



Universidade Federal  
do Rio de Janeiro  
**Escola Politécnica**

**REVISÃO E MODERNIZAÇÃO DOS SISTEMAS DE ILUMINAÇÃO E AR  
CONDICIONADO DO BLOCO A1 DO EDIFÍCIO DA CPRM NO RIO DE JANEIRO**

Guilherme Vogel Satyro

Projeto de Graduação apresentado ao Curso de Engenharia Elétrica da Escola Politécnica, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários a obtenção de grau de Engenheiro Eletricista.

Orientador: Walter Issamu Suemitsu

Rio de Janeiro

Abril de 2013

REVISÃO E MODERNIZAÇÃO DOS SISTEMAS DE ILUMINAÇÃO E AR  
CONDICIONADO DO BLOCO A1 DO EDIFÍCIO DA CPRM NO RIO DE JANEIRO

Guilherme Vogel Satyro

PROJETO SUBMETIDO AO CORPO DOCENTE DO DEPARTAMENTO DE  
ENGENHARIA ELÉTRICA DA ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE  
FEDERAL DO RIO DE JANEIRO COMO PARTE DOS REQUISITOS  
NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE ENGENHEIRO  
ELETRICISTA.

Examinado por:

---

Prof. Walter Issamu Suemitsu, Dr. Ing.

(Orientador)

---

Prof. Sergio Sami Hazan, Ph.D.

---

Eng.<sup>o</sup> Luiz Carlos Gabriel Soares, M.Sc

Satyro, Guilherme Vogel

Revisão e modernização dos sistemas de iluminação e ar condicionado do bloco A1 do edifício da CPRM no Rio de Janeiro / Rio de Janeiro: UFRJ / Escola Politécnica / Departamento de Engenharia Elétrica, 2013.

XIII, 67 p.: il.; 29,7cm

Orientador: Walter Issamu Suemitsu

Projeto de Graduação – URFJ / Escola Politécnica / Departamento de Engenharia Elétrica, 2013.

Referências Bibliográficas: p. 58-59

1. Eficiência Energética.
2. Sistemas de Iluminação.
3. Sistemas de Ar Condicionado.

I. Suemitsu, Walter Issamu. II. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola Politécnica, Departamento de Engenharia Elétrica. III. Título

## AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, aos meus pais, Luciane Vogel e Manoel Muniz Satyro, pelos exemplos que são, por estarem sempre presentes quando necessário, pelas oportunidades que me deram durante a vida para a minha formação acadêmica e pela compreensão constante. A minha irmã, Camila, pelo companheirismo e amor.

Aos meus avós, Érica e Edyr por sempre me ajudarem, apoiarem e principalmente por me criarem junto aos meus pais.

Ao meu padrasto Evandro, pela companhia e ajuda desde que conheceu minha mãe até os dias atuais, também a minha madrasta Luciene.

Aos meus amigos de faculdade, que estavam presentes sempre durante a graduação, tanto para os estudos quanto para as brincadeiras e que muito me ajudaram para a conclusão do curso.

Aos colegas de trabalho, pela experiência profissional absorvida durante o tempo que estagiei, em especial à coordenadora Josiane Nogueira por ter confiado em mim e me dado esta oportunidade de estágio e aos amigos engenheiros eletricistas Luciano Baracho e Luiz Carlos Gabriel pelo aprendizado.

## MOTIVAÇÃO

A motivação para o planejamento e aprofundamento no tema deste projeto de graduação, surgiram com a preocupação pessoal e, com certeza também de boa parte da população brasileira, com os elevados gastos do País em relação aos segmentos de geração, transmissão e distribuição de energia elétrica. Neste sentido, penso que uma contribuição com os esforços para a conservação de energia é aproveitando a oportunidade do estágio em engenharia elétrica em um órgão público de grande projeção nos segmentos de geologia e pesquisas de recursos minerais. Com isso, sistematizei, então, metodologias para levantamentos e análises de dados envolvendo o consumo de energia elétrica na CPRM (Companhia de Pesquisa em Recursos Minerais), com base em conceitos e metodologias de eficiência energética. Os resultados obtidos sinalizaram onde a Empresa poderia efetivamente economizar energia.

Finalmente, almejo profundamente que através da aplicação dos conhecimentos adquiridos na UFRJ, possa contribuir para que outros órgãos públicos igualmente se voltem internamente para as questões de sustentabilidade e conservação de energia.

Resumo do Projeto de Graduação apresentado à Escola Politécnica / UFRJ como parte dos requisitos para obtenção do grau de Engenheiro Eletricista.

Revisão e Modernização dos sistemas de iluminação e de ar condicionado do bloco A1  
do edifício da CPRM no Rio de Janeiro

Guilherme Vogel Satyro

Abril/2013

Orientador: Walter Issamu Suemitsu

Curso: Engenharia Elétrica

Os tópicos abordados neste trabalho são fundamentados em uma revisão de projeto e modernização dos sistemas existentes de iluminação e ar condicionado do bloco A1 do edifício da CPRM (Serviço Geológico do Brasil). Desta forma, estes sistemas foram analisados, e gerados diagnósticos que apontaram para a necessidade de substituição de lâmpadas e condicionadores de ar por modelos mais eficientes, bem como outras medidas de economia de energia, como por exemplo redimensionamentos de circuitos.

De fato, muitos destes elementos foram diagnosticados como subutilizados ou sobrecarregados, principalmente devido ao dimensionamento inadequado de respectivos equipamentos.

Finalmente, o objetivo principal deste trabalho é fornecer procedimentos para poupar energia e recursos financeiros através de ações voltadas para a redução de consumo e de demanda de energia, com base em conceitos e diretrizes de Eficiência Energética.

*Palavras-chave:* 1. Eficiência Energética. 2. Sistemas de Iluminação. 3. Sistemas de ar condicionado.

Abstract of Undergraduate Project presented to POLI/UFRJ as a partial fulfillment of the requirements for the Degree of Electrical Engineer.

Review and Modernization of lighting and air conditioning systems installed in the building A1 of CPRM Office in Rio de Janeiro.

Guilherme Vogel Satyro

April/2013

Advisor: Walter Issamu Suemitsu

Department: Electrical Engineering

This work consists of a project on procedures for revision, updating and modernization of the existing lighting and air conditioning systems in the building number A1 of CPRM (Brazilian Geological Service). Therefore, these systems were technically analyzed and then conclusive diagnostics were generated. Based on these, it was evidenced the need of replacement of lamps and air conditioning devices by more efficient models, as well as other measures for saving energy like resizing of circuits.

In fact, many material and equipments for lighting and refrigeration were diagnosed as underutilized or overloaded mainly due their inappropriate sizing.

Finally, the main objective of this work is to provide subsidies and procedures for saving energy and financial resources, through actions directed to consumption and demand reductions, according to energy efficiency guidelines.

*Keywords: 1. Energy Efficiency. 2. Lighting Systems. 3. Air Conditioning Systems*

# SUMÁRIO

|   |          |
|---|----------|
| Agradecimentos .....                            | iv       |
| Motivação .....                                 | v        |
| Resumo .....                                    | vi       |
| Lista de Figura e Tabelas .....                 | xii      |
| <b>Capítulo 1 – Introdução .....</b>            | <b>1</b> |
| 1.1. A CPRM .....                               | 1        |
| 1.2. Estrutura e metodologia do trabalho .....  | 2        |
| <b>Capítulo 2 – Eficiência Energética .....</b> | <b>3</b> |
| 2.1. Introdução .....                           | 3        |
| 2.2. Necessidade do trabalho .....              | 3        |
| 2.3. História .....                             | 3        |
| 2.4. Conceito .....                             | 4        |
| 2.5. Programas de Incentivo .....               | 4        |
| 2.5.1. PROCEL .....                             | 5        |
| 2.5.1.1. PROCEL Edifica .....                   | 5        |
| 2.5.1.2. PROCEL EPP .....                       | 6        |
| 2.6. Barreiras .....                            | 7        |
| 2.6.1. Imperfeições do governo .....            | 7        |
| 2.6.2. Aspectos Institucionais .....            | 8        |
| 2.6.3. Infraestrutura .....                     | 8        |
| 2.6.4. Informação e treinamento .....           | 8        |
| 2.6.5. Incentivos mal alocados .....            | 9        |
| 2.6.6. Concessionárias .....                    | 9        |
| 2.6.7. Fornecedor de equipamentos .....         | 9        |
| 2.6.8. Capital .....                            | 10       |

|  |           |
|--|-----------|
| <b>Capítulo 3 – Evolução do Consumo de Energia .....</b>     | <b>11</b> |
| 3.1. Análise do perfil de consumo .....                      | 11        |
| 3.1.1. Fator de Carga .....                                  | 11        |
| 3.1.2. Fator de Potência .....                               | 13        |
| 3.2. Avaliação do projeto de Eficiência Energética .....     | 15        |
| 3.2.1. Valor Presente Líquido .....                          | 16        |
| 3.2.2. Tempo de Retorno de Capital .....                     | 16        |
| 3.2.3. Relação de Custo Benefício (RBC) .....                | 17        |
| <b>Capítulo 4 – Sistemas de Iluminação .....</b>             | <b>19</b> |
| 4.1. Tipos de Lâmpadas .....                                 | 19        |
| 4.2. Cálculo de Iluminação .....                             | 20        |
| 4.2.1. Escolha do Nível de Iluminância .....                 | 20        |
| 4.2.2. Determinação do Índice do Local (K) .....             | 21        |
| 4.2.3. Escolha das lâmpadas e luminárias .....               | 21        |
| 4.2.4. Determinação do Fator de Utilização .....             | 21        |
| 4.2.5. Fator de Depreciação .....                            | 22        |
| 4.2.6. Determinação do Fluxo Total .....                     | 22        |
| 4.2.7. Determinação do número de lâmpadas e luminárias ..... | 22        |
| 4.2.8. Espaçamento entre as Luminárias .....                 | 23        |
| 4.3 Eficiência nos Sistemas de Iluminação .....              | 23        |
| 4.3.1. Melhor distribuição nos circuitos de iluminação ..... | 23        |
| 4.3.2. Limpeza e Manutenção .....                            | 23        |
| 4.3.3. Desligamento dos Aparelhos .....                      | 24        |
| <b>Capítulo 5 – Sistemas de Ar Condicionado .....</b>        | <b>25</b> |
| 5.1. Introdução .....  | 25        |
| 5.2. História .....  | 25        |
| 5.3. Tipos de Sistemas de Ar Condicionado .....              | 26        |

|  |           |
|--|-----------|
| 5.3.1. Expansão Direta .....                                     | 26        |
| 5.3.2. Apenas Água .....   | 27        |
| 5.3.3. Ar-Água .....   | 28        |
| 5.3.4. Apenas Ar .....   | 28        |
| 5.4. Eficiência nos Sistemas de Ar Condicionado .....            | 29        |
| 5.4.1. Desperdícios .....  | 31        |
| 5.4.2. Medidas para a melhoria da eficiência energética .....    | 31        |
| <b>Capítulo 6 – Estudo de caso .....</b>                         | <b>33</b> |
| 6.1. Sistema de Iluminação atual .....                           | 33        |
| 6.2. Proposta para o Sistema de Iluminação .....                 | 37        |
| 6.2.1. Proposta 1 .....  | 38        |
| 6.2.1.1. Avaliação e Investimento Inicial .....                  | 41        |
| 6.2.1.2. Análise da demanda Energética e do Consumo .....        | 43        |
| 6.2.1.3. Análise Econômica .....                                 | 44        |
| 6.2.2. Proposta 2 .....  | 44        |
| 6.2.2.1. Avaliação e Investimento Inicial .....                  | 48        |
| 6.2.2.2. Análise da Demanda Energética e do Consumo .....        | 50        |
| 6.2.2.3. Análise Econômica .....                                 | 51        |
| 6.3. Sistema de Ar condicionado Atual .....                      | 51        |
| 6.4. Proposta para o Sistema de Ar Condicionado .....            | 52        |
| 6.4.1. Aparelhos a serem Substituídos .....                      | 52        |
| 6.4.2. Avaliação e Investimento Inicial .....                    | 54        |
| 6.4.3. Análise da Demanda Energética e do Consumo .....          | 54        |
| 6.4.4. Análise Econômica do Sistema de Ar Condicionado .....     | 55        |
| <b>Capítulo 7 – Conclusão .....</b>                              | <b>56</b> |
| <b>Capítulo 8 – Referências Bibliográficas.....</b>              | <b>58</b> |
| <b>Anexo I – Demanda Energética de um Prédio Comercial .....</b> | <b>60</b> |

|   |           |
|---|-----------|
| <b>Anexo II – Plantas do Bloco A1 da CPRM .....</b>   | <b>61</b> |
| <b>Anexo III - Fórmulas para Cálculo da Relação Benefício-Custo (RBC) seguindo a<br/>Metodologia da ANEEL .....</b> | <b>62</b> |
| <b>Anexo IV – Sistemas de Iluminação .....</b>  | <b>64</b> |

## **Lista de Figuras e Tabelas**

|  |    |
|--|----|
| Figura 1 - Eficiência Luminosa e Modelo de Lâmpadas .....                                | 20 |
|  |    |
| Tabela 1 - Carga Térmica aproximada de ambientes[19] .....                               | 30 |
| Tabela 2 - Sistema de Iluminação Atual - Pavimento 1.....                                | 34 |
| Tabela 3 - Sistema de Iluminação Atual - Pavimento 2.....                                | 35 |
| Tabela 4 - Sistema de Iluminação Atual - Pavimento 3.....                                | 36 |
| Tabela 5 - Sistema de Iluminação Atual - Pavimento 4.....                                | 37 |
| Tabela 6 - Proposta 1 - Sistema de Iluminação - Pavimento 1 .....                        | 38 |
| Tabela 7 - Proposta 1 - Sistema de Iluminação - Pavimento 2 .....                        | 39 |
| Tabela 8 - Proposta 1 - Sistema de Iluminação - Pavimento 3 .....                        | 40 |
| Tabela 9 - Proposta 1 - Sistema de Iluminação - Pavimento 4 .....                        | 41 |
| Tabela 10 - Proposta 1 - Investimento Inicial - Pavimento 1 .....                        | 42 |
| Tabela 11 - Proposta 1 - Investimento Inicial - Pavimento 2 .....                        | 42 |
| Tabela 12 - Proposta 1 - Investimento Inicial - Pavimento 3 .....                        | 42 |
| Tabela 13 - Proposta 1 - Investimento Inicial - Pavimento 4 .....                        | 43 |
| Tabela 14 - Análise da Demanda Energética e do Consumo da Proposta 1.....                | 43 |
| Tabela 15 - Viabilidade da Proposta 1.....   | 44 |
| Tabela 16 - Proposta 2 - Sistema de Iluminação - Pavimento 1 .....                       | 45 |
| Tabela 17 - Proposta 2 - Sistema de Iluminação - Pavimento 2 .....                       | 46 |
| Tabela 18 - Proposta 2 - Sistema de Iluminação - Pavimento 3 .....                       | 47 |
| Tabela 19 - Proposta 2 - Sistema de Iluminação - Pavimento 4 .....                       | 48 |
| Tabela 20 - Proposta 2 - Investimento Inicial - Pavimento 1 .....                        | 49 |
| Tabela 21 - Proposta 2 - Investimento Inicial - Pavimento 2 .....                        | 49 |
| Tabela 22 - Proposta 2 - Investimento Inicial - Pavimento 3 .....                        | 49 |
| Tabela 23 - Proposta 2 - Investimento Inicial - Pavimento 4 .....                        | 50 |
| Tabela 24 - Análise da Demanda Energética e do Consumo da Proposta 2.....                | 50 |
| Tabela 25 - Viabilidade da Proposta 2.....   | 51 |
| Tabela 26 - Sistema de Ar Condicionado.....  | 52 |
| Tabela 27 - Aparelhos a serem substituídos - Pavimento 1 .....                           | 53 |
| Tabela 28 - Aparelhos a serem substituídos - Pavimento 2 .....                           | 53 |
| Tabela 29 - Aparelhos a serem substituídos - Pavimento 3 .....                           | 53 |
| Tabela 30 - Aparelhos a serem substituídos - Pavimento 4 .....                           | 54 |
| Tabela 31 - Investimento Necessário - Sistema de Ar Condicionado .....                   | 54 |
| Tabela 32 - Análise da Demanda Energética e do Consumo do Sistema de Ar Condicionado.... | 55 |
| Tabela 33 - Viabilidade da Proposta para o Sistema de Ar Condicionado .....              | 55 |
| Tabela 34 - Gastos do setor comercial .....  | 60 |
| Tabela 35 - Iluminâncias por classe de tarefas visuais [23].....                         | 64 |
| Tabela 36 - Valores de refletância [24] .....  | 64 |
| Tabela 37 - Fator de Utilização - Luminária 4x16 [25] .....                              | 65 |
| Tabela 38 - Fator de Utilização - Luminária 4x32 Simples [25].....                       | 65 |

|  |    |
|--|----|
| Tabela 39 - Fator de Utilização - Luminária 4x32 com aletas refletivas [25]..... | 66 |
| Tabela 40 - Fator de depreciação [26] .....                                      | 66 |
| Tabela 41 - Características das Lâmpadas Fluorescentes [27] .....                | 66 |
| Tabela 42 - Características das Lâmpadas <i>LED's</i> [28].....                  | 67 |

## Capítulo 1 – Introdução

A ideia da realização deste projeto é atingir meios de se reduzir a demanda de energia elétrica e consequentemente diminuir o gasto com energia no bloco A1, da empresa CPRM (Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais), através de medidas de eficiência energética. Em se tratando de um prédio comercial, a maior parte do seu consumo se dá devido aos sistemas de iluminação e de ar condicionado, como pode ser observado no Anexo I. Com isso, o foco deste trabalho são estes dois sistemas. Para tal, foi feita uma nova proposta para o sistema de iluminação, trocando as lâmpadas por modelos mais econômicos e adequando também à quantidade de fluxo luminoso necessário. Para o sistema de ar condicionado foi realizada uma simples troca dos aparelhos mais antigos e/ou menos eficientes por modelos mais modernos e econômicos.

### 1.1) A CPRM

A Companhia de Pesquisas de Recursos Minerais é uma empresa governamental brasileira, vinculada ao Ministério de Minas e Energia, que tem atribuições do serviço geológico do Brasil, tais como, levantamentos geológicos, levantamentos geofísicos, levantamentos hidro geológicos, gestão de informação geológica, avaliação de recursos minerais e análises químicas e minerais. A empresa conta com uma infraestrutura operacional instalada em todo o país, com sede política localizada em Brasília, escritório central de administração e departamentos técnicos no Rio de Janeiro, além de superintendências regionais em Belém, Belo Horizonte, Goiânia, Manaus, Porto Alegre, Recife, Salvador e São Paulo; residências em Fortaleza, Porto Velho e Teresina; núcleos de apoio em Criciúma, Cuiabá e Natal; e centros de treinamento em Apiaí, Caçapava do Sul e Morro Chapéu.

O bloco A1 possui uma área total de aproximadamente 4 mil metros quadrados composta por 5 pavimentos, constituído por salas bastante distintas. Para este projeto, foi feito uma proposta para 4 dos 5 pavimentos, isto porque um dos pavimentos se encontrava com boa parte das salas em reforma e consequentemente, inoperante. A planta dos 4 pavimentos estudados pode ser observada no Anexo II.

## 1.2) Estrutura e Metodologia do Trabalho

Este trabalho é dividido em sete capítulos e quatro anexos. Inicialmente, no primeiro capítulo é apresentada a ideia da realização deste projeto, as características gerais da CPRM e do edifício estudado da empresa.

No segundo capítulo é feito um resumo sobre eficiência energética, sua história, a necessidade do trabalho e conceito. Também é comentado sobre o programa de incentivo no Brasil, o PROCEL e as dificuldades de realização de um projeto de eficiência energética.

O terceiro capítulo tem como objetivo apresentar os conceitos necessários para a análise econômica de um projeto de eficiência energética.

Já no quarto capítulo é feito uma revisão dos conceitos de um sistema de iluminação, ou seja, os fundamentos necessários para a realização de um projeto luminotécnico.

No quinto capítulo são apresentados os principais tipos de aparelhos de ar condicionado e suas classificações quanto aos seus sistemas de funcionamento.

O Sexto capítulo apresenta as características levantadas do edifício e é realizada as propostas para os sistemas de iluminação e de ar condicionado, bem como é realizado também a análise econômica de cada proposta.

No sétimo capítulo é apresentada a conclusão e a avaliação da possibilidade de utilização das propostas e também são apresentadas ideias de realização de projetos futuros.

Por fim, são listadas as referências bibliográficas conforme as normas da ABNT e os anexos contendo as informações necessárias para a realização deste projeto.

## **Capítulo II – Eficiência Energética**

### **2.1) Introdução**

O Consumo de energia pela população mundial teve uma evolução descontrolada durante todo o século passado, que refletiu em previsões catastróficas para este século se os hábitos não mudarem a favor da racionalização do uso de recursos naturais. As visíveis mudanças climáticas e as demandas cada vez maiores de energia para suprir a evolução tecnológica contribuíram para o nascimento da eficiência energética [1].

### **2.2) Necessidade do Trabalho**

Todo processo de transformação de uma fonte de energia em outra fonte de energia gera perdas. Podemos observar o exemplo de uma simples lâmpada incandescente: da energia utilizada para acender uma lâmpada destas, 92% é transformada em calor e com isso somente 8% é devidamente transformada em energia elétrica. No caso das lâmpadas fluorescentes a eficiência delas chega a ser de duas a quatro vezes maior do que das lâmpadas incandescentes. Com isso percebemos a importância de se melhorar a eficiência na hora de se gerar e utilizar a energia elétrica, que reduz os gastos e também contribui com a sustentabilidade [2].

### **2.3) História**

A Eficiência Energética começou a ganhar destaque a partir da primeira grande crise do petróleo nos anos setenta, em que a maioria dos países utilizava os combustíveis fósseis como principal matriz energética. Quando o preço do petróleo aumentou, o preço da energia também aumentou, fazendo com que se pensasse melhor antes de utilizar a energia elétrica. Além disto, depois de alguns anos a preocupação também passou a ser o meio ambiente. Foi quando ganharam mais destaque assuntos como o Aquecimento Global e mudanças climáticas; para poder diminuir a quantidade de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) jogado na atmosfera seria necessária uma melhor utilização da energia produzida [1].

## 2.4) Conceito

Pensando em termos energéticos, eficiência passa a ganhar um sentido mais tangível e uma análise matemática de simples interpretação.

$$\eta = \frac{W}{E}$$

Em que:

$\eta$  = Eficiência

$W$  = Energia útil no final de um processo

$E$  = Energia gasta para execução de determinada tarefa

Para um processo com eficiência máxima, teríamos  $W=E$  ( $\eta=100\%$ ), i.e. ao final de um processo, toda energia gasta teria sido revertida em energia útil. Sabemos, porém que não existe nenhum processo que seja 100% eficiente, isso é, sem perdas.

Portanto, pode-se dizer que em linhas gerais, a energia útil ao final do processo equivale à diferença entre a quantidade de energia total gerada e a quantidade de energia perdida durante a execução do processo.

$$W = Q_t - P$$

Em que:

$W$  = Energia útil no final do processo.

$Q_t$  = Quantidade de energia total gerada.

$P$  = Perdas durante a execução do processo [3].

## 2.5) Programas de Incentivo

Para adequar o sistema elétrico à nova necessidade de modernização, foram criados programas de incentivo à conservação de energia através do Programa Nacional de Conservação de Energia (PROCEL).

### 2.5.1) PROCEL: Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica

É o programa criado pelo ministério de Minas e Energia e da Indústria e Comércio em 1985, que é administrado por uma secretaria executiva subordinada a Eletrobrás, e, a partir de 1991 foi transformado em programa do governo e com isso ganhou mais abrangência e responsabilidade.

Tem como missão: “promover a eficiência energética, contribuindo para a melhoria da qualidade de vida da população e eficiência dos bens e serviços, reduzindo os impactos ambientais”. Ou seja, seu objetivo seria incentivar o uso racional e eficiente de energia elétrica em diferentes aspectos da sociedade.

O PROCEL possui como fonte de recursos a Eletrobrás e a RGR – Reserva Global de Reversão, que é um fundo federal constituído a partir de recursos das concessionárias de energia. Também pode receber recursos de qualquer instituição que compartilhe os seus objetivos e esteja disposta a ajudar [4].

Como o programa é bastante amplo possuindo diversas áreas de atuação, ele é dividido em diversos subprogramas específicos: PROCEL Info, Edifica, Selo, Indústria, Sanear, EPP (Eficiência Energética em Prédios Públicos), GEM (Gestão Energética Municipal), Educação e Reluz.

A seguir são citados dois subprogramas do PROCEL que merecem uma melhor atenção:

#### 2.5.1.1) PROCEL Edifica

Instituído a partir de 2003, o Programa Nacional de Eficiência Energética em edificações junto ao PROCEL tem como objetivo promover o uso racional de energia elétrica em edificações, através de incentivos a conservação e o uso consciente dos recursos naturais tais como (água, luz e ventilação) nas edificações, reduzindo o desperdício e os impactos ao meio ambiente.

A importância do PROCEL Edifica se destaca quando analisamos que o consumo de energia elétrica nas edificações corresponde a cerca de 45% do consumo faturado no país. Com o programa, é possível atingir uma redução no consumo de até 50% para

novas edificações e de até 30% para edifícios que se prontificarem a promover reformas que usem os conceitos de eficiência energética em edificações.

Para tal o PROCEL Edifica se divide em 6 áreas: Capacitação, Tecnologia, Disseminação, Regulamentação, Habilitação e Eficiência Energética e Planejamento [4].

#### 2.5.1.2) PROCEL EPP

O programa de Eficiência Energética em Prédios Públicos - PROCEL EPP foi instituído em 1977 pela ELETROBRÁS/PROCEL a fim de promover a eficiência energética nos prédios públicos nos níveis federal, estadual e municipal. O programa visa a implementação de medidas de eficiência energética e a difusão da informação juntas aos agentes envolvidos com a administração pública. Para isso os prédios públicos devem promover:

- A economia de energia;
- A melhoria na qualidade dos sistemas de iluminação, refrigeração, forças-motrices e demais sistemas relevantes que visem à redução dos gastos com energia elétrica;
- Investimentos em tecnologia nos laboratórios de pesquisa voltados para este segmento.

Até 2008, o EPP já havia contemplado com projetos de conservação de energia:

- 10 hospitais públicos;
- 25 prédios públicos administrativos;
- 5 laboratórios foram capacitados; e
- 1652 pessoas foram habilitadas em eficiência energética;

Através da resolução 176/2005 da ANEEL, as concessionárias de distribuição de energia elétrica devem aplicar, no mínimo, 0,25% do seu faturamento anual em programas para incremento da eficiência energética no uso final de energia elétrica. Desse modo, ficou aberto o diálogo entre os administradores, que têm interesse em iniciar Programas de Eficiência Energética em seus prédios, e suas concessionárias de energia para inclusão neste programa. Aliado a isso há um fundo do setor elétrico,

chamado Reserva Global de Reversão – RGR, que empresta recursos às concessionárias [1].

## 2.6) Barreiras

Existem diferentes barreiras que limitam a implementação de medidas de eficiência energética em instituições públicas brasileiras e sua importância varia de acordo com os setores, instituições e regiões, porém elas tendem a diminuir à medida que as tecnologias progridem e conquistem sua fatia de mercado [5].

De modo geral, as principais barreiras às medidas de eficiência energética, as seguintes são citadas a seguir.

### 2.6.1) Imperfeições do Governo

Algumas sinalizações para o desperdício de energia são frutos de políticas que, visando um objetivo específico, acabam incentivando a ineficiência energética. O mais importante exemplo no passado recente foi a política governamental de manter os preços de muitos energéticos abaixo do custo como forma de reduzir os índices de inflação. Atualmente as taxas de juros elevadas para atrair capitais internacionais reduzem a atratividade de ações de conservação que exigem investimentos antecipados. A sobrevalorização cambial do real também reduz a atratividade de soluções renováveis internas, pois reduz a competitividade com os combustíveis fósseis importados.

Grande parte das distorções deriva da estrutura centralizada do setor elétrico, tão importante para desenvolver os potenciais hidrelétricos. Esta força hegemônica, por exemplo, impediu o desenvolvimento de transformar em eletricidade energias hoje desperdiçadas pelas siderúrgicas e na agroindústria sucro-alcooleira.

O novo modelo para o setor elétrico, em implantação, incentiva a competição na geração, reduz o protecionismo para as concessionárias e cria novos agentes e mecanismos de competição. Estas são novidades que devem aumentar a eficiência energética na transformação da energia primária e poderão estimular soluções que viabilizam combustíveis de base renovável. Por outro lado, a privatização do setor elétrico com a desverticalização das concessionárias elétricas pode colocar em risco

algumas ações de fomento da eficiência junto aos consumidores. A função de regulamentação dos diversos energéticos cresce de importância para que sejam evitadas distorções como as observadas no passado [6].

#### **2.6.2) Aspectos Institucionais**

A conservação de Energia em Prédios Públicos possui alguns entraves no que se refere aos recursos obtidos com a economia de energia. De forma geral, uma vez que as despesas com energia elétrica fazem parte dos custos com estas instituições, a economia não se reverte para o próprio órgão, ao contrário, ainda tem redução no seu orçamento para o ano seguinte. Esse fato dificulta a atuação nesse tipo de instituição, pois o estabelecimento em si não terá benefícios financeiros com um projeto de conservação de energia elétrica [7].

#### **2.6.3) Infraestrutura**

A barreira relacionada à infraestrutura concentra-se na falta de prestadores de serviço com a especialização necessária para desenvolver projetos desse tipo [8].

#### **2.6.4) Informação e treinamento**

A desinformação é um grande empecilho para a expansão das técnicas de eficiência energética. Normalmente os responsáveis pelas unidades consumidoras confundem conservação com racionamento, não possuem informação sobre o assunto e às vezes não acreditam nas informações que recebem, duvidando dos benefícios que poderão ter e, assim, não se sensibilizam, ignorando os conceitos de conservação de energia elétrica em seus projetos. Esse tipo de atitude é ainda mais acentuado em instituições públicas, onde a verba para aquisição de equipamentos é pouca, e os funcionários responsáveis pela manutenção aliam a falta de informação com a falta de recursos financeiros, optando na maioria das vezes por equipamentos baratos e consequentemente ineficientes.

Uma maneira de superar esta barreira informacional, a partir da difusão dos conceitos e técnicas de eficiência energética, derivou da criação da Comissão Interna de Conservação de Energia (CICE).

A criação da CICE é uma obrigação legal prevista no decreto 99.656, de 26 de outubro de 1990, que dispõe sobre a criação desta comissão nos órgãos ou entidades da Administração Federal direta e indireta, fundações, empresas públicas e sociedades de economia mista controladas direta ou indiretamente pela União, que apresentem consumo anual de energia elétrica superior a 600.000 kWh.

Apesar de a obrigação ser somente para órgãos públicos, a CICE é um instrumento importante e que deveria ser implementado ao menos em todos os tipos de unidades consumidoras de grande porte [9].

#### **2.6.5) Incentivos Mal Alocados**

Muitas vezes os administradores das unidades consumidoras aplicam seus recursos através de uma visão “immediatista”, contabilizando o menor custo inicial do projeto de instalação ou reforma, e assim optam por comprar equipamentos mais baratos, porém menos eficientes. No aluguel de uma propriedade, por exemplo, o dono normalmente é responsável pela compra dos equipamentos, mas são os inquilinos que pagam a conta de energia. O incentivo para o proprietário é minimizar os custos imediatos, levando a compra de equipamentos ineficientes [8].

#### **2.6.6) Concessionárias**

Na maioria dos casos as concessionárias aumentam os lucros quando vendem mais energia e reduzem quando vendem menos. Portanto, não há interesse delas em incentivar a eficiência energética. No entanto, a inadimplência, muito grande em países em desenvolvimento, pode ser utilizada como incentivo para as concessionárias, já que existem certos tipos de consumidores, às vezes públicos, que não pagam suas contas. Portanto, se incentivarem a eficiência do uso de eletricidade por parte destes consumidores, as concessionárias reduzirão seus prejuízos, disponibilizando mais eletricidade para quem pode pagar por ela [9].

#### **2.6.7) Fornecedoras de Equipamentos**

Algumas indústrias tendem a se opor a uma política que vise à eficiência energética. Como exemplo, pode-se citar os construtores e fabricantes de equipamentos elétricos, que tendem a se opor a padrões mínimos de eficiência

energética para seus produtos, já que esses padrões fazem com que eles tenham que investir mais em pesquisa e modernização de sua linha de produção [8].

#### **2.6.8) Capital**

Muitas vezes os consumidores não possuem recursos financeiros para adquirir produtos mais eficientes que normalmente são mais caros e, assim, acabam comprando os mais baratos durante a execução de um projeto. Porém, isso pode ser resolvido através da utilização de fontes de financiamento destinadas para este fim, principalmente no caso dos grandes consumidores. [9].

## Capítulo 3 – Evolução do Consumo de Energia Elétrica

### 3.1) Análise do Perfil de Consumo

#### 3.1.1) Fator de Carga

O fator de carga é definido como a razão entre a demanda média e a demanda máxima registrados num intervalo de tempo.

O fator de carga é sempre maior que zero e menor ou igual a unidade. O fator de carga mede o grau no qual a demanda máxima foi mantida durante o intervalo de tempo considerado; ou ainda, mostra se a energia está sendo utilizada de forma racional por parte de uma determinada instalação. Manter um elevado fator de carga no sistema significa obter os seguintes benefícios:

- Otimização dos investimentos de energia elétrica;
- Aproveitamento racional e aumento da vida útil da instalação elétrica, incluindo os motores e equipamentos;
- Redução do valor da demanda de pico [10].

O fator de carga é então definido como:

$$FC = \frac{D_{média}}{D_{máxima}}$$

O preço médio da energia é definido pela seguinte fórmula:

$$P_{Médio} = \frac{T_D}{FC * h} + T_C$$

Em que:

$P_{Médio}$  – Preço médio da energia elétrica (R\$/kWh);

$T_D$  – Tarifa de Demanda (R\$/kW);

$T_C$  – Tarifa de Consumo (R\$/kWh);

$FC$  – Fator de Carga;

$h$  – Número de horas no período de faturamento.

Administrar o fator de carga significa gerenciar o uso dos equipamentos de forma que a curva de carga torne-se mais constante, permite que a demanda contratada seja menor e os gastos com energia se reduzam.

Para que esta gestão seja possível e não haja risco de ultrapassagem de demanda, a administração dos equipamentos deve ser feita por um gerenciador de energia que, após análise, escolhe a determinação das prioridades e dos equipamentos que podem ser desligados e administrados, assumindo o controle e garantindo uma curva de carga mais constante.

As fórmulas dos fatores de carga para os sistemas tarifários são assim representadas:

- Tarifa Convencional

$$FC = \frac{\text{Consumo}(kWh)}{\text{Demanda Máxima} * 730h}$$

- Tarifa Horo-sazonal Azul

$$FC_{ponta} = \frac{\text{Consumo}(kWh)_{na\ ponta}}{\text{Demanda Máxima}(kW)_{na\ ponta} * 66h}$$

$$FC_{fora\ da\ ponta} = \frac{\text{Consumo}(kWh)_{fora\ da\ ponta}}{\text{Demanda Máxima}(kW)_{fora\ da\ ponta} * 664h}$$

- Tarifa Horo-sazonal Verde

$$FC_{fora\ da\ ponta} = \frac{\text{Consumo}(kWh)_{fora\ da\ ponta}}{\text{Demanda Máxima}(kW)_{fora\ da\ ponta} * 664h}$$

Nas tarifas Convencional e Horo-sazonal Verde, o fator de carga é único porque existe um único registro de demanda de energia para cada período do ano (período seco e úmido), enquanto que para a tarifa Horo-sazonal Azul há dois fatores de carga,

um para o horário de ponta e outro para fora de ponta, também para cada período do ano [5].

### 3.1.2) Fator de Potência [5]

Sistemas elétricos operando com excesso de potência reativa comprometem desnecessariamente a componente ativa. Nesse caso, é possível um melhor aproveitamento do sistema elétrico com a redução da potência reativa, que aumentará o fator de potência, possibilitando um aumento de potência ativa sem a ampliação da capacidade instalada de geração, de transmissão, das subestações e dos circuitos elétricos, postergando assim os investimentos. Alguns aparelhos elétricos, como os motores, além de consumir energia ativa, solicitam energia reativa, necessária para criar o fluxo magnético que o seu funcionamento exige. Com a relação entre esses dois valores determina-se o fator de potência médio num determinado período. O fator de potência indica qual porcentagem da potência total fornecida (kVA) é efetivamente utilizada como potência ativa (kW). Assim, o fator de potência mostra o grau de eficiência do uso dos sistemas elétricos. Valores altos de fator de potência (próximos de 1,0) indicam uso eficiente da energia elétrica, enquanto que valores baixos evidenciam seu mau aproveitamento, podendo vir a apresentar sobrecarga em todo o sistema elétrico, tanto do consumidor como da concessionária.

A cobrança do reativo excedente é um adicional aplicado pela concessionária, justificado pelo fato de que precisa manter o seu sistema elétrico com um dimensionamento maior do que o realmente necessário e investir em equipamentos corretivos (banco de capacitores e compensadores síncronos, sendo que esses últimos trabalham como se fossem bancos de capacitores com a vantagem de ocuparem menos espaço físico) apenas para suprir o excesso de energia reativa (baixo fator de potência) proveniente das instalações dos consumidores. As principais causas do baixo fator de potência são:

- Motores operando em vazio ou superdimensionados;
- Transformadores operando em vazio ou com pequena cargas;
- Nível de tensão acima da nominal;
- Reatores de lâmpadas de descarga com baixo fator de potência;

- Grande quantidade de motores de pequena potência;
- Distorção Harmônica Total (THD, do Inglês *Total Harmonic Distortion*).

A legislação que regulamenta os critérios para fornecimento de energia elétrica determina que o fator de potência deve ser mantido o mais próximo possível de 1,00 e estabelece que a concessionária cobre, com preços da energia ativa, o excedente de energia reativa que ocorrer quando o fator de potência da instalação consumidora for inferior ao valor mínimo (0,92). Pela legislação, o excedente de energia reativa pode ser tanto capacitivo quanto indutivo. Se uma determinada instalação apresentar fator de potência inferior a 0,92, o valor referente à energia reativa excedente já estará sendo cobrado na fatura de energia elétrica.

O adicional aplicado pela concessionária devido ao baixo fator de potência pode ser calculado da seguinte forma para os diferentes sistemas tarifários:

- Tarifa Convencional:

$$A_j = (D * T_D + C * T_C) * \left( \frac{0,92}{FP} - 1 \right)$$

- Tarifa Horo-sazonal Azul:

✓ Ponta:

$$A_{jp} = (D_P * T_{DP} + C_P * T_{CP}) * \left( \frac{0,92}{FP} - 1 \right)$$

✓ Fora da Ponta:

$$A_{j_{FP}} = (D_{FP} * T_{DFP} + C_{FP} * T_{CFP}) * \left( \frac{0,92}{FP} - 1 \right)$$

- Tarifa Horo-sazonal Verde:

$$A_j = (D * T_D + C_P * T_{CP} + C_{FP} * T_{CFP}) * \left( \frac{0,92}{FP} - 1 \right)$$

Em que:

$A_j$  – Valor em reais relativo ao ajuste de fator de potência a ser cobrado adicionalmente ao faturamento normal para o respectivo segmento horo-sazonal;

$D$  – Demanda faturada (kW);

$T_D$  – Tarifa de demanda (R\$/kW);

$C$  – Consumo faturado (kWh);

$T_C$  – Tarifa de consumo (R\$/kWh);

$FP$  – Fator de potência verificado no respectivo segmento horo-sazonal.

Este valor poderá ser reduzido ou mesmo eliminado com a adequação do fator de potência a níveis mais elevados. A economia obtida será resultante da quantidade de potência reativa (kVAr) que puder ser eliminada da instalação.

Algumas medidas podem ser consideradas com esse objetivo. Uma delas é utilizar equipamentos com fator de potência elevado. A indústria oferece determinados equipamentos (reatores de lâmpadas de descarga, motores, transformadores) com variados valores de fator de potência.

O correto dimensionamento dos equipamentos pode ser também uma maneira de elevar o fator de potência de uma instalação.

### 3.2) Avaliação do Projeto de Eficiência Energética

Todo projeto de uma instalação elétrica deve buscar a eficiência operacional. No entanto, essa eficiência deve ser medida de forma a se encontrar justificativas econômicas para tornar mais eficiente um projeto elétrico a qualquer custo [10].

Podemos destacar dois modelos de análises que nos permitem classificar um investimento em eficiência energética em atrativo ou não, que são: o Valor Presente Líquido e o Tempo de Retorno de Capital (*Pay Back*).

### **3.2.1) Valor Presente Líquido**

Sempre que for adotada uma ação de eficiência energética, esta deve ser precedida de uma análise econômica. O método de cálculo denominado Valor Presente Líquido (VPL) é de fácil execução e pode ser aplicado em todas as ações de eficiência energética.

O Valor Presente Líquido é a soma algébrica de todos os fluxos de caixa descontados para o instante  $T = 0$ . Pode ser determinado como [10].

$$F_{ac} = \sum_{T=0}^N \frac{F_c}{(1 + I_r)^T}$$

Em que:

$F_{ac}$  - fluxos acumulados, em R\$ ou em US\$;

$F_c$  - fluxo de caixa descontado, que corresponde a diferença entre as receitas e despesas realizadas a cada período considerando, em R\$ ou US\$;

$I_r$  – taxa interna de retorno ou taxa de desconto;

$T$  – tempo, em meses, trimestre ou ano, a que se refere a taxa interna de retorno

$N$  – número de períodos.

### **3.2.2) Tempo de Retorno de Capital**

O critério do tempo de retorno de capital, ou *payback*, é, sem dúvida, o mais difundido no meio técnico para análise de viabilidade econômica, principalmente devido à sua facilidade de aplicação. Nestes termos fala-se do chamado *payback* não descontado, isto é, um procedimento de cálculo onde não se leva em consideração o custo de capital, ou seja, a taxa de juros. Esta análise é feita apenas dividindo-se o custo da implantação do empreendimento pelo benefício auferido. Em outras

palavras, este critério mostra quanto tempo é necessário para que os benefícios se igualem ao investimento.

$$\text{Tempo de retorno simples} = \frac{I}{A}$$

Em que:

$I$  – Custo da Implantação (R\$);

$A$  – Benefício (R\$)

O tempo de retorno descontado é o número de períodos que zera o valor líquido presente, ou anual do empreendimento. Neste caso a taxa de juros adotada é o próprio custo de capital.

$$\text{Tempo de retorno descontado} = \frac{\log \left( \frac{I_v}{E_c} * i + 1 \right)}{\log(1 + i)}$$

Em que:

$I_v$  – Investimento (R\$);

$E_c$  – Economia obtida com o investimento realizado (R\$ em 1 ano);

$i$  – Taxa de juros (%/a.m / %a.a). [7]

### 3.2.3) Relação de Benefício Custo – RBC

A Relação Benefício Custo (RBC) tem grande importância na análise econômica de um projeto e pode ser calculada de uma maneira simples e objetiva como pode ser vista na seguinte fórmula:

$$RBC = \frac{\text{Benefício Anualizado}}{\text{Custos Anualizados}} = \frac{B}{CA_{Total}}$$

O investimento anualizado é o total do investimento com equipamentos. O custo anualizado de cada equipamento depende da sua vida útil e da taxa de juros. Já o benefício anualizado pode ser calculado da seguinte forma:

$$B = (EE * CEE) + (RDP * CED)$$

Em que:

*EE* – Energia Economizada (MWh/ano);

*CEE* – Custo Evitado de Energia (R\$/MWh);

*RDP* – Redução de Demanda na Ponta (kW);

*CED* – Custo Evitado de Demanda (R\$/kW) [5].

Para o cálculo do Custo Anualizado Total ( $CA_{Total}$ ), ver Anexo III

Todo projeto deve ter sua relação benefício custo (RBC) calculada sob a ótica da sociedade, ou seja, o cálculo do benefício é baseado na metodologia dos “custos unitários evitados” que possui como base estudos de expansão do sistema eletro-energético brasileiro.

Se um projeto tiver mais de um uso final (iluminação e climatização) cada um desses usos finais deverá ter sua RBC calculada. Deverá, também, ser apresentada a RBC global do projeto por meio da média ponderada das RBCs individuais. Os pesos serão definidos pela participação percentual da energia economizada em cada uso final [5].

A Relação de Benefício Custo é aconselhada para ser utilizada em projetos de eficiência energética pela ANEEL, porém não é um parâmetro que exclui a viabilidade de um projeto. Outros critérios podem ser adotados como Redução de Demanda de Ponta e Energia Economizada.

## Capítulo IV – Sistemas de Iluminação

Todo ambiente de trabalho precisa estar adequadamente iluminado de modo a permitir a execução de tarefas para as quais se destina. O objetivo de um sistema de iluminação é justamente proporcionar essa iluminação de modo eficiente, evitando desperdícios [11].

Aproximadamente 44% da energia elétrica consumida no setor comercial e de serviços públicos são de iluminação. Diversos trabalhos mostram que a iluminação ineficiente é comum no Brasil. Esse número, juntamente com o emprego de tecnologias não eficientes no sistema de iluminação faz com que exista um grande potencial de conservação de energia elétrica a ser empregado. Uma combinação de lâmpadas, reatores e refletores eficientes, associados a hábitos saudáveis na sua utilização, podem ser aplicados para reduzir o consumo de energia elétrica [12].

### 4.1) Tipos de Lâmpadas

A lâmpada é um dispositivo que transforma energia elétrica em energia térmica e energia luminosa. Cada lâmpada possui características distintas, como a quantidade de fluxo luminoso que produz, a eficiência luminosa, o comprimento de onda em que a lâmpada emite a radiação e o tempo de vida útil.

São três os principais tipos de lâmpadas.

- As lâmpadas da família das incandescentes, que imitam a luz solar.
- As lâmpadas de descarga, como as fluorescentes, as de mercúrio, as de sódio e as de multivapores metálicos, que imitam a descarga elétrica produzida por um relâmpago;
- O terceiro tipo abrange os *LEDs* (*light emitting diodes* - diodos emissores de luz), que funcionam por luminescência, imitando os vaga-lumes [9].

Podemos observar na Figura 1 uma comparação entre a eficiência luminosa e a vida útil média de alguns tipos de lâmpadas.

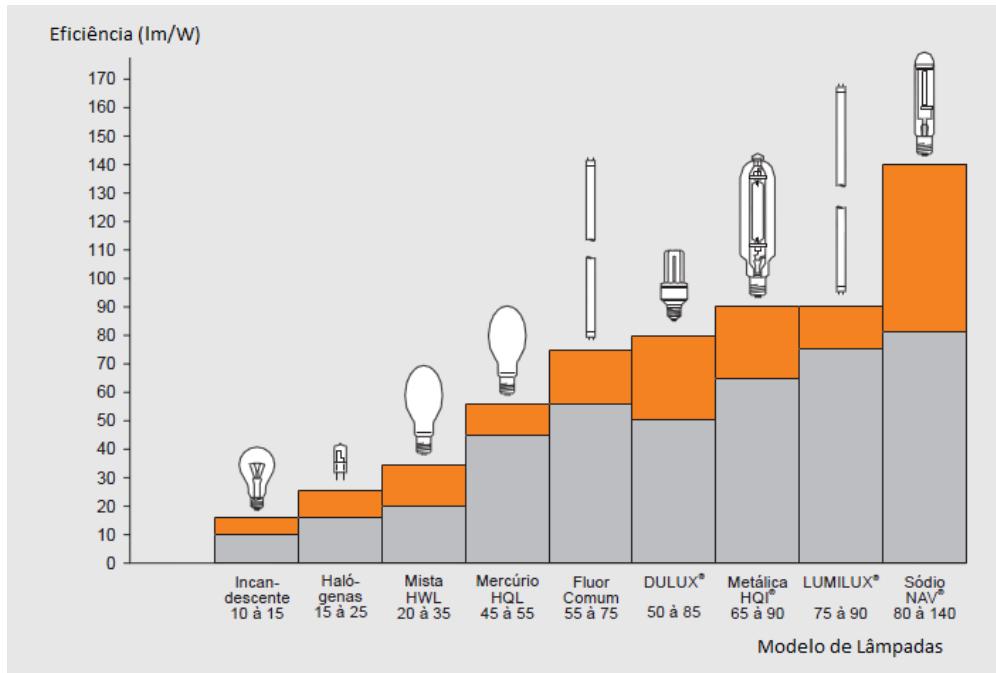


Figura 1 - Eficiência Luminosa e Modelo de Lâmpadas [13]

## 4.2) Cálculo de Iluminação

Para se calcular o número de lâmpadas e luminárias, leva-se em conta as dimensões do ambiente e do tipo de ambiente que será iluminado de acordo com a NBR-5413 (Tabela 35 – Anexo IV). Para isso utiliza-se o método dos lúmens que é realizado da seguinte maneira:

- Escolha do nível de Iluminância;
- Determinação do Índice do Local;
- Escolha das lâmpadas e Luminárias;
- Determinação do fator de utilização ( $F_u$ );
- Determinação do Fluxo Total ( $\emptyset_T$ );
- Cálculo do número de lâmpadas e Luminárias;
- Distribuição das Luminárias [14].

### 4.2.1) Escolha do Nível de Iluminância

Cada ambiente necessita de um nível de Iluminância distinto. A NBR-5413 (Tabela 35 – Anexo IV) classifica os ambientes e fornece o valor do nível de iluminância que deve ser escolhido para a realização do projeto.

#### **4.2.2) Determinação do Índice do Local ( $k$ )**

O índice do local é a relação das dimensões do ambiente de trabalho com a altura das luminárias instaladas neste local:

$$k = \frac{C * L}{h * (C + L)}$$

Em que:

$K$  = Índice do Local;

$C$  = Comprimento;

$L$  = Largura;

$h$  = altura da luminária ao plano de trabalho.

#### **4.2.3) Escolha das Lâmpadas e Luminárias**

Sabendo-se que as lâmpadas possuem características distintas, como fluxo luminoso e eficiência luminosa, é necessário escolher o modelo da lâmpada que será utilizada no projeto bem como o modelo da luminária, que também possui características distintas, como custo de manutenção e estética.

#### **4.2.4) Determinação do Fator de Utilização ( $F_U$ )**

Fator de utilização é o valor encontrado quando se cruzam as informações de refletância<sup>1</sup> do teto, da parede e do piso com o valor de Índice do Recinto ( $k$ ). Ele tem a função de indicar a eficiência luminosa do local de estudo incluindo as informações sobre lâmpadas e luminárias [3].

<sup>1</sup> Refletância - A refletância é a razão entre a quantidade de fluxo luminoso incidente em uma superfície e o fluxo refletido por esta mesma superfície. Os valores padrões de refletância se encontram na tabela 36 do Anexo IV.

Depois de determinado o Índice do Local (K), e dos valores de refletância, é utilizada a tabela do modelo da luminária escolhida para se achar o Fator de Utilização ( $F_U$ ) (Tabelas 37, 38 e 39 – Anexo IV).

#### **4.2.5) Fator de Depreciação ( $F_D$ )**

Também conhecido como fator de manutenção, o fator de depreciação é um fator que leva em conta a quantidade de horas de utilização das lâmpadas e luminárias do local até que esta tenha manutenção, levando em consideração também as condições de limpeza do ambiente (Tabela 40 – Anexo IV).

#### **4.2.6) Determinação do Fluxo Total ( $\emptyset_T$ )**

Para a determinação do Fluxo Luminoso ( $\emptyset$ ), utiliza-se:

$$\emptyset = \frac{E * S}{F_U * F_D}$$

Em que:

$E$  – Iluminância média requerida (lux);

$S$  – Área a ser iluminada ( $m^2$ )

$F_U$  – Fator de Utilização da luminária

$F_D$  – Fator de Depreciação

#### **4.2.7) Determinação do número de Lâmpadas e Luminárias**

A partir do valor do fluxo encontrado, determinamos o número de lâmpadas dividindo o fluxo total pelo fluxo de cada lâmpada. Os fluxos das lâmpadas escolhidas bem como suas outras características encontram-se nas tabelas 41 e 42 do Anexo IV.

$$N_{Lâmpadas} = \frac{\emptyset_{Total}}{\emptyset_{Lâmpada}}$$

E para se determinar o número de luminárias, basta dividir o número de lâmpadas encontrado pela quantidade de lâmpadas que cada luminária suporta.

$$N_{Luminárias} = \frac{N_{Lâmpadas}}{n}$$

#### **4.2.8) Espaçamento entre as Luminárias**

O espaçamento entre as luminárias depende de sua altura relativa ao plano de trabalho (altura útil) e da distribuição de luz. Este valor situa-se geralmente, entre 1 a 1,5 vezes o valor da altura útil em ambas as direções, tanto para um lado quanto para o outro. Já o espaçamento entre as paredes deve ser a metade deste valor.

Caso o número de luminárias calculadas resulte em valores incompatíveis com esses limites, os mesmos deverão ser ajustados para não se correr o risco do ambiente ficar com sombras. O ajuste é feito sempre se elevando o número de luminárias ou mudando-se a distribuição das mesmas [14].

### **4.3) Eficiência nos Sistemas de Iluminação**

Um Sistema de Iluminação eficiente é aquele que combina o bom dimensionamento do ambiente com a boa utilização do fluxo luminoso disponível. Além disso, medidas podem ser adotadas para o melhor desempenho destes sistemas e consequentemente a economia de energia.

#### **4.3.1) Melhor distribuição nos circuitos de iluminação**

Para se aproveitar ao máximo a luz natural do dia, é uma boa opção deixar as luminárias ao lado das janelas com comando independente das luminárias do outro lado da sala, com isso, as luminárias ao lado das janelas só necessitam ser acesas quando o fluxo luminoso externo não for propício para o trabalho.

#### **4.3.2) Limpeza e manutenção**

A limpeza das luminárias e lâmpadas influencia muito na quantidade de fluxo luminoso que está sendo recebida no local de trabalho. Uma luminária suja pode não refletir toda a quantidade de luz esperada, a mesma coisa para a lâmpada suja. A manutenção dos equipamentos, como a troca da lâmpada, reator entre outros

também é importante para garantir que a quantidade de fluxo projetada seja entregue.

#### **4.3.3) Desligamento dos aparelhos**

Durante o horário do dia em que não tenham pessoas no ambiente de trabalho, é ideal que os aparelhos, incluindo a iluminação, sejam desligados. Isso pode ocorrer com frequência em horários de almoço, em que em alguns casos as salas ficam vazias e consequentemente sem necessidade de iluminação.

## Capítulo V – Sistemas de Ar Condicionado

### 5.1) Introdução

O Sistema de refrigeração é responsável pelo controle climático dos ambientes. Esse controle abrange a monitoração e o ajuste de temperatura, umidade, pureza e fluxo de ar no ambiente fechado. Geralmente, o sistema de ar condicionado é utilizado para proporcionar conforto aos usuários da instalação, mas também pode ser utilizado para manter alguns tipos de ambientes sob rigorosas características climáticas, tais como, hospitais e centros de computação [15].

Estes ambientes podem ser destinados tanto ao conforto humano como animal. Neste caso os sistemas aplicados são vulgarmente chamados de ar condicionado de conforto. Pode-se também apresentar um ambiente destinado ao desenvolvimento de um determinado processo industrial ou laboratorial, e neste caso o sistema passa a ser chamado sistema de ar condicionado de processo [5].

### 5.2) História

Este equipamento foi criado em 1902, quando um engenheiro formado pela Universidade de Cornell, Willis Carrier, inventou um processo mecânico para condicionar o ar, tornando realidade o almejado controle climático de ambientes fechados. Esta invenção foi uma resposta aos problemas enfrentados pela indústria nova-iorquina Sackett-Wilhelms Lithography and Publishing Co., que tinha seu trabalho prejudicado durante o verão, estação em que o papel absorve a umidade do ar e se dilata. As cores impressas em dias úmidos não se alinhavam nem se fixavam com as cores impressas em dias mais secos, o que gerava imagens borradadas e obscuras. Carrier teorizou que poderia retirar a umidade da fábrica pelo resfriamento do ar. Desenhou, então, uma máquina que fazia circular o ar por dutos artificialmente resfriados. Este processo, que controlava a temperatura e a umidade, foi o primeiro exemplo de condicionamento de ar contínuo por processo mecânico [16].

### 5.3) Tipos de Sistemas de ar condicionado

Os sistemas de ar condicionado podem ser classificados em relação aos seus ciclos de refrigeração. A seguir os principais ciclos são listados.

#### 5.3.1) Expansão Direta

O ar é diretamente resfriado pelo fluido refrigerante. Este sistema pode ser aplicado em instalações de pequenas e médias capacidades, onde são usados aparelhos dos seguintes tipos:

- Janela: São dotados de compressor, condensador resfriado a ar, dispositivo de expansão, serpentina de resfriamento e desumidificação, do tipo expansão direta, filtros e ventiladores para circulação do ar condicionado e para resfriamento do condensador. Normalmente o aquecimento é feito por meio de uma bateria de resistências elétricas, muito embora possam existir aparelhos de janela que operam como bomba de calor, através da inversão do ciclo frigorífico. São normalmente encontrados com capacidades variando entre 7500 a 30000 Btu/h. Estes equipamentos são compactos e não requerem instalação especial, são de fácil manutenção, não ocupam espaço interno (útil) e são relativamente baratos. No entanto possuem as seguintes desvantagens: pequena capacidade, maior nível de ruído, não são flexíveis, são menos eficientes, promovem a distribuição de ar a partir de ponto único e provocam alterações na fachada da edificação.
- Splits: São equipamentos que, pela capacidade e características, aparecem logo após os condicionadores de janela. Estes aparelhos são constituídos em duas unidades divididas (evaporadora e condensadora), que devem ser interligadas por tubulações de cobre, através das quais circulará o fluido refrigerante. São aparelhos bastante versáteis, sendo produzidos com capacidades que variam de 7.500 a 60.000 Btu/h. São compactos e de fácil manutenção, podem promover a distribuição do ar através de dutos ou não e também podem operar como bomba de calor (ciclo reverso). No entanto, ainda possuem capacidade limitada, sua instalação requer procedimentos de vácuo e carga em

campo, não operam com renovação de ar (exceto alguns equipamentos mais modernos) e possuem custo inicial superior aos condicionadores de ar de janela.

- Self Contained: São condicionadores de ar compactos ou divididos que encerram em seus gabinetes todos os componentes necessários para efetuar o tratamento do ar, tais como: filtragem, resfriamento e desumidificação, umidificação, aquecimento e movimentação do ar. Nestes equipamentos também se pode conectar uma rede de dutos de distribuição de ar a baixa velocidade. Podem ser encontrados com capacidades variando entre 5 a 30 TR<sup>2</sup>. São equipamentos simples, de fácil instalação, com baixo custo específico (R\$/TR), a sua fabricação seriada leva a aprimoramentos técnicos constantes e resultam em grande versatilidade para projetos (zoneamentos, variações de demanda), etc. Como desvantagens destes equipamentos pode-se citar o fato de não serem produzidos para operar como bomba de calor, capacidade limitada, e o fato dos equipamentos divididos requererem procedimentos habituais de vácuo e carga de gás em campo [5].

### **5.3.2) Apenas água**

A água é distribuída para os recintos, onde passa nos condicionadores de ar. Estes são chamados de *Fan coil* (ventilador-serpentina). Estes condicionadores são constituídos essencialmente de um ventilador centrífugo, que pode ser de velocidade variável, filtros, uma serpentina e uma bandeja de condensado.

Os equipamentos são alimentados por água fria durante a época de verão e por água quente durante o inverno. A comutação verão/inverno é efetuada a encargo da instalação e pode ser realizada manual ou automaticamente, desde a central frigorífica [5].

---

<sup>2</sup> TR – Tonelada de Refrigeração (1 TR = 12000 BTU/h, 1 BTU = 0,293 Wh, 1 TRh = 12000 BTU, 1 TRh = 3516 Wh)

### 5.3.3) Ar-Água

Neste tipo de instalação, as condições dos ambientes condicionados são reguladas mediante condicionadores do tipo *fan-coil* ou por condicionadores de indução [17].

Os Sistemas de Indução fornecem ar primário a alta velocidade para os condicionadores de indução instalados nas diferentes zonas. Nestes equipamentos, o ar primário é descarregado através de bocais, induzindo o escoamento do ar do ambiente através das serpentinas de aquecimento ou resfriamento [18].

Este tipo de ar condicionado pode ser aplicado em prédios com grande número de salas, muitas internas, como por exemplo em hotéis e hospitais [5].

### 5.3.4) Apenas Ar

O ar é distribuído diretamente para os recintos. Estes sistemas se caracterizam por baixo custo inicial, manutenção centralizada e, portanto, econômica, apresentando a possibilidade de funcionar com ar exterior durante as estações intermediárias.

A regulagem da temperatura ambiente (resfriamento) pode ser efetuada por meio de um termostato ambiente, ou também, no ar de recirculação. O termostato pode atuar sobre o fluido que chega à serpentina de resfriamento, sobre um *bypass* da serpentina de resfriamento, ou sobre uma serpentina de aquecimento. Em qualquer caso a vazão de ar permanece constante [17].

Dentre outros, pode-se citar os seguintes sistemas:

- Sistemas com Vazão de Ar Variável (VAV): Fornecem ar aquecido ou refrigerado, a temperatura constante, para todas as zonas servidas. Caixas VAV terminais, localizadas em cada zona, controlam a vazão insuflada no ambiente em função de sua carga térmica;
  
- Sistemas com Vazão Constante (VAC): A maioria destes sistemas faz parte de um outro sistema, um sistema de duplo duto, usado para fornecer a vazão exata de ar insuflado;

- Sistemas Duplo Duto: O condicionador central fornece ar aquecido ou refrigerado, ambos a temperatura constante. Cada zona é servida por dois dutos, um com ar quente e outro com ar refrigerado, que alimenta uma caixa de mistura onde as duas correntes se juntam em proporções adequadas para compensar a carga térmica da zona em questão;
- Sistemas de Zona Única: Fornecem ar aquecido ou refrigerado para uma única zona, isto é, um ou mais recintos controlados por um único termostato. O ar condicionado pode estar instalado dentro da própria zona ou fora desta em local apropriado, e o ar pode ser insuflado diretamente no ambiente ou distribuído por dutos curtos;
- Sistemas com Reaquecimento Terminal: O condicionador central fornece ar a uma determinada temperatura para todas as zonas servidas. Paralelamente, serpentinas de reaquecimento, instaladas em cada zona, aquecem o ar primário em função da carga térmica da zona considerada [18].

#### 5.4) Eficiência nos Sistemas de Ar Condicionado

A eficiência de um sistema de ar condicionado depende, basicamente, da tecnologia de refrigeração empregada, do dimensionamento do sistema, da manutenção, dos hábitos de uso, das condições de isolamento térmico dos ambientes, dos equipamentos elétricos em operação, entre outros. As características intrínsecas do projeto são fundamentais para que, ao longo do tempo, as mesmas não se tornem fatores que venham a exigir recursos elevados durante a vida útil do projeto.

A eficiência de um equipamento de ar condicionado é expressa pelo seu *EER* (*Energy Efficiency Ratio*) dado em Btu/h/W:

$$EER = \frac{C}{P_{média}}$$

Em que:

$C$  – Capacidade de refrigeração do aparelho (Btu/h);

$P_{média}$  – Demanda média do aparelho (W).

Assim, quanto maior o  $EER$ , maior a eficiência do equipamento. [5].

Para o dimensionamento dos sistemas de ar condicionado, é necessário analisar as cargas térmicas de cada ambiente, assim como a área útil, orientação solar e tipo de cobertura. Na tabela 1 podemos observar valores aproximados de carga térmica em função dos fatores previamente comentados.

**Tabela 1 - Carga Térmica aproximada de ambientes [19]**

|                         |                        | <b>Especificação de Condicionador de Ar conforme a Carga Térmica – BTU/h<br/>Variáveis Ambientais e Construtivas</b> |                       |                     |
|-------------------------|------------------------|--|-----------------------|---------------------|
| Orientação Solar        | Área (m <sup>2</sup> ) | Ambiente   |                       |                     |
|                         |                        | Sob outro pavimento  | Sob telhado com forro | Sob laje descoberta |
| Sombra o dia todo       | 15                     | 6.000  | 7.000                 | 8.000               |
|                         | 20                     | 6.000  | 8.000                 | 11.000              |
|                         | 30                     | 6.000  | 10.000                | 14.000              |
|                         | 40                     | 7.000  | 12.000                | 16.000              |
|                         | 60                     | 10.000   | 16.000                | 22.000              |
|                         | 70                     | 10.000   | 18.000                | 23.000              |
|                         | 90                     | 12.000   | 22.000                | 30.000              |
| Sol da manhã            | 15                     | 8.000  | 10.000                | 11.000              |
|                         | 20                     | 8.000  | 12.000                | 14.000              |
|                         | 30                     | 8.000  | 14.000                | 18.000              |
|                         | 40                     | 10.000   | 14.000                | 18.000              |
|                         | 60                     | 14.000   | 20.000                | 30.000              |
|                         | 70                     | 14.000   | 22.000                | 30.000              |
|                         | 90                     | 16.000   | 30.000                | 35.000              |
| Sol à tarde ou dia todo | 15                     | 10.000   | 12.000                | 14.000              |
|                         | 20                     | 11.000   | 14.000                | 14.000              |
|                         | 30                     | 12.000   | 16.000                | 17.000              |
|                         | 40                     | 13.000   | 17.000                | 22.000              |
|                         | 60                     | 17.000   | 23.000                | 30.000              |
|                         | 70                     | 18.000   | 30.000                | 30.000              |
|                         | 90                     | 20.000   | 30.000                | 40.000              |

#### **5.4.1) Desperdício nos Sistemas de Ar Condicionado**

Utilizar de maneira correta um sistema de refrigeração pode proporcionar uma economia de energia e um aumento na vida útil dos aparelhos. A comodidade de se ter um aparelho desses não significa ter que usar energia de um modo exagerado. Podem-se citar algumas fontes de desperdícios nos sistemas de ar condicionado, tais como:

- Dimensionamento do aparelho, em desacordo com a carga térmica;
- Obstrução do aparelho com cortinas, armários, provocando um desperdício de 10% em média;
- Aparelhos funcionando em ambientes desocupados;
- Portas e janelas abertas permitindo a entrada de ar quente no recinto;
- Falta de limpeza ou de troca periódica dos filtros de ar;
- Presença de fontes de calor como lâmpadas incandescentes, motores, fornos e estufas em ambientes refrigerados;
- Falta de adequada regulagem térmica [20].

#### **5.4.2) Medidas para a melhoria da eficiência dos sistemas de ar condicionado a curto prazo**

Algumas medidas podem ser adotadas a fim de se obter uma melhoria na eficiência dos sistemas de ar condicionado. Vale ressaltar que essas medidas não necessitam de investimentos altos, ou seja, é uma conservação de energia a partir da vertente humana, que são:

- Manter as janelas e portas fechadas, evitando a entrada de ar externo;
- Limitar a utilização dos aparelhos somente para as dependências ocupadas;
- Evitar a incidência de raios solares no ambiente climatizado, pois, aumentará a carga térmica para o condicionador;
- Limpeza do filtro do aparelho periodicamente, conforme recomendado pelo fabricante do aparelho, evitando que a sujeira prejudique o seu rendimento;

- No verão, não refrigerar excessivamente o ambiente. Pois o conforto térmico é uma combinação de temperatura e umidade, sendo recomendado entre 22 e 24°C de temperatura e 50 e 60% de umidade relativa do ar. Sendo assim, o frio máximo nem sempre é a melhor solução de conforto;
- Desligar o ar condicionado em ambientes não utilizados ou que fiquem longo tempo desocupados;
- Manter desobstruídas as grelhas de circulação de ar;
- Manter livre a entrada de ar do condensador;
- Verificar o funcionamento do termostato;
- No inverno ou em dias frios desligar o ar condicionado central ou individual e manter somente a ventilação;
- Regular ao mínimo necessário a exaustão de ar nos banheiros contíguos aos ambientes climatizados [21].

## Capítulo 6 – Estudo de caso

### **Situação atual do sistema de iluminação e de ar condicionado.**

O edifício em questão é constituído por salas e locais de trabalho bastante distintos, como foi especificado no capítulo 2. Este capítulo tem como objetivo destacar as principais características do sistema de iluminação e também do sistema de ar condicionado presente. A análise foi realizada na maior parte das salas.

#### 6.1) Sistema de Iluminação Atual

Para o levantamento do sistema de iluminação atual, foi necessária a coleta de dados no local, como o modelo da luminária, das lâmpadas e também foi estimado o tempo de uso destes equipamentos. Todo o ambiente de trabalho é composto por lâmpadas fluorescentes tubulares. A quantidade de Luminárias, lâmpadas e seus modelos podem ser observados nas tabelas 2, 3, 4 e 5.

**Tabela 2 - Sistema de Iluminação Atual - Pavimento 1**

| <b>Pavimento 1</b>   |            |                     |          |                   |
|----------------------|------------|---------------------|----------|-------------------|
| <b>Local</b>         | Luminárias | Modelo da Luminária | Lâmpadas | Modelo da Lâmpada |
| Recepção/hall        | 5          | 2x40                | 10       | Tubular T10       |
| Hall 2               | 2          | 2x32                | 3        | Tubular T8        |
| Central Telefônica   | 4          | 4x32                | 16       | Tubular T8        |
| Telefonista          | 2          | 4x32                | 8        | Tubular T8        |
| Dep. Tel.            | 1          | 4x32                | 4        | Tubular T8        |
| Circulação           | 2          | 4x32                | 8        | Tubular T8        |
| Coexser/SEVIPA       | 5          | 4x40                | 20       | Tubular T10       |
| Coexmat/Almoxarifado | 8          | 4x40                | 32       | Tubular T10       |
| Vestiário Segurança  | 4          | 4x32                | 16       | Tubular T8        |
| Banheiro Masculino   | 6          | 4x32                | 24       | Tubular T8        |
| Banheiro Feminino    | 6          | 4x32                | 24       | Tubular T8        |
| DIGEOF               | 8          | 4x32                | 32       | Tubular T8        |
| Sala de Segurança    | 4          | 4x40                | 16       | Tubular T8        |
| Sala de Rádio        | 6          | 4x40                | 24       | Tubular T8        |
| Gráfica              | 7          | 4x32                | 28       | Tubular T8        |
| SALA DIDOTE          | 8          | 4x32                | 32       | Tubular T8        |
| Salão DIDOTE 1       | 18         | 4x32                | 72       | Tubular T8        |
| Salão DIDOTE 2       | 26         | 4x32                | 104      | Tubular T8        |
| Salão DIDOTE 3       | 18         | 4x32                | 72       | Tubular T8        |

**Tabela 3 - Sistema de Iluminação Atual - Pavimento 2**

| <b>Pavimento 2</b>        |            |                     |          |                   |
|---------------------------|------------|---------------------|----------|-------------------|
| <b>Local</b>              | Luminárias | Modelo da Luminária | Lâmpadas | Modelo da Lâmpada |
| COENARQ                   | 12         | 4x40                | 48       | Tubular T8        |
| COEXSER                   | 7          | 4x40                | 28       | Tubular T8        |
| COEXSER II                | 2          | 4x32                | 8        | Tubular T8        |
| COEXMAT                   | 5          | 4x40                | 20       | Tubular T8        |
| COEXMAT 2                 | 7          | 4x40                | 28       | Tubular T8        |
| COEXMAT CHEFIA            | 3          | 4x32                | 12       | Tubular T8        |
| Licitação                 | 5          | 4x40                | 20       | Tubular T8        |
| Corredor/Acesso           | 4          | 4x32                | 16       | Tubular T8        |
| Corredor 1                | 6          | 2x18                | 12       | Tubular T8        |
| Corredor 2                | 2          | 4x32                | 8        | Tubular T8        |
| Banheiro 1                | 4          | 4x32                | 16       | Tubular T8        |
| Banheiro 2                | 4          | 4x32                | 16       | Tubular T8        |
| DIINFO - Recepção         | 4          | 4x16                | 16       | Tubular T8        |
| DIINFO - Sala de Reunião  | 3          | 4x16                | 12       | Tubular T8        |
| DIINFO - Gerência         | 4          | 4x16                | 16       | Tubular T8        |
| DIINFO - Suporte          | 6          | 4x16                | 24       | Tubular T8        |
| DIINFO - Sala de apoio    | 2          | 4x16                | 8        | Tubular T8        |
| DIINFO - Banco de dados   | 6          | 4x16                | 24       | Tubular T8        |
| DIINFO - Web              | 6          | 4x16                | 24       | Tubular T8        |
| DIINFO - Bando de dados 2 | 6          | 4x16                | 24       | Tubular T8        |

**Tabela 4 - Sistema de Iluminação Atual - Pavimento 3**

| <b>Pavimento 3</b>          |            |                     |          |                   |
|-----------------------------|------------|---------------------|----------|-------------------|
| <b>Local</b>                | Luminárias | Modelo da Luminária | Lâmpadas | Modelo da Lâmpada |
| Sala da Presidência         | 14         | 4x16                | 56       | Tubular T8        |
| Recepção Presidência        | 8          | 4x16                | 32       | Tubular T8        |
| Recepção Presidência 2      | 9          | 4x16                | 36       | Tubular T8        |
| Secretaria Presidência      | 8          | 4x16                | 32       | Tubular T8        |
| Sala de reunião Presidência | 6          | 4x16                | 24       | Tubular T8        |
| ASS DAF                     | 4          | 4x16                | 16       | Tubular T8        |
| Secretaria DAF              | 4          | 4x40                | 16       | Tubular T8        |
| ASS DAF 2                   | 3          | 4x32                | 6        | Tubular T8        |
| Circulação                  | 12         | 4x32                | 24       | Tubular T8        |
| SEGER                       | 7          | 4x16                | 28       | Tubular T8        |
| SEGER SALA 2                | 4          | 4x16                | 16       | Tubular T8        |
| SEGER SALA 3                | 3          | 4x16                | 12       | Tubular T8        |
| SEGER SALA 4                | 2          | 4x32                | 8        | Tubular T8        |
| AUDIT                       | 15         | 4x32                | 60       | Tubular T8        |
| AUDIT SALA 1                | 3          | 4x32                | 12       | Tubular T8        |
| AUDIT SALA 2                | 3          | 4x32                | 6        | Tubular T8        |
| SECRETARIA DEPAT            | 6          | 4x40                | 24       | Tubular T10       |
| CHEFIA DEPAT                | 6          | 4x40                | 24       | Tubular T10       |
| SECRETARIA DEINF            | 4          | 4x32                | 16       | Tubular T8        |
| CHEFIA DEINF                | 4          | 4x40                | 16       | Tubular T8        |
| Circulação 2                | 2          | 4x32                | 8        | Tubular T8        |
| Recepção DHT                | 5          | 4x16                | 20       | Tubular T8        |
| DHT - Presidente            | 7          | 1x85                | 7        | Tubular T12       |
| DHT - Reunião               | 4          | 1x85                | 4        | Tubular T12       |
| DHT - Sala 1                | 4          | 1x85                | 4        | Tubular T12       |
| DHT - Sala 2                | 4          | 1x85                | 4        | Tubular T12       |

Tabela 5 - Sistema de Iluminação Atual - Pavimento 4

| <b>Pavimento 4</b>   |            |                     |          |                   |
|----------------------|------------|---------------------|----------|-------------------|
| <b>Local</b>         | Luminárias | Modelo da Luminária | Lâmpadas | Modelo da Lâmpada |
| COJUR SALÃO          | 48         | 4x32                | 192      | Tubular T8        |
| COJUR SALA 1         | 6          | 4x32                | 24       | Tubular T8        |
| COJUR SALA 2         | 5          | 4x32                | 20       | Tubular T8        |
| OUVIDORIA - RECEPÇÃO | 7          | 4x40                | 28       | Tubular T8        |
| OUVIDORIA - REUNIÃO  | 2          | 4x40                | 8        | Tubular T8        |
| OUVIDORIA - SALA 1   | 3          | 4x40                | 12       | Tubular T8        |
| OUVIDORIA - SALA 2   | 2          | 4x40                | 8        | Tubular T8        |
| DICONT - SALÃO       | 17         | 4x32                | 68       | Tubular T8        |
| DICONT - SALA 1      | 2          | 4x32                | 8        | Tubular T8        |
| DICONT - SALA 2      | 2          | 4x32                | 8        | Tubular T8        |
| CHEFIA DIDEHU        | 2          | 4x32                | 4        | Tubular T8        |
| DICOGE - SALÃO       | 23         | 4x40                | 92       | Tubular T8        |
| DICOGE - ARQVIVOS    | 4          | 4x40                | 16       | Tubular T8        |
| DICOGE - RECEPÇÃO    | 4          | 4x32                | 16       | Tubular T8        |
| DICOGE - REUNIÃO     | 3          | 4x40                | 12       | Tubular T8        |
| DICOGE - PRESIDENTE  | 4          | 4x32                | 16       | Tubular T8        |

## 6.2) Proposta para o Sistema de Iluminação

O desenvolvimento desta nova proposta do sistema de iluminação levou em conta o dimensionamento correto dos ambientes, muitas vezes não é realizado adequadamente. Partindo deste princípio, surgiu a ideia de verificar se a quantidade de lâmpadas é realmente a correta. Isso pode ser observado a partir do cálculo do fluxo luminoso e para isso foi necessário o levantamento dos seguintes dados das salas: largura, comprimento, área e altura úteis. Também foi considerado o valor do fluxo das lâmpadas, o fator de utilização das luminárias, a refletância e a iluminância necessária a partir da NBR 5413 (Anexo IV). A partir daí foram observados 2 cenários possíveis: o primeiro, que leva em conta o novo dimensionamento do sistema de iluminação, em que só são utilizadas as lâmpadas necessárias, do mesmo modelo, diminuindo a quantidade de lâmpadas onde o fluxo estava acima do esperado e aumentando nos locais onde o fluxo estava abaixo do esperado; o segundo cenário levou em conta também um novo dimensionamento a partir do projeto aqui executado e, além disso, são utilizadas lâmpadas *LED* no lugar das fluorescentes.

### 6.2.1) Proposta 1: Utilização do Número correto de Lâmpadas a partir do cálculo do fluxo luminoso

Com base nos dados levantados foi possível montar as tabelas 6, 7, 8 e 9 que mostram a quantidade correta de lâmpadas por cada sala e a potência total das do projeto atual e da Proposta 1.

**Tabela 6 - Proposta 1 - Sistema de Iluminação - Pavimento 1**

| Local                | Pavimento 1            |                   |                             |                        |                        |
|----------------------|------------------------|-------------------|-----------------------------|------------------------|------------------------|
|                      | Atual                  |                   | Potência de cada lâmpada(W) | Previsto               |                        |
|                      | Quantidade de Lâmpadas | Potência Total(W) |                             | Quantidade de Lâmpadas | Potência Necessária(W) |
| Recepção/hall        | 10                     | 400               | 40                          | 5                      | 210                    |
| Hall 2               | 3                      | 96                | 32                          | 2                      | 66                     |
| Central Telefônica   | 16                     | 512               | 32                          | 13                     | 401                    |
| Telefonista          | 8                      | 256               | 32                          | 6                      | 180                    |
| Dep. Tel.            | 4                      | 128               | 32                          | 2                      | 70                     |
| Circulação           | 8                      | 256               | 32                          | 1                      | 35                     |
| Coexser/SEVIPA       | 20                     | 800               | 40                          | 13                     | 506                    |
| Coexmat/Almoxarifado | 32                     | 1280              | 40                          | 26                     | 1023                   |
| Vestiário Segurança  | 16                     | 512               | 32                          | 7                      | 234                    |
| Banheiro Masculino   | 24                     | 768               | 32                          | 2                      | 56                     |
| Banheiro Feminino    | 24                     | 768               | 32                          | 2                      | 75                     |
| DIGEOF               | 32                     | 1024              | 32                          | 22                     | 696                    |
| Sala de Segurança    | 16                     | 640               | 40                          | 8                      | 309                    |
| Sala de Rádio        | 24                     | 960               | 40                          | 10                     | 419                    |
| Gráfica              | 49                     | 1568              | 32                          | 25                     | 799                    |
| Sala DIDOTE          | 32                     | 1024              | 32                          | 21                     | 687                    |
| Salão DIDOTE 1       | 72                     | 2304              | 32                          | 60                     | 1906                   |
| Salão DIDOTE 2       | 104                    | 3328              | 32                          | 65                     | 2069                   |
| Salão DIDOTE 3       | 72                     | 2304              | 32                          | 84                     | 2704                   |

**Tabela 7 - Proposta 1 - Sistema de Iluminação - Pavimento 2**

| Local                     | Pavimento 2            |                   |                             |                        |                         |
|---------------------------|------------------------|-------------------|-----------------------------|------------------------|-------------------------|
|                           | Atual                  |                   | Potência de cada Lâmpada(W) | Previsto               |                         |
|                           | Quantidade de Lâmpadas | Potência Total(W) |                             | Quantidade de Lâmpadas | Potência Necessária (W) |
| COENARQ                   | 48                     | 1920              | 40                          | 37                     | 1498                    |
| COEXSER                   | 28                     | 1120              | 40                          | 33                     | 1312                    |
| COEXSER II                | 8                      | 256               | 32                          | 10                     | 328                     |
| COEXMAT                   | 20                     | 800               | 40                          | 13                     | 508                     |
| COEXMAT 2                 | 28                     | 1120              | 40                          | 12                     | 498                     |
| COEXMAT CHEFIA            | 12                     | 384               | 32                          | 9                      | 286                     |
| Llicitação                | 20                     | 800               | 40                          | 23                     | 930                     |
| Corredor/Acesso           | 16                     | 512               | 32                          | 3                      | 87                      |
| Corredor 1                | 12                     | 216               | 18                          | 3                      | 55                      |
| Corredor 2                | 8                      | 256               | 32                          | 2                      | 50                      |
| Banheiro 1                | 16                     | 512               | 32                          | 4                      | 125                     |
| Banheiro 2                | 16                     | 512               | 32                          | 4                      | 125                     |
| DIINFO – Recepção         | 16                     | 256               | 16                          | 31                     | 490                     |
| DIINFO - Sala de Reunião  | 12                     | 192               | 16                          | 16                     | 257                     |
| DIINFO – Gerência         | 16                     | 256               | 16                          | 22                     | 358                     |
| DIINFO – Suporte          | 24                     | 384               | 16                          | 38                     | 615                     |
| DIINFO - Sala de apoio    | 8                      | 128               | 16                          | 10                     | 154                     |
| DIINFO - Banco de dados   | 24                     | 384               | 16                          | 28                     | 456                     |
| DIINFO – Web              | 24                     | 384               | 16                          | 32                     | 514                     |
| DIINFO - Bando de dados 2 | 24                     | 384               | 16                          | 42                     | 665                     |

Tabela 8 - Proposta 1 - Sistema de Iluminação - Pavimento 3

| Local                       | Pavimento 3            |                   |                             |                        |                        |
|-----------------------------|------------------------|-------------------|-----------------------------|------------------------|------------------------|
|                             | Atual                  |                   | Potência de cada Lâmpada(W) | Previsto               |                        |
|                             | Quantidade de Lâmpadas | Potência Total(W) |                             | Quantidade de Lâmpadas | Potência Necessária(W) |
| Sala da Presidência         | 56                     | 896               | 16                          | 56                     | 896                    |
| Recepção Presidência        | 32                     | 512               | 16                          | 18                     | 288                    |
| Recepção Presidência 2      | 36                     | 576               | 16                          | 33                     | 528                    |
| Secretaria Presidência      | 32                     | 512               | 16                          | 27                     | 432                    |
| Sala de reunião Presidência | 24                     | 384               | 16                          | 29                     | 464                    |
| ASS DAF                     | 16                     | 256               | 16                          | 19                     | 304                    |
| Secretaria DAF              | 16                     | 640               | 40                          | 14                     | 560                    |
| ASS DAF 2                   | 6                      | 192               | 32                          | 10                     | 320                    |
| Circulação                  | 24                     | 768               | 32                          | 11                     | 352                    |
| SEGER                       | 28                     | 448               | 16                          | 31                     | 496                    |
| SEGER SALA 2                | 16                     | 256               | 16                          | 15                     | 240                    |
| SEGER SALA 3                | 12                     | 192               | 16                          | 13                     | 208                    |
| SEGER SALA 4                | 8                      | 256               | 32                          | 5                      | 160                    |
| AUDIT                       | 60                     | 1920              | 32                          | 46                     | 1472                   |
| AUDIT SALA 1                | 12                     | 384               | 32                          | 9                      | 288                    |
| AUDIT SALA 2                | 6                      | 192               | 32                          | 9                      | 288                    |
| SECRETARIA DEPAT            | 24                     | 960               | 40                          | 12                     | 480                    |
| CHEFIA DEPAT                | 24                     | 960               | 40                          | 11                     | 440                    |
| SECRETARIA DEINF            | 16                     | 512               | 32                          | 14                     | 448                    |
| CHEFIA DEINF                | 16                     | 640               | 40                          | 12                     | 480                    |
| Circulação 2                | 8                      | 256               | 32                          | 2                      | 64                     |
| Recepção DHT                | 20                     | 320               | 16                          | 22                     | 352                    |
| DHT – Presidente            | 7                      | 595               | 85                          | 7                      | 595                    |
| DHT – Reunião               | 4                      | 340               | 85                          | 5                      | 425                    |
| DHT - Sala 1                | 4                      | 340               | 85                          | 4                      | 340                    |
| DHT - Sala 2                | 4                      | 340               | 85                          | 4                      | 340                    |

**Tabela 9 - Proposta 1 - Sistema de Iluminação - Pavimento 4**

| Local                | Pavimento 4            |                   |                             |                        |                        |
|----------------------|------------------------|-------------------|-----------------------------|------------------------|------------------------|
|                      | Atual                  |                   | Potência de cada Lâmpada(W) | Previsto               |                        |
|                      | Quantidade de Lâmpadas | Potência Total(W) |                             | Quantidade de Lâmpadas | Potência Necessária(W) |
| COJUR – Salão        | 192                    | 6144              | 32                          | 89                     | 2837                   |
| COJUR - Sala 1       | 24                     | 768               | 32                          | 15                     | 470                    |
| COJUR - Sala 2       | 20                     | 640               | 32                          | 17                     | 542                    |
| OUVIDORIA - Recepção | 28                     | 1120              | 40                          | 19                     | 775                    |
| OUVIDORIA - Reunião  | 8                      | 320               | 40                          | 7                      | 293                    |
| OUVIDORIA - Sala 1   | 12                     | 480               | 40                          | 7                      | 291                    |
| OUVIDORIA - Sala 2   | 8                      | 320               | 40                          | 7                      | 280                    |
| DICONT – Salão       | 68                     | 2176              | 32                          | 55                     | 1744                   |
| DICONT - Sala 1      | 8                      | 256               | 32                          | 12                     | 370                    |
| DICONT - Sala 2      | 8                      | 256               | 32                          | 7                      | 218                    |
| Chefia DIDEHU        | 4                      | 128               | 32                          | 9                      | 301                    |
| DICOGE – Salão       | 92                     | 3680              | 40                          | 47                     | 1867                   |
| DICOGE – Arquivos    | 16                     | 640               | 40                          | 9                      | 343                    |
| DICOGE – Recepção    | 16                     | 512               | 32                          | 10                     | 304                    |
| DICOGE – Reunião     | 12                     | 480               | 40                          | 8                      | 316                    |
| DICOGE – Presidente  | 16                     | 512               | 32                          | 10                     | 304                    |

A partir da análise das tabelas acima observamos que de fato muitos ambientes estavam mal dimensionados, uns com excesso de iluminação e outros com falta de iluminação.

#### 6.2.1.1) Avaliação e Investimento Inicial da Proposta 1

Para a adequação da proposta 1, se faz necessário a compra de lâmpadas e luminárias conforme é descrito nas tabelas 10, 11, 12 e 13. Foi descartada a possibilidade de aproveitamento de lâmpadas, luminárias e reatores antigos para o aproveitamento em outros locais.

**Tabela 10 - Proposta 1 - Investimento Inicial - Pavimento 1**

| Pavimento 1                 |            |        |             |
|-----------------------------|------------|--------|-------------|
| Modelo                      | Quantidade | Valor  | Total (R\$) |
| Tubular T8 – 32W            | 12         | 3,60   | 43,20       |
| Luminárias de sobrepor 4x32 | 3          | 178,90 | 536,70      |
| Reator Eletrônico 2x40/2x32 | 6          | 18,60  | 111,60      |
| Instalação de Luminária     | 1          | 25,00  | 25,00       |
|                             |            | R\$    | 716,50      |

**Tabela 11 - Proposta 1 - Investimento Inicial - Pavimento 2**

| Pavimento 2                 |            |        |             |
|-----------------------------|------------|--------|-------------|
| Modelo                      | Quantidade | Valor  | Total (R\$) |
| Tubular T8 – 40W            | 8          | 5,00   | 40,00       |
| Tubular T8 – 32W            | 2          | 3,60   | 7,20        |
| Tubular T8 – 16W            | 71         | 3,70   | 262,70      |
| Luminária de embutir 4x40   | 3          | 178,90 | 536,70      |
| Luminária de embutir 4x32   | 1          | 178,90 | 178,90      |
| Luminária de embutir 4x16   | 18         | 119,00 | 2142,00     |
| Reator Eletrônico 2x40/2x32 | 6          | 18,60  | 111,60      |
| Reator Eletrônico 2x16      | 36         | 18,60  | 669,60      |
| Instalação de Luminária     | 22         | 25,00  | 550,00      |
|                             |            | R\$    | 4.498,70    |

**Tabela 12 - Proposta 1 - Investimento Inicial - Pavimento 3**

| Pavimento 3                 |            |        |             |
|-----------------------------|------------|--------|-------------|
| Modelo                      | Quantidade | Valor  | Total (R\$) |
| Tubular T8 – 16W            | 11         | 3,70   | 40,70       |
| Tubular T8 – 32W            | 7          | 3,60   | 25,20       |
| Tubular T8- 40W             | 2          | 5,00   | 10,00       |
| Luminária de sobrepor 4x40  | 1          | 178,90 | 178,90      |
| Luminária de embutir 4x32   | 2          | 178,90 | 357,80      |
| Luminária de embutir 4x16   | 3          | 119,00 | 357,00      |
| Reator Eletrônico 2x40/2x32 | 6          | 18,60  | 111,60      |
| Reator Eletrônico 2x16      | 6          | 18,60  | 111,60      |
| Instalação de Luminária     | 10         | 25,00  | 250,00      |
|                             |            | R\$    | 1.442,80    |

**Tabela 13 - Proposta 1 - Investimento Inicial - Pavimento 4**

| Pavimento 4                 |            |        |             |
|-----------------------------|------------|--------|-------------|
| Modelo                      | Quantidade | Valor  | Total (R\$) |
| Tubular T8 – 32W            | 9          | 8,90   | 80,10       |
| Luminária de embutir 4x32   | 3          | 178,90 | 536,70      |
| Reator Eletrônico 2x40/2x32 | 6          | 18,90  | 113,40      |
| Instalação de Luminária     | 12         | 25,00  | 300,00      |
|                             |            | R\$    | 1030,20     |

Temos um valor de investimento inicial para a Proposta 1 de R\$: 7.688,20

#### 6.2.1.2) Análise da Demanda Energética e do Consumo da Proposta 1

Considerando-se um consumo de energia elétrica no Sistema de Iluminação de 10h por dia fora do horário de ponta, 22 dias por mês, teremos um valor de horas mensal de 220, que foi o levado em conta para os cálculos. A tabela 14 mostra a comparação entre a quantidade de energia demandada e o consumo de energia da situação atual com a proposta 1.

**Tabela 14 - Análise da Demanda Energética e do Consumo da Proposta 1**

|             | Atual        |              | Proposta 1   |              |
|-------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
|             | Potência(kW) | Consumo(kWh) | Potência(kW) | Consumo(kWh) |
| Pavimento 1 | 18,9280      | 4164,16      | 12,4423      | 2737,30      |
| Pavimento 2 | 10,7760      | 2370,72      | 9,3128       | 2048,83      |
| Pavimento 3 | 13,6470      | 3002,34      | 11,2600      | 2477,20      |
| Pavimento 4 | 18,4320      | 4055,04      | 11,2550      | 2476,10      |
| Total       | 61,7830      | 13.592,26    | 44,2701      | 9.739,43     |

Foi obtido um valor na redução do consumo de energia elétrica de 28,35% e a Demanda de energia elétrica sofreu uma redução de 61,78kWh para 44,27kWh.

### 6.2.1.3) Análise Econômica da Proposta 1

A partir das simples troca dos equipamentos, o tempo de retorno necessário, bem como a Relação de Benefício Custo (RBC) e a economia anual são apresentados na tabela 15:

**Tabela 15 - Viabilidade da Proposta 1**

| Proposta 1             |           |
|------------------------|-----------|
| Tempo de Retorno(anos) | 0,44      |
| RBC                    | 2,29      |
| Economia Mensal(R\$)   | 1.464,08  |
| Economia Anual(R\$)    | 17.568,90 |

### 6.2.2) Proposta 2: Substituição das lâmpadas fluorescentes por lâmpadas *LED* a partir do cálculo do fluxo luminoso.

A ideia de se utilizar as lâmpadas *LED* é importante, uma vez que estas, apesar do seu investimento inicial elevado, são muito mais econômicas, produzem uma quantidade de fluxo luminoso elevado apesar da baixa potência, além de possuírem uma vida útil maior (normalmente o dobro ou mais das lâmpadas fluorescentes) e também, dispensam o uso de reatores e starters. As tabelas 16, 17, 18 e 19 mostram a quantidade de lâmpadas fluorescentes por sala do projeto atual e a quantidade de lâmpadas *LED* da Proposta 2, bem como a potência total gasta nos 2 cenários.

**Tabela 16 - Proposta 2 - Sistema de Iluminação - Pavimento 1**

| Local                | Pavimento 1 |              |                    |          |             |                    |
|----------------------|-------------|--------------|--------------------|----------|-------------|--------------------|
|                      | Atual       |              | Previsto           |          |             | Potência Total (W) |
|                      | Lâmpadas    | Potência (W) | Potência Total (W) | Lâmpadas | Potência(W) |                    |
| Recepção/hall        | 10          | 40           | 400                | 9        | 18          | 162                |
| Hall 2               | 3           | 32           | 96                 | 3        | 18          | 54                 |
| Central Telefônica   | 16          | 32           | 512                | 17       | 18          | 306                |
| Telefonista          | 8           | 32           | 256                | 8        | 18          | 144                |
| Dep. Tel.            | 4           | 32           | 128                | 3        | 18          | 54                 |
| Circulação           | 8           | 32           | 256                | 2        | 18          | 36                 |
| Coexser/SEVIPA       | 20          | 40           | 800                | 20       | 18          | 360                |
| Coexmat/Almoxarifado | 32          | 40           | 1280               | 40       | 18          | 720                |
| Vestiário Segurança  | 16          | 32           | 512                | 10       | 18          | 180                |
| Banheiro Masculino   | 24          | 32           | 768                | 3        | 18          | 54                 |
| Banheiro Feminino    | 24          | 32           | 768                | 4        | 18          | 72                 |
| DIGEOF               | 32          | 32           | 1024               | 29       | 18          | 522                |
| Sala de Segurança    | 16          | 40           | 640                | 13       | 18          | 234                |
| Sala de Rádio        | 24          | 40           | 960                | 17       | 18          | 306                |
| Gráfica              | 49          | 32           | 1568               | 33       | 18          | 594                |
| SALA DIDOTE          | 32          | 32           | 1024               | 29       | 18          | 522                |
| Salão DIDOTE 1       | 72          | 32           | 2304               | 78       | 18          | 1404               |
| Salão DIDOTE 2       | 104         | 32           | 3328               | 85       | 18          | 1530               |
| Salão DIDOTE 3       | 72          | 32           | 2304               | 111      | 18          | 1998               |

**Tabela 17 - Proposta 2 - Sistema de Iluminação - Pavimento 2**

| Local                     | Pavimento 2  |                    |          |              |                    |      |
|---------------------------|--------------|--------------------|----------|--------------|--------------------|------|
|                           | Atual        |                    |          | Previsto     |                    |      |
| Lâmpadas                  | Potência (W) | Potência Total (W) | Lâmpadas | Potência (W) | Potência Total (W) |      |
| COENARQ                   | 48           | 40                 | 1920     | 59           | 18                 | 1062 |
| COEXSER                   | 28           | 40                 | 1120     | 52           | 18                 | 936  |
| COEXSER II                | 8            | 32                 | 256      | 14           | 18                 | 252  |
| COEXMAT                   | 20           | 40                 | 800      | 20           | 18                 | 360  |
| COEXMAT 2                 | 28           | 40                 | 1120     | 20           | 18                 | 360  |
| COEXMAT CHEFIA            | 12           | 32                 | 384      | 12           | 18                 | 216  |
| Licitação                 | 20           | 40                 | 800      | 37           | 18                 | 666  |
| Corredor/Acesso           | 16           | 32                 | 512      | 8            | 9                  | 72   |
| Corredor 1                | 12           | 18                 | 216      | 3            | 18                 | 54   |
| Corredor 2                | 8            | 32                 | 256      | 3            | 18                 | 54   |
| Banheiro 1                | 16           | 32                 | 512      | 11           | 9                  | 99   |
| Banheiro 2                | 16           | 32                 | 512      | 11           | 9                  | 99   |
| DIINFO - Recepção         | 16           | 16                 | 256      | 41           | 9                  | 369  |
| DIINFO - Sala de Reunião  | 12           | 16                 | 192      | 22           | 9                  | 198  |
| DIINFO - Gerência         | 16           | 16                 | 256      | 30           | 9                  | 270  |
| DIINFO - Suporte          | 24           | 16                 | 384      | 52           | 9                  | 468  |
| DIINFO - Sala de apoio    | 8            | 16                 | 128      | 12           | 9                  | 108  |
| DIINFO - Banco de dados   | 24           | 16                 | 384      | 38           | 9                  | 342  |
| DIINFO – Web              | 24           | 16                 | 384      | 43           | 9                  | 387  |
| DIINFO - Bando de dados 2 | 24           | 16                 | 384      | 56           | 9                  | 504  |

Tabela 18 - Proposta 2 - Sistema de Iluminação - Pavimento 3

| Local                       | Pavimento 3 |              |                    |          |              |                    |
|-----------------------------|-------------|--------------|--------------------|----------|--------------|--------------------|
|                             | Atual       |              |                    | Previsto |              |                    |
|                             | Lâmpadas    | Potência (W) | Potência Total (W) | Lâmpadas | Potência (W) | Potência Total (W) |
| Sala da Presidência         | 56          | 16           | 896                | 74       | 9            | 666                |
| Recepção Presidência        | 32          | 16           | 512                | 23       | 9            | 207                |
| Recepção Presidência 2      | 36          | 16           | 576                | 44       | 9            | 396                |
| Secretaria Presidência      | 32          | 16           | 512                | 36       | 9            | 324                |
| Sala de reunião Presidência | 24          | 16           | 384                | 38       | 9            | 342                |
| ASS DAF                     | 16          | 16           | 256                | 25       | 9            | 225                |
| Secretaria DAF              | 16          | 40           | 640                | 22       | 18           | 396                |
| ASS DAF 2                   | 6           | 32           | 192                | 13       | 18           | 234                |
| Circulação                  | 24          | 32           | 768                | 14       | 18           | 252                |
| SEGER                       | 28          | 16           | 448                | 41       | 9            | 369                |
| SEGER SALA 2                | 16          | 16           | 256                | 20       | 9            | 180                |
| SEGER SALA 3                | 12          | 16           | 192                | 17       | 9            | 153                |
| SEGER SALA 4                | 8           | 32           | 256                | 7        | 18           | 126                |
| AUDIT                       | 60          | 32           | 1920               | 60       | 18           | 1080               |
| AUDIT SALA 1                | 12          | 32           | 384                | 12       | 18           | 216                |
| AUDIT SALA 2                | 6           | 32           | 192                | 11       | 18           | 198                |
| SECRETARIA DEPAT            | 24          | 40           | 960                | 19       | 18           | 342                |
| CHEFIA DEPAT                | 24          | 40           | 960                | 16       | 18           | 288                |
| SECRETARIA DEINF            | 16          | 32           | 512                | 18       | 18           | 324                |
| CHEFIA DEINF                | 16          | 40           | 640                | 18       | 18           | 324                |
| Circulação 2                | 8           | 32           | 256                | 2        | 18           | 36                 |
| Recepção DHT                | 20          | 16           | 320                | 29       | 9            | 261                |
| DHT - Presidente            | 7           | 85           | 595                | 13       | 28           | 364                |
| DHT – Reunião               | 4           | 85           | 340                | 9        | 28           | 252                |
| DHT - Sala 1                | 4           | 85           | 340                | 7        | 28           | 196                |
| DHT - Sala 2                | 4           | 85           | 340                | 6        | 28           | 168                |

Tabela 19 - Proposta 2 - Sistema de Iluminação - Pavimento 4

| Local                | Pavimento 4 |              |                    |          |              |                    |
|----------------------|-------------|--------------|--------------------|----------|--------------|--------------------|
|                      | Atual       |              |                    | Previsto |              |                    |
|                      | Lâmpadas    | Potência (W) | Potência Total (W) | Lâmpadas | Potência (W) | Potência Total (W) |
| COJUR - Salão        | 192         | 32           | 6144               | 116      | 18           | 2088               |
| COJUR - Sala 1       | 24          | 32           | 768                | 20       | 18           | 360                |
| COJUR - Sala 2       | 20          | 32           | 640                | 23       | 18           | 414                |
| OUVIDORIA - Recepção | 28          | 40           | 1120               | 31       | 18           | 558                |
| OUVIDORIA - Reunião  | 8           | 40           | 320                | 12       | 18           | 216                |
| OUVIDORIA - Sala 1   | 12          | 40           | 480                | 12       | 18           | 216                |
| OUVIDORIA - Sala 2   | 8           | 40           | 320                | 11       | 18           | 198                |
| DICONT - Salão       | 68          | 32           | 2176               | 72       | 18           | 1296               |
| DICONT - Sala 1      | 8           | 32           | 256                | 16       | 18           | 288                |
| DICONT - Sala 2      | 8           | 32           | 256                | 9        | 18           | 162                |
| Chefia DIDEHU        | 4           | 32           | 128                | 13       | 18           | 234                |
| DICOGE - Salão       | 92          | 40           | 3680               | 73       | 18           | 1314               |
| DICOGE - Arquivos    | 16          | 40           | 640                | 14       | 18           | 252                |
| DICOGE - Recepção    | 16          | 32           | 512                | 13       | 18           | 234                |
| DICOGE - Reunião     | 12          | 40           | 480                | 13       | 18           | 234                |
| DICOGE - Presidente  | 16          | 32           | 512                | 13       | 18           | 234                |

Vale ressaltar que a escolha da quantidade de lâmpadas *LED* da proposta 2 respeitou o fluxo luminoso necessário para cada ambiente e não foi feito uma simples troca das lâmpadas fluorescentes por lâmpadas *LED*. As lâmpadas *LED* em questão possuem mesma dimensão para o aproveitamento das luminárias já instaladas, ou seja, as de 18W, são do modelo T8 com 1,20m, possuindo as mesmas dimensões das fluorescentes T8 de 32W e 40W. O mesmo vale para as lâmpadas *LED* de 9W, que são do mesmo tamanho das lâmpadas T8 de 16W, ambas com 60cm de comprimento.

#### 6.2.2.1) Avaliação e Investimento Inicial da Proposta 2

A utilização de lâmpadas *LED* na Proposta 2 reduziu consideravelmente o consumo energético do sistema de iluminação, porém é necessário um investimento inicial elevado, como pode ser observado nas tabelas 20, 21, 22 e 23.

**Tabela 20 - Proposta 2 - Investimento Inicial - Pavimento 1**

| Pavimento 1                  |            |               |          |
|------------------------------|------------|---------------|----------|
| Modelo                       | Quantidade | Valor         | Total    |
| Lâmpada LED Tubular T8 – 18W | 514        | 125,00        | 64250,00 |
| Luminária de sobrepor 4x32   | 13         | 178,90        | 2325,70  |
| Instalação                   | 13         | 25,00         | 325,00   |
|                              |            | R\$ 66.900,70 |          |

**Tabela 21 - Proposta 2 - Investimento Inicial - Pavimento 2**

| Pavimento 2                  |            |               |           |
|------------------------------|------------|---------------|-----------|
| Modelo                       | Quantidade | Valor         | Total     |
| Lâmpada LED Tubular T8 – 18W | 162        | 125,00        | 20.250,00 |
| Lâmpada LED Tubular T8 – 9W  | 99         | 94,98         | 9.403,02  |
| Luminária de embutir 4x32    | 15         | 178,90        | 2.683,50  |
| Luminária de embutir 4x16    | 37         | 119,00        | 4.403,00  |
| Instalação                   | 52         | 25,00         | 1.300,00  |
|                              |            | R\$ 38.039,52 |           |

**Tabela 22 - Proposta 2 - Investimento Inicial - Pavimento 3**

| Pavimento 3                   |            |               |           |
|-------------------------------|------------|---------------|-----------|
| Modelo                        | Quantidade | Valor         | Total     |
| Lâmpada LED Tubular T8 – 18W  | 90         | 125,00        | 11.250,00 |
| Lâmpada LED Tubular T8 – 9W   | 216        | 94,98         | 20.515,68 |
| Lâmpada LED Tubular T12 – 28W | 112        | 145,90        | 16.340,80 |
| Luminária de embutir 4x32     | 6          | 178,90        | 1.073,40  |
| Luminária de embutir 4x16     | 21         | 119,00        | 2.499,00  |
| Luminária de sobrepor 1x85    | 8          | 178,90        | 1.431,20  |
| Instalação                    | 35         | 25,00         | 875,00    |
|                               |            | R\$ 53.985,08 |           |

**Tabela 23 - Proposta 2 - Investimento Inicial - Pavimento 4**

| Pavimento 4                  |            |               |           |
|------------------------------|------------|---------------|-----------|
| Modelo                       | Quantidade | Valor         | Total     |
| Lâmpada LED Tubular T8 – 18W | 461        | 125,00        | 57.625,00 |
| Luminária de embutir 4x32    | 9          | 178,90        | 1.610,10  |
| Instalação                   | 9          | 25,00         | 225,00    |
|                              |            | R\$ 59.460,10 |           |

Além do alto investimento oriundo das lâmpadas *LED*, existe também um maior número de luminárias a serem instalados que também encarecem a Proposta 2. O valor total para o investimento inicial da proposta 2 é de: R\$: 218,385,40

#### 6.2.2.2) Análise da Demanda Energética e do Consumo da Proposta 2

Seguindo o mesmo procedimento adotado no item 6.2.1.2, considerando um consumo de energia elétrica no Sistema de Iluminação de 10h por dia fora do horário de ponta, 22 dias por mês, teremos um valor de horas mensal de 220, que foi o levado em conta para os cálculos. A tabela 24 mostra a comparação entre a quantidade de energia demandada e o consumo de energia da situação atual com a proposta 2.

**Tabela 24 - Análise da Demanda Energética e do Consumo da Proposta 2**

|             | Atual        |              | Proposta 2   |              |
|-------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
|             | Potência(kW) | Consumo(kWh) | Potência(kW) | Consumo(kWh) |
| Pavimento 1 | 18,9280      | 4164,16      | 9,2520       | 2035,44      |
| Pavimento 2 | 10,7760      | 2370,72      | 6,8760       | 1512,72      |
| Pavimento 3 | 13,6470      | 3002,34      | 7,9190       | 1742,18      |
| Pavimento 4 | 18,4320      | 4055,04      | 8,2980       | 1825,56      |
| <br>Total   | 61,7830      | 13.592,26    | 32,3450      | 7.115,90     |

Com a realização da proposta 2 obtemos um valor na redução do consumo de energia elétrica de 47,76% e a Demanda de energia elétrica sofreu uma redução de 61,78kWh para 32,34kWh.

### 6.2.2.3) Análise Econômica da Proposta 2

A partir da substituição das lâmpadas fluorescentes por lâmpadas *LED* e equipamentos, o tempo de retorno necessário, bem como a Relação de Benefício Custo (RBC) e a economia anual são apresentados na tabela 25:

**Tabela 25 - Viabilidade da Proposta 2**

| Proposta 2              |           |
|-------------------------|-----------|
| Tempo de Retorno (anos) | 7,39      |
| RBC                     | 0,14      |
| Economia Mensal (R\$)   | 2.461,02  |
| Economia Anual (R\$)    | 29.532,20 |

O alto investimento inicial junto ao longo prazo de retorno deste investimento faz com que esta proposta seja de mais difícil execução, porém, não inviável.

Uma boa opção para driblar o alto investimento necessário seria fazer a substituição das lâmpadas fluorescentes por lâmpadas *LED* em menor escala, ou seja, aos poucos, como por exemplo, poderia ser levada em conta a utilização da proposta em um pavimento por vez. Com isso o investimento inicial não seria tão elevado.

### 6.3) Sistema de Ar Condicionado Atual

O Sistema de ar condicionado atual do bloco A1 da CPRM é constituído pelos seguintes modelos de ar condicionado: Ar Condicionado central (este não entrou no estudo deste projeto), ar condicionado tipo janela e ar condicionado tipo SPLIT. A maioria das salas da CPRM reformadas, contam com aparelhos com etiqueta A do PROCEL, possuindo já assim uma eficiência ideal. Na tabela 26 temos a relação da quantidade total de aparelhos no bloco A1 da CPRM, sem contar o ar condicionado central.

**Tabela 26 - Sistema de Ar Condicionado**

|        |        | Potência (BTU/h) | Quantidade |
|--------|--------|------------------|------------|
| Térreo | JANELA | 8000             | 1          |
|        |        | 18000            | 2          |
|        |        | 19000            | 8          |
|        |        | 21000            | 2          |
|        |        | 30000            | 3          |
| Pav 2  | JANELA | 19000            | 11         |
|        |        | 21000            | 1          |
|        |        | 30000            | 4          |
|        | SPLIT  | 30000            | 2          |
| Pav 3  | JANELA | 19.000           | 5          |
|        |        | 21.000           | 11         |
|        |        | 30.000           | 7          |
|        |        | 9.000            | 2          |
|        | SPLIT  | 12.000           | 4          |
|        |        | 24.000           | 5          |
|        |        | 30.000           | 2          |
|        |        | 18.000           | 4          |
| Pav 4  | JANELA | 19.000           | 1          |
|        |        | 21.000           | 13         |
|        |        | 30.000           | 4          |
|        |        | 9.000            | 1          |

## 6.4) Proposta para o Sistema de Ar Condicionado

Os aparelhos que necessitam de fato serem substituídos são poucos, e são nesses que o projeto é baseado, levando em conta a troca simples dos aparelhos, pela mesma capacidade térmica dos antigos, utilizando como escolha aparelhos com melhor eficiência.

### 6.4.1) Aparelhos a serem substituídos

Os aparelhos de ar condicionado do primeiro pavimento são praticamente novos. Para o primeiro pavimento, 4 deles necessitam de troca. A potência de cada aparelho pode ser visualizada na tabela 27.

**Tabela 27 - Aparelhos a serem substituídos - Pavimento 1**

| Pavimento 1 |                  |            |
|-------------|------------------|------------|
| Quantidade  | Potência (BTU/h) | Consumo(W) |
| 1           | 8000             | 2430       |
| 2           | 18000            | 2080       |
| 1           | 21000            | 2800       |

No segundo pavimento, existem 2 modelos de aparelhos SPLITS novos com classificação D segundo o selo PROCEL que é importante a substituição. Além deles temos mais 2 aparelhos antigos do tipo janela, como pode ser observado na tabela 28.

**Tabela 28 - Aparelhos a serem substituídos - Pavimento 2**

| Pavimento 2 |                  |            |
|-------------|------------------|------------|
| Quantidade  | Potência (BTU/h) | Consumo(W) |
| 1           | 18000            | 2080       |
| 1           | 21000            | 2800       |
| 2           | 30000            | 3367       |

Já no terceiro pavimento, temos 8 modelos SPLITS com eficiência baixa, 1 sem etiqueta PROCEL, porém com consumo muito elevado. Além disso, outros aparelhos antigos que necessitam de substituição neste pavimento estão indicados na tabela 29.

**Tabela 29 - Aparelhos a serem substituídos - Pavimento 3**

| Pavimento 3 |                  |            |
|-------------|------------------|------------|
| Quantidade  | Potência (BTU/h) | Consumo(W) |
| 2           | 18000            | 2180       |
| 1           | 21000            | 2800       |
| 2           | 30000            | 3230       |
| 2           | 9000             | 2637       |
| 5           | 24000            | 2504       |
| 1           | 30000            | 3380       |

O quarto pavimento, possui uma grande capacidade de aparelhos com boa eficiência, por ser um pavimento reformado praticamente por completo e a pouco tempo, existe a necessidade de troca somente de um aparelho tipo SPLIT e de outros 2 modelos mais antigos do tipo janela, conforme mostra a tabela 30.

**Tabela 30 - Aparelhos a serem substituídos - Pavimento 4**

| Pavimento 4 |                  |            |
|-------------|------------------|------------|
| Quantidade  | Potência (BTU/h) | Consumo(W) |
| 1           | 9000             | 2637       |
| 1           | 18000            | 2430       |
| 1           | 21000            | 2800       |

#### 6.4.2) Avaliação e Investimento Inicial

Para a simples troca dos aparelhos acima descritos por modelos de mesma capacidade e eficiência maior, será necessário um investimento inicial de R\$45.476,90. Além do valor dos equipamentos é importante considerar também o custo da instalação dos aparelhos, foi estipulado um valor de 10% do valor gasto com os aparelhos para a instalação, com isso teremos um total de investimento necessário descrito na tabela 31 abaixo:

**Tabela 31 - Investimento Necessário - Sistema de Ar Condicionado**

|            |               |
|------------|---------------|
| Aparelhos  | R\$ 45.476,90 |
| Instalação | R\$ 4.546,90  |
| Total      | R\$ 50.024,59 |

#### 6.4.3) Análise da Demanda Energética e do Consumo da Proposta.

Seguindo o mesmo procedimento adotado no item 5.2.1.2, considerando um consumo de energia elétrica no Sistema de Ar Condicionado de 10h por dia fora do horário de ponta, 22 dias por mês, teremos um valor de horas mensal de 220, que foi levado em conta para os cálculos. A tabela 32 mostra a comparação entre a quantidade de energia demandada e o consumo de energia da situação atual com a proposta para o sistema de ar condicionado.

**Tabela 32 - Análise da Demanda Energética e do Consumo do Sistema de Ar Condicionado**

|             | Atual        |              | Proposta     |              |
|-------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
|             | Potência(kW) | Consumo(kWh) | Potência(kW) | Consumo(kWh) |
| Pavimento 1 | 7,310        | 1608,2       | 4,6800       | 1029,60      |
| Pavimento 2 | 8,247        | 1814,34      | 7,1600       | 1575,20      |
| Pavimento 3 | 16,731       | 3680,82      | 13,1280      | 2888,16      |
| Pavimento 4 | 7,867        | 1730,74      | 4,9260       | 1083,72      |
| Total       | 40,1550      | 8.834,10     | 29,8940      | 6.576,68     |

A partir do levantamento atual dos aparelhos não eficientes, é possível calcular uma demanda energética de 40,155kW

Levando em consideração a compra de aparelhos mais eficientes, com selo PROCEL A de eficiência energética, ou com a melhor classificação possível, em todos os modelos propostos a serem substituídos, teremos o valor de 29,894kW para a nova demanda. Ou seja, uma economia de 10,261kW.

#### 6.4.4) Análise Econômica do Sistema de Ar Condicionado

A partir da troca dos equipamentos por modelos mais eficientes, o tempo de retorno necessário, bem como a Relação de Benefício Custo (RBC) e a economia anual são apresentados na tabela 33.

**Tabela 33 - Viabilidade da Proposta para o Sistema de Ar Condicionado**

| Ar Condicionado       |           |
|-----------------------|-----------|
| Tempo de Retorno      | 4,86      |
| RBC                   | 0,21      |
| Economia Mensal (R\$) | 857,82    |
| Economia Anual (R\$)  | 10.293,84 |

## Capítulo 7 – Conclusão

Para a realização deste trabalho sobre a aplicação de eficiência energética em um edifício comercial, foram levadas em conta as principais fontes de gasto: os sistemas de iluminação e os sistemas de condicionamento de ar.

No primeiro momento pode ser observado que os sistemas de iluminação estavam super dimensionados na maioria dos locais do edifício, sendo assim foi extremamente importante um novo cálculo luminotécnico para estes sistemas. De posse do valor correto do fluxo luminoso necessário para iluminar cada ambiente, foram apresentadas duas propostas, a primeira que considera a utilização do número correto de lâmpadas, lembrando que todas as lâmpadas do edifício já são fluorescentes, e a segunda que além da adequação ao fluxo luminoso correto prevê a instalação de lâmpadas *LED*, que são extremamente econômicas. Com isso foi levantado o valor do consumo energético nos 2 casos e comparado com o caso atual, observando assim que a empresa poderia reduzir sua demanda energética em **28,35%**, diminuindo o consumo de **13.592,26kWh** para **9.739,43kWh** se aplicar a proposta 1 e em até **47,65%**, reduzindo de **13.592,26kWh** para **7.115,90kWh** se aplicar a proposta 2, para o sistema de iluminação, isso representa ainda uma possível economia mensal de **R\$: 1.464,08** para a proposta 1 e **R\$: 2.461,02** para a proposta 2. Porém para a viabilidade destes projetos, o tempo de retorno do investimento também é de suma importância, a proposta 1 apresentou um tempo de retorno de **0,44 anos** e a proposta 2 um tempo de retorno de **7,39 anos**. O elevado tempo de retorno para a proposta 2 é explicado devido ao alto investimento necessário na substituição de todas as lâmpadas do edifício por modelos *LED*, que ainda possuem um alto preço no mercado.

Além do sistema de iluminação, para o sistema de ar condicionado, que também é responsável por boa parte do consumo energético no edifício, foi realizado uma simples troca nos equipamentos levantados que eram antigos e não possuíam uma boa eficiência por modelos mais modernos e eficientes. Foi possível obter então uma redução na demanda energética de **25,55%**, diminuindo o consumo de **8.834,10kWh** para **6.576,68kWh**. Estes valores significam uma redução mensal de **R\$:**

**857,82.** O tempo de retorno para este investimento foi de **4,86 anos**. É importante observar que o consumo energético dos sistemas de ar condicionado levantados não é maior do que o de iluminação por dois motivos. O primeiro é que a proposta só levou em consideração a substituição dos aparelhos menos eficientes, o segundo é que o prédio conta com sistema de ar condicionado central, que não entrou na elaboração deste projeto.

Levando em consideração que a vida útil dos aparelhos é maior do que o tempo de retorno do investimento necessário, as propostas podem ser aplicadas, mesmo com um demorado tempo de retorno, como no caso da proposta 2 para o sistema de iluminação e da proposta do sistema de ar condicionado. Além disso, a Relação de Benefício Custo foi baixa para a proposta 2 do Sistema de iluminação e para o Sistema de Ar Condicionado, porém mesmo assim estes projetos podem ser viáveis, visto que a avaliação feita pela ANEEL tem como objetivo regulamentar as concessionárias de energia.

Como proposta de trabalhos futuros poderiam ser feitos estudos da carga térmica para os sistemas de ar condicionado para verificar se algum ambiente está dimensionado de maneira incorreta e a partir daí avaliar o quanto poderia ser economizado. Além disso, para o sistema de iluminação, poderia ser utilizado um luxímetro para o cálculo do fluxo luminoso, o que levaria em conta a iluminação natural e diminuiria a quantidade de lâmpadas e luminárias em diversas salas do edifício.

Outra possibilidade seria fazer um estudo nos sistemas de iluminação e de condicionamento de ar das salas, bem como poderia ser feito um projeto para toda a CPRM.

## Capítulo 8 - Referências Bibliográficas

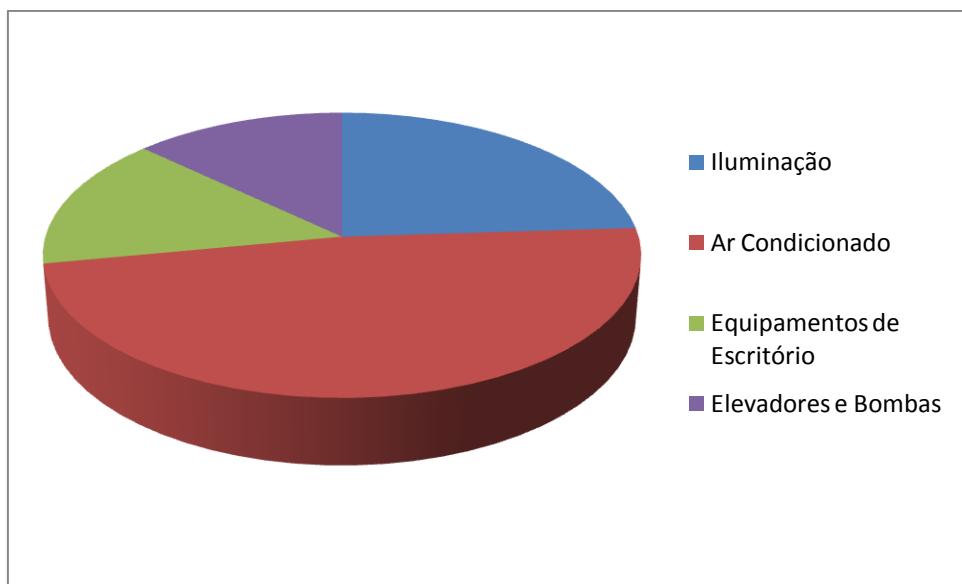
- [1] NUNES, Alexandre L.R. – Eficiência Energética em Prédios Públicos, Porto Alegre – RS, 2010.
- [2] INEE – Instituto Nacional de Eficiência Energética. Disponível em [http://www.inee.org.br/eficiencia\\_o\\_que\\_eh.asp?Cat=eficiencia#o\\_que\\_eh](http://www.inee.org.br/eficiencia_o_que_eh.asp?Cat=eficiencia#o_que_eh). Acessado em: 2 de Janeiro de 2013.
- [3] CARVALHO, Vinicius S. – Métodos de Classificação Quanto a Eficiência Energética em Edificação e Estudo de Caso, Rio de Janeiro – RJ, Setembro de 2011
- [3] Creder, H. – Instalações Elétricas, LTC, 2007.
- [4] Eletrobras PROCEL – ano 2003. Disponível em [www.eletrobras.com.br](http://www.eletrobras.com.br). Acessado em 17 de janeiro de 2013.
- [5] BARBOSA, Diego – Análise do Potencial de Conservação de Energia Elétrica do Centro de Tecnologia da Universidade Federal do Rio de Janeiro: Sistemas de Iluminação e Ar Condicionado – RJ, 2008.
- [6] POOLE A. D. (INEE); HOLLANDA J. B (INEE); TOLMASQUIM M. T. (COPPE/UFRJ), 1998 – Conservação de Energia e Emissões de Gases do Efeito Estufa no Brasil, INEE, Novembro de 1998.
- [7] CONCEIÇÃO, Luciana – Proposta de um Sistema Fotovoltaico Conectado à rede para Eficientização do Uso da Energia Elétrica, 2011.
- [8] GELLER, H. S., 2003, Revolução Energética – Políticas para Um Futuro Sustentável. Relume Dumará, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.
- [9] VARGAS JR., R. H., 2006 – Análise do Potencial de Conservação de Energia Elétrica em Hospitais Públicos de Pequeno Porte no Brasil: Sistemas de Iluminação e Ar Condicionado do Tipo Janela, Rio de Janeiro – RJ, 2006.
- [10] Mamede, João – Instalações Elétricas Industriais, LTC, 2011.
- [11] CERVELIN S., 2002 – Melhoria da Eficiência Luminosa: Estudo de caso do Centro Federal de Educação Tecnológica do Paraná - CEFET-PR – Unidade de Curitiba, Florianópolis – SC, 2002.
- [12] Marques, M. C. S., Haddad, J., Martins, A. R. S., Conservação de Energia: Eficiência Energética de Equipamentos e Instalações, Itajubá, 2006

- [13] OSRAM, Manual Luminotécnico Prático. Disponível em: [www.osram.com.br](http://www.osram.com.br). Acessado em 3 de Janeiro de 2013.
- [14] MARTINS, Bruno - Atualização e Eficientização dos Sistemas de Iluminação e Condicionamento de Ar do Prédio do Núcleo de Processamento de Dados da Universidade Federal do Espírito Santo, 2008.
- [15] Agência para Conservação de Energia. Manual de administração de Energia: Eficiência Energética de Equipamentos e Instalações, Itajubá, 2006.
- [16] Site da empresa SPRINGER – Disponível em: [www.springer.com.br](http://www.springer.com.br). Acessado em 17 de Janeiro de 2013
- [17] Eletrobrás / PROCEL, 2006 – Conservação de Energia: Eficiência Energética em Instalações e Equipamentos, 3ª Edição, Editora EFEI, Itajubá, Minas Gerais, Brasil.
- [18] Eletrobrás / PROCEL EDUCAÇÃO, 2007 – Eficiência Energética: Teoria & Prática, 1ª Edição, Itajubá, Minas Gerais, Brasil.
- [19] PEREIRA, F.C.S; VIEIRA, R.J., 2005 – Aplicação de Conceitos de Racionalização de Energia Elétrica na Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro – RJ, Outubro de 2005.
- [20] SEBRAE: Curso de Eficiência Energética nas Micro, Pequenas e Médias Empresas, Manual do Consultor.
- [21] Magalhães, L.C., Orientações Gerais para Conservação de Energia em Prédios Públicos. PROCEL, Abril, 2001
- [22] José Luiz G. Miglievich Leduc - Eficiência Energética em Edificações - Ações Desenvolvidas; PROCEL EDIFICA, ELETROBRAS, Junho de 2008.
- [23] ABNT NBR 5413
- [24] Manual de Iluminação Eficiente – Eletrobrás; 1ª Edição – Julho 2002.
- [25] Site da empresa DAUTEC [www.dautec.com.br](http://www.dautec.com.br). Acessado em 21 de Fevereiro de 2013.
- [26] Niskier, Júlio; A. J. Macintyre – Instalações Elétricas, LTC, 2000.
- [27] Site da empresa SYLVANIA. Disponível em: [www.sylvania.com.br](http://www.sylvania.com.br). Acessado em 3 de Janeiro de 2013.
- [28] Site da empresa SINOSTAR. Disponível em: <http://www.sinostarled.com>. Acessado em 18 de Janeiro de 2013.

## Anexo I – Demanda Energética de um Prédio Comercial [22]

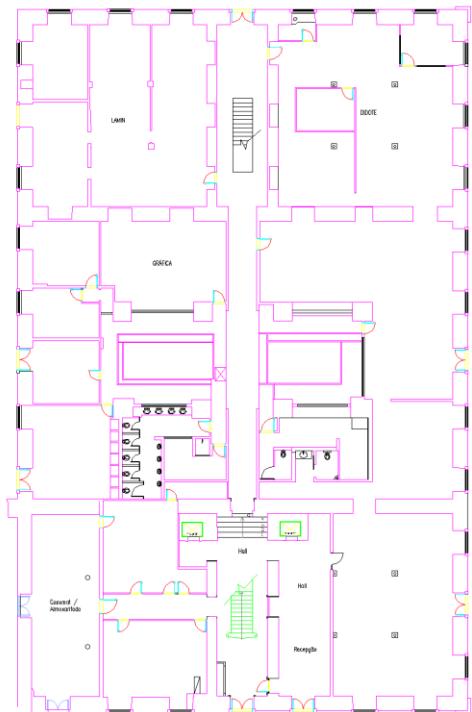
Tabela 34 - Gastos do setor comercial

| Tipo de Gasto              | Parcela(%) |
|----------------------------|------------|
| Iluminação                 | 24         |
| Ar Condicionado            | 48         |
| Equipamentos de Escritório | 15         |
| Elevadores e Bombas        | 13         |

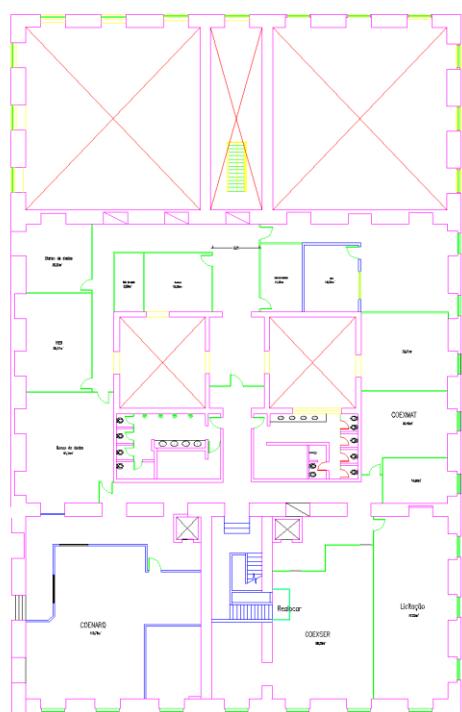


## Anexo II – Plantas do Bloco A1 da CPRM

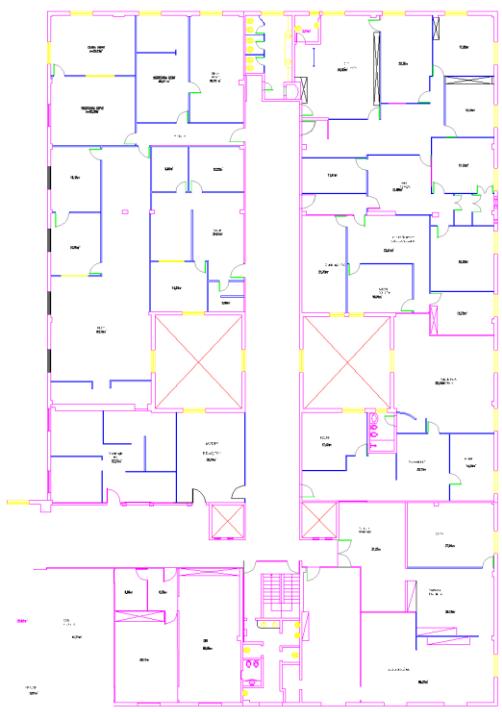
Pavimento 1



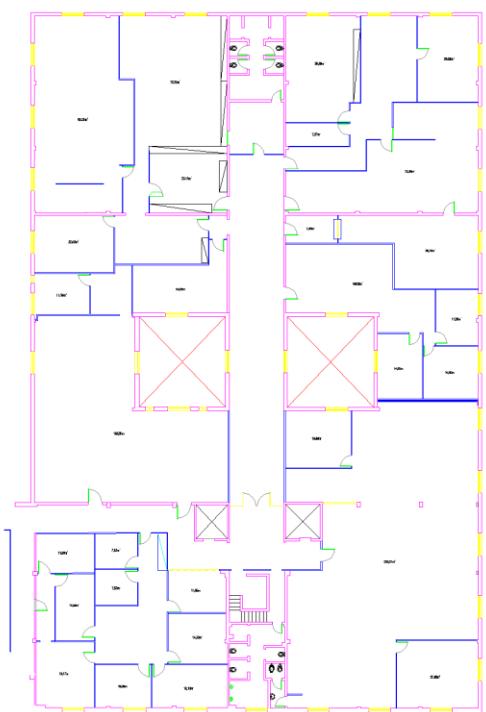
Pavimento 2



Pavimento 3



Pavimento 4



## Anexo III - Fórmulas para Cálculo da Relação Benefício-Custo (RBC) seguindo a Metodologia da ANEEL

### Custos Evitados

- Custo Unitário Evitado de Demanda (CED)

$$CED = (12 * C_1) + (12 * C_2 * LP) \left[ \frac{R\$}{kW \cdot ano} \right]$$

- Custo Unitário Evitado de Energia (CEE)

$$CE = \frac{(C_3 * LE_1) + (C_4 * LE_2) + (C_5 * LE_3) + (C_6 * LE_4)}{LE_1 + LE_2 + LE_3 + LE_4} \left[ \frac{R\$}{MWh} \right]$$

Em que:

$LP$  – Constante de perda de demanda no posto fora de ponta, considerando 1kW de perda de demanda no horário de ponta;

$LE_1$ ,  $LE_2$ ,  $LE_3$  e  $LE_4$  – Constantes de perdas de energia nos postos de ponta e fora de ponta para os períodos seco e úmido, considerando 1kW de perda de demanda no horário de ponta;

$C_1$  – Custo unitário da demanda no horário de ponta [R\$/kW.mês];

$C_2$  – Custo unitário da demanda fora do horário de ponta [R\$/kW.mês];

$C_3$  – Custo unitário da energia no horário de ponta de períodos secos [R\$/MWh];

$C_4$  – Custo unitário da energia no horário de ponta de períodos úmidos [R\$/MWh];

$C_5$  – Custo unitário da energia fora do horário de ponta de períodos secos [R\$/MWh];

$C_6$  – Custo unitário da energia fora do horário de ponta de períodos úmidos [R\$/MWh].

- Custo Anualizado Total ( $CA_{TOTAL}$ )

$$CA_{TOTAL} = \sum CA_{equip1} + CA_{equip2} + \dots + CA_{equipn}$$

- Custo Anualizado dos Equipamentos com mesma vida útil ( $CA_{equip\ n}$ ):

$$CA_{equipn} = CPE_{equipn} \times FRC$$

- Custo dos Equipamentos e/ou Materiais com mesma vida útil ( $CPE_{equip\ n}$ ):

$$CPE_{equipn} = CE_{equipn} + \left[ (CT - CTE) \times \frac{CE_{equipn}}{CTE} \right]$$

- Fator de Recuperação de Capital (FRC):

$$FRC = \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1}$$

Onde:

$CPE_{equip\ n}$  – Custo dos equipamentos com a mesma vida útil, acrescido da parcela correspondente aos outros custos diretos e indiretos. Esta parcela é proporcional ao percentual do custo do equipamento em relação ao custo total com equipamentos;

$CE_{equip\ n}$  – Custo somente de equipamento com mesma vida útil;

$CT$  – Custo total do projeto (custos diretos + custos indiretos);

$CTE$  – Custo total somente de equipamentos;

$n$  – Vida útil (em anos);

$i$  – Taxa de juros (taxa de desconto).

## Anexo IV – Sistema de Iluminação

- Valores de Iluminância

**Tabela 35 - Iluminâncias por classe de tarefas visuais [23]**

|   | Classe  | Iluminância (lux)     | Tipo de Atividade  |
|---|---|-----------------------|--|
| A | Iluminação geral para áreas usadas interruptamente ou com tarefas visuais simples | 20 - 30 -50           | Áreas Públicas com arredores escuros   |
|   |   | 50 - 75 -100          | Orientações simples para permanência curta   |
|   |   | 100 - 150 – 200       | Recintos usados para trabalho contínuo: depósitos                                  |
|   |   | 200 - 300 – 500       | Tarefas com requisitos visuais limitados, trabalho bruto de maquinaria, auditórios |
| B | Iluminação geral para área de trabalho  | 500 - 750 – 1000      | Tarefas com requisitos visuais normais, trabalho médio de maquinaria, escritórios  |
|   |   | 1000 - 1500 – 2000    | Tarefas com requisitos especiais, gravação, manual, inspeção, indústria de roupa   |
| C | Iluminação adicional para tarefas visuais difíceis                                | 2000 - 3000 – 5000    | Tarefas visuais exatas e prolongadas, eletrônica de tamanho pequeno                |
|   |   | 5000 - 75000 – 10000  | Tarefas visuais muito exatas, montagem de microeletrônica                          |
|   |   | 10000 - 15000 – 20000 | Tarefas visuais muito especiais, cirurgia  |

- Valores de refletância

**Tabela 36 - Valores de refletância [24]**

| Superfície  | Refletância (%) |
|-------------|-----------------|
| Muito Clara | 70              |
| Clara       | 50              |
| Média       | 30              |
| Escura      | 10              |
| Preta       | 0               |

- Fator de Utilização

Para a escolha do valor correto na tabela é necessário primeiro calcular o valor do índice do local (K). Em seguida usa-se a linha abaixo do fator de utilização na tabela para selecionar a reflexão do ambiente da seguinte forma:

- O primeiro número indica a refletância do teto.
- O segundo número indica a refletância da parede
- O terceiro número indica a refletância do piso.
- Usando as tabelas 37, 38 e 39 e também analisando o índice de refletância do material e da cor de que é feito o ambiente (Tabela 36) é possível escolher o valor do Fator de Utilização.

**Tabela 37 - Fator de Utilização - Luminária 4x16 [25]**

| Fator de Utilização |      |      |      |      |      |      |      |      |
|---------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| k                   | 751  | 731  | 551  | 531  | 511  | 351  | 331  | 311  |
| 0,60                | 0,39 | 0,37 | 0,32 | 0,65 | 0,34 | 0,36 | 0,32 | 0,30 |
| 0,80                | 0,48 | 0,43 | 0,39 | 0,42 | 0,39 | 0,42 | 0,39 | 0,37 |
| 1,00                | 0,54 | 0,50 | 0,45 | 0,49 | 0,45 | 0,48 | 0,45 | 0,43 |
| 1,25                | 0,58 | 0,54 | 0,51 | 0,53 | 0,50 | 0,53 | 0,50 | 0,48 |
| 1,50                | 0,62 | 0,58 | 0,55 | 0,57 | 0,54 | 0,56 | 0,54 | 0,52 |
| 2,00                | 0,67 | 0,64 | 0,61 | 0,63 | 0,61 | 0,62 | 0,60 | 0,58 |
| 2,50                | 0,70 | 0,68 | 0,65 | 0,66 | 0,64 | 0,65 | 0,64 | 0,62 |
| 3,00                | 0,71 | 0,69 | 0,68 | 0,69 | 0,67 | 0,68 | 0,66 | 0,64 |
| 4,00                | 0,76 | 0,74 | 0,72 | 0,72 | 0,40 | 0,71 | 0,69 | 0,67 |
| 5,00                | 0,77 | 0,75 | 0,73 | 0,73 | 0,72 | 0,72 | 0,71 | 0,69 |

**Tabela 38 - Fator de Utilização - Luminária 4x32 Simples [25]**

| Fator de Utilização |      |      |      |      |      |      |      |      |
|---------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| k                   | 751  | 731  | 551  | 531  | 511  | 351  | 331  | 311  |
| 0,60                | 0,33 | 0,26 | 0,32 | 0,26 | 0,22 | 0,31 | 0,25 | 0,21 |
| 0,80                | 0,41 | 0,34 | 0,39 | 0,33 | 0,28 | 0,32 | 0,28 | 0,26 |
| 1,00                | 0,47 | 0,40 | 0,46 | 0,40 | 0,35 | 0,39 | 0,35 | 0,33 |
| 1,25                | 0,53 | 0,47 | 0,52 | 0,46 | 0,41 | 0,45 | 0,41 | 0,39 |
| 1,50                | 0,57 | 0,52 | 0,57 | 0,51 | 0,47 | 0,50 | 0,46 | 0,44 |
| 2,00                | 0,63 | 0,60 | 0,64 | 0,59 | 0,55 | 0,58 | 0,54 | 0,52 |
| 2,50                | 0,67 | 0,66 | 0,68 | 0,64 | 0,61 | 0,63 | 0,60 | 0,58 |
| 3,00                | 0,70 | 0,69 | 0,71 | 0,68 | 0,65 | 0,67 | 0,64 | 0,62 |
| 4,00                | 0,74 | 0,73 | 0,75 | 0,73 | 0,70 | 0,71 | 0,69 | 0,67 |
| 5,00                | 0,76 | 0,76 | 0,78 | 0,76 | 0,75 | 0,74 | 0,72 | 0,70 |

**Tabela 39 - Fator de Utilização - Luminária 4x32 com aletas refletivas [25]**

| Fator de Utilização |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|---------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| k                   | 751  | 731  | 711  | 551  | 531  | 511  | 351  | 331  | 311  |
| 0,60                | 0,39 | 0,37 | 0,32 | 0,38 | 0,35 | 0,34 | 0,36 | 0,32 | 0,30 |
| 0,80                | 0,48 | 0,43 | 0,39 | 0,47 | 0,42 | 0,39 | 0,42 | 0,39 | 0,37 |
| 1,00                | 0,54 | 0,50 | 0,45 | 0,53 | 0,49 | 0,45 | 0,48 | 0,45 | 0,43 |
| 1,25                | 0,58 | 0,54 | 0,51 | 0,57 | 0,53 | 0,50 | 0,53 | 0,50 | 0,48 |
| 1,50                | 0,62 | 0,58 | 0,55 | 0,61 | 0,57 | 0,54 | 0,56 | 0,54 | 0,52 |
| 2,00                | 0,67 | 0,64 | 0,61 | 0,66 | 0,63 | 0,61 | 0,62 | 0,60 | 0,58 |
| 2,50                | 0,70 | 0,68 | 0,65 | 0,69 | 0,66 | 0,64 | 0,65 | 0,64 | 0,62 |
| 3,00                | 0,71 | 0,69 | 0,68 | 0,71 | 0,69 | 0,67 | 0,68 | 0,66 | 0,64 |
| 4,00                | 0,76 | 0,74 | 0,72 | 0,74 | 0,72 | 0,70 | 0,71 | 0,69 | 0,67 |
| 5,00                | 0,77 | 0,75 | 0,73 | 0,75 | 0,73 | 0,72 | 0,72 | 0,71 | 0,69 |

- Valores típicos para o Fator de Manutenção ( $F_M$ )

**Tabela 40 - Fator de depreciação [26]**

| Ambiente | Período de Manutenção |      |       |
|----------|-----------------------|------|-------|
|          | 2500                  | 5000 | 75000 |
| Limpo    | 0,95                  | 0,91 | 0,88  |
| Normal   | 0,91                  | 0,85 | 0,80  |
| Sujo     | 0,80                  | 0,66 | 0,57  |

- Características das lâmpadas escolhidas

**Tabela 41 - Características das Lâmpadas Fluorescentes [27]**

| Fluorescentes   |       |            |            |      |                 |              |                      |
|-----------------|-------|------------|------------|------|-----------------|--------------|----------------------|
| Potência(Watts) | Bulbo | Comp. (mm) | Diâm. (mm) | Base | Fluxo Lum. (Lm) | Rend. (Lm/W) | Vida Mediana (Horas) |
| 32              | T-8   | 1214       | 26         | G13  | 2350            | 73           | 7500                 |
| 40              | T-10  | 1214       | 32         | G13  | 2700            | 70           | 7500                 |

Tabela 42 - Características das Lâmpadas LED's [28]

| LED's           |       |            |            |      |                 |              |                      |
|-----------------|-------|------------|------------|------|-----------------|--------------|----------------------|
| Potência(Watts) | Bulbo | Comp. (mm) | Diâm. (mm) | Base | Fluxo Lum. (Lm) | Rend. (Lm/W) | Vida Mediana (Horas) |
| 9               | T-8   | 600        | 26         | G13  | 1008            | 95           | > 50000              |
| 18              | T-8   | 1200       | 26         | G13  | 1800            | 95           | > 50000              |