode proporcionar uma economia de recursos financeiros (R\$), uma vez que a estrutura tarifária onera o custo da energia em horários do dia e período do ano, onde as condições de fornecimento são mais críticas.

A análise tarifária deve ser realizada sempre que as características de consumo das instalações sofrerem modificações por mudança de hábitos ou por alteração na potência instalada de algum uso final.

## **3.3 Potencial de conservação**

A avaliação da eficiência energética e potencial de conservação de energia elétrica da EVL é apresentado na forma de tabelas, gráficos e fotos de maneira que

facilite a compreensão dos dados coletados e que permita o entendimento da aplicação prática da metodologia utilizada.

### 3.3.1 Escola Virgem de Lourdes

O estudo em questão foi realizado na escola no período de 19/01/2013 até 28/06/2013.

A EVL está localizada na cidade de Campina Grande no bairro Jardim Tavares e foi inaugurada em 13/02/1953. Atualmente, a EVL está entre as maiores da cidade, com 168 funcionários, 1700 alunos e 111 professores de diversas disciplinas. Funciona das 7h às 17h30min, e a noite das 18h30min às 22h como ensino técnico e pré-vestibular solidário. A escola possui várias salas de aulas, sala de direção, secretaria, sala de informática, sala de música, sala de artes, bibliotecas, sala de psicólogos, sala de coordenadores, sala de assistente social, cozinhas, cantinas, auditórios, quadra poliesportiva, capela, e uma área residencial cuja entrada é restrita.

#### 3.3.1.1 Características de consumo

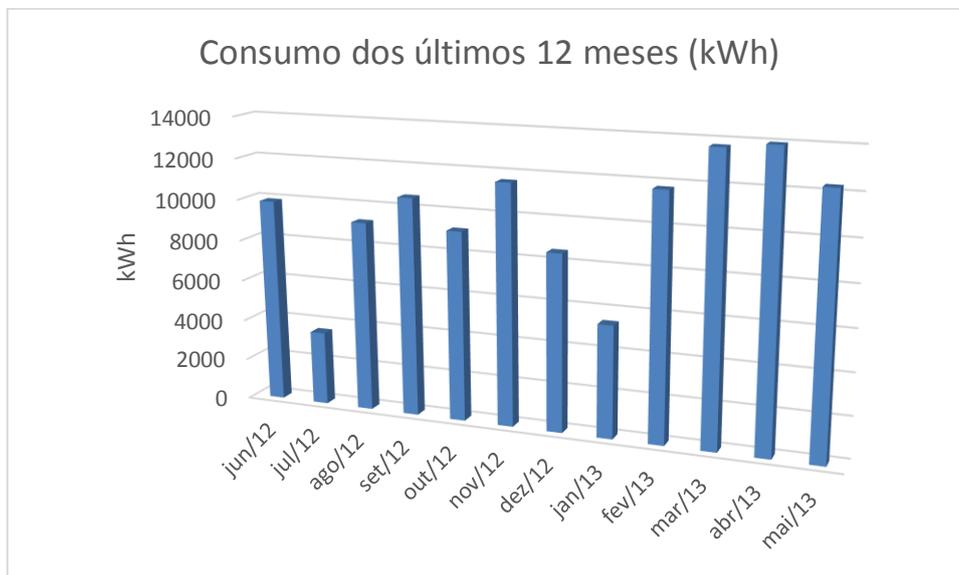
A EVL é classificada como uma unidade consumidora do Grupo A, subgrupo A4, com tensão de fornecimento igual a 13,8 kV e está enquadrado atualmente na estrutura tarifária convencional.

Na Figura 7 é apresentado o histórico de consumo de energia ativa da EVL relativo aos últimos 12 meses de faturamento. Em média registrou-se um consumo mensal de 9.978 kWh. Estes valores representam monetariamente, em média um montante de R\$1.443,54 (um mil quatrocentos e quarenta e três reais e cinquenta e quatro centavos), aplicadas as devidas tarifas referentes ao enquadramento tarifário no qual está inserido.

Com relação à demanda de potência ativa medida nos últimos 12 meses de faturamento, a unidade consumidora apresentou uma média mensal de 58,1825 kW, o histórico da demanda registrada é apresentado na Figura 9. Referente à demanda faturada, foi registrado uma média mensal de R\$1.628,53 (um mil seiscentos e vinte oito reais cinquenta e três centavos).

Atualmente, a demanda contratada da EVL é de 70 kW. Ressaltando que o custo da demanda de ultrapassagem é numericamente igual ao dobro da demanda faturável, segundo resolução da ANEEL.

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



**Figura 7– Histórico de consumo da Escola Virgem de Lourdes**

### 3.3.1.2 Levantamento de Dados

A EVL é alimentada em 13.8 kV, conectada à rede de distribuição da concessionária ENERGISA BORBOREMA. A transformação em baixa tensão é realizada por um transformador trifásico de 112,5 kVA, que alimenta quase toda a instalação da escola. Existe uma parte da escola onde há um morador que é alimentado por um transformador da própria ENERGISA BORBOREMA. O estudo foi realizado nos 3 principais blocos de aula da escola, sendo estes dedicados ao ensino fundamental e médio.

Os 3 blocos com salas de aulas os quais possuem iluminações diferentes, cada sala de aula do bloco 1 possui 4 luminárias com 2 lâmpadas fluorescentes tubulares de 32 W cada, salas de aula do bloco 2 possuem 6 fluorescentes compactas de 32 W e cada sala de aula do bloco 3 possui 9 lâmpadas fluorescentes compactas de 40 W.

É importante comentar que durante todas as visitas feitas à EVL foram realizadas em horários de aula ou fora do horário de aula foi verificado que os funcionários procuram deixar as lâmpadas apagadas quando não há atividades no local, mas a criação de uma equipe específica para fiscalização da iluminação seria uma ótima contribuição para a eficiência energética.



**Figura 8– Foto do transformador alimentador de energia elétrica da escola**

### 3.3.1.3 Análise da Demanda de Potência

O objetivo da análise da demanda de potência é procurar adequar seus valores aos que atendam às necessidades reais da unidade consumidora. Para tal, são analisados, mediante comparação, os valores de demanda de potência ativa medidos pela concessionária, os valores de demanda de potência ativa contratados para aquela unidade consumidora, e a demanda de potência ativa realmente faturada.

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

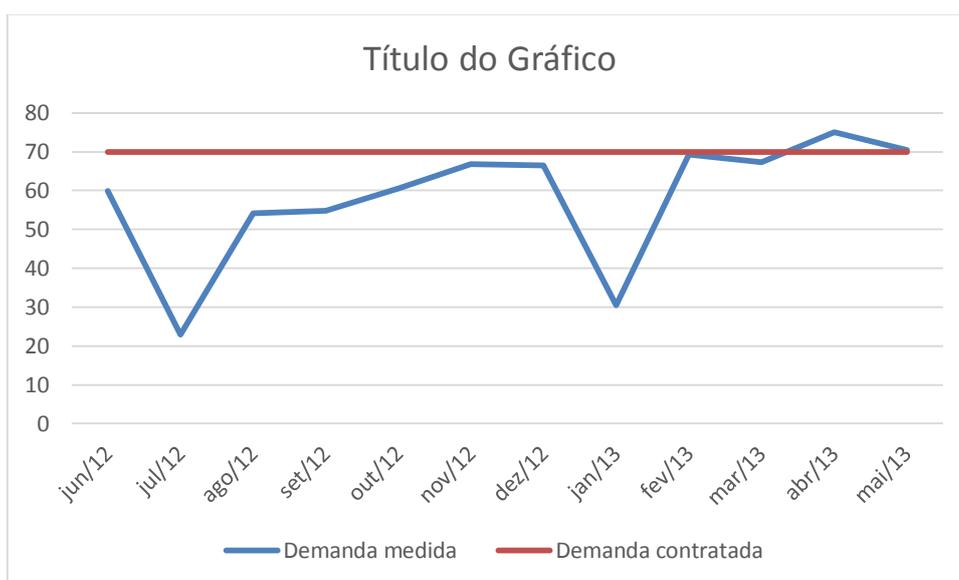
- Será faturado o valor da demanda contratada sempre que a demanda solicitada for inferior ao valor contratado;
- Serão aplicadas as tarifas de ultrapassagem sempre que os valores registrados de demanda ultrapassem os valores contratados em percentuais superiores ao limite estabelecido.

Fica claro que, se as demandas contratadas não forem aquelas que correspondem à necessidade da unidade consumidora, haverá elevação desnecessária

dos custos com a energia elétrica, seja por subdimensionamento ou superdimensionamento da demanda contratada.

Na Figura 9 está apresentado o comportamento das demandas registradas durante os últimos 12 períodos de faturamento da EVL. Nela podemos verificar que o maior valor registrado de demanda de potência ativa ocorreu em Abril de 2013, onde se registrou 75,03 kW.

Conforme a resolução da ANEEL são aplicadas as tarifas de ultrapassagem quando o montante de demanda de potência ativa registrado na unidade consumidora exceder em mais de 10% o valor contratado. Baseado no limite estabelecido e no histórico dos últimos 12 meses verifica-se que não há necessidade de alterar o contrato de demanda, no entanto, vale a pena salientar que o contrato está no limite e qualquer instalação de novas cargas vai ultrapassar a demanda contratada e será preciso realizar um novo contrato. Os meses de janeiro e julho são os meses de férias por isso a demanda medida é baixa.



**Figura 9–Demanda registrada nos últimos 12 meses**

#### 3.3.1.4 Análise da Opção Tarifária

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

Consumidores do Grupo A, como a EVL, em Campina Grande, devem ter tarifa binômia, sendo cobrado tanto pelo consumo de energia elétrica como pela demanda de potência ativa. Segundo a ANEEL, como a unidade consumidora em questão possui tensão de fornecimento igual ou inferior a 69 kV e demanda contratada inferior a 300 kW, esta deve ser enquadrada nas modalidades tarifárias convencionais. Atualmente, não há necessidade de uma alteração de modalidade tarifária.

#### 3.3.1.5 Excesso de Energia Reativa e Correção do Fator de Potência

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

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

Foi verificado que o valor pago pela energia reativa excedente, atualmente, é baixo, varia entre 4 e 5 reais mas deve-se levar em conta que futuramente a diretoria pretende realizar a instalação de aparelhos de ar condicionado e com isso será preciso realizar um estudo detalhado acerca deste adicionamento de cargas para serem realizadas as devidas correções.

#### 3.3.1.6 Potencial de Conservação de Energia Elétrica

O potencial de conservação de energia elétrica global da EVL é baseado no potencial de conservação de cada uso final da escola.

A conservação de cada uso final pode ser calculada, estimado e pode ser implantado, tomado algumas ações que já foram tratados nos capítulos anteriores. São ações que quando tomadas o retorno é de curto prazo como:

- a) Limpeza periódica nos filtros dos aparelhos de ar condicionados;
- b) O desligamento dos aparelhos de ar condicionado no horário de almoço;
- c) Controle da iluminação da quadra de esportes (desligar a iluminação, quando não estiver sendo usada a quadra);

- d) Desligar a iluminação dos corredores durante o dia;
- e) Instalar sensores de presença nos corredores da escola.

A EVL possui aparelhos de ar condicionado, os quais estão mostrados na tabela 3.

Aparelhos de ar condicionado		
Local	Potência (btu)	Potência (kW)
Anfiteatro	48000	5305
Coordenação geral	12000	1400
Sala de informática	15000	2280
Sala de vídeo	15000	2280
Sala de vídeo	*	*

Tabela 3 Potência de aparelhos de ar condicionado

\* Dados de placa não visíveis.

Em relação ao sistema de ar condicionado, foi verificado a frequência de manutenção e a frequência de uso dos mesmos. Em relação a manutenção, ela é realizada 2 vezes ao ano. A frequência de manutenção ideal é que seja feito limpeza uma vez ao mês, portanto a escola precisa melhorar neste quesito. Em relação a frequência de uso, os aparelhos de ar condicionado são usados esporadicamente e são sempre desligados, quando não há utilização do ambiente.

Outro uso final analisado foi a iluminação.

Em relação à utilização da iluminação, é sugerida a formação de uma equipe para fiscalizar aonde há a necessidade de se manter a iluminação ativa, pois foi verificado que existem ambientes os quais não estão sendo utilizados e a iluminação estava ativa.

A substituição da iluminação por lâmpadas de menor potência também é uma medida que pode ser adotada, mas neste caso o retorno não aconteceria em curto prazo, conforme apresentado nas Tabela 4 e 5.

Tipo de lâmpada (W)	Quantidade	Preço unitário (R\$)	Valor Total (R\$)
32	81	12,00	972,00
400	8	124,00	992,00
120	10	81,00	810,00
Custo Total			2774,00

Tabela 4 Custo para substituição de lâmpadas

Tipo de lâmpada (W)	Economia (W)	Preço por kWh	Valor Total (R\$)
32	648x10x30 = 194400	0,14367	27,929
400	4800x2x20 = 192000	0,14367	27,929
120	2800x1x30 = 84000	0,14367	12,068
Custo Total			67,926

Tabela 5 economia realizada com a substituição de lâmpadas

De acordo com os dados mostrados nas tabelas 4 e 5, o retorno financeiro só aconteceria em 40 meses, ou seja a troca de lâmpadas fluorescentes de 40 W por lâmpadas fluorescentes de 32 W não é uma boa opção.

Pode ser visto também, que as trocas realizadas pela própria escola, sem o estudo de um engenheiro eletricista, de refletores de vapor metálico de 2000 W por refletores de 400 W também não era uma boa opção para economia.

E a troca de refletores de 400 W de vapor metálico por lâmpadas fluorescentes de 120 W, também realizada pelos funcionários da escola sem um acompanhamento de um engenheiro eletricista, também não eram uma boa opção pra economia.

As salas de aulas dos outros blocos possuem iluminação com lâmpadas de 32 W, mas foram realizadas medições usando um luxímetro e foi verificado que, de acordo com a norma, se forem reduzidas a potência das lâmpadas a iluminação do ambiente não será adequada.

Uma questão importante a ser levantada sobre iluminação são os banheiros, durante as visitas verificou-se algumas vezes que os usuários deixavam as luzes dos banheiros ligadas, para este tipo de situação recomenda-se a instalação de sensores de

presença. Recomenda-se também a troca de lâmpadas fluorescentes de 20 W por lâmpadas incandescentes de 20 W.

Material a ser comprado	Quantidade	Preço (R\$)	Valor Total
Lâmpadas incandescentes 20 W	24	1,33	31,92
Sensores de presença embutidos	8	30,00	240,00
Custo Total			271,92

Tabela 6 Custo de materiais para banheiro

Para uma precisa avaliação do potencial de conservação de energia elétrica com esta troca de materiais é preciso conhecer os horários de utilização dos ambientes onde vão ocorrer estas alterações, mas conhecer estes horários quando os ambientes são banheiros é bem complexo.

Estas sugestões são justificadas, pois quando lâmpadas fluorescentes são ligadas e desligadas com uma frequência alta, como acontece em banheiros, a vida útil destas lâmpadas diminui bastante, e também por que as lâmpadas incandescentes possuem um melhor IRC (índice de reprodução de cores), o qual a iluminação em banheiros femininos precisa de um bom IRC.

Foi perguntado ao eletricitista responsável a frequência de limpeza nas luminárias, ele informou que as mesmas são limpas a cada 6 meses, o mesmo acontece com os aparelhos de ar condicionado.

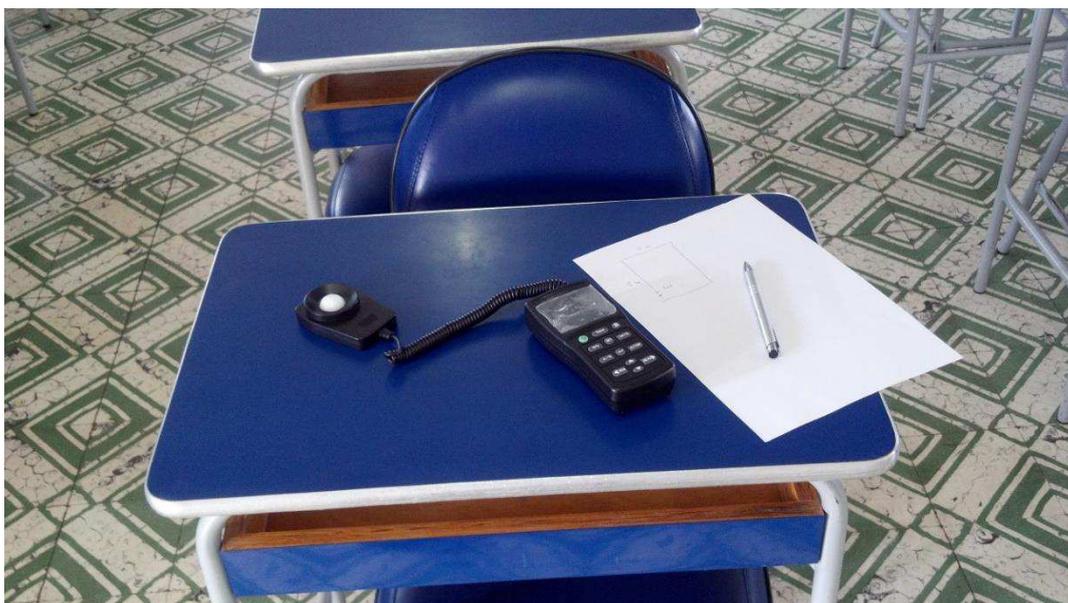


Figura 10–Medição realizada no bloco 1



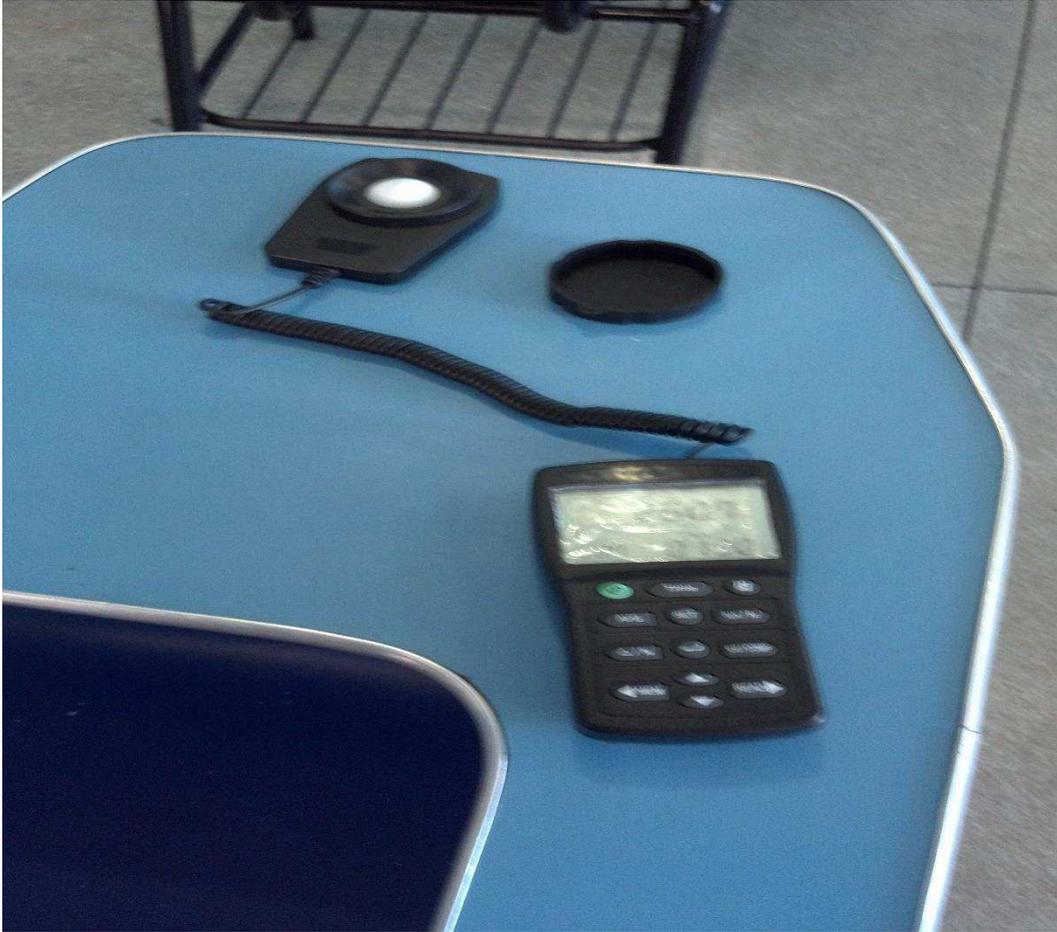
**Figura 11– Localização dos pontos de medição sala de aula bloco 1**



**Figura 12– Medição realizada no bloco 2**



**Figura 13– Localização dos pontos de medição sala de aula bloco 2**



**Figura 14– Medição realizada no bloco 3**



**Figura 15– Localização dos pontos de medição nas salas de aula bloco 3**

## 4 CONCLUSÃO

De acordo com a análise feita, vimos que a diretoria da escola tomou decisões de substituição em relação a iluminação, as quais não foram feitas com o acompanhamento de um engenheiro eletricista. Estas decisões acarretaram em uma redução do consumo de energia elétrica mas com um alto custo e com o retorno a longo prazo. Para evitar este tipo de equívoco, o ideal é que seja feito um estudo por um engenheiro eletricista qualificado para tal análise, para que não ocorra desperdícios.

Com relação aos aparelhos de ar condicionado, é necessário aumentar a frequência de limpeza dos mesmos.

Os equipamentos de iluminação encontram-se em bom estado. Isto mantém a fluxo luminoso informado pelos fabricantes. Um dos grandes problemas das instalações da Escola Virgem de Lourdes é que não há documentação, como plantas, especificações das marcas das luminárias, lâmpadas, reatores, entre outras coisas para posterior orientação aos usuários e administradores da escola sobre projeto luminotécnico. Outro problema encontrado foi que, o eletricista anterior foi quem tinha feito grande parte das instalações elétricas da escola, no entanto ele não deixou documentação para orientar o eletricista atual, o que é um grande problema.

Outra medida a ser tomada é a instalação de sensores de presença nos banheiros e substituição de lâmpadas fluorescentes por lâmpadas incandescentes. Apesar de esta medida ser interessante, vale salientar que a partir do ano de 2015 as lâmpadas incandescentes não serão mais comercializadas no Brasil. Em contrapartida está sendo inserida no mercado brasileiro a tecnologia LED em sistemas de iluminação, o que vem a ser uma alternativa bem mais interessante do que as lâmpadas incandescentes, apesar do alto custo, o qual vem sendo reduzido à medida que a tecnologia avança.

Algumas outras ações que a diretoria da escola deve tomar:

- Orientar o uso do manual de normas e procedimentos técnicos, para que tenhamos resultados no uso eficiente de energia elétrica nas escolas e que possa deixar registrado para futuros usuários ou eletricistas;

- Treinamento de equipes para avaliar do ponto de vista gerencial os benefícios do combate ao desperdício de energia e de seu uso eficiente nas escolas;
- Estimular iniciativas, discutir e propor políticas relacionadas ao uso eficiente de energia, bem como realizar palestras com o intuito de conscientizar os usuários da escola para a eficiência energética.

Atualmente, a escola não necessita de uma nova subestação, nem de um novo contrato de demanda, mas foi informado que a diretoria da escola pretende realizar a instalação de aparelhos de ar condicionado em salas de aulas, com isso aumentando bastante o consumo, portanto é interessante a diretoria requisitar um estudo da carga instalada antes de fazer esse tipo de aumento, sobre reativos e sobre a demanda de potência ativa.

As alternativas que visam o uso racional e eficiente de energia elétrica apresentam, geralmente, custo e tempo de retorno pequeno quando comparados aos valores de outras alternativas. Para o uso eficiente de energia elétrica é necessário, informação e mudanças de hábito das pessoas.

## **REFERÊNCIAS**

CREDER, Helio, Instalações elétricas. 15. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2007.

MARQUES, M. C. S. Eficiência Energética: teoria & prática. Itajubá: FUPAI, 2007. 224p.

PROCEL, Manual de Tarificação de Energia Elétrica. 2001

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica. Disponível em:

<http://www.aneel.gov.br/>. Acessado em 03/12/2012

PROCEL. Disponível em:

<http://www.eletrobras.gov.br/elb/procel/main.asp?ViewID={974CF275-82FE-4483-8551-855F9A98A370}>. Acessado em 03/12/2012.

Eficientização Energética em Instituições de Ensino. Disponível em:

<http://www.cpdee.ufmg.br/~lafitte/extensao/EEufsjs.pdf>. Acessado em 03/12/2012

EDP Escelsa: Manual do Cliente Horo-Sazonal. Disponível em:

[http://www.edpescelsa.com.br/energia/clientes\\_alta\\_tensao/informacoes/normas\\_manuais/pdf/Manual%20do%20Cliente%20Horo-sazonal%20completo.pdf](http://www.edpescelsa.com.br/energia/clientes_alta_tensao/informacoes/normas_manuais/pdf/Manual%20do%20Cliente%20Horo-sazonal%20completo.pdf). Acessado em 03/12/2012

TEIXEIRA, J. S. e JÚNIOR, R. L. P. Eficiência energética: diagnóstico energético das instalações da Faculdade Novo Milênio. Disponível em:

[http://www.adjutojunior.com.br/tcc/Eficiencia\\_Energetica\\_Diagnostico\\_Energetico\\_das\\_Instalacoes\\_Eletricasda\\_Faculdade\\_Novo\\_Milenio\\_Josimar\\_Salvador\\_Teixeira\\_Roberto\\_Lopes\\_de\\_Paula\\_Junior.pdf](http://www.adjutojunior.com.br/tcc/Eficiencia_Energetica_Diagnostico_Energetico_das_Instalacoes_Eletricasda_Faculdade_Novo_Milenio_Josimar_Salvador_Teixeira_Roberto_Lopes_de_Paula_Junior.pdf). Acessado em 03/12/2012

ABNT NBR 5410:2004 Versão Corrigida:2008- Instalações elétricas de baixa tensão.  
ABNT NBR 5413:1992 Versão Corrigida:1992 - Iluminância de interiores.

NR 10 - Segurança em Instalações e Serviços em Eletricidade. Disponível em:  
[http://portal.mte.gov.br/data/files/8A7C812D308E216601310641F67629F4/nr\\_10.pdf](http://portal.mte.gov.br/data/files/8A7C812D308E216601310641F67629F4/nr_10.pdf)  
. Acessado em 06/12/2012

MOREIRA, Vinícius de Araújo. Iluminação elétrica, São Paulo: Edgar Blucher, 1999.

BARROS, J. D. L. Gerenciamento de energia elétrica no campus da UFCG em Campina Grande. 2011. 53 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande – PB.

<http://www.energisa.com.br/Borborema/paginas%20internas/Tarifas.aspx>. Acessado em 15/06/2013.

## ANEXO I

### Tarifa convencional

ALTA TENSÃO **			
A4 - Convencional (R\$/kWh)	TUSD	TE	TUSD + TE
Industrial, Comercial, Residencial, P.Público	0,00864	0,13503	0,14367
Serviço Público	0,00734	0,11478	0,12212
Rural Isolado	0,00778	0,12153	0,12930
Rural Irrigação	0,00086	0,01350	0,01437
A4 - Convencional (R\$/kW)	TUSD	TE	TUSD + TE
Industrial, Comercial, Residencial, P.Público	27,99	-	27,99
Serviço Público	23,79	-	23,79
Rural Isolado	25,19	-	25,19
Rural Irrigação	25,19	-	25,19

Fonte: <http://www.energisa.com.br/Borborema/paginas%20internas/Tarifas.aspx>