

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.

Diego Barbosa Bezerra

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.

Aprovado por:

Walter Issamu Suemitsu, Dr. Ing.
(Orientador)

Roberto Schaeffer, Ph.D
(Orientador)

Luis Guilherme Barbosa Rolim, Dr. Ing.
(Membro da banca examinadora)

Rio de Janeiro, RJ – Brasil

Julho de 2008

Resumo

O objetivo deste trabalho é de estimar o potencial de conservação de energia elétrica a partir da implementação de um projeto de eficiência energética no Centro de Tecnologia (CT) da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). Este projeto analisa a viabilidade técnico econômica da atuação específica em sistemas de ar condicionado tipo janela e iluminação.

São feitos levantamentos das instalações dos sistemas de ar condicionado e iluminação dos blocos “D” e “H” do CT da UFRJ. Os ambientes em questão foram escolhidos por se tratarem de um bloco (o “H”) com proporções e características diferentes dos demais blocos do Centro de Tecnologia e de um bloco (“D”) que representa o perfil que abrange os demais blocos.

Como linha de raciocínio, é feito o levantamento da carga instalada nos determinados blocos (Ar condicionado e Iluminação). A partir deste levantamento, analisa-se a energia que poderia ser economizada com a mudança do sistema atual para um sistema eficiente, ou seja, verificando o quanto de energia elétrica seria economizada e qual tempo necessário para recuperar o investimento inicial, utilizado na mudança do sistema atual. O estudo da viabilidade econômica utiliza índices econômicos que permitem traduzir a atratividade de um investimento. Dentre esses índices pode-se destacar o valor presente líquido (VPL), a relação custo benefício (RCB) e o tempo de retorno de capital.

Resultados encontrados mostram que a proposta de efficientização dos sistemas de iluminação e ar condicionado são economicamente viáveis.

Índice

1	<u>Introdução</u>	1
2	<u>A Eficiência Energética e seus Potenciais de Conservação</u>	7
2.1	<u>Eficiência Energética</u>	7
2.1.1	<u>Programa de Incentivo</u>	8
2.1.1.1	<u>PROCEL</u>	8
2.1.2	<u>Barreiras</u>	9
2.1.2.1	<u>Imperfeições de Governo</u>	9
2.1.2.2	<u>Aspectos Institucionais</u>	10
2.1.2.3	<u>Infra-estrutura</u>	10
2.1.2.4	<u>Informação e Treinamento</u>	10
2.1.2.5	<u>Incentivos Mal Alocados</u>	11
2.1.2.6	<u>Procedimento de Compra</u>	11
2.1.2.7	<u>Concessionárias</u>	12
2.1.2.8	<u>Fornecedores de Equipamentos</u>	12
2.1.2.9	<u>Capital</u>	12
2.2	<u>Sistemas de Ar Condicionado</u>	12
2.2.1	<u>Tipos de Sistemas de Ar Condicionado</u>	13
2.2.1.1	<u>Expansão Direta</u>	13
2.2.1.2	<u>Apenas Água</u>	15
2.2.1.3	<u>Ar-Água</u>	15
2.2.1.4	<u>Apenas Ar</u>	15
2.2.2	<u>Consumo Energético</u>	17
2.2.3	<u>Meio Ambiente</u>	17
2.2.3.1	<u>Utilização dos CFC's</u>	17
2.2.4	<u>Medidas Eficientes para um Sistema de Climatização</u>	18
2.3	<u>Sistemas de Iluminação</u>	21
2.3.1	<u>Equipamentos</u>	25
2.3.1.1	<u>Lâmpadas</u>	25
2.3.1.2	<u>Luminárias</u>	33
2.3.1.3	<u>Diodos Emissores de Luz (LED)</u>	35
2.3.1.4	<u>Reatores</u>	37

2.3.2	<u>Consumo</u>	38
2.3.3	<u>Meio Ambiente</u>	39
3	<u>Metodologia de Trabalho</u>	40
3.1	<u>Análise do Perfil de Consumo</u>	40
3.1.1	<u>Fator de Carga</u>	40
3.1.2	<u>Fator de Potência</u>	43
3.2	<u>Avaliações do Projeto de Eficiência Energética</u>	45
3.2.1	<u>Avaliação Econômica e Financeira</u>	45
3.2.1.1	<u>Valor Presente Líquido</u>	46
3.2.1.2	<u>Tempo de Retorno de Capital</u>	47
3.2.1.3	<u>Relação Benefício Custo- RBC</u>	48
4	<u>Análise da Amostra do Diagnóstico Energético do Centro Tecnológico da Universidade Federal do Rio de Janeiro: Bloco “D” e “H”</u>	49
4.1	<u>Caracterização do Ambiente Estudado</u>	49
4.1.1	<u>Universidade Federal do Rio de Janeiro</u>	49
4.1.2	<u>Centro de Tecnologia (CT)</u>	50
4.1.3	<u>Bloco “D”</u>	54
4.1.4	<u>Bloco “H”</u>	55
4.2	<u>Levantamento da Amostra do Diagnóstico Energético dos Blocos “D” e “H”</u>	55
4.2.1	<u>Bloco “D”</u>	56
4.2.2	<u>Bloco “H”</u>	58
5	<u>Estudo de Caso: Blocos “D” e “H”</u>	60
5.1	<u>Sistema de Iluminação</u>	62
5.1.1	<u>Sistema de Iluminação Atual</u>	62
5.1.2	<u>Sistema de Iluminação Proposto</u>	62
5.1.3	<u>Estimativas de Redução de Consumo e Demanda de Eletricidade</u>	64
5.1.4	<u>Relação Benefício-Custo e Tempo de Retorno</u>	65
5.2	<u>Sistema de Ar condicionado</u>	66
5.2.1	<u>Sistema de Climatização Atual</u>	66
5.2.2	<u>Sistema de Climatização Proposto</u>	66
5.2.3	<u>Estimativas de Redução de Consumo e Demanda de Eletricidade</u>	67
5.2.4	<u>Relação Benefício-Custo e Tempo de Retorno</u>	68
6	<u>Conclusão</u>	69
7	<u>Referências Bibliográficas</u>	72

<u>Anexo I – Diagnóstico Energético</u>	75
<u>Anexo II – Comparativo do Sistema de Iluminação e Ar condicionado</u>	82
<u>Anexo III – Fórmulas para Cálculo da Relação Benefício-Custo (RBC) seguindo a Metodologia da ANEEL</u>	86
<u>Anexo IV – Definições e Siglas Principais</u>	88
<u>Anexo V – Grupos Tarifários</u>	95

Ilustrações

<u>Ilustração 2.1: Iluminação Geral.</u>	22
<u>Ilustração 2.2: Iluminação Localizada.</u>	22
<u>Ilustração 2.3: Exemplo de Lâmpadas Incandescentes.</u>	27
<u>Ilustração 2.4: Exemplo de Lâmpada Halógenas.</u>	27
<u>Ilustração 2.5: Exemplo de Lâmpadas Fluorescentes Tubulares.</u>	29
<u>Ilustração 2.6: Exemplo de Lâmpadas Fluorescentes Compactas.</u>	29
<u>Ilustração 2.7: Exemplo de Luminárias normalmente utilizadas em Projetos de Eficiência Energética.</u>	33
<u>Ilustração 2.8: Luz emitida pelo LED.</u>	36
<u>Ilustração 4.1: Localização do Centro de Tecnologia no Campus da UFRJ.</u>	52
<u>Ilustração 4.2: Seccionadora Principal do CT-UFRJ.</u>	53
<u>Ilustração 4.3: Localização Aproximada das Subestações do CT-UFRJ.</u>	53

Tabelas

<u>Tabela 1.1: Perfil de Consumo de Energia Elétrica por Tipo de Prédio (média Brasil) em 2005.</u>	5
<u>Tabela 2.1: EER de alguns Aparelhos de Ar Condicionado.</u>	19
<u>Tabela 2.2: Carga Térmica Aproximada de Ambientes.</u>	20
<u>Tabela 2.3: Iluminâncias por Tipo de Ambiente.</u>	23
<u>Tabela 2.4: Valores Médios de Eficiência e Vida Média dos Principais Tipos de Lâmpadas.</u>	26
<u>Tabela 2.5: Classificação das Luminárias.</u>	34
<u>Tabela 2.6: Percentual de Redução da Carga Instalada em relação ao Tipo de Luminária utilizada.</u>	35
<u>Tabela 2.7: Consumo de Energia Elétrica em Iluminação.</u>	38
<u>Tabela 2.8: Redução do Consumo com Utilização de Sistemas Eficientes.</u>	38
<u>Tabela 3.1: Fator de Carga Típico de acordo com o Ramo de Atividade.</u>	42
<u>Tabela 4.1: Potência Total das Subestações do Centro de Tecnologia.</u>	54
<u>Tabela 5.1: Trocas Típicas dos Equipamentos de Iluminação.</u>	61
<u>Tabela 5.2: Situação Atual do Sistema de Iluminação dos Blocos “D” e “H”.</u>	62
<u>Tabela 5.3: Situação Proposta da Iluminação dos Blocos “D” e “H”.</u>	63
<u>Tabela 5.4: Quantidade de Equipamentos utilizados na Proposta.</u>	63
<u>Tabela 5.5: Investimento no Sistema Proposto da Iluminação dos Blocos “D” e “H”.</u>	64
<u>Tabela 5.6: Resumo dos Dados do Consumo e da Demanda de Energia Elétrica da Iluminação dos Blocos “D” e “H”.</u>	65
<u>Tabela 5.7: Valor da RBC de iluminação dos Blocos “D” e “H”.</u>	65
<u>Tabela 5.8: Sistema Atual de Climatização dos Blocos “D” e “H”.</u>	66
<u>Tabela 5.9: Sistema Proposto de Climatização dos Blocos “D” e “H”.</u>	67
<u>Tabela 5.10: Investimento no Sistema Proposto de Climatização dos Blocos “D” e “H”.</u>	67
<u>Tabela 5.11: Resumo dos Dados do Consumo e da Demanda de Energia Elétrica da Climatização.</u>	68
<u>Tabela 5.12: Valor do RBC de climatização dos Blocos “D” e “H”.</u>	68
<u>Tabela A.1: Diagnóstico Energético do 1º Andar do Bloco “D”.</u>	75
<u>Tabela A.2: Diagnóstico Energético do 2º Andar do Bloco “D”.</u>	76
<u>Tabela A.3: Diagnóstico Energético do 1º Andar do Bloco “H”.</u>	77
<u>Tabela A.4: Diagnóstico Energético do 2º Andar do Bloco “H”.</u>	78

<u>Tabela A.5: Diagnóstico Energético do 3º Andar do Bloco “H”</u>	80
<u>Tabela A.6: Situação Atual do Sistema de Iluminação dos Blocos “D” e “H”</u>	82
<u>Tabela A.7: Situação Proposta do Sistema de Iluminação dos Blocos “D” e “H”</u>	83
<u>Tabela A.8: Situação Atual do Sistema de Ar condicionado dos Blocos “D” e “H”</u>	84
<u>Tabela A.9: Situação Proposta do Sistema de Ar condicionado dos Blocos “D” e “H”</u>	85
<u>Tabela A.10: Subgrupos do Grupo Tarifário “A”</u>	95
<u>Tabela A.11: Tarifas de Alta Tensão – Estrutura Horosazonal</u>	95

Gráficos

<u>Gráfico 1.1: Consumo Energético do Setor de Serviços Público no Brasil.</u>	3
<u>Gráfico 1.2: Consumo de Eletricidade por classes no Brasil, em 2006.</u>	4
<u>Gráfico 1.3: Perfil Médio de Uso da Eletricidade nos Prédios Públicos do Brasil, em 2002.</u> ...	5
<u>Gráfico 4.1: Perfil do Sistema de Iluminação Atual</u>	56
<u>Gráfico 4.2: Perfil do Sistema de Climatização Atual</u>	57
<u>Gráfico 4.3: Perfil do Sistema de Iluminação Atual</u>	57
<u>Gráfico 4.4: Perfil do Sistema de Climatização Atual</u>	58

1 Introdução

Este projeto analisa o potencial de conservação de eletricidade no CT¹ da UFRJ² (blocos “D” e “H”), através de medidas de eficiência energética aplicadas sobre sistemas de iluminação e climatização. A medida de eficiência a ser analisada neste trabalho será da simples troca de equipamentos de baixa eficiência, especificamente luminárias, lâmpadas e ar condicionado do tipo janela.

O crescimento econômico do País tem exigido um aumento proporcional na disponibilidade e fornecimento de insumos energéticos. Neste contexto, a eletricidade apresenta uma participação crescente ao longo dos anos, respondendo por uma parcela expressiva do consumo nacional de energia. Desta forma, os consumos crescentes, aliados à falta de investimentos no setor de geração, vêm diminuindo a distância entre a demanda e a oferta, tornando o fornecimento cada vez mais crítico no curto prazo, fazendo necessária a implementação de programas de conservação e uso racional de energia elétrica.

Considerando os elevados níveis de investimentos que o setor elétrico necessita para atender a esta crescente demanda, toda e qualquer ação que resulte na diminuição de necessidade de aporte de recursos no sistema, sem comprometimento da sua confiabilidade, e que também contribua para a redução nas despesas com energia elétrica por parte dos consumidores deve ser incentivada.

Projetos de “Eficiência Energética” apresentam tempos de retorno reduzidos na maioria dos casos, principalmente quando comparados com os investimentos necessários para expansão dos suprimentos de energia (Eletrobrás / PROCEL 2006). Nesse sentido, as ações de “Eficiência Energética” podem ser vistas como uma forma de produção de energia descentralizada, tendo como conseqüência o aumento da oferta de energia no país.

Ao economizar energia, estamos adiando a necessidade de construção de novas usinas geradoras e sistemas elétricos associados, disponibilizando recursos para outras áreas e contribuindo para a preservação da natureza (Eletrobrás / PROCEL 2006).

As alternativas que visam o uso racional e eficiente da energia elétrica apresentam, geralmente, custo e tempo de retorno de investimentos pequenos quando comparados aos valores das demais alternativas. Os resultados obtidos, relativos à redução do consumo, são imediatos para o consumidor, porém na visão da geração a economia obtida na demanda do consumidor não reflete totalmente no sistema de geração.

¹ CT – Centro de Tecnologia

As decisões de investimento em alternativas e projetos de economia e uso eficiente da energia passam, necessariamente, por uma análise de viabilidade econômica. Tais questões podem se apresentar de duas formas: ou deseja-se decidir sobre a escolha entre duas alternativas mutuamente excludentes, ou deseja-se conhecer a economicidade de uma dada alternativa.

A alternativa de efficientização energética deste projeto prevê a simples troca de lâmpadas e aparelhos de ar condicionado do tipo janela, por equipamentos mais eficientes. Para analisar a viabilidade técnica e econômica dessa ação, é preciso, inicialmente, determinar a forma como a energia elétrica está sendo utilizada, procedimento este chamado de diagnóstico energético, permitindo propor soluções técnicas que aumentem a eficiência dos sistemas analisados, bem como calcular os respectivos potenciais de conservação. Conhecidos esses potenciais, é possível analisar a viabilidade econômica desta solução proposta, devendo ser implementado caso esta apresente alguma vantagem econômica.

Em suma, para se implementar um programa de racionalização do uso de eletricidade, é muito importante conhecer as aplicações e os equipamentos que consomem esta forma de energia. De posse dessas informações, deve-se procurar identificar os pontos onde ocorrem desperdícios de energia elétrica e onde é possível obter-se maiores economias com a implantação de um programa de ação desta natureza.

Antes de tomar qualquer iniciativa ou ação visando à economia em uma empresa ou órgão público é de toda conveniência implantar um programa interno de conservação de energia. Essa conveniência se prende ao fato de que ações isoladas, por melhores resultados que apresentem, tendem a perder seu efeito ao longo do tempo, pois chega a um ponto em que a economia obtida inicialmente com a conscientização atinge seu valor máximo, após isso mesmo com o programa em atividade não será possível obter mais nenhuma economia, estagnando o valor da gasto com a energia. Entretanto o programa interno de conservação deve permanecer para que o gasto com a energia elétrica não volte ao valor inicial antes do começo do programa de conservação.

Sendo a UFRJ, especificamente o CT, pertencente ao governo Federal, se enquadra no setor Serviços, de acordo com Balanço Energético Nacional (BEN, 2007). O gráfico abaixo mostra que o consumo do setor Público concentra-se na eletricidade, que corresponde a 82% do consumo total.

² UFRJ – Universidade Federal d Rio de Janeiro

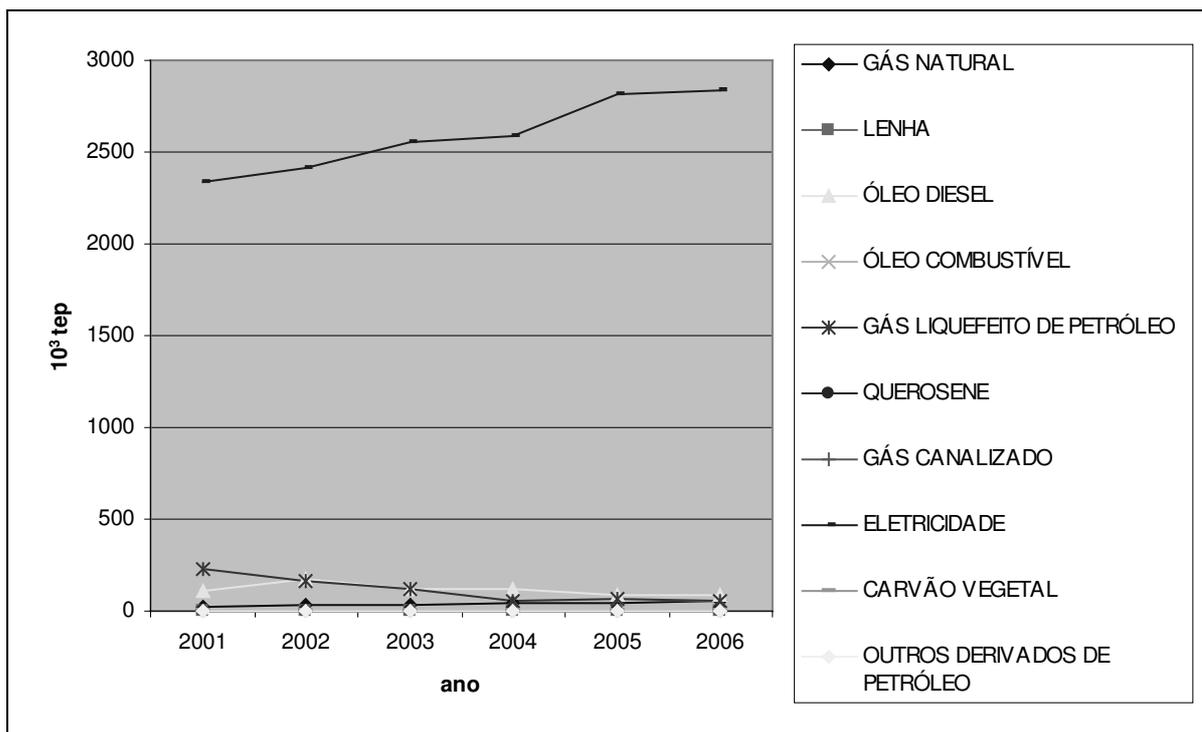


Gráfico 1.1: Consumo Energético do Setor de Serviços Público no Brasil.

Fonte: Elaboração própria a partir do BEN, 2007.

O uso da energia elétrica em prédios públicos está vinculado aos padrões tecnológicos e de eficiência energética dos diversos sistemas e equipamentos instalados, as suas características arquitetônicas, ao clima local, à atividade que se destina, ao comportamento e ao grau de consciência dos usuários para o uso adequado e racional da energia.

A parte arquitetônica da edificação e a situação do sistema elétrico também influenciam no consumo de energia elétrica. A observação de fatores, tais como: materiais e cores das fachadas, interiores e coberturas; situação da subestação; situação dos quadros de distribuição; aproveitamento da iluminação natural; e uso de ventilação natural e utilização de sistema de gerenciamento de energia podem indicar importantes potenciais de conservação de energia elétrica.

O gráfico a seguir mostra, por sua vez, o consumo de eletricidade por setor, indicando a importância do setor de Serviços no mercado de energia elétrica do país.

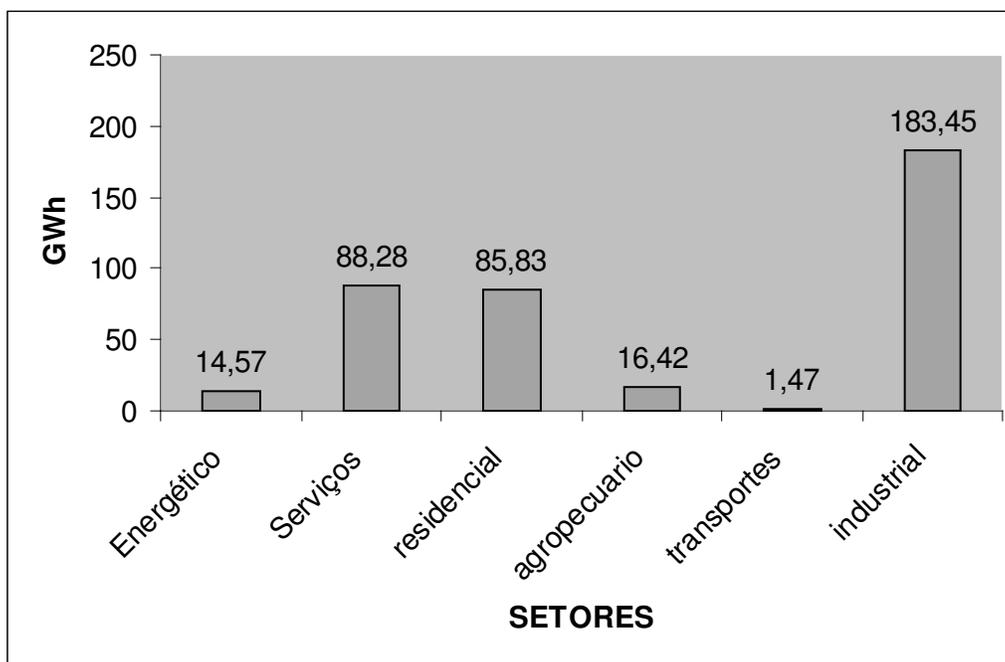


Gráfico 1.2: Consumo de Eletricidade por classes no Brasil, em 2006.

Fonte: Elaboração própria a partir do BEN, 2007.

O setor de Serviços possui consumo de energia elétrica que representa 22,6% do uso de eletricidade no Brasil (BEN, 2007) ³.

³ Os dados do Balanço Energético Nacional (BEN) de 2007 referem-se ao ano de 2006.

O perfil de consumo de energia elétrica nos prédios públicos tem a seguinte forma:

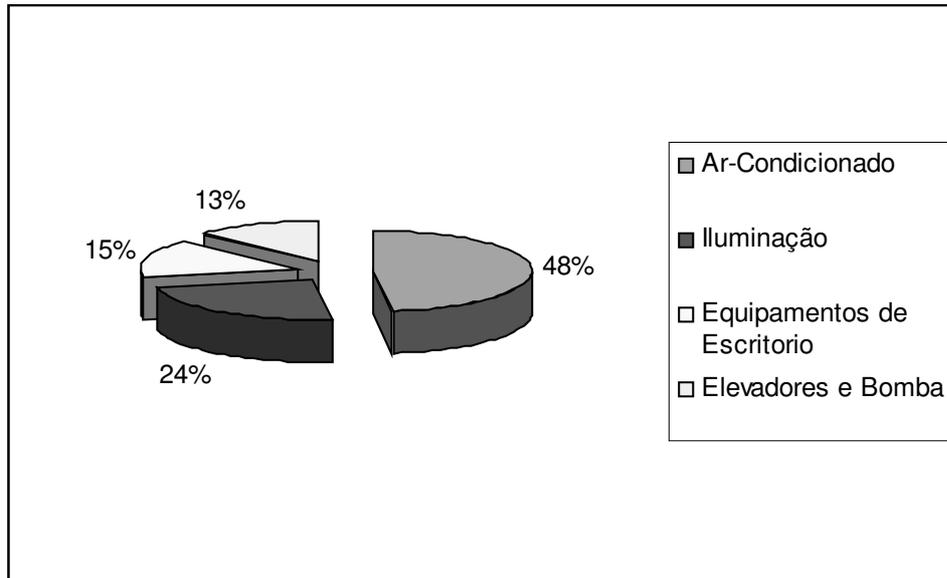


Gráfico 1.3: Perfil Médio de Uso da Eletricidade nos Prédios Públicos do Brasil, em 2002.

Fonte: PROCEL EPP⁴, 2003.

Dentre os tipos de prédios mais comuns, podem-se destacar: escritórios, restaurantes, bancos, shoppings, indústrias e hospitais. De acordo com a tabela seguinte o uso de eletricidade nos diversos prédios concentra-se nos sistemas de climatização e iluminação, correspondendo em média a 69% do total do consumo de energia elétrica em 2005.

Tabela 1.1: Perfil de Consumo de Energia Elétrica por Tipo de Prédio (média Brasil) em 2005.

Tipo de Prédio	Consumo (%)		
	Iluminação	ar condicionado	Total
Escritorios	34	50	84
Bancos	34	52	86
Restaurante	7	2	27
Shopping	34	49	83
Predios Publicos	24	48	72
Hospitais	20	44	64
Média	26	44	69

Fonte: VARGAS JR., 2006.

A escolha de enfatizar os sistemas de iluminação e ar condicionado do tipo janela se baseia principalmente nos seguintes motivos:

⁴ Procel EPP – Programa de Eficiência Energética nos Prédios Públicos.

- Nos projetos de iluminação, praticamente 100% dos casos, é possível uma redução da carga térmica, influenciando com isso o dimensionamento do ar condicionado, assim esses dois sistemas devem ser estudados preferencialmente juntos;
- Utilização da mão de obra da própria Universidade para realizar as trocas das luminárias, lâmpadas, reatores e aparelhos de ar condicionado do tipo janela;
- Equipamentos de central muitas vezes não apresentam relação custo-benefício favoráveis (PROCEL EPP, 2006);

Os objetivos principais serão estimar para a UFRJ, especificamente o CT, o seguinte:

- O potencial técnico-econômico da redução de consumo de energia elétrica, devido a ações sobre o sistema de iluminação e ar condicionado do tipo janela;
- O custo de implementação de medidas de conservação de energia elétrica, devido a ações sobre os sistemas de iluminação e ar condicionado do tipo janela;
- O tempo de retorno das medidas de eficiência energética, devido a ações sobre o sistema de iluminação e ar condicionado do tipo janela.

2 A Eficiência Energética e seus Potenciais de Conservação.

Neste capítulo serão apresentados os principais conceitos sobre Eficiência Energética, Sistemas de Ar Condicionado e Sistemas de Iluminação, cujo conhecimento é fundamental para este trabalho.

2.1 Eficiência Energética

A "Eficiência Energética" está associada à produtividade, à proteção do meio ambiente e ao desenvolvimento sustentável, que visa garantir o atendimento das necessidades atuais das sociedades sem comprometer a capacidade das gerações futuras de atenderem as suas necessidades.

As ações de "Eficiência Energética", além de trazerem benefícios diretos para o usuário, trazem também grandes benefícios para as sociedades, pois promovem um alívio do sistema energético nacional. Nesse sentido, as ações de "Eficiência Energética" podem ser vistas como uma forma de produção de energia descentralizada, tendo como consequência o aumento da oferta de energia no país. Outro benefício associado é a preservação do meio ambiente, pois essas ações podem contribuir para a redução da emissão para a atmosfera de CO₂ e outros gases que agravam o efeito estufa, isso se tratando de usinas que utilizam a queima de combustíveis para gerar energia elétrica, que não é o caso do Brasil que utiliza hidroelétricas para suprir a maioria do sistema elétrico nacional e está pode se considerar uma energia limpa. No caso do Brasil o benefício associado a preservação do meio ambiente está relacionado ao fato de se evitar a construção de novas usinas hidroelétricas evitando o alagamento de grandes áreas, com isso modificando a fauna e a flora local.

Qualquer atividade em uma sociedade moderna só é possível com o uso intensivo de uma ou mais formas de energia.

Portanto, a conservação de energia, ou, em outras palavras, o uso racional de energia, que significa melhorar a maneira de se utilizar a mesma sem abrir mão do conforto e das vantagens que ela proporciona, faz-se necessária. Sendo assim, a eficiência energética vem sendo aplicada para que este objetivo seja alcançado.

A Eficiência Energética pode ser compreendida como sendo a obtenção de um serviço com baixo dispêndio de energia. Esta pode ser obtida tanto pela inovação tecnológica, através da introdução de novos produtos, máquinas ou tecnologia de menor consumo energético, como por novas formas de gestão do processo produtivo. O desenvolvimento tecnológico tem

propiciado a introdução de novas tecnologias no mercado. Lâmpadas e motores mais eficientes, novos eletrodomésticos e sistemas de automação, que otimizam a geração, o transporte e a distribuição de energia, novos dispositivos eletrônicos de administração da carga pelo lado da demanda e tantos outros avanços tecnológicos que implicam em melhor uso da energia elétrica. Destaque-se, ainda, o enorme potencial para cogeração, entendido como geração simultânea de potência elétrica e térmica, pouco explorado em nosso país (Eletrobrás / PROCEL, 2006).

2.1.1 Programa 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).

2.1.1.1 PROCEL

Criado pelo governo federal, em 1985, o programa é executado pela Eletrobrás e utiliza recursos da empresa, da Reserva Global de Reversão (RGR) e também recursos de entidades internacionais.

Em seus 20 anos de existência, o Procel já economizou 22 bilhões de kWh, o que corresponde ao consumo do estado da Bahia, durante um ano, ou a cerca de 13 milhões de residências nesse mesmo período. O investimento realizado nas duas décadas foi de aproximadamente R\$ 855 milhões, proporcionando investimentos postergados no sistema elétrico brasileiro da ordem de R\$ 15 bilhões (Eletrobrás / Eficiência Energética)

Em 1993, foi instituído o Selo Procel de Economia de Energia, que indica ao consumidor, no ato da compra, os produtos que apresentam os melhores níveis de eficiência energética dentro de cada categoria. O objetivo é estimular a fabricação e a comercialização de produtos mais eficientes, contribuindo para o desenvolvimento tecnológico e a redução de impactos ambientais.

Desde 1993, o Prêmio Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia, conhecido como Prêmio Procel, reconhece o empenho e os resultados obtidos pelos agentes que atuam no combate ao desperdício de energia. Concedido anualmente, o prêmio visa estimular a sociedade a implementar ações que efetivamente reduzam o consumo de energia elétrica.

Outra alternativa para acabar com o desperdício consiste na disseminação do conhecimento e educação para o problema de conservação de energia. Isto é importante porque vem de encontro ao combate à velha cultura do desperdício, ou seja, cria-se uma cultura de uso racional de energia. Dentro desta linha o PROCEL atua no ensino fundamental e médio através do projeto “PROCEL nas Escolas” (Eletrobrás / PROCEL, 2006).

O Procel conta ainda com os seguintes subprogramas: Procel GEM (Gestão Energética Municipal), Sanear, Indústria, Edifica, Prédios Públicos e Reluz.

2.1.2 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 conquistam sua fatia de mercado.

De modo geral, podem-se listar como principais barreiras às medidas de eficiência energética, as seguintes:

2.1.2.1 Imperfeições de 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 óbvio de transformar em eletricidade energias hoje desperdiçadas (perdas) 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 renováveis. 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 (POOLE; HOLLANDA; TOLMASQUIM, 1998).

2.1.2.2 Aspectos Institucionais

A conservação de energia em prédios públicos possui alguns entraves no que se refere aos recursos financeiros obtidos com a economia de energia. De forma geral pode-se afirmar que as despesas com energia elétrica fazem parte do custeio dessas instituições, por isso a economia não se reverte para o próprio órgão; ao contrário, ele 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. Certamente ocorrerão melhorias nas condições de trabalho, já que se atuando no sistema de iluminação, os níveis de iluminamento dos ambientes serão melhores e atuando no sistema de ar condicionado, a climatização também irá melhorar, mas financeiramente a instituição não terá nenhum benefício (VARGAS JR., 2006).

2.1.2.3 Infra-estrutura

A barreira relacionada à infra-estrutura concentra-se na falta de prestadores de serviço com a especialização necessária para desenvolver projetos desse tipo (GELLER, 2003).

2.1.2.4 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 conseqüentemente 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 (VARGAS JR., 2006).

2.1.2.5 Incentivos Mal Alocados

Muitas vezes os administradores das unidades consumidoras aplicam seus recursos através de uma visão “imediatista”, contabilizando o menor custo inicial do projeto de instalação ou reforma, 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 (GELLER, 2003).

2.1.2.6 Procedimento de Compra

Para se implementar um projeto de eficiência energética é necessário que durante o processo de licitação dos equipamentos, exista uma especificação técnica adequada ao tipo de produto que se quer adquirir. Muitas vezes, a falta de uma especificação correta, implica na compra de produtos de má qualidade e que não trarão os benefícios esperados. Portanto, a incapacidade dos técnicos em especificar os equipamentos torna-se um problema para implementação desse tipo de projeto (VARGAS JR., 2006).

2.1.2.7 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 (VARGAS JR., 2006).

2.1.2.8 Fornecedores 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 (GELLER, 2003).

2.1.2.9 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. (VARGAS JR., 2006).

2.2 Sistemas de Ar Condicionado

Ar condicionado, segundo a definição técnica de aplicação, é o processo de tratamento de ar destinado a controlar simultaneamente a temperatura, a umidade, a pureza e a distribuição de ar de um meio ambiente. Existem aplicações muito especiais, nas quais até mesmo a pressão do ar ambiente pode vir a ser controlada.

Estes ambientes podem ser destinados tanto ao conforto humano ou animal, neste caso os sistemas aplicados são vulgarmente chamados de ar condicionado de conforto, ou pode-se

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.

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 borradas 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 (SPRINGER).

2.2.1 Tipos de Sistemas de Ar Condicionado

Uma maneira de classificar os sistemas de condicionamento é quanto aos fluidos utilizados para a remoção da carga térmica. A seguir serão apresentados os principais tipos desses sistemas.

2.2.1.1 Expansão Direta

O ar é diretamente resfriado pelo fluido refrigerante (“freon”). 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, não interferem nas fachadas, 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 TR⁵. 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 (Eletrobrás / PROCEL, 2006).

⁵ TR – Tonelada de Refrigeração (1 TR = 12000 BTU/h, 1 BTU = 0,293 Wh, 1 TRh = 12000 BTU, 1 TRh = 3516 Wh) (STOECKER, JONES, 1985).

2.2.1.2 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 (Eletrobrás / PROCEL, 2006).

Esse sistema pode ser aplicado em edificações como: hotéis, hospitais, escritórios e prédios profissionais.

2.2.1.3 Ar-Água

Neste tipo de instalação, as condições dos ambientes condicionados são reguladas mediante condicionadores do tipo “fan-coil” ou por condicionadores de indução (Eletrobrás / PROCEL, 2006).

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 (Eletrobrás / PROCEL EDUCAÇÃO, 2007).

Este tipo de ar condicionado pode ser aplicado em prédios com grande número de salas, muitas internas. Ex: hotéis, hospitais, etc.

2.2.1.4 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 regulação 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 (Eletrobrás / PROCEL, 2006).

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 zonas servidas pelo mesmo. Paralelamente, serpentinas de reaquecimento, instaladas em cada zona, aquecem o ar primário em função da carga térmica da zona considerada (Eletrobrás / PROCEL EDUCAÇÃO, 2007).

2.2.2 Consumo Energético

As Instituições Federais de Ensino Superior, devido à sua complexidade organizacional, estão compreendidas no setor comercial que engloba atividades como

comércio varejista e atacadista, serviços comunitários e sociais, ensino e cooperativas, dentre outras, dividindo-se, quanto à grande área de edificações, nos seguintes subsetores: bancos, supermercados, hospitais, escolas, universidades e hotéis de acordo com o Ministério de Minas e Energia (MME, 2006).

A partir desta definição, um dado importante a ser considerado é o consumo de eletricidade ocasionado pelo sistema de ar condicionado, que corresponde a 46% do consumo total, dos edifícios comerciais e públicos.

Nos Estados Unidos foi realizada uma pesquisa em 5 regiões climáticas para descobrir o consumo de energia em Faculdades. Como resultado foi obtido que 39% do consumo total de energia utilizada por essas instituições corresponde aos sistemas de condicionamento de ar (VARGAS JR., 2006).

2.2.3 Meio Ambiente

2.2.3.1 Utilização dos CFC's

Os CFC's (Cloro Flúor Carbonos) foram sintetizados em 1890 e industrializados em 1928, quando se iniciou seu emprego como fluido refrigerante. Estes compostos possuem certas propriedades desejáveis: não são inflamáveis, explosivos ou corrosivos, são extremamente estáveis e pouco tóxicos. No entanto, em 1974, foram detectados, pela primeira vez, os problemas dos CFC's, tendo sido demonstrado que compostos clorados poderiam migrar para a estratosfera e destruir moléculas de ozônio, que filtra os raios ultravioletas do sol que, em quantidades elevadas, são prejudiciais ao meio ambiente e ao ser humano, podendo causar: queimaduras, câncer, envelhecimento precoce, etc. Por serem altamente estáveis, ao se liberarem na superfície terrestre conseguem atingir a estratosfera antes de serem destruídos.

A UNEP⁶, agência para o meio ambiente da Organização das Nações Unidas, iniciou uma série de reuniões para discutir os prejuízos do CFC na camada de ozônio. Em 1983, vários países se reuniram na Convenção de Viena, declarando princípios que visam aprofundar o tema em busca de protocolo ou tratado mundial sobre o controle e emissão dos CFC's.

A decisão de reduzir o uso dos CFC's veio em 1987, com a assinatura do Protocolo de Montreal por quarenta e seis países, que assumiram o compromisso de reduzir o consumo em

⁶ UNEP – United Nations Environment Programme.

três fases: congelamento a partir de 1989, redução de 20% a partir de 1993 e redução de 50% a partir de 1998.

O Brasil acompanhou as reuniões do Protocolo e, em 1989, foi aprovada pelo Congresso Nacional a adesão do país às regras. Em julho de 1990, assinou com 62 países a Revisão do Protocolo de Montreal, a qual aprovou medidas mais restritivas: redução de 50% na produção e consumo de CFC's a partir de 1993, redução de 85% a partir de 1997 e a eliminação total no ano 2000. Posteriormente, a Resolução CONAMA⁷ 267 de set/2000, passou a ditar, no Brasil, os prazos para a substituição dos CFC's, estabelecendo datas e limites para importações destas substâncias, tendo sido prevista a proibição total da produção/importação do R12⁸ até janeiro de 2007.

O Alternative Fluorcarbon Environmental Acceptability Study (AFEAS), programa que está sendo desenvolvido mundialmente, estuda a substituição dos CFC'S por HCFC (hidrogênio, cloro, flúor e carbono) e HCF (hidrogênio, flúor e carbono), com o propósito de chegar até a metade do próximo século ao uso integral de HCF, substância não nociva à camada de ozônio. Vale ressaltar que, o HCFC e HFC têm custo estimado em duas a cinco vezes maior do que o do CFC (Eletrobrás / PROCEL, 2006).

2.2.4 Medidas Eficientes para um Sistema de Climatização

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 térmica 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:

⁷ CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente.

⁸ R12 – É um tipo de refrigerante que tem a função de absorver o calor de outra substância, que deve ser resfriada. Largo emprego na refrigeração doméstica. Não é tóxico, nem inflamável, nem corrosivo e nem explosivo. Altamente estável. Seu efeito refrigerante é relativamente baixo, comparado com outros refrigerantes.

$$EER = \frac{C}{P_{\text{m\u00e9dia}}}$$

Onde:

C – Capacidade de refrigera\u00e7\u00e3o do aparelho (Btu/h);

P_{m\u00e9dia} – Demanda m\u00e9dia do aparelho (W).

Assim, quanto maior o EER, maior a efici\u00eancia do equipamento.

Tabela 2.1: EER de alguns Aparelhos de Ar Condicionado

EER de alguns Sistemas de Ar Condicionado			
Tipo de equipamento	Capacidade (Btu/h)	Compressor	EER (Btu/h/W)
Aparelho de Janela	15.000	Alternativo	7,9
Aparelho de Janela	18.000	Rotativo	9,5
Aparelho de Janela	30.000	Rotativo	9,7
<i>Split</i>	40.000	Alternativo/Rotativo	7,2
<i>Split</i>	90.000	<i>Scroll</i>	13,0
<i>Self a \u00c1gua</i>	100.800	<i>Scroll</i>	10,6
<i>Self a Ar</i>	90.000	<i>Scroll</i>	7,3
Central (<i>chiller</i>)	430.800	Alternativo	9,6
Central (<i>chiller</i>)	2.395.200	Alternativo	9,3

Fonte: PEREIRA; VIEIRA, 2005.

Existem diversas maneiras para aumentar a efici\u00eancia de sistemas de ar condicionado, como por exemplo:

- Aplica\u00e7\u00e3o de pel\u00edculas reflexivas em vidros de janelas;
- Controle da mistura ar externo/ar de retorno;
- Uso de lumin\u00e1rias integradas.

A aplica\u00e7\u00e3o de pel\u00edculas reflexivas em vidros de janela corresponde a uma das medidas mais baratas e s\u00e3o utilizadas para reduzir a carga t\u00e9rmica devido \u00e0 incid\u00eancia de radia\u00e7\u00e3o solar em ambientes climatizados. As pel\u00edculas reflexivas s\u00e3o formadas por folhas adesivas de poli\u00e9ster metalizadas capazes de bloquear os raios solares que penetram pelas janelas, podendo ser aplicadas diretamente na superf\u00edcie interna dos vidros de paredes e de janelas e geralmente duram entre sete e doze anos.

O objetivo do controle da mistura ar externo/ar de retorno \u00e9 otimizar o sistema de ar condicionado da seguinte forma: durante o dia, quando o ar externo \u00e9 mais quente e \u00famido do que o ar interno, o fluxo \u00e9 restringido a valores m\u00ednimos que preservem a sa\u00fade e o conforto

dos usuários (nível de CO₂); durante a noite, o fluxo de ar externo é maximizado, permitindo retirar o calor acumulado pela instalação durante o dia.

As luminárias integradas funcionam juntamente com o sistema de ar condicionado. Elas possuem “respiros” pelos quais o ar de retorno do ambiente é coletado e com isso, boa parte do calor irradiado pelas lâmpadas é retirado pelo ar de retorno, diminuindo a carga térmica do ambiente e o consumo de energia elétrica.

A utilização do sistema de aparelhos de janela deve ser analisada em função da carga térmica necessária a cada ambiente. Na tabela a seguir, são apresentados os valores aproximados de carga térmica necessária a um determinado ambiente em função da sua área útil, da sua orientação solar e do tipo de cobertura.

Tabela 2.2: Carga Térmica Aproximada de Ambientes.

Especificação de Condicionador de Ar conforme a Carga Térmica – BTU/h				
Variáveis Ambientais e Construtivas				
Orientação Solar	Área (m ²)	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

Fonte: PEREIRA; VIEIRA, 2005.

Outra forma de racionalizar o consumo de ar condicionado é através do uso de sistemas de termoacumulação. Os sistemas de ar condicionado baseados no acúmulo de calor

permitem o deslocamento do consumo do horário de ponta para horários fora de ponta, proporcionando reduções no custo médio da energia elétrica. Nesse caso, o potencial de redução de custos pode ser calculado através de simulações tarifárias considerando a redução da demanda contratada na ponta e o deslocamento da demanda e do consumo para horários fora de ponta, ou seja, utilizar a energia nos horários em que seu custo é mais baixo, a fim de acumular gelo ou água gelada, e desta forma usufruir os benefícios desses recursos armazenados nos horários em que o custo da energia é mais elevado.

2.3 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 (CERVELIN, 2002).

Existem modelos matemáticos que tentam determinar a melhor tecnologia a ser utilizada em sistemas de iluminação, objetivando o menor consumo de energia elétrica, como a apresentada por KHEMIRI e ANNABI (1996).

Existem também tecnologias de controle de iluminação que combinam a iluminação natural externa com a iluminação artificial interna. Esse tipo de controle é realizado automaticamente, através de computadores interligados a sensores que captam a iluminação de determinado ambiente, controlando a intensidade da iluminação artificial em função da disponibilidade de iluminação natural. Estudos mostram que esse tipo de controle pode gerar economia de até 45% no consumo de energia elétrica no verão e 21% no inverno (ONAYG, GULER, 2003).

Na técnica da iluminação de interiores com luz elétrica, deve-se considerar a qualidade da iluminação, que se refere à escolha do tipo adequado de lâmpada, sua distribuição e localização visando obter boa uniformidade no aclaramento, bem como a orientação do feixe de luz, a fim de que incida de modo correto sobre o plano de trabalho.

Na iluminação elétrica, além da qualidade da luz elétrica, deve-se considerar também a quantidade de luz que se refere aos níveis de iluminamento, que deve permitir a realização da tarefa visual com um máximo de rapidez, exatidão, facilidade e comodidade, despendendo o mínimo de esforço. A grande vantagem da iluminação artificial é permitir o desenvolvimento dos trabalhos sem limitações de horário, principalmente durante a noite. Sua utilização como complemento da luz natural faz com que a claridade chegue até os locais mais distantes das

janelas, bem como mantém um nível de iluminamento durante todo o tempo, independente das variações que ocorram com a luz do dia.

Além disso, deve-se considerar a iluminação geral e a iluminação localizada.

Quanto à iluminação geral, esta proporciona a iluminância⁹ horizontal sobre a área total, com um certo grau de uniformidade. Quanto à iluminação localizada, ela é utilizada em locais em que há necessidade de se produzir um iluminamento suficientemente elevado, para o desenvolvimento de atividades de precisão (CERVELIN, 2002).

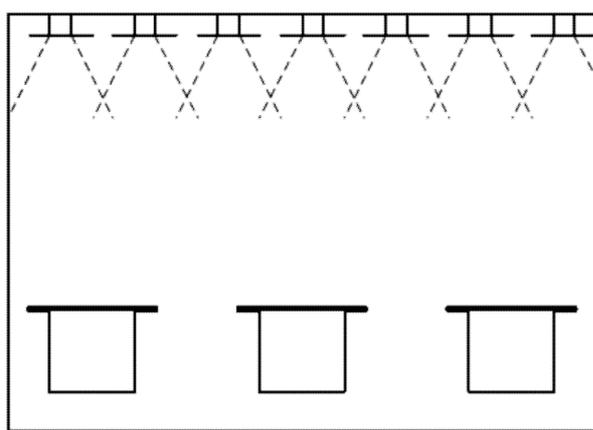


Ilustração 2.1: Iluminação Geral.

Fonte: ABILUX, 1992.

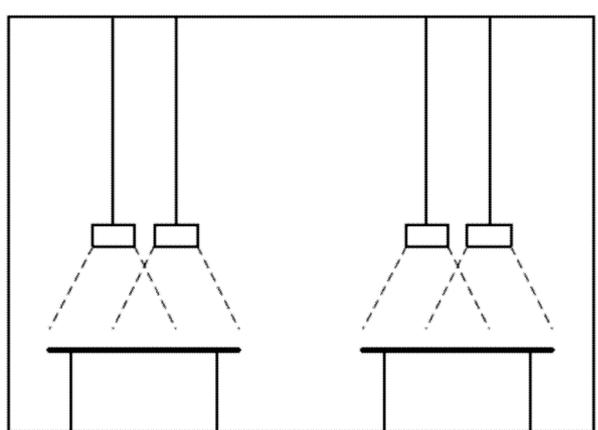


Ilustração 2.2: Iluminação Localizada.

Fonte: ABILUX, 1992.

Para cada ambiente, em função do requisito da tarefa e da faixa etária das pessoas, a NBR 5413 estabelece os valores de iluminâncias médias mínimas em serviço para iluminação

⁹ Iluminância – É um dado fundamental para se quantificar o nível de iluminação existente. É definida como a relação entre o fluxo luminoso que incide numa superfície e sua extensão, expressando-se o resultado em *lux*.

artificial em interiores, que deve ser obedecido no projeto de iluminação. A avaliação do desempenho do sistema de iluminação será inferida a partir da comparação dos dados obtidos em campo com os especificados na Norma.

A tabela a seguir apresenta os valores de iluminâncias a serem considerados no caso dos ambientes estudados neste projeto segundo a norma brasileira.

Tabela 2.1: Iluminâncias por Tipo de Ambiente.

Iluminâncias por ambiente de trabalho	
Ambiente	Iluminâncias (lux)
Salas de aulas	200 – 300 – 500
Quadros negros	300 – 500 – 750
Salas de trabalhos manuais	200 – 300 – 500
Laboratórios:	
• Geral	150 – 200 – 300
• Local	300 – 500 – 750
Anfiteatros e Auditórios:	
• Platéia	150 – 200 – 300
• Tribuna	300 – 500 – 750
Salas de desenhos	300 – 500 – 750
Salas de reuniões	150 – 200 – 300
Corredores e Escadas	75 – 100 – 150

Fonte: NBR 5413.

A utilização de conceitos sobre natureza e características da luz, propriedades de reflexão, transmissão e absorção da luz pelos corpos é fundamental na especificação técnica dos sistemas de iluminação. Na prática, a manipulação de conceitos pouco usuais e nem sempre compreendidos de forma adequada pode determinar a escolha de alternativa menos eficiente de sistema de iluminação frente aos requisitos das atividades. Uma opção tecnológica que se revele equivocada ocasiona, normalmente, uma perda da eficiência energética, traduzida sob a forma de desperdício de energia. Assim sendo, no processo de especificação dos projetos de iluminação, algumas recomendações são necessárias como formas de atender aos requisitos de desempenho, conforto visual, agradabilidade e economia. Nesse sentido, destacam-se:

- Manutenção de nível de iluminância compatível com a acuidade visual requerida para a execução das tarefas num determinado ambiente, em consonância com a faixa etária de seus usuários;

- Utilização de equipamentos ativos (lâmpadas), passivos (luminárias, teto, paredes) e de controle (reatores e ignitores) que sejam eficientes na produção de luz e no direcionamento do fluxo luminoso;
- Modularidade na definição dos elementos do sistema, possibilitando flexibilidade de operação (desativação de circuitos em áreas desocupadas, complementação com luz natural, setorização de circuitos, etc.);
- Utilização de cores que propiciem adequado contraste no plano de trabalho (desempenho visual), considerando também os efeitos da decoração;
- Emprego de lâmpadas que reproduzam o espectro de luz nas tonalidades requeridas pela tarefa a ser executada e/ou pela ocupação do ambiente;
- Disposição geométrica adequada de lâmpadas e luminárias no campo visual, evitando o emprego de materiais e situações que possam ocasionar ofuscamento;
- Viabilidade de implantação e baixo custo de operação e manutenção, sob a ótica econômica.

As medidas que resultam em investimento visam à substituição e/ou à complementação dos elementos dos sistemas, a partir do emprego de tecnologias mais eficientes em iluminação. Já as medidas administrativas atuam no sentido de reorganizar e/ou otimizar os equipamentos ativos e passivos existentes e a utilização dos ambientes, sem a necessidade de elevados dispêndios financeiros. A aplicação simultânea desses dois conjuntos propicia o pleno aproveitamento das oportunidades de aumento da eficiência no uso da energia.

A análise da utilização dos ambientes deve ser realizada segundo três componentes e deve-se salientar que tais análises são realizadas no período em que um ambiente permanece com o sistema de iluminação ativado, estando ou não ocupado.

Horário de Utilização

O horário de utilização de um ambiente é definido como sendo o período decorrido entre o horário de início e o de final de ocupação. Determina, portanto, a quantidade de energia que será utilizada ao longo do dia.

Os dados obtidos em campo não permitem inferir sobre a adequação do tempo de funcionamento das atividades desempenhadas. Entretanto, fornecem indicações precisas

quanto ao consumo de energia no horário de ponta do sistema elétrico, ou seja, no intervalo compreendido entre 17:30 e 20:30h, período em que são praticadas tarifas mais elevadas.

Caso seja necessário manter ligado o sistema de iluminação nesse período, é importante, sempre que possível, racionalizar sua utilização, desligando-o nos ambientes que não estejam sendo ocupados e até alterando o horário de início e término das atividades.

Desligamento no Intervalo de Almoço

O desligamento do sistema de iluminação durante o intervalo de almoço constitui-se numa efetiva medida de caráter administrativo que propicia a redução do seu tempo de funcionamento e, conseqüentemente, se traduz na diminuição do consumo de energia elétrica mediante a racionalização do uso.

2.3.1 Equipamentos

A seguir são apresentados os principais tipos de equipamentos utilizados em sistemas de iluminação.

2.3.1.1 Lâmpadas

Segundo GHISI (1998), as lâmpadas são os únicos componentes do sistema de iluminação que podem converter energia elétrica em luz visível. Porém, para que esta luz possa ser produzida e adequadamente distribuída é necessário utilizar, respectivamente, reatores (*dependendo da lâmpada utilizada*) e luminárias que são os componentes auxiliares do sistema de iluminação.

As principais características de uma lâmpada são:

- Fluxo luminoso que produz, ou seja, a iluminação que fornece (medido em lúmen);
- Eficácia Luminosa, muitas vezes designada por “rendimento luminoso”, que é a razão entre o fluxo luminoso (em lúmen) produzido e a energia elétrica (em Watt) consumida pela lâmpada;
- Gama de Comprimentos de Onda em que lâmpada emite a radiação (em micrón ou em nanometro) = restituição de cor (IRC);
- Duração (em horas), ou seja, o tempo de vida médio da lâmpada.

Tal como os outros receptores elétricos, as lâmpadas apresentam diferentes rendimentos ou eficiências luminosas. O seu valor é expresso em *lumens por watt (lm/W)* e representa a relação entre a quantidade de luz emitida e a quantidade de energia elétrica absorvida (GAIA, 2004).

Existem três tipos de lâmpadas, cujo funcionamento é inspirado em um fenômeno natural:

- 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, diodos emissores de luz, que funcionam por luminescência, imitando os vaga-lumes (VARGAS JR., 2006).

Na Tabela 2.1 a seguir serão apresentadas algumas características de alguns tipos de lâmpadas:

Tabela 2.1: Valores Médios de Eficiência e Vida Média dos Principais Tipos de Lâmpadas.

Tipo	Eficiência média (lúmens/W)	Vida Média (h)
Incandescente	15,0	1.000
Halógena	20,0	2.000
fluorescente Tubular	65,0	10.000
Fluorescente tubular especial	87,5	15.000
Fluorescente Compacta	65,0	9.000
Vapor de mercúrio	52,5	15.000
Mista	21,5	7.000
Vapor metálico	77,5	13.000
Vapor de sódio	100,0	21.000
LED	50,0	100.000

Fonte: VARGAS JR., 2006.

2.3.1.1.1 Lâmpadas Incandescentes

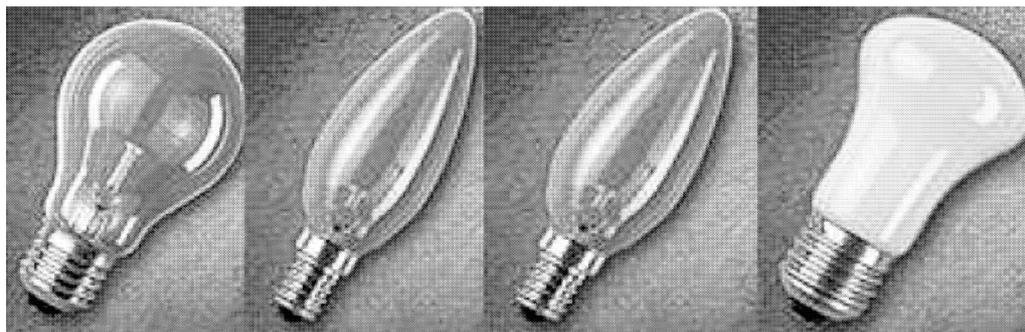


Ilustração 2.1: Exemplo de Lâmpadas Incandescentes.

Fonte: VARGAS JR., 2006.

A lâmpada incandescente representa a fonte de luz artificial mais difundida no mundo, embora seja a menos eficiente e com menor duração. Da energia que consome, só 5 a 10% se transforma em energia luminosa. Toda a outra parcela de energia se transforma em calor, por isso consegue uma reprodução de cor de 100% (GAIA, 2004).

Existem em diversas formas algumas delas bastante decorativas. As de fraca intensidade têm uma eficiência inferior a 10 lm/W. Além disso, possui vida média de 1000 horas pelo fato de o filamento ir se tornando mais fino devido ao aquecimento, causando a depreciação do fluxo luminoso até o momento em que o filamento se rompe e a lâmpada queima (Eletrobrás / PROCEL, 2006).

2.3.1.1.2 Lâmpadas Halógenas

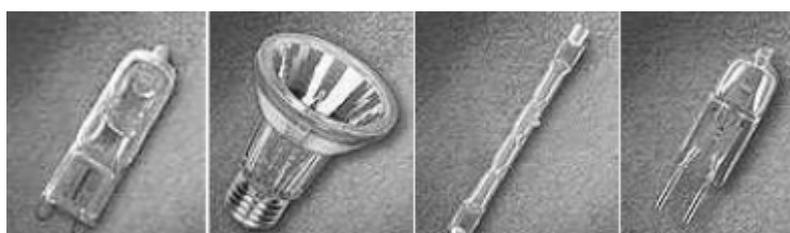


Ilustração 2.1: Exemplo de Lâmpada Halógenas.

Fonte: VARGAS JR., 2006.

Seu funcionamento segue o mesmo princípio da lâmpada incandescente, da qual é considerada uma versão evoluída. A diferença está no fato de que o gás halogênio no interior do bulbo devolve ao filamento parte das partículas de tungstênio que se desprendem com o calor. Com isso, ela ganha estabilidade de fluxo luminoso e um aumento de durabilidade que varia entre 2.000 e 4.000 horas.

As lâmpadas halógenas possuem luz mais branca e brilhante, o que possibilita realçar as cores e os objetos com eficiência energética maior que as lâmpadas incandescentes comuns.

Em termos de economia, as lâmpadas halógenas oferecem mais luz com potência menor ou igual que as incandescentes comuns.

Já existem lâmpadas halógenas com proteção ultravioleta. Esse filtro reduz em até 5 vezes a radiação UV emitida pela lâmpada, evitando o desbotamento das cores. Outras possuem refletor com espelho dicróico que tem a propriedade de desviar parte do calor para trás, reduzindo em até 66% a radiação térmica emitida pela lâmpada (VARGAS JR., 2006).

2.3.1.1.3 Lâmpadas Fluorescentes

São lâmpadas de descarga de vapor de mercúrio em baixa pressão, onde a luz é produzida por pós fluorescentes que são ativados pela radiação ultravioleta da descarga. Nelas, a corrente elétrica atravessa o reator, que consome potência reativa, dando a partida da lâmpada e estabilizando a corrente, enviando-a para o interior da lâmpada, onde há um filamento recoberto por uma pasta emissiva. Quando aquecido, esse filamento provoca a movimentação dos elétrons no interior da lâmpada, que, por sua vez, provoca a vaporização do mercúrio, produzindo a emissão de raio ultravioleta. A parede interna da lâmpada é pintada com pó de fósforo, e, quando os raios UV atravessam essa pintura, eles são transformados em luz visível.

Existe no mercado a chamada lâmpada imortal que tem uma bobina eletromagnética no lugar do filamento para fazer a indução do mercúrio. A ausência do filamento assegura vida útil de aproximadamente 60 mil horas, o que equivale, na prática, a 14 anos (VARGAS JR., 2006).

2.3.1.1.3.1 Lâmpadas Fluorescentes Tubulares

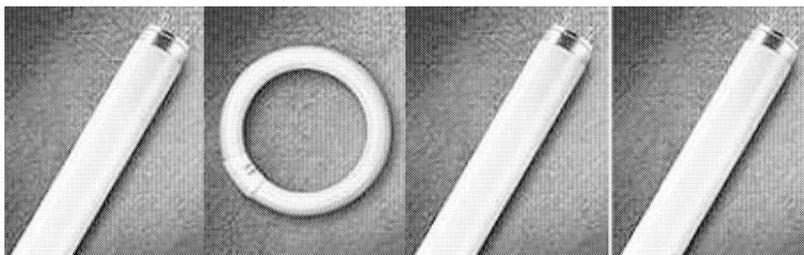


Ilustração 2.1: Exemplo de Lâmpadas Fluorescentes Tubulares.

Fonte: VARGAS JR., 2006.

Essas lâmpadas são a clássica forma para uma iluminação econômica. A alta eficiência e a longa durabilidade (7.500 a 20.000 horas) garantem as aplicações nas mais diversas áreas, inclusive em hospitais públicos. As primeiras lâmpadas fluorescentes desenvolvidas apresentavam um diâmetro do tubo T12 (38 mm de diâmetro) e utilizavam em seu revestimento interno um pó fluorescente comum. O passo mais recente para otimização global dos sistemas fluorescentes é a miniaturização obtida com a linha de fluorescentes T5 (16 mm de diâmetro) e a utilização do pó trifósforo que resulta em melhor reprodução de cor (VARGAS JR., 2006).

2.3.1.1.3.2 Lâmpadas Fluorescentes Compactas

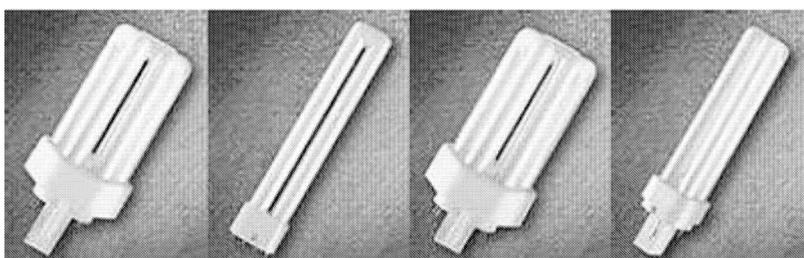


Ilustração 2.1: Exemplo de Lâmpadas Fluorescentes Compactas.

Fonte: VARGAS JR., 2006.

As lâmpadas fluorescentes compactas foram desenvolvidas objetivando a substituição de lâmpadas incandescentes. Possuem princípio de funcionamento similar ao das fluorescentes tubulares, mas suas dimensões são bastante reduzidas.

Oferecem excelente qualidade de luz, alta eficiência energética, longa durabilidade (até 15.000 horas) e excelente distribuição de luz. Também apresentam, como vantagens, o consumo de energia elétrica até 80% menor, quando comparadas às incandescentes; e o índice de reprodução de cores de 85% (VARGAS JR., 2006).

2.3.1.1.4 Lâmpadas a Vapor de Mercúrio de Alta Pressão

Constam basicamente de um bulbo de vidro duro, que contém em seu interior um tubo de descarga feito de quartzo para suportar altas temperaturas. Possuem em seu interior argônio e mercúrio que, quando vaporizado, produzirá o efeito luminoso.

A distribuição de cores na composição do espectro do fluxo luminoso destas lâmpadas é pobre (luz branca azulada com emissão na região visível nos comprimentos de onda de amarelo, verde e azul, faltando o vermelho), porém, o tubo de descarga emite uma quantidade considerável de energia ultravioleta. Torna-se então necessário fazer uma correção de cor, visando aumentar a cor vermelha. Isso é feito através da transformação da radiação ultravioleta em luz vermelha, adicionando-se uma camada de fósforo no bulbo.

A vida mediana de uma lâmpada a vapor de mercúrio de alta pressão é superior a 15.000 horas.

As lâmpadas de vapor de mercúrio são utilizadas em iluminação pública, industrial interna e externa (cor corrigida), em iluminação de fachadas de prédios, monumentos e jardins (tubular de vidro claro) (Eletrobrás / PROCEL, 2006).

2.3.1.1.5 Lâmpadas a Vapor Metálicas

Com a popularização das lâmpadas a vapor de mercúrio sob alta pressão e o aperfeiçoamento da tecnologia, surgiram as lâmpadas de vapor de mercúrio com iodetos metálicos, ou simplesmente, lâmpadas de vapor metálico.

As lâmpadas de vapor metálico são semelhantes com as lâmpadas de vapor de mercúrio, com exceção da presença de iodetos metálicos, pelo seu maior desempenho, e pela possibilidade de variação da coloração da lâmpada em função da seleção dos iodetos metálicos presentes dentro do tubo de descarga. Esta lâmpada possui um revestimento de alumina nas extremidades do tubo de descarga, cujo objetivo é refletir o calor produzido pela descarga para os eletrodos, impedindo a condensação dos iodetos no interior do tubo de descarga da lâmpada.

A vida mediana de uma lâmpada a vapor metálico está na ordem de 15.000 horas.

As lâmpadas de vapor metálicas possuem um grande número de aplicações, a se destacar a iluminação de lojas de departamentos, estádios de futebol, monumentos, indústrias, iluminação residencial, e até para iluminação automotiva, com as lâmpadas de xenônio, que

são lâmpadas de vapor metálico com atmosfera de xenônio, capazes de acender instantaneamente (Eletrobrás / PROCEL, 2006).

2.3.1.1.6 Lâmpadas Mistas

São idênticas às lâmpadas a vapor de mercúrio de alta pressão, diferenciando-se apenas por possuírem um filamento montado ao redor do tubo de descarga e ligado em série com este.

A luz produzida por essa lâmpada é de cor branca difusa, derivada da lâmpada vapor de mercúrio de alta pressão e da luz de cor quente da incandescente, o que dá uma aparência agradável.

A vida mediana de uma lâmpada mista é superior a 6.000 horas. E por apresentarem boa reprodução de cores podem ser usados em vias públicas, jardins, praças, estacionamentos, comércio em geral e na modernização de instalações feitas com lâmpadas incandescentes (Eletrobrás / PROCEL, 2006).

2.3.1.1.7 Lâmpadas a Vapor de Sódio

2.3.1.1.7.1 Lâmpadas a Vapor de Sódio de Baixa Pressão

Consta de um tubo de descarga em forma de U, com um eletrodo em cada extremidade, e cheios de gás argônio e neônio em baixa pressão para facilitar a partida, contendo também sódio metálico que irá se vaporizar durante o funcionamento.

A descarga elétrica na partida inicia-se com o gás neônio, que provoca a produção de um pequeno fluxo luminoso de cor rosa e elevação da temperatura, o que causa uma progressiva vaporização do sódio. A lâmpada atinge sua condição normal de funcionamento em aproximadamente 15 minutos, produzindo um fluxo luminoso de cor amarela, devido à descarga no vapor de sódio.

A vida mediana de uma lâmpada a vapor de sódio de baixa pressão é superior a 15.000 horas.

Devido ao fato de sua luz ser monocromática, sua aplicação fica limitada a locais em que não é necessário um alto índice de reprodução de cores, ou seja, auto-estradas, portos, pátios de manobras, entre outras (Eletrobrás / PROCEL, 2006).

2.3.1.1.7.2 Lâmpadas a Vapor de Sódio de Alta Pressão

Seu formato é similar ao da lâmpada de vapor de mercúrio de alta pressão, diferenciando-se apenas pelo formato do tubo de descarga que é comprido, estreito e feito de óxido de alumínio sinterizado translúcido (material cerâmico que suporta altas temperaturas, pois no tubo de descarga dessa lâmpada pode-se atingir 1.000 °C) onde é colocado xenônio para iniciar a partida, mercúrio para corrigir a cor e sódio em alta pressão, além de possuir em cada uma de suas extremidades um eletrodo principal feito de nióbio.

Essas lâmpadas demoram cerca de 3 a 4 minutos para atingir seu brilho máximo, e neste tempo, existem várias mudanças das cores emitidas devido à composição dos gases internos, até chegar a sua cor branca-dourada.

A vida mediana de uma lâmpada a vapor de sódio de alta pressão é superior a 24.000 horas.

Pelo fato de possuírem uma propriedade de cor mais agradável que as de baixa pressão, encontram um número maior de aplicações, sendo usadas em vias públicas, ferrovias, áreas de estacionamento, e todo tipo de iluminação externa, bem como em iluminação interna de indústrias (Eletrobrás / PROCEL, 2006).

2.3.1.2 Luminárias



Ilustração 2.1: Exemplo de Luminárias normalmente utilizadas em Projetos de Eficiência Energética.

Fonte: VARGAS JR., 2006.

As luminárias servem para direcionar e distribuir a luz para a superfície de interesse. Consistem de uma cavidade onde se localiza o refletor (*que deverá maximizar o aproveitamento de luz produzida pela lâmpada*), de componentes para fixação das lâmpadas e de espaço para os reatores. Uma luminária não produz economia de energia diretamente, mas contribuirá para a economia através da otimização de desempenho de cada um de seus componentes (CERVELIN, 2002).

Na tabela a seguir será apresentada a classificação das luminárias.

Tabela 2.1: Classificação das Luminárias.

Tipo	Características Gerais
Embutidas	<ul style="list-style-type: none"> - Normalmente usadas com lâmpadas incandescentes comuns - Apresentam baixo rendimento - Normalmente apresentam problemas de superaquecimento - Difícil manutenção
Fechadas (lâmpadas fluorescentes)	<ul style="list-style-type: none"> - São encontradas com vários tipos de elementos de controle de luz (refletores espelhados com proteção visual, difusor prismático, etc.) - Rendimento moderado, dependendo do tipo de elemento de controle da luz - Difícil manutenção - Podem ser fixadas sobre a superfície do teto e, em alguns casos, podem ser embutidas - Os que dispõem de refletores sem elementos de controle de luz apresentam melhor rendimento.
Abertas	<ul style="list-style-type: none"> - Podem ser encontradas com ou sem elementos de controle de luz - Apresentam rendimentos superiores aos das luminárias fechadas - Fácil manutenção - Podem ser fixadas sobre a superfície do teto ou suspensas
Spots	<ul style="list-style-type: none"> - São utilizadas com vários tipos de lâmpadas incandescentes refletoras ou coloridas - Utilizados para iluminação direcional do fluxo luminoso - Fácil manutenção - Podem ser fixados sobre as superfícies ou embutidos
Projetores	<ul style="list-style-type: none"> - Encontrados em vários tamanhos - Apresentam bom rendimento luminoso - São fixados sobre as superfícies ou suspensos - Podem ser usados com lâmpadas incandescentes comuns até lâmpadas a vapor de sódio - Fácil manutenção, dependendo das condições do local.

Fonte: Eletrobrás / PROCEL, 2006.

A diversidade de luminárias utilizadas em interiores é muito grande e muitas vezes os projetistas ficam em dúvida sobre qual modelo apresenta melhor rendimento. Além do material utilizado na sua composição, deve-se observar também a finalidade para a qual está sendo utilizada. Contudo, algumas conclusões já foram tiradas sobre este tema (GHISI, LAMBERTS, ENTAC 1998):

- Em ambientes muito grandes a reflexão nas paredes é desprezível;
- As luminárias com refletor de alumínio sem aletas representam a melhor solução para redução de carga instalada, seguida pela luminária com refletor de alumínio com aletas brancas. Porém para locais onde se necessita de controle de ofuscamento sugere-se a segunda opção;
- Luminárias com difusor são as que exigem maior carga instalada podendo ser 55,3% superior às luminárias com refletor de alumínio sem aletas.

Segue tabela com a redução percentual média da potência instalada em iluminação em função do tipo de luminária:

Tabela 2.2: Percentual de Redução da Carga Instalada em relação ao Tipo de Luminária utilizada.

TIPO DE LUMINÁRIA	REDUÇÃO NA CARGA INSTALADA
Refletor branco com difusor	0,0
Refletor branco sem aletas	15,2
Refletor e aletas em alumínio	18,9
Refletor e aletas brancos	19,0
Refletor de alumínio e aletas	31,9
Refletor de alumínio sem aletas	34,6

Fonte: GHISI; LAMBERTS; ENTAC 1998.

2.3.1.3 Diodos Emissores de Luz (LED)

São componentes semicondutores, mesma tecnologia utilizada nos chips de computadores e nos painéis fotovoltaicos, que convertem corrente elétrica em luz visível. Com tamanho bastante reduzido, o LED oferece vantagens através de seu desenvolvimento tecnológico, tornando-o numa alternativa real na substituição das lâmpadas convencionais. Diferentemente do que ocorre com a lâmpada incandescente, que abrange todo espectro de cores o LED é monocromático, gerando apenas uma única cor, que depende do tipo de material utilizado, como por exemplo, galênio, arsênio e fósforo (Eletrobrás / PROCEL, 2006).

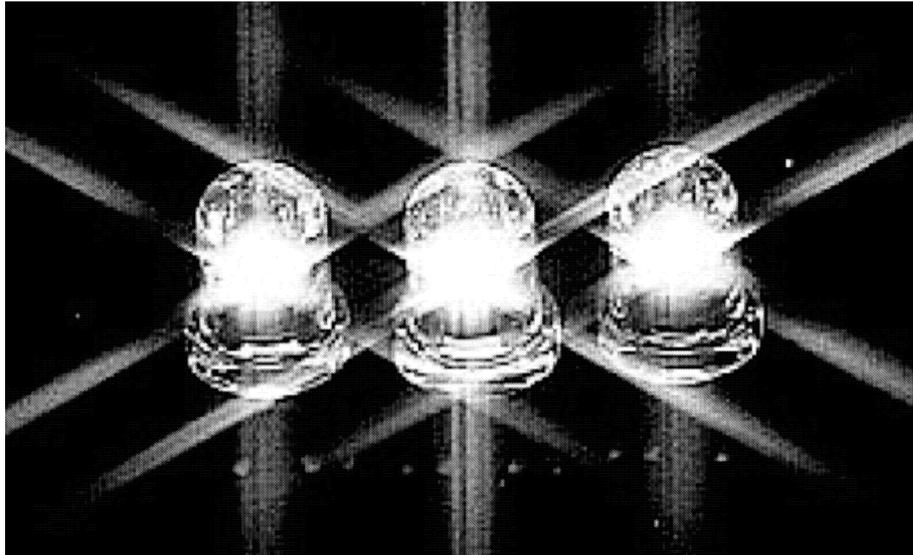


Ilustração 2.1: Luz emitida pelo LED.

Fonte: Eletrobrás / PROCEL, 2006.

Os LEDs podem ser de baixa (0,1W), média (0,2W à 0,5W) e de alta potência (acima de 0,5W). Em geral, os de baixa e média potência são utilizados para sinalização e efeitos decorativos. Os de alta potência já podem ser aplicados em iluminação geral (VARGAS JR., 2006).

Os LEDs apresentam alguns benefícios conforme listados a seguir:

- Longa durabilidade (pode-se obter até 100.000 horas de funcionamento);
- Alta eficiência luminosa;
- Variedade de cores;
- Dimensões reduzidas;
- Alta resistência a choques e vibrações;
- Não gera radiação ultravioleta e infravermelha;
- Baixo consumo de energia e pouca dissipação de calor;
- Redução nos gastos de manutenção, permitindo a sua utilização em locais de difícil acesso;
- Possibilidade de utilização com sistemas fotovoltaicos em locais isolados (Eletrobrás / PROCEL, 2006).

2.3.1.4 Reatores

Os reatores são acessórios necessários à operação das lâmpadas fluorescente. Através de maior indutância, capacitância e/ou resistência, os reatores limitam a corrente elétrica ao valor necessário para operação adequada da lâmpada e também para produzir a ignição. Para obter o máximo desempenho em sistemas de iluminação é essencial o uso de reatores com baixas perdas (*alto fator de potência*) ou alta frequência de operação (CERVELIN, 2002).

Pode ser do tipo eletromagnético ou eletrônico, com partida rápida ou convencional, e com alto ou baixo fator de potência. O tipo de reator utilizado irá influenciar no consumo de energia (Eletrobrás / PROCEL, 2006).

Os reatores eletromagnéticos grandes e pesados, que funcionam em 60 Hertz, vêm sendo substituídos pelos modelos eletrônicos, que economizam energia (cerca de 25% menos de energia que os equivalentes eletromagnéticos) e têm menor carga térmica. Os reatores eletrônicos trabalham em 35 kHz, o que evita a intermitência conhecida como cintilação e o efeito estroboscópico, ambos responsáveis pelo cansaço visual (VARGAS JR, 2006).

Os reatores convencionais necessitam de um dispositivo auxiliar para o acendimento da lâmpada, chamado de *starter*¹⁰, enquanto o de partida rápida pode acionar até duas lâmpadas e não necessita de dispositivo auxiliar de partida (CERVELIN, 2002).

Os reatores de baixo desempenho são aplicados normalmente para acender lâmpadas em ambientes residenciais. Os reatores de alto desempenho são equipados com filtros que evitam interferências no sistema elétrico e são indicados para instalações comerciais, hospitais, bancos e escolas.

Há ainda os reatores eletrônicos dimerizáveis, que permitem a dimerização de fluorescentes. Seu uso permite a integração da luz natural com a artificial – quando combinados a sensores, eles vão aumentando ou diminuindo a intensidade luminosa das lâmpadas conforme a necessidade, de modo que a luz artificial seja usada apenas como complemento à luz natural (VARGAS JR., 2006).

¹⁰ Starter – Equipamento que fecha o circuito de partida convencional da lâmpada fluorescente para aquecer os filamentos, e depois abre o circuito para a partida da lâmpada.

2.3.2 Consumo

A iluminação é responsável por, aproximadamente, 23% do consumo de energia elétrica no setor residencial, 44% no setor comercial e serviços públicos e 1% no setor industrial. Em relação aos serviços públicos, aproximadamente dois terços são utilizados para iluminação de ruas. Uma combinação de lâmpadas, reatores, sensores, luminárias e refletores eficientes, associados a hábitos saudáveis na sua utilização, podem ser aplicados para reduzir o consumo de energia elétrica (Eletrobrás / PROCEL EDUCAÇÃO, 2007).

A Tabela 2.1 apresenta o consumo de energia elétrica, em iluminação, para diferentes países.

Tabela 2.1: Consumo de Energia Elétrica em Iluminação.

País	% Utilizada em Sistema de Iluminação
Estados Unidos	20 a 25% (IAEEL, 1995)
México	30% (BANDALA, 1995)
China	20% (KOREAN NATIONAL TEAM, 1996)
Brasil	24% (ABILUX, 1995)

Fonte: CERVELIN, 2002.

Com a implantação de sistemas de iluminação energeticamente eficientes, pode-se obter redução do consumo de energia, conforme mostrado na Tabela 2.2.

Tabela 2.2: Redução do Consumo com Utilização de Sistemas Eficientes.

Locais	% de Redução no Consumo
Grécia	20 A 30% (SANTAMOURIS, 1995)
Brasil	23% (GUELLER, 1988)
USP	36% (ROMERO, 1994)
Edifícios Comerciais	40% (EPRI, 1993)

Fonte: CERVELIN, 2002.

2.3.3 Meio Ambiente

Apesar da economia de energia, o tratamento inadequado das lâmpadas fluorescentes substituídas em projetos de conservação de energia pode provocar aumento da dispersão do mercúrio na natureza (VARGAS JR., 2006).

Dependendo de sua concentração no corpo humano, o mercúrio pode ser letal. Por isso, para minimizar o volume de mercúrio descarregado no meio ambiente, a reciclagem, com a conseqüente recuperação do mercúrio, é considerada a melhor solução ambiental e, a partir de 2003, está incluída em todos os projetos de conservação de energia elétrica realizados pelo Procel EPP, que incluem substituição de lâmpadas fluorescentes (PROCEL EPP, 2006).

3 Metodologia de Trabalho

É importante ressaltar que os valores apresentados nos resultados e conclusões deste projeto são baseados em informações e levantamentos de campo, em determinado conjunto de instalações (salas de aula, laboratórios de informática e pesquisa, gabinetes de professores, e secretarias de departamentos) e equipamentos, e em certo momento na vida da Universidade Federal do Rio de Janeiro, conferindo dessa forma, um caráter orientador, visando, principalmente, subsidiar decisões dos responsáveis pela universidade.

As fases da metodologia adotada na elaboração do projeto são:

- I. *Identificação do local*: – levantamento de informações gerais dos blocos “D” e “H” e da Universidade;
- II. *Análise e interpretação técnica*: – interpretação dos dados e medições obtidos em campo para a elaboração dos cálculos elétricos com a finalidade de estimar o potencial de economia em cada uso final e no total da Universidade;
- III. *Análise Econômica*: – elaboração dos cálculos necessários com a finalidade de avaliar a viabilidade do projeto.

3.1 Análise do Perfil de Consumo

3.1.1 Fator de Carga

Fator de Carga é definido como "a relação entre as demandas média e máxima registradas em um dado intervalo de tempo".

Uma maneira de verificar se a energia elétrica está sendo bem utilizada é avaliar o fator de carga da instalação. Um fator de carga elevado indica que as cargas foram utilizadas racionalmente ao longo do tempo. Por outro lado, um fator de carga baixo indica que houve concentração de consumo de energia em um curto período de tempo, determinando uma demanda elevada. Isso ocorre quando muitos equipamentos são ligados ao mesmo tempo.

O fator de carga é obtido por meio de cálculo não expresso diretamente na fatura. Quanto mais alto for esse parâmetro, mais baixo será o preço médio da energia. Uma vez que o custo da energia elétrica decresce em relação ao crescimento do fator de carga, isto significa que um pequeno aumento no fator de carga significará uma grande redução de custo de energia.

O preço médio da energia é definido pela seguinte fórmula:

$$P_{\text{médio}} = \frac{T_D}{FC \times h} + T_C$$

Onde:

$P_{\text{médio}}$ – 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 do 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:

$$FC = \frac{\text{Consumo (kWh)}}{\text{Demanda máxima (kW)} \times 730 h}$$

- Tarifa Horosazonal Azul:

$$FC_P = \frac{\text{Consumo (kWh) na ponta}}{\text{Demanda máxima (kW) na ponta} \times 66 h}$$

$$FC_{FP} = \frac{\text{Consumo (kWh) fora da ponta}}{\text{Demanda máxima (kW) fora da ponta} \times 664 h}$$

- Tarifa Horosazonal Verde:

$$FC_{FP} = \frac{\text{Consumo (kWh) fora da ponta}}{\text{Demanda máxima (kW) fora da ponta} \times 664 \text{ h}}$$

Nas tarifas Convencional e Horosazonal 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 Horosazonal Azul há dois fatores de carga, um para o horário de ponta e outro para fora de ponta, também para cada período do ano.

A tabela a seguir apresenta valores típicos de fator de carga de alguns ramos de atividade.

Tabela 3.1: Fator de Carga Típico de acordo com o Ramo de Atividade.

Fator de Carga Típico por Ramo de Atividade	
Ramo de Atividade	Fator de Carga Típico (%)
Extração de minério de ferro	34 a 35
Fabricação de cimento	54
Fabricação de estruturas metálicas	13
Fabricação de papel e papelão	71
Fabricação de resinas de fibras	24
Fiação e tecelagem	46
Confecções de roupas e agasalhos	25
Moagem de trigo	71
Fabricação de açúcar	49
Fabricação de bebidas não alcoólicas	32
Construção civil	31 a 33
Hotéis e motéis	40
Restaurantes e lanchonetes	52
Hospitais e casas de saúde	35 a 40
Serviços auxiliares de comércio de mercadorias	24
Supermercados	54
Instituições de ensino	31

Fonte: PEREIRA; VIEIRA, 2005.

3.1.2 Fator de Potência

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 pequenas 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 cubra, 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:

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

- Tarifa Horosazonal Azul:

- ✓ Ponta:

$$Aj_P = (D_P \times T_{D_P} + C_P \times T_{C_P}) \times \left(\frac{0,92}{FP} - 1 \right)$$

- ✓ Fora da Ponta:

$$Aj_{FP} = (D_{FP} \times T_{D_{FP}} + C_{FP} \times T_{C_{FP}}) \times \left(\frac{0,92}{FP} - 1 \right)$$

- Tarifa Horosazonal Verde:

$$Aj = (D \times T_D + C_P \times T_{C_P} + C_{FP} \times T_{C_{FP}}) \times \left(\frac{0,92}{FP} - 1 \right)$$

Onde:

Aj – Valor em reais relativo ao ajuste de fator de potência a ser cobrado adicionalmente ao faturamento normal para o respectivo segmento horosazonal;

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 horosazonal.

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 Avaliações do Projeto de Eficiência Energética.

Um projeto de eficiência energética tem que passar por duas etapas: a 1ª consiste na avaliação técnica proposta para o melhor aproveitamento da energia elétrica, que no caso deste trabalho foi escolhido à simples troca dos equipamentos antigos do sistema de iluminação e ar condicionado por equipamentos novos com selo do PROCEL, ou seja, equipamentos eficientes; a 2ª etapa consiste na avaliação econômica da proposta.

3.2.1 Avaliação Econômica e Financeira

As decisões de investimento em alternativas e projetos de economia e uso eficiente da energia passam, necessariamente, por uma análise de viabilidade econômica. Tais questões podem se apresentar de duas formas: ou deseja-se decidir sobre a escolha entre duas alternativas mutuamente excludentes, ou deseja-se conhecer a economicidade de uma dada alternativa.

Estas análises, em geral, utilizam índices econômicos que permitem traduzir a atratividade de um investimento. Dentre estes índices pode-se destacar o valor presente líquido e o tempo de retorno de capital (Pay Back) (Eletrobrás / PROCEL, 2006).

3.2.1.1 Valor Presente Líquido

O método do valor presente líquido é bastante interessante quando se deseja comparar alternativas mutuamente excludentes, de modo que, todos os benefícios e custos em seus diversos instantes no tempo, sejam trazidos para o presente. A alternativa que oferecer o maior valor presente líquido será, dentro deste critério, a mais atraente.

É importante observar que, ao se fazer comparações entre alternativas, deve-se sempre levar em consideração somente os aspectos que as diferenciam. Por exemplo, sejam duas alternativas que ofereçam a mesma produção, porém uma energeticamente mais eficiente do que a outra. Neste caso os benefícios auferidos com a produção não deverão ser considerados, posto que é o mesmo para as duas alternativas e, em um momento ou outro, serão cancelados entre si. Somente a redução no custo, pela eficiência energética, deve ser considerada (Eletrobrás / PROCEL, 2006).

O Valor Presente Líquido pode ser definido como a diferença entre o Valor Presente e o Investimento realizado no projeto.

Nesse momento três definições são importantes:

- Projeto Financeiro: Aplicação, estudada racionalmente, de recursos poupados em uma atividade durante um determinado tempo, ao final do qual se espera um retorno;
- Investimento: Capital aplicado em um projeto financeiro;
- Taxa de atratividade: Representa uma rentabilidade mínima aceitável de um investimento. Não deve se prender apenas ao valor da taxa de juros, embora seja esta sua mais forte determinante. Pode-se dizer assim que é a expectativa de rentabilidade, em termos de taxa de juros, que se espera em um investimento. Na prática, esta pode ser definida através de dois enfoques: ou toma-se a taxa de juros equivalente à maior rentabilidade das aplicações correntes de pouco risco ou adota-se o custo do capital mais o risco do investimento.

A fórmula utilizada para a correção de valores no tempo é:

$$VP = \frac{VF}{(1+i)^n}$$

Onde:

VP – Valor Presente (R\$);

VF – Valor Futuro (R\$);

i – Taxa de juros (traduz o valor do dinheiro no tempo);

n – Período (vida útil do equipamento, vida contábil, período de análise ou a duração do fluxo de caixa).

3.2.1.2 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 análises 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.

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.

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



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

Onde:

I_v – Investimento (R\$);

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

i – Taxa de juros (%/a.m / %a.a).

3.2.1.3 Relação 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:

$$B = (EE \times CEE) + (RDP \times CED)$$

Onde:

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).

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.

Para maiores detalhes sobre o cálculo da RBC, ver Anexo III.

4 Análise da Amostra do Diagnóstico Energético do Centro de Tecnologia da Universidade Federal do Rio de Janeiro: Bloco “D” e “H”

4.1 Caracterização do Ambiente Estudado

4.1.1 Universidade Federal do Rio de Janeiro

A Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) foi criada no dia 7 de setembro de 1920 através do decreto nº 14.343, do então presidente Epitácio Pessoa, como parte das comemorações da independência do Brasil.

Inicialmente denominada Universidade do Rio de Janeiro, teve seu nome modificado para Universidade do Brasil em 5 de julho de 1937. Mas foi somente em 17 de dezembro de 1945, graças ao decreto-lei nº 8.393, que conquistou sua autonomia administrativa, financeira e didática. Finalmente, no ano de 1965, a Lei nº 4.831, de 5 de novembro, de autoria do general Castelo Branco, determinou nova mudança na denominação da instituição, que passou a chamar-se Universidade Federal do Rio de Janeiro, nome que manteve até o dia 30 de novembro de 2000, quando recuperou na Justiça o direito a utilizar o nome Universidade do Brasil.

A idéia da construção de um campus único que concentrasse as atividades da universidade data de 1935. Após dez anos de estudos (de 1935 a 1945) elaborados por diversas comissões para diferentes locais, em 1948 optou-se por situar a cidade universitária em uma ilha artificial na baía de Guanabara, no Estuário de Manguinhos, na Enseada de Inhaúma – formada pelos rios Jacaré, Farias e Timbó. Assim, no período de 1949 a 1952, nove ilhas (Cabras, Pindaí do Ferreira, Pindaí do França, Baiacu, Fundão, Catalão, Bom Jesus, Pinheiro e Sapucaia) foram interligadas, totalizando uma superfície de 4,8 milhões de metros quadrados, para abrigar a Cidade Universitária.

Atualmente, a Ilha da Cidade Universitária possui um conjunto de edificações que congregam 60 unidades acadêmicas e instituições afins conveniadas, além de setores técnicos, esportivos e administrativos da Universidade do Brasil. A malha urbana e os complexos arquitetônicos da cidade universitária – por onde circulam diariamente cerca de 60 mil pessoas – ocupam 30% do território atual da Ilha, cuja localização estratégica entre o aeroporto internacional Tom Jobim e o centro financeiro da cidade, lhe garante uma grande visibilidade.

4.1.2 Centro de Tecnologia (CT)

Com o objetivo de agregar unidades acadêmicas que tivessem atividades correlatas, o Centro de Tecnologia iniciou suas atividades na Cidade Universitária com a chegada da Escola de Engenharia, transferida do centro da cidade do Rio de Janeiro. Com o passar do tempo, a concepção de Centro começou a ser atingida com a criação, em 1963, da Coordenação dos Programas de Pós-Graduação em Engenharia (COPPE), depois da Escola de Química, do Instituto de Macro-moléculas e do Instituto de Eletrotécnica, hoje já completamente desativado.

É importante ressaltar que institutos básicos como Física, Matemática e Química, que fazem parte do Centro de Ciências Matemáticas e da Natureza, atualmente ocupam áreas dentro do espaço físico do CT.

De uma forma geral, hoje, o conjunto arquitetônico do CT pode ser identificado por blocos que vão de “A” a “J”. Desses, o bloco “I”, de grandes dimensões e idealizado para abrigar laboratórios, não teve uma política de ocupação de espaços definida de forma sistemática e racional, seja pela Escola de Engenharia, pela COPPE ou pela Escola de Química.

Desde a sua concepção, o fornecimento de energia elétrica das unidades do CT deixava bastante a desejar do ponto de vista de manutenção, uma vez que havia alta frequência de quedas de tensão e interrupções de fornecimento. Tal fato, aliado ao crescimento desordenado do bloco “I”, com o passar dos anos se tornou quase insustentável a continuidade das atividades. Assim, em 1982, face ao quadro caótico, foi executado um levantamento englobando as 17 subestações existentes naquela época, bem como as atividades que estavam sendo desenvolvidas em locais onde poderiam estar sendo gerada a maior parte dos problemas, concluiu-se que o tipo de sistema elétrico empregado era passível de muitas das falhas e que as subestações encontravam-se desaparelhadas e sem confiabilidade.

A partir de tal conclusão, foi executada uma série de obras visando alterar o fornecimento em média tensão do CT, sendo basicamente tomadas duas providências:

- Instalação de dispositivos de desarmamento em carga à entrada das subestações, assegurando a continuidade do serviço, apesar de eventual pane ou falha em qualquer das 17 subestações;
- Implantação de um sistema em anel para atender as subestações, que se caracterizasse por promover o fornecimento da energia a uma carga ou subestação

por dois circuitos independentes, obtendo-se uma certa regularidade no fornecimento de energia necessária às atividades do centro.

Entretanto, exatamente por falta de manutenção preventiva, ainda hoje, continua a haver problemas. Além disso, a deficiência de recursos, aliada a ausência de cultura de planejamento do uso da energia, faz com que não haja ainda um sistema de distribuição com as necessidades da manutenção e confiabilidade no CT.

Em resumo, a manutenção extremamente precária ao longo do tempo e a não existência de uma política de ocupação dos espaços, constituem as principais causas ao desenvolvimento desordenado das unidades acadêmicas que compõem o CT.

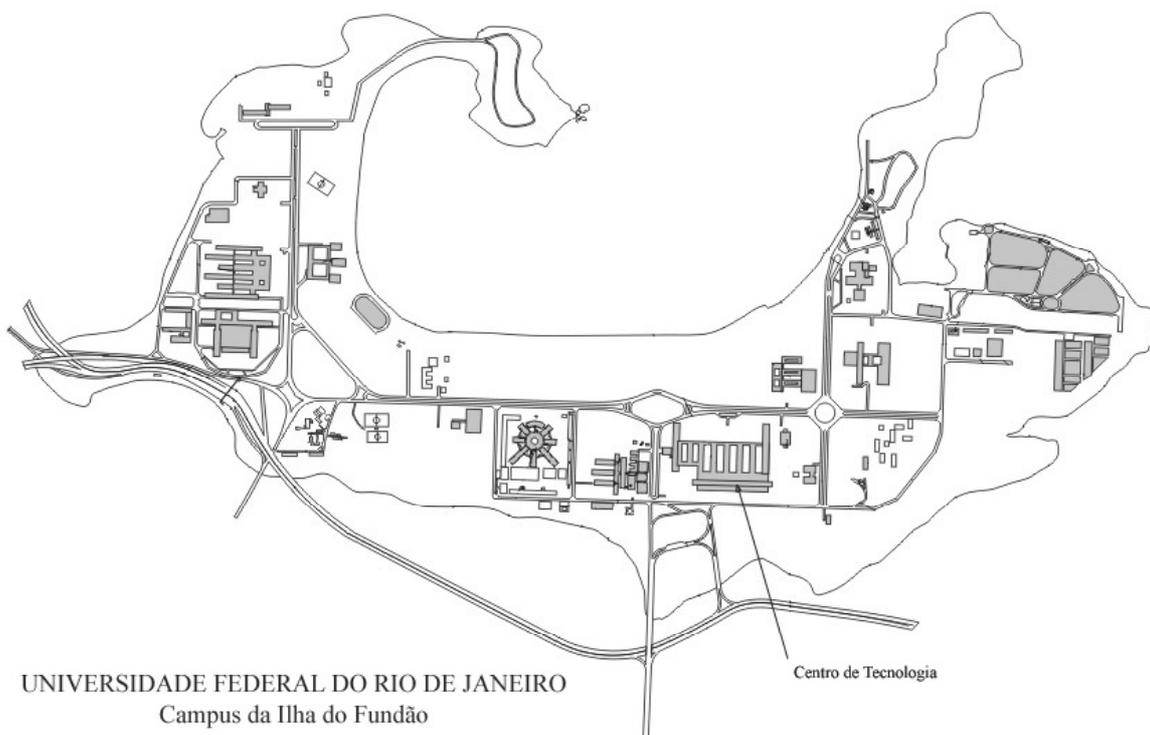


Ilustração 4.1: Localização do Centro de Tecnologia no Campus da UFRJ.

Fonte: PEREIRA; VIEIRA, 2005.

A partir de uma edificação denominada Seccionadora Principal, localizada atrás do bloco “A”, o Centro de Tecnologia recebe energia em média tensão (13,8kV) da concessionária. Essa alimentação é feita através de dois circuitos subterrâneos, sendo um principal e outro reserva. Logo após os circuitos de alimentação encontram-se os equipamentos de comando e proteção, composto por disjuntores, chaves e relés. Após esses equipamentos, está localizada a medição única para o Centro (medidor da concessionária), que mede as principais grandezas físicas necessárias ao monitoramento e faturamento das

contas. Logo em seguida vêm os equipamentos seccionadores onde, através de três saídas em sistema radial, e mais seis cabines seccionadoras, em sistema em anel, é feita a separação dos circuitos para os blocos, ainda em média tensão. Essa distribuição pode ser vista a seguir no diagrama simplificado de blocos do sistema e na localização aproximada das subestações no prédio do CT:

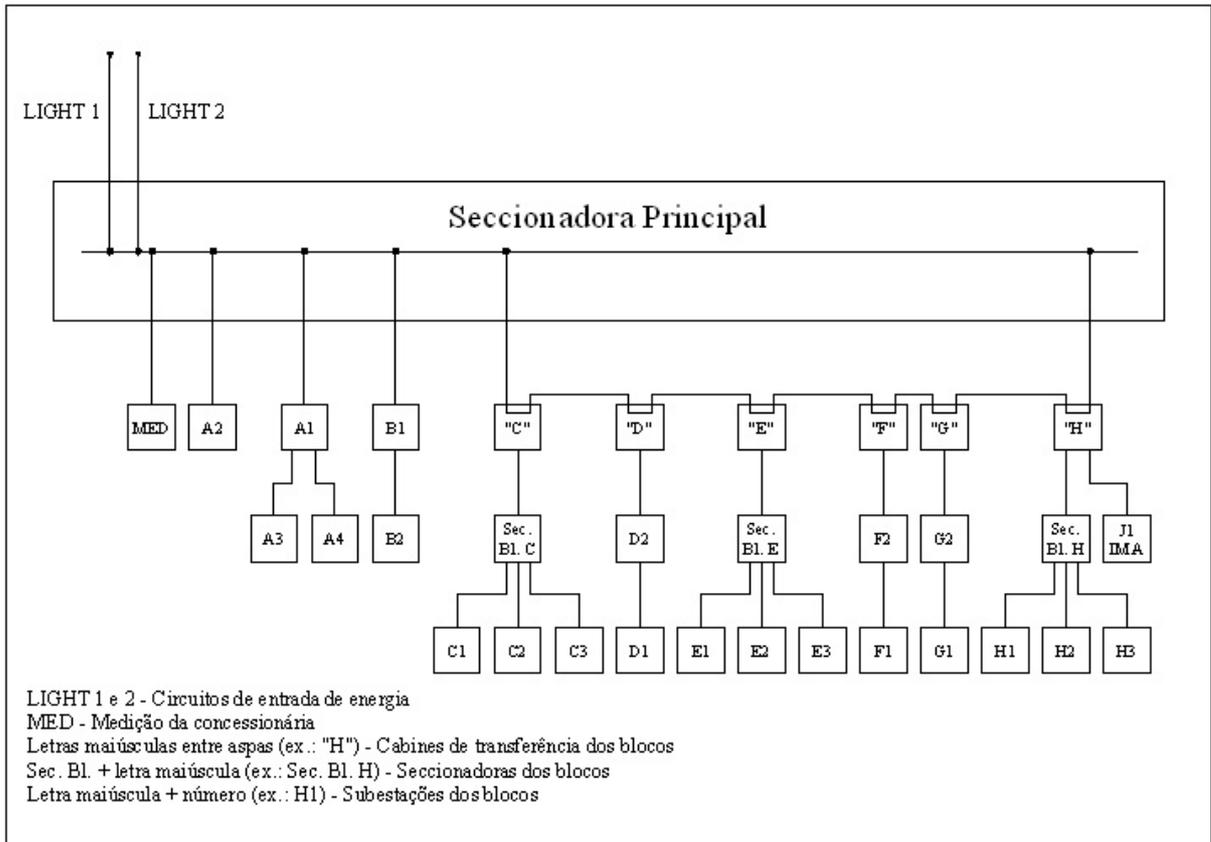
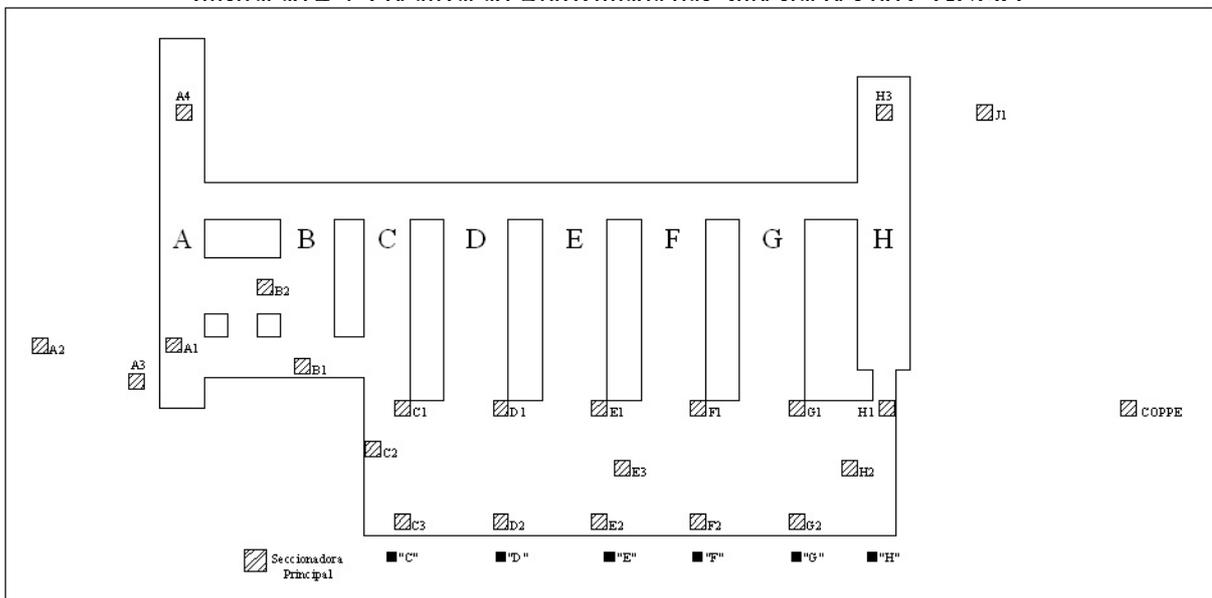


Ilustração 4.2: Seccionadora Principal do CT-UFRJ.

Fonte: PEREIRA; VIEIRA, 2005.

Ilustração 4.3: Localização Aproximada das Subestações do CT-UFRJ



Fonte: PEREIRA; VIEIRA, 2005.

Os circuitos atendem às 22 subestações abaixadoras, a maioria de 13.800-220/127V, distribuídas ao longo dos blocos “A” a “J”, que alimentam basicamente as cargas dos blocos onde estão ligadas.

A tabela a seguir mostra a potência instalada das 22 subestações do Centro de Tecnologia.

Tabela 4.1: Potência Total das Subestações do Centro de Tecnologia.

Potência instalada das subestações					
Subestação	Número de transformadores	Potência Total (kVA)	Subestação	Número de transformadores	Potência Total (kVA)
A1	2	450	E1	2	600
A2	2	412,5	E2	2	600
A3	3	875	E3	2	800
A4	3	900	F1	2	450
B1	2	300	F2	6	825
B2	1	225	G1	2	300
C1	2	300	G2	2	300
C2	5	1400	H1	4	1025
C3	2	1250	H2	3	562,5
D1	2	300	H3	5	900
D2	4	862,5	J1	3	950

Fonte: PEREIRA; VIEIRA, 2005.

4.1.3 Bloco “D”

O Bloco “D” foi um dos blocos escolhido por ser mais parecido com os demais blocos, exceto o Bloco H.

O Bloco “D” é composto de dois pavimentos, contendo os seguintes departamentos:

- Departamento de Expressão Gráfica (DEG);
- Departamento de Mecânica Aplicada e Estruturas (DME);
- Departamento de Recursos Hídricos e Meio Ambiente (DRHIMA);
- Coordenação da Habilitação Civil;
- Departamento de Construção Civil (DCC);
- Departamento de Engenharia de Transportes (DET).

Além disso, podemos encontrar salas de aula, gabinetes de professores, laboratórios de informática, secretarias de departamentos e uma copiadora.

Devido a essas características as cargas predominantes desse bloco são os sistemas de iluminação, refrigeração, computadores e máquinas de xerox.

4.1.4 Bloco “H”

O Bloco “H” foi outro bloco escolhido por diferir dos demais sendo o único bloco com 3 andares e por abrigar um maior número de laboratórios.

O Bloco “H” é composto de três pavimentos, contendo os seguintes departamentos e programas de pós-graduação da COPPE/UFRJ:

- Departamento de Engenharia Eletrônica (DEL);
- Departamento de Engenharia Elétrica (DEE);
- Coordenação da Habilitação Engenharia Eletrônica e Computação;
- Coordenação da Habilitação Engenharia Elétrica;
- Programa de Engenharia Biomédica;
- Programa de Engenharia Elétrica;
- Programa de Engenharia de Sistemas e Computação;
- Programa de Engenharia de Transportes.

Além disso, podemos encontrar salas de aula, gabinetes de professores, laboratórios de informática, secretarias de departamentos, laboratórios de pesquisa, uma copiadora, dois restaurantes, uma agência bancária e um caixa automático.

Devido a essas características as cargas predominantes desse bloco são os sistemas de iluminação, refrigeração, computadores e máquinas de xerox.

4.2 Levantamento da Amostra do Diagnóstico Energético dos Blocos “D” e “H”

O diagnóstico energético é um trabalho de levantamento das condições atuais de consumo de energia da instalação e dos potenciais de economia realizáveis. O diagnóstico se realiza em diferentes etapas:

- Auditoria Energética da Instalação: Levanta o histórico de consumo da instalação, detalhado pelos diferentes energéticos, num horizonte mínimo de 24 meses para identificar a sazonalidade típica, efetuando também medições em tempo real;
- Levantamento das Instalações: Identifica as condições técnicas dos equipamentos e dos sistemas energéticos;

- Identificação dos Desperdícios e das Possibilidades de Intervenções Técnicas: Para reduzir o consumo de energia e deslocar demanda do horário de ponta;
- Avaliação Econômica das Medidas Propostas: Determinando as economias de recursos projetadas, o investimento necessário, a taxa interna de retorno e o tempo de retorno dos investimentos.

A seguir são analisadas as principais características da amostra do diagnóstico energético do Centro de Tecnologia da UFRJ, blocos “D” e “H”.

De acordo com as informações dos diagnósticos, que podem ser observadas com maiores detalhes no Anexo I, constata-se que este diagnóstico enfatiza a troca de equipamentos:

- Nos sistemas de iluminação, serão trocadas lâmpadas fluorescentes tubulares de 20 W por 16 W, de 40 W por 32 W e incandescentes por fluorescentes compactas, sendo utilizadas luminárias abertas de sobrepor e/ou embutir com refletores de alumínio anodizado sem aletas, e reatores eletrônicos;
- No sistema de ar condicionado, serão substituídos equipamentos do tipo janela com compressores do tipo alternativo, sem selo Procel, por equipamentos de ar condicionado do tipo rotativo com selo Procel. A eficiência dos equipamentos de ar condicionado antigos é considerada próxima de 6 BTU/h/W, enquanto que dos equipamentos novos foi em média 10 BTU/h/W.

4.2.1 Bloco “D”

A partir do levantamento do sistema de iluminação e ar condicionado, pode observar que o sistema de iluminação é constituído de luminárias de sobrepor abertas, algumas com alumínio anodizado, as mais novas, de 1 x 16 W, 4 x 16 W, 1 x 20 W, 2 x 20 W, 2 x 32 W, 4 x 32 W, 1 x 40 W, 2 x 40 W e 4 x 40 W; lâmpadas fluorescentes tubulares de 16 W e 32 W com reatores eletrônicos e lâmpadas fluorescentes de 20 W e 40 W com reatores eletromagnéticos, lâmpadas incandescentes e algumas lâmpadas dicróicas, presente no auditório.

O gráfico abaixo mostra a quantidade de cada tipo de lâmpada presente no sistema de iluminação.

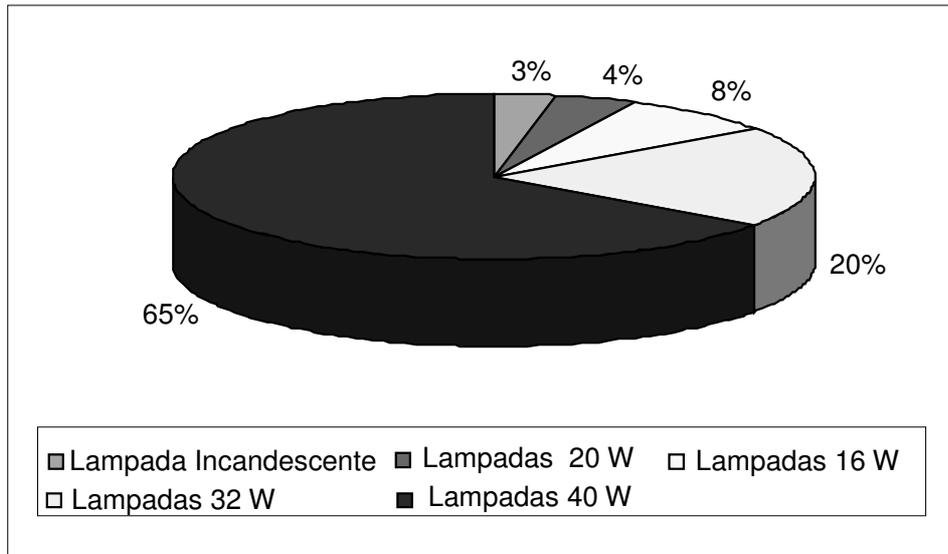


Gráfico 4.1: Perfil do Sistema de Iluminação Atual

Fonte: Elaboração Própria a partir do Diagnóstico Energético

O sistema de climatização desse bloco é constituído na sua maioria por aparelhos de ar condicionado do tipo janela, possuindo também algumas unidades “splits”. O tempo de utilização desses aparelhos é de aproximadamente 10 anos.

Por possuir muitas salas de pequeno porte, como gabinetes dos docentes, o ar condicionado de 7500 BTU/h é mais presente no sistema, e corresponde a 29% de toda a climatização, conforme gráfico abaixo que apresenta a quantidade de equipamentos separados por tipo.

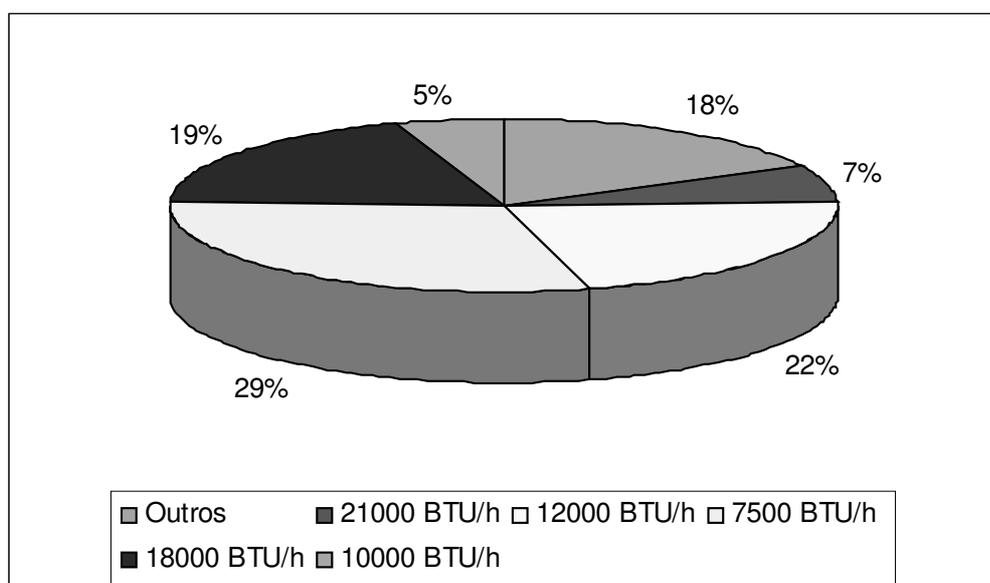


Gráfico 4.2: Perfil do Sistema de Climatização Atual.

Fonte: Elaboração Própria a partir do Diagnóstico Energético

4.2.2 Bloco “H”

O sistema de iluminação do bloco é “H” é constituído de luminárias eficientes, alumínio, e luminárias de sobrepor abertas de: 1 x 16 W, 2 x 16 W, 1 x 20 W, 2 x 20 W, 4 x 20 W, 1 x 32 W, 2 x 32 W, 4 x 32 W, 1 x 40 W, 2 x 40 W e 4 x 40 W; lâmpadas fluorescentes tubulares de 16 W e 32 W com reatores eletrônicos e lâmpadas fluorescentes de 20 W e 40 W com reatores eletromagnéticos, lâmpadas incandescentes e algumas lâmpadas dicróicas, presentes no auditório H322.

O gráfico abaixo mostra a quantidade de cada tipo de lâmpada presente no sistema de iluminação.

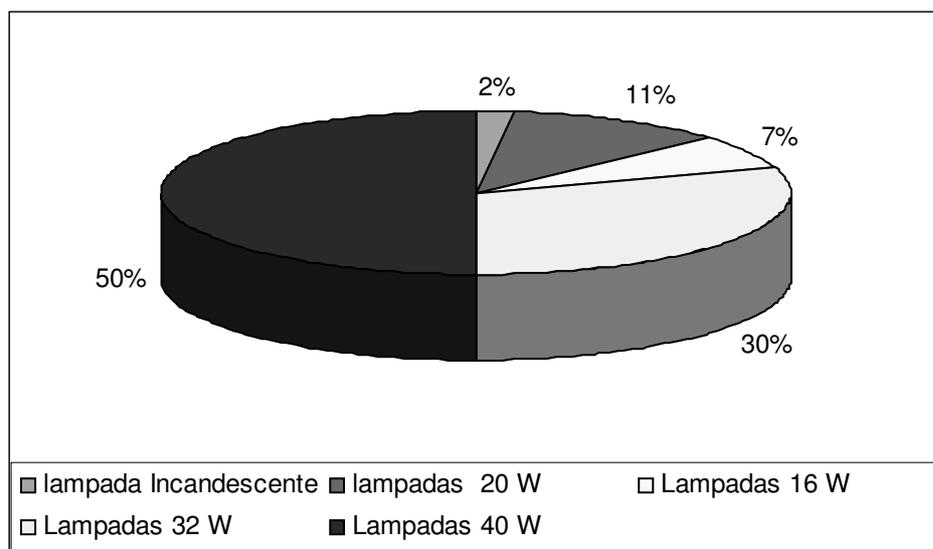


Gráfico 4.1: Perfil do Sistema de Iluminação Atual.

Fonte: Elaboração Própria a partir do Diagnóstico Energético

Em relação ao sistema de climatização pode ser observado que o aparelho de ar condicionado do tipo janela predomina, correspondendo a 80% de todo o sistema de climatização e os de 7500 BTU/h correspondem a 31% de todos os do tipo janela.

O gráfico abaixo apresenta a quantidade de equipamentos separados por tipo

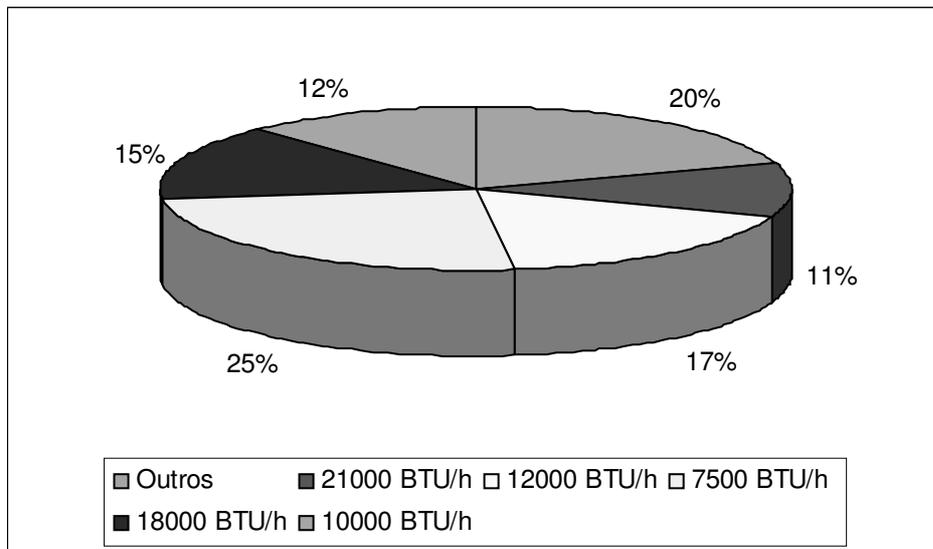


Gráfico 4.2: Perfil do Sistema de Climatização Atual.

Fonte: Elaboração Própria a partir do Diagnóstico Energético

5 Estudo de Caso: Blocos “D” e “H”

Observou-se a necessidade de se fazer esse estudo de caso, para demonstrar que uma simples troca dos equipamentos antigos por novos equipamentos eficientes é suficiente para obter redução de consumo.

Para efeito de cálculo assume-se, em média, a perda no reator eletromagnético igual a 10 W, e a perda nula no reator eletrônico, considerando um reator por luminária independente da potencia de cada lâmpada, a taxa de desconto a ser utilizada será de 12% aa, que é a taxa utilizada de acordo com o Manual para Elaboração do Programa de Eficiência Energética da Aneel (2006) e será considerado um regime de funcionamento de 12 horas diárias do equipamentos de iluminação e ar condicionado, sendo 3 horas no horário de ponta e 9 horas no fora de ponta tanto para o período úmido e seco.

É importante ressaltar que para um projeto ser considerado viável, segundo a metodologia da ANEEL, deve possuir RBC maior que 1.

A tabela a seguir mostra as trocas típicas feito nos sistemas de iluminação:

Tabela 5.1: Trocas Típicas dos Equipamentos de Iluminação.

Trocas Típicas		
Tipo de Troca	Luminária Existente	Luminária Proposta
S1/E1/P1	1x20W, com reator eletromagnético	Alumínio anodizado brilhante, 1x16W, com reator eletrônico
S2/E2/P2	2x20W, com reator eletromagnético	Alumínio anodizado brilhante, 2x16W, com reator eletrônico
S3/E3/P3	4x20W, com reator eletromagnético	Alumínio anodizado brilhante, 4x16W, com reator eletrônico
S4/E4/P4	6x20W, com reator eletromagnético	Alumínio anodizado brilhante, 2x32W, com reator eletrônico
S5/E5/P5	1x40W, com reator eletromagnético	Alumínio anodizado brilhante, 1x32W, com reator eletrônico
S6/E6/P6	2x40W, com reator eletromagnético	Alumínio anodizado brilhante, 2x32W, com reator eletrônico
S7/E7/P7	3x40W, com reator eletromagnético	Alumínio anodizado brilhante, 2x32W, com reator eletrônico
S8/E8/P8	4x40W, com reator eletromagnético	Alumínio anodizado brilhante, 2x32W, com reator eletrônico
S9/E9/P9	5x40W, com reator eletromagnético	Alumínio anodizado brilhante, 4x32W, com reator eletrônico
S12/E12/P12	1x110W, com reator eletromagnético	Alumínio anodizado brilhante, 1x58W, com reator eletrônico
S13/E13/P13	2x110W, com reator eletromagnético	Alumínio anodizado brilhante, 2x58W, com reator eletrônico
S14/ S15/ S16/ S17	1x16W/2x16W/2x32W/4x32W, com reator eletrônico	Manter
E18/S18	1x40W, com reator eletromagnético	Alumínio anodizado brilhante, 2x32W, com reator eletrônico
FC1/ FC2/ FC3/ FC4/ FC5/ FC6/ FC7/ FC8/	Lâmpada fluorescente compacta de 9/11/13/15/18/20/23/26W	Manter
FC9	Incandescente de 40W	Lâmpada fluorescente compacta de 10W
FC10	Incandescente de 60W	Lâmpada fluorescente compacta de 15W
FC11	Incandescente de 100W	Lâmpada fluorescente compacta de 23W
d1/d2/d3	Dicrónica de 13/35/50W	Manter
M1	Mista de 160W	Vapor metálico de 70W
M2	Mista de 250W	Vapor metálico de 150W
M3	Mista de 500W	Vapor metálico de 250W
S = sobrepôr / E = Embutir / P = Pendente / FC = Fluorescente Compacta M = Mista / d = dicrónica		

Fonte: PEREIRA; VIEIRA, 2005.

5.1 Sistema de Iluminação

A seguir serão mostradas as características do sistema de iluminação.

5.1.1 Sistema de Iluminação Atual

Segue a tabela com os dados do sistema atual:

Tabela 5.1: Situação Atual do Sistema de Iluminação dos Blocos “D” e “H”.

Tipo de Luminária	Horas de Uso Anual	Quantidade de Luminárias
1 x 16 W	4320	13
2 x 16 W	4320	150
4 x 16 W	4320	6
1 x 20 W	4320	37
2 x 20 W	4320	210
4 x 20 W	4320	3
1 x 32 W	4320	22
2 x 32 W	4320	560
4 x 32 W	4320	48
1 x 40 W	4320	155
2 x 40 W	4320	569
4 x 40 W	4320	321
TOTAL GERAL		2094

Fonte: Elaboração Própria a partir dos dados do Diagnostico Energético.

5.1.2 Sistema de Iluminação Proposto

Para o sistema proposto realizará troca simples de equipamentos, ou seja, sem projeto luminotécnico, substituindo-se as lâmpadas de 20 W por 16 W, as lâmpadas de 40 W por 32 W, os reatores eletromagnéticos por eletrônicos, e as luminárias atuais, das lâmpadas a serem trocadas, por outras com refletor de alumínio anodizado, na relação 1:1. As lâmpadas incandescentes serão substituídas por lâmpadas fluorescentes compactas. As luminárias e as lâmpadas existentes de 16 W e 32 W com reator eletrônico permanecerão inalteradas.

Tabela 5.1: Situação Proposta da Iluminação dos Blocos “D” e “H”.

Tipo de Luminária	Horas de Uso Anual	Quantidade de Luminárias
1 x 16 W	4320	50
2 x 16 W	4320	360
4 x 16 W	4320	9
1 x 32 W	4320	177
2 x 32 W	4320	1129
4 x 32 W	4320	369
TOTAL GERAL		2094

Fonte: Elaboração Própria.

A tabela abaixo mostra a quantidade de luminárias necessárias para a situação proposta do sistema de iluminação.

Tabela 5.2: Quantidade de Equipamentos utilizados na Proposta.

Tipo de Luminária	Horas de Uso Anual	Quantidade de Luminárias
1 x 16 W	4320	37
2 x 16 W	4320	210
4 x 16 W	4320	3
1 x 32 W	4320	155
2 x 32 W	4320	569
4 x 32 W	4320	321
TOTAL GERAL		1295

Fonte: Elaboração Própria.

A tabela abaixo mostra o investimento necessário para a implantação do novo sistema de iluminação.

Tabela 5.3: Investimento no Sistema Proposto da Iluminação dos Blocos “D” e “H”.

Material	Quantidade	Preço/unidade (R\$)
Lâmpada de 16 W (3000 K)	469	7,00
Lâmpada de 32 W (3000 K)	2577	7,00
Lâmpada LFC (9W)	65	15,00
Lâmpada LFC (15W)	4	15,00
Reator Duplo Eletrônico (16W)	250	40,00
Reator Duplo Eletrônico (32W)	1045	40,00
Luminária 1 x 32 W	155	40,00
Luminária 1 x 16 W	37	30,00
Luminária 2 x 32 W	569	50,00
Luminária 2 x 16 W	210	30,00
Luminária 4 x 32 W	321	60,00
Luminária 4 x 16 W	3	40,00
Mão-de-obra	1	3.500,00
TOTAL (R\$)		139.097,00

Fonte: Elaboração Própria.

5.1.3 Estimativas de Redução de Consumo e Demanda de Eletricidade

Observa-se que mesmo sem um projeto luminotécnico, apenas fazendo troca simples obtém-se resultados satisfatórios. Houve economia de 20,5% pelo sistema proposto.

Podem existir casos onde o iluminamento dos ambientes esteja muito abaixo da norma e, nesses casos, pode ocorrer, ao invés de uma redução de consumo e demanda, um aumento. Porém, de acordo com os projetos já realizados no âmbito do Procel EPP, essas não são situações comuns e na grande maioria dos casos consegue-se uma redução de consumo, pois com os avanços tecnológicos, lâmpadas com potencia inferior as das atualmente instaladas conseguem produzir um fluxo luminoso maior. Assim, mesmo numa troca simples obtém-se aumento do iluminamento do ambiente.

Segue uma tabela com o resumo dos resultados obtidos para o sistema de iluminação:

Tabela 5.1: Resumo dos Dados do Consumo e da Demanda de Energia Elétrica da Iluminação dos Blocos “D” e “H”.

Parâmetros Elétricos	Situação Atual	Situação Proposta	Economia
Energia (MWh/ano)	749,48	596,37	153,11
Demanda (kW)	173,49	138,05	35,44

Fonte: Elaboração Própria a partir dos dados do Diagnostico Energético.

5.1.4 Relação Benefício-Custo e Tempo de Retorno

A seguir é mostrada a tabela com um resumo dos benefícios obtidos na simples troca dos equipamentos.

Tabela 5.1: Valor da RBC de iluminação dos Blocos “D” e “H”.

Redução de Potência (kW)		Redução de Consumo (kWh-mês)		Benefício	Custo	RBC	1,74
35,44	20,43%	12,76	20,43%	46.270,06	26.604,11		

Fonte: Elaboração Própria.

Com essa proposta é possível obter uma economia anual de R\$ 25.340,18, apresentado nas planilhas do Anexo II, ao se calcular a diferença do custo mensal entre a situação atual e a situação proposta.

$$\text{O Tempo de Retorno Simples} = \frac{26.604,11}{46.270,06} = 0,58 \text{ anos}$$

Vale lembra que o custo e o benefício apresentados na tabela 5.7 são em relação ao período de um ano, ou seja, são benefícios e custos anualizados. Em relação ao custo este valor se refere quanto que custa o equipamento por ano baseando se na sua vida útil.

5.2 Sistema de Ar condicionado

Nesse sistema também foi realizada simulação supondo a troca simples.

5.2.1 Sistema de Climatização Atual

Segue a tabela com os dados do sistema atual:

Tabela 5.1: Sistema Atual de Climatização dos Blocos “D” e “H”.

Tipo de Ar (BTU/h)	Horas de uso anual	Quantidade de Equipamentos
7500	4320	102
10000	4320	43
12000	4320	72
18000	4320	62
21000	4320	39
24000	4320	15
30000	4320	34
Total Geral		367

Fonte: Elaboração Própria a partir dos dados do Diagnóstico Energético.

Estão presentes no sistema de climatização ar condicionados do tipo Central e “Split”, estes não foram citados na tabela acima por se tratarem de equipamentos eficientes e não se faz necessário a troca.

5.2.2 Sistema de Climatização Proposto

Para o sistema proposto será feita uma troca simples, sem estudo de cálculo de carga térmica, substituindo-se os equipamentos antigos por outros de mesma capacidade, na relação de 1:1.

Segue abaixo a tabela com os dados do sistema proposto sem o cálculo da carga térmica.

Tabela 5.1: Sistema Proposto de Climatização dos Blocos “D” e “H”.

Tipo de Ar (BTU/h)	Horas de Uso Anual	Quantidade de Equipamentos
7500	4320	102
10000	4320	43
12000	4320	72
18000	4320	62
21000	4320	39
24000	4320	15
30000	4320	34
Total Geral		367

Fonte: Elaboração Própria.

A tabela abaixo apresenta o investimento necessário na troca dos equipamentos.

Tabela 5.2: Investimento no Sistema Proposto de Climatização dos Blocos “D” e “H”.

Material	Quantidade	Preço/unidade (R\$)
7500 BTU/h	102	800,00
10000 BTU/h	43	1.100,00
12000 BTU/h	72	1.300,00
18000 BTU/h	62	1.500,00
21000 BTU/h	39	1.900,00
24000 BTU/h	15	2.000,00
30000 BTU/h	34	2.100,00
mão-de-obra		3.500,00
Total		494.500,00

Fonte: Elaboração Própria.

5.2.3 Estimativas de Redução de Consumo e Demanda de Eletricidade

Pode-se observar que mesmo sem o cálculo de carga térmica, obteve-se uma redução significativa no consumo e na demanda de energia elétrica. Houve uma economia de 40 % na situação proposta. Para esta proposta houve uma economia anual de R\$ 233.201,19 como pode ser visto nas planilhas do anexo II.

Tabela 5.1: Resumo dos Dados do Consumo e da Demanda de Energia Elétrica da Climatização.

Parâmetros Elétricos	Situação Atual	Situação Proposta	Economia
Energia (MWh/ano)	3869,28	2321,568	1547,71
Demanda (kW)	895,67	537,4	358,27

Fonte: Elaboração Própria a partir dos dados do Diagnostico Energético.

5.2.4 Relação Benefício-Custo e Tempo de Retorno

A tabela a seguir mostra que o tempo de retorno para o sistema de ar condicionado do tipo janela é inferior ao conseguido no sistema de iluminação, e em ambos os sistemas o tempo de retorno é inferior a 1 ano.

A seguir é apresentada uma tabela com um resumo dos benefícios obtidos na proposta:

Tabela 5.1: Valor do RBC de climatização dos Blocos “D” e “H”.

Redução de Potência (kW)		Redução de Consumo (kWh-mês)		Benefício	Custo	RBC	2,35
358,27	40,00%	128,98	40,00%	205.431,23	87.518,67		

Fonte: Elaboração Própria

$$\text{O Tempo de Retorno Simples} = \frac{87.518,67}{205.431,23} = 0,43\text{anos}$$

Vale lembra que o custo e o benefício apresentados na tabela 5.12 são em relação ao período de um ano, ou seja, são benefícios e custos anualizados. Em relação ao custo este valor se refere quanto que custa o equipamento por ano baseando se na sua vida útil.

6 Conclusão

O objetivo central dessa dissertação consistiu em identificar as principais características de consumo de energia elétrica do Centro de Tecnologia da UFRJ, especificamente blocos “D” e “H”, com ênfase em sistemas de iluminação e ar condicionado do tipo janela, estimando-se o consumo de energia elétrica, o potencial de conservação de energia elétrica, o investimento necessário para a implementação do projeto de eficiência e o tempo médio de retorno para esse projeto.

Em relação ao sistema de iluminação o estudo se baseou em apenas fazer simples troca, no intuito de melhorar a qualidade da iluminação e reduzir o consumo deste sistema. Basicamente as substituições propostas foram a troca das lâmpadas fluorescentes de 20W pelas de 16W, as de 40W pelas de 32W e as lâmpadas incandescentes por fluorescentes compactas. Observou-se que existe um grande número de luminárias e lâmpadas eficientes, ou seja, quantidade considerável de lâmpadas de 16 W e 32 W e luminárias de alumínio anodizado com reatores eletrônicos, onde estas foram trocadas recentemente por uma empresa de engenharia, no âmbito do projeto de eficiência energética da Light. Analisou-se então a viabilidade econômica da troca das lâmpadas existentes de 20 W e 40 W, luminárias e dos reatores eletromagnéticos por eletrônicos. O investimento necessário para essa proposta é de R\$ 139.097,00 com um RBC de 1,74 e um tempo de retorno de capital de 0,58 anos. O valor do RBC está de acordo com os padrões da Aneel, que prevê RBC maior que 1.

O sistema de climatização foi o que apresentou maior redução na demanda de energia cerca de 40 % dentre as duas propostas. A base do estudo para o sistema de climatização foi da troca dos aparelhos antigos, que possuem em média um EER médio de 6 BTU/h/W, por aparelhos novos com selo do Procel com um EER médio de 10 BTU/h/W. Na simulação foi necessário fazer 367 trocas de equipamentos, considerando os ambientes estudados (blocos “D” e “H”), e para isso foi calculado um investimento de R\$ 494.500,00 e um RBC de 2,35, que viabiliza o projeto de acordo com a Aneel, sendo previsto um tempo de retorno de investimento de aproximadamente 0,43 anos. Uma opção para uma maior redução do sistema de climatização seria a de um ar central para todos os blocos, porém, esta idéia esbarra nos seguintes impasses:

- quando houver um problema quem vai arcar com os custos?
- todos serão obrigados a colaborar?

Por esses motivos a opção de um ar central não é bem vista.

Apesar do RBC do sistema de iluminação ser menor que o sistema de climatização, mesmo assim torna-se o projeto viável, pois está acima do valor estipulado pelo órgão regulador de energia elétrica.

O potencial de conservação de energia elétrica obtido na simulação para o sistema de iluminação foi de 153,11 MWh/ano, que equivale ao consumo de 307 habitantes¹¹ e o potencial de conservação de energia elétrica do sistema de climatização é de 1.547,71 MWh/ano que equivale ao consumo de 885 habitantes¹².

Traduzindo em benefícios diretos para a Universidade, com o completo aproveitamento do potencial existente nos sistemas de iluminação e ar condicionado do tipo janela, seria possível obter-se uma economia de recursos da ordem de **R\$ 260 mil/ano** com a redução do consumo.

A redução de demanda seria de aproximadamente **35,44 kW** para o sistema de iluminação e **358,27 kW** no sistema de climatização.

Atualmente poucos órgãos apóiam projetos de eficiência energética nesse tipo específico de segmento. As linhas de financiamento existentes normalmente não são viáveis para os governos e união. Assim, a maioria dos projetos é realizada através de empresas que atuam com recursos a “fundo perdido” ou através da resolução da Aneel que obriga as concessionárias de energia elétrica a aplicarem 0,25% de sua receita anual em projetos de eficiência energética. Porém, nesse caso, apenas uma parte desse percentual é destinada a prédios públicos, incluindo as Universidades Estaduais e Federais.

Os resultados encontrados neste trabalho são conservadores, pois foi considerado perda constante nos reatores eletromagnético independente da lâmpada a ser acionada, se fosse uma distinção os resultados obtidos seriam melhores, o mesmo acontece para os ar condicionados o eficiência de 6 Btu/h/W para os equipamentos antigos e de 10 Btu/h/W para os novos equipamentos também são considerados eficiências constantes independente da potência do equipamento. Mesmo sem ter feito uma distinção dos equipamentos existente e futuros os resultados obtidos foram satisfatórios, o que vale lembra que os valores de redução da energia e potencial podem ser ainda melhores, caso essa distinção seja considerada.

¹¹ Utilizando o consumo por moradia no valor de 146 kWh/mês e que cada moradia tem 3,5 habitantes (IBGE, 2007)

¹² Utilizando o consumo por moradia no valor de 146 kWh/mês e que cada moradia tem 3,5 habitantes (IBGE, 2007)

Os sistemas de iluminação e ar condicionado não fazem parte da atividade-fim de uma Universidade, porém seria impraticável gerir uma Universidade sem a presença de condicionamento de ar, principalmente em áreas específicas, como os laboratórios.

A iluminação também é essencial, pois em muitos ambientes a luz natural não é suficiente, além de somente estar disponível durante certos períodos do dia e em graus de iluminamento variáveis (limitados também por questões sazonais).

Por isso, a qualidade desses dois sistemas é muito importante para a Universidade, e projetos de eficiência energética, além de reduzirem a conta de energia, reduzindo os custos da Universidade, ainda proporcionam melhora na qualidade de iluminação e climatização.

As propostas realizadas neste diagnóstico de eficiência energética oferecem excelentes oportunidades de redução do desperdício do uso dos insumos energéticos que atendem às instalações, aparelhos e equipamentos ligados à infra-estrutura da Universidade, cuja implantação poderá contribuir para a mudança de comportamento dos usuários no uso desses recursos.

Como trabalhos futuros poderiam ser feitos estudos luminotécnicos e de carga térmica para verificar se algum ambiente está sobre-dimensionado ou sub-dimensionado e verificar o potencial de conservação após estudos, e fazer um comparativo do potencial de conservação prevendo a simples troca e o potencial de conservação realizando estudos.

Como foi dito que a tecnologia é um aliado da eficiência energética poderia ser criado um sistema de controle da iluminação que durante o período noturno acendesse somente algumas lâmpadas dos corredores, para iluminação de segurança, e também tivesse um sensor que enquanto houvesse pessoas dentro das salas de aulas as luzes ficariam acesas e quando não houvesse mais ninguém, as mesmas se apagariam, pois sendo um local público implantar uma política de conscientização é difícil. Portanto, ao se implantar os sistemas automáticos de iluminação, poderá se obter uma boa redução na fatura de energia.

7 Referências Bibliográficas

ABNT – NBR – 5413 – Iluminância de Interiores.

ABNT – NBR – 6401 – Instalações Centrais de ar condicionado para Conforto - parâmetros básicos de projeto.

ANEEL – Manual para Elaboração do Programa de Eficiência Energética da Aneel – Ciclo 2005/2006 – Disponível em: www.aneel.gov.br

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, Outubro de 2002.

Eletrobrás / PROCEL, 2006 – Conservação de Energia: Eficiência Energética em Instalações e Equipamentos, 3ª Edição, Editora EFEI, Itajubá, Minas Gerais, Brasil.

Eletrobrás / PROCEL EDUCAÇÃO, 2007 – Eficiência Energética: Teoria & Prática, 1ª Edição, Itajubá, Minas Gerais, Brasil.

GAIA, 2004 – Cursos de Utilização Racional de Energia: Eficiência Energética na Indústria, Janeiro de 2004.

GELLER, H. S., 2003, Revolução Energética – Políticas para Um Futuro Sustentável. Relume Dumará, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

GHISI, E.; LAMBERTS, R., ENTAC 1998, Influência das Características Reflexivas da Luminária e da Refletância das Paredes na Potência Instalada em Sistemas de Iluminação, Santa Catarina, Brasil.

KHEMIRI-ENIT A.; ANNABI M., 1996 - Models for Energy Conservation to be Used in Energy Audits, Tunísia, Renewable Energy, Volume 9, Número 1-4, Setembro- Dezembro 1996, Páginas 1299-1302.

MAGALHÃES, L., 2001, Orientações Gerais para Conservação de Energia Elétrica em Prédios Públicos – PROCEL EPP, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

ONAYG, S.; GULER, O., 2003 - Determination of the Energy Saving by Daylight Responsive Lighting Control Systems with an Example from Istanbul, Istanbul, Turkey, Fuel and Energy Abstracts, Volume 45, Número 1, Janeiro 2004, Página 43.

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.

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.

Programa de Educação Ambiental – A natureza da Paisagem – PROCEL, CIMA, Rio de Janeiro, 1998.

STOECKER, W.F.; JONES, J.W., 1985 – Refrigeração e Ar Condicionado, McGraw-Hill.

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, Dezembro de 2006.

Página Oficial do Instituto Nacional de Eficiência Energética (INEE). Disponível em: www.inee.org.br/eficiencia.

Página Oficial da CONSUL. Disponível em: www.consul.com.br

Página Oficial da Empresa de Pesquisa Energética. Disponível em: www.epe.gov.br

Página Oficial da Eletrobrás. Disponível em: www.eletrabras.com

Página Oficial da Light Serviços de Eletricidade S.A. Disponível em: www.light.com.br

Pagina Oficial da PHILIPS. Disponível em: www.philips.com.br

Pagina Oficial da SPRINGER CARIER. Disponível em: www.springer.com.br

Pagina Oficial da Universidade Federal do Rio de Janeiro. Disponível em: www.ufrj.br

Anexo I – Diagnóstico Energético

Diagnóstico Energético do Bloco “D”

Tabela A.1: Diagnóstico Energético do 1º Andar do Bloco “D”.

Bloco Andar	Sala	ILUMINAÇÃO													AR CONDICIONADO (BTU)	
		Incandescente		Fluorescente												
		60 W	100 W	1 x 16W	2 x 16W	4 x 16 W	1 x 20 W	2 x 20 W	4 x 20 W	1 x 32 W	2 x 32 W	4 x 32 W	1x 40 W	2 x 40 W		4 x 40 W
Bloco D - 1º Andar	101				4						20					5 x 12000
	104	2						1						2	8	4 x 12000
	105														12	---
	LIG													16		2 x 18000
	107										4					---
	111														9	---
	112														9	2 x 18000
	114										6					---
	115														8	---
	116														9	---
	117														6	1 x 30000
	118							10						4		1 x 7500 2 x 12000 1 x 18000
	119										20					3 x 30000
	Banheiro														2	---
	120														6	---
122										6					---	
Corredor										3					---	
Quantidade		2	0	0	4	0	0	11	0	0	59	0	0	22	69	43010
Potencia Total (W)		120		0	128		0	550		0	3776		0	1980	11730	

Fonte: Elaboração Própria a partir dos dados do Diagnóstico Energético.

Tabela A.2: Diagnóstico Energético do 2º Andar do Bloco “D”.

Bloco Andar	Sala	ILUMINAÇÃO														AR CONDICIONADO (BTU)
		Incandescente		Fluorescente												
		60 W	100 W	1 x 16W	2 x 16W	4 x 16 W	1 x 20 W	2 x 20 W	4 x 20 W	1 x 32 W	2 x 32 W	4 x 32 W	1x 40 W	2 x 40 W	4 x 40 W	
Bloco D 2º Andar	seminários	---	---	---	---	6	---	---	---	---	---	---	---	---	---	Split - 2 x 48000
	204	---	---	---	---	---	---	1	---	---	---	---	---	1	12	4 x 10000 4 x 7500 3 x 12000
	205	8	---	---	---	---	---	4	---	---	34	---	---	---	---	15 x 7500 4 x 18000 2 x 21000
	206	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	4	---	---	2 x 24000
	206 A	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	4	---	---	---
	206 B	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	2	1 x 21000
	207	---	---	---	---	---	1	---	---	---	---	---	---	20	3	1 x 24000 1 x 30000
	208	---	---	---	---	---	3	---	---	---	---	---	2	---	4	3 x 18000
	209	---	---	---	---	---	---	5	---	---	6	3	---	---	7	2 x 18000 2 x 7500 2 x 12000 3 x 21000
	210 A	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	6	---
	210 B	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	6	---
	212	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	9	---
	213	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	6	---
	215	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	6	---
	216	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	9	---
	217	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	6	---
	219	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	3	---
	221	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	6	---
	Banheiros	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	2	---	---
	Auditorio	---	25	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Corredor	---	---	---	29	---	---	---	---	---	4	---	---	---	---	---	---
Quantidade	8	25	0	29	6	4	10	0	0	44	3	2	31	85	90850	
Potencia Total (W)	480	2500	0	928		120	500	0	0	2816	384	100	2790	14450		

Fonte: Elaboração Própria a partir dos dados do Diagnóstico Energético.

Diagnóstico Energético do Bloco “H”

Tabela A.3: Diagnóstico Energético do 1º Andar do Bloco “H”.

Bloco Andar	Sala	ILUMINAÇÃO													AR CONDICIONADO (BTU)	
		Incandescente		Fluorescente												
		60 W	100 W	1 x 16W	2 x 16W	4 x 16 W	1 x 20 W	2 x 20 W	4 x 20 W	1 x 32 W	2 x 32 W	4 x 32 W	1x 40 W	2 x 40 W		4 x 40 W
Bloco H 1º Andar	105										5				Split - 1 x 48000	
	106							3					27	4	4 x 21000 1 x 18000 1 x 12000	
	107										2				1 x 30000	
	108						2						7	7	31 Central - 20,9 KW	
	109													8	4 x 12000	
	111							8						64	2 x 21000 18 x 12000	
	114	2												3	1 x 18000	
	115 A													13	split - 1 x 24000	
	115 B													6	1 x 30000	
	116	10												1	1 x 18000	
	117							1						11	2 x 18000 1 x 21000 1 x 10000	
	118													6	1 x 21000	
	119													6	1 x 21000	
	Banheiro									18						
	Corredor		4		15						2			3		
Transporte													8		1 x 24000 1 x 7500	
Quantidade		12	4	0	15	0	2	12	0	18	9	0	7	132	66	
Potencia Total (W)		720	400	0	480	0	60	600	0	576	576	0	350	11880	11220	90190

Fonte: Elaboração Própria a partir dos dados do Diagnóstico Energético.

Tabela A.4: Diagnóstico Energético do 2º Andar do Bloco “H”.

Bloco Andar	Sala	ILUMINAÇÃO												AR CONDICIONADO (BTU)		
		Incandescente		Fluorescente												
		60 W	100 W	2 x 16W	4 x 16 W	1 x 20 W	2 x 20 W	4 x 20 W	1 x 32 W	2 x 32 W	4 x 32 W	1x 40 W	2 x 40 W		4 x 40 W	
2º Andar Bloco H	201											32	8		3 x 21000 2 x 30000	
	202B									6					1 x 10000	
	202 C									6					2 x 10000	
	202 D									6					1 x 10000	
	202 E									6					1 x 10000	
	202 F									6					1 x 10000	
	202 G									6					1 x 10000	
	Depósito									6						
	Banheiros						12									
	203										21			24		1 x 21000 2 x 30000 3 x 18000 3 x 12000 1 x 10000 Split - 1 x 24000
	204													30		1 x 7500 3 x 10000 1 x 30000 Split - 1 x 9000 Split - 1 x 48000
	206										14					5 x 12000
	208										9					2 x 30000
	209										21					2 x 30000
	210						20							6		2 x 30000 2 x 9000 Split - 2 x 48000
	211										9					2 x 21000
	212						19							7		2 x 10000 2 x 12000
	212 A										23					2 x 12000 2 x 18000 1 x 10000
	212 B															2 x 10000 2 x 7500
	213										9					
214										18						
217										12					Central - 1 x	
218													6			
219		20								6			18		Central - 2x	
LPS						17							12		Split - 3 x 9000 4 x 12000 3 x 21000	

Fonte: Elaboração Própria a partir dos dados do Diagnóstico Energético.

Tabela A.4: Diagnóstico Energético do 2º Andar do Bloco “H”.

Bloco Andar	Sala	ILUMINAÇÃO												AR CONDICIONADO (BTU)	
		Incandescente		Fluorescente											
		60 W	100 W	2 x 16W	4 x 16 W	1 x 20 W	2 x 20 W	4 x 20 W	1 x 32 W	2 x 32 W	4 x 32 W	1x 40 W	2 x 40 W		4 x 40 W
2º Andar Bloco H	221 A										6				-
	221 B										6				-
	222												9		---
	223										15				2 X 21000
	224												9		---
	225 A													12	2 x 21000
	224													9	---
	225 A													12	2 x 21000
	226													9	---
	LIG													6	2 x 21000
	LASP													6	1 x 21000 1 x 18000
	227						1	1				14		4	4 x 12000 Split - 1 x 9000
	228													9	
	229 A										1			2	1 x 7500
	229 B													1	1 x 7500
	229 C										1				1 x 7500
	229 D										1				1 x 7500
	229 E										1				1 x 7500
	230										3				1 x 12000
	231 A										1				1 x 7500
	231 B										1				1 x 7500
	231 C										1				1 x 7500
	232 A													1	1 x 7500
	232 B													1	1 x 7500
	232 C													1	1 x 7500
	233										1			5	2 x 12000
	234 A													1	1 x 7500
	234 B										1				1 x 7500
	236 A										1				1 x 7500
	236 B										1				1 x 7500
	236 C													1	1 x 7500
	238													18	Split - 2 x 24000
Corredor I													6		
Corredor II				29						4					
Banheiros		4													
Cozinha														2	
Quantidade		24	0	29	0	1	69	0	0	231	12	32	233	2	194630
Potencia Total (W)		1440		928		30	3450	0	0	14784	1536	1600	20970	340	

Fonte: Elaboração Própria a partir dos dados do Diagnóstico Energético.

Tabela A.5: Diagnóstico Energético do 3º Andar do Bloco “H”.

Bloco Andar	Sala	ILUMINAÇÃO													AR CONDICIONADO (BTU)	
		Incandescente		Fluorescente												
		60 W	100 W	1 x 16W	2 x 16W	4 x 16 W	1 x 20 W	2 x 20 W	4 x 20 W	1 x 32 W	2 x 32 W	4 x 32 W	1x 40 W	2 x 40 W		4 x 40 W
3º Andar Bloco H	301	3					7						20		12	5 x 30.000 1 x 7.500 Central - 1 x 9.000
	302							36						4		9 x 7.500
	304								2			48				Split – 4 x 24.000 10 x 10.000
	305												32	30		Split – 2 x 48.000 2 x 21.000 4 x 18.000
	vestiário	5								3		4				---
	310						1				16		10	5		5 x 18.000 5 x 7.500
	312 A										2					1 x 21.000
	312 B														6	2 x 21.000
	312 C														6	Split – 1 x 48.000
	312 D											3				1 x 21.000
	316					3							6			2 x 18.000
	318 A						1	21		4			1	22		19 x 7.500
	318 B			7			15						6	12		3 x 7.500 4 x 12.000 Split - 2 x 24.000
	319					6						12	26		31	13 x 7.500 6 x 24.000 3 x 18.000
	320											9				4 x 12.000
	321											8	3		1	5 x 10.000 1 x 7.500
322 B					2						13	4	8		8 x 7.500	
324 A					3						6				Split - 1 x 18.000	
324 B											11				Split - 2 x 24.000	

Fonte: Elaboração Própria a partir dos dados do Diagnóstico Energético.

Tabela A.5: Diagnóstico Energético do 3º Andar do Bloco “H”.

Bloco Andar	Sala	ILUMINAÇÃO													AR CONDICIONADO (BTU)
		Incandescente		Fluorescente											
		60 W	100 W	1 x 16W	2 x 16W	4 x 16 W	1 x 20 W	2 x 20 W	4 x 20 W	1 x 32 W	2 x 32 W	4 x 32 W	1x 40 W	2 x 40 W	
3º Andar Bloco H	Auditório	7											2		Split - 1 x 36.000 1 x 21.000
	Biblioteca									30					3 x 30.000
	327									5					2 x 10.000 1 x 18.000 Split - 1 x 24.000
	328 A									5					1 x 18.000
	328 B									6					2 x 18.000
	328 C									6					2 x 18.000
	329									10		12			Split - 3 x 24.000 1 x 10.000
	330													6	Split - 1 x 18.000
	332												9		3 x 18.000
	335							4				33			2 x 21.000 10 x 18.000 1 x 12.000
	337													12	1 x 18.000
	338								19				13	18	15 x 12.000
	339						6						6		3 x 12.000
	340							26					9		3 x 10.000 6 x 12.000
	341												1	7	2 x 30.000 2 x 24.000
	343				26						11				7 x 30.000 Split - 1 x 24.000
	345												30		4 x 10.000 2 x 12.000 2 x 18.000
Banheiros	14														
Corredor				33						6					
Quantidade		29	0	7	73	0	30	108	3	4	217	33	114	151	99
Potencia Total (W)		1740		112	2336		900	5400	270	128	13888	4224	5700	13590	16830

Fonte: Elaboração Própria a partir dos dados do Diagnóstico Energético.

Anexo II – Comparativo do Sistema de Iluminação e Ar condicionado

Situação Atual do Sistema de Iluminação

Tabela A.6: Situação Atual do Sistema de Iluminação dos Blocos “D” e “H”.

SITUAÇÃO ATUAL										
Lampada	Luminaria	Quantidade	kW Ponta	kW FPonta	P Úmido (MWh/ano)	FP Úmido (MWh/ano)	P seco (MWh/ano)	FP Seco (MWh/ano)	R\$/ano	R\$/mês
Incandescente	60 W	72	4,32	4,32	1,30	4,92	1,81	6,89	2.677,97	223,16
	100 W	29	2,90	0,00	0,87	3,31	1,22	4,63	1.765,38	147,11
Compacta	16 W	23	0,37	0,37	0,11	0,42	0,15	0,59	228,12	19,01
	20 W	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Dicrónica	50 W	25	1,25	1,25	0,38	1,43	0,53	2,00	774,88	64,57
Mista	160 W	3	0,48	0,48	0,14	0,55	0,20	0,77	297,55	24,80
Vapor Metálico	70 W	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Fluorescente	1 X 16 W	13	0,21	0,21	0,06	0,24	0,09	0,33	128,94	10,74
	2 X 16 W	150	4,80	4,80	1,44	5,47	2,02	7,66	2.975,52	247,96
	4 X 16 W	6	0,38	0,38	0,12	0,44	0,16	0,61	238,04	19,84
	1 X 20 W	37	1,11	1,11	0,33	1,27	0,47	1,77	688,09	57,34
	2 X 20 W	210	10,50	10,50	3,15	11,97	4,41	16,76	6.508,95	542,41
	4 X 20 W	3	0,27	0,27	0,08	0,31	0,11	0,43	167,37	13,95
	1 X 32 W	22	0,70	0,70	0,21	0,80	0,30	1,12	436,41	36,37
	2 X 32 W	560	35,84	35,84	10,75	40,86	15,05	57,20	22.217,22	1.851,43
	4 X 32 W	48	6,14	6,14	1,84	7,00	2,58	9,81	3.808,67	317,39
	1 X 40 W	155	7,75	7,75	2,33	8,84	3,26	12,37	4.804,23	400,35
	2 X 40 W	569	51,21	51,21	15,36	58,38	21,51	81,73	31.745,08	2.645,42
4 X 40 W	321	54,57	54,57	16,37	62,21	22,92	87,09	33.827,95	2.819,00	
Total de pontos de iluminação		2246	182,808	179,908	54,8424	208,40112	76,77936	291,761568	113.290,36	9.440,86

Fonte: Elaboração Própria a partir dos dados do Diagnóstico Energético.

Situação Proposta do Sistema de Iluminação

Tabela A.7: Situação Proposta do Sistema de Iluminação dos Blocos “D” e “H”.

SITUAÇÃO PROPOSTA										
Lampada	Luminaria	Quantidade	kW Ponta	kW FPonta	P Úmido (MWh/ano)	FP Úmido (MWh/ano)	P seco (MWh/ano)	FP Seco (MWh/ano)	R\$/ano	R\$/mês
Incandescente	60 W	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	100 W	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Compacta	16 W	95	1,52	1,52	0,46	1,73	0,64	2,43	942,25	78,52
	20 W	29	0,58	0,58	0,17	0,66	0,24	0,93	359,54	29,96
Dicrónica	50 W	25	1,25	1,25	0,38	1,43	0,53	2,00	774,88	64,57
Mista	160 W	3	0,48	0,48	0,14	0,55	0,20	0,77	297,55	24,80
Vapor Metálico	70 W	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Fluorescente	1 X 16 W	50	0,80	0,80	0,24	0,91	0,34	1,28	495,92	41,33
	2 X 16 W	360	11,52	11,52	3,46	13,13	4,84	18,39	7.141,25	595,10
	4 X 16 W	9	0,58	0,58	0,17	0,66	0,24	0,92	357,06	29,76
	1 X 20 W	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	2 X 20 W	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	4 X 20 W	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	1 X 32 W	177	5,66	5,66	1,70	6,46	2,38	9,04	3.511,11	292,59
	2 X 32 W	1129	72,26	72,26	21,68	82,37	30,35	115,32	44.791,50	3.732,63
	4 X 32 W	369	47,23	47,23	14,17	53,84	19,84	75,38	29.279,12	2.439,93
	1 X 40 W	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	2 X 40 W	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
4 X 40 W	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Total de pontos de iluminação		2246	141,878	141,878	42,5634	161,74092	59,58876	226,437288	87.950,18	7.329,18

Fonte: Elaboração Própria.

Situação Atual do Sistema de Ar condicionado

Tabela A.8: Situação Atual do Sistema de Ar condicionado dos Blocos “D” e “H”.

SITUAÇÃO ATUAL										
Equipamento	BTU/h	Quantidade	kW Ponta	kW FPonta	P Úmido (MWh/ano)	FP Úmido (MWh/ano)	P seco (MWh/ano)	FP Seco (MWh/ano)	R\$/ano	R\$/mês
Ar Condicionado	7500	102	127,50	127,50	38,25	145,35	53,55	203,49	79.037,26	6.586,44
	10000	43	71,67	0,00	21,50	81,70	30,10	114,38	43.627,09	3.635,59
	12000	72	144,00	144,00	43,20	164,16	60,48	229,82	89.265,61	7.438,80
	18000	62	186,00	186,00	55,80	212,04	78,12	296,86	115.301,41	9.608,45
	21000	39	136,50	136,50	40,95	155,61	57,33	217,85	84.616,36	7.051,36
	24000	15	60,00	60,00	18,00	68,40	25,20	95,76	37.194,00	3.099,50
	30000	34	170,00	170,00	51,00	193,80	71,40	271,32	105.383,01	8.781,92
Total de Aparelhos		367	895,67	824,00	268,70	1021,06	376,18	1429,48	583.002,97	48.583,58

Fonte: Elaboração Própria.

Situação Proposta do Sistema de Ar condicionado

Tabela A.9: Situação Proposta do Sistema de Ar condicionado dos Blocos “D” e “H”.

SITUAÇÃO PROPOSTA										
Equipamento	BTU/h	Quantidade	kW Ponta	kW FPonta	P Úmido (MWh/ano)	FP Úmido (MWh/ano)	P seco (MWh/ano)	FP Seco (MWh/ano)	R\$/ano	R\$/mês
Ar Condicionado	7500	102	76,50	76,50	22,95	87,21	32,13	122,09	47.422,36	3.951,86
	10000	43	43,00	0,00	12,90	49,02	18,06	68,63	26.176,25	2.181,35
	12000	72	86,40	86,40	25,92	98,50	36,29	137,89	53.559,37	4.463,28
	18000	62	111,60	111,60	33,48	127,22	46,87	178,11	69.180,85	5.765,07
	21000	39	81,90	81,90	24,57	93,37	34,40	130,71	50.769,82	4.230,82
	24000	15	36,00	36,00	10,80	41,04	15,12	57,46	22.316,40	1.859,70
	30000	34	102,00	102,00	30,60	116,28	42,84	162,79	63.229,81	5.269,15
Total de Aparelhos		367	537,40	494,40	161,22	612,64	225,71	857,69	349.801,78	29.150,15

Fonte: Elaboração Própria.

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

Custos Evitados

- Custo Unitário Evitado de Demanda (CED)

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

- Custo Unitário Evitado de Energia (CEE)

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

Onde:

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

LE₁, LE₂, LE₃ e LE₄ – 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;

C₁ – Custo unitário da demanda no horário de ponta [R\$/kW.mês];

C₂ – Custo unitário da demanda fora do horário de ponta [R\$/kW.mês];

C₃ – Custo unitário da energia no horário de ponta de períodos secos [R\$/MWh];

C₄ – Custo unitário da energia no horário de ponta de períodos úmidos [R\$/MWh];

C₅ – Custo unitário da energia fora do horário de ponta de períodos secos [R\$/MWh];

C₆ – Custo unitário da energia fora do horário de ponta de períodos úmidos [R\$/MWh].

- Custo Anualizado Total (CA_{TOTAL})

$$CA_{TOTAL} = \Sigma CA_{equip1} + CA_{equip2} + \Lambda + CA_{equipn}$$

- 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 ($CPE_{equip\ n}$):

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

- 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).

A taxa de desconto a ser considerada na avaliação financeira é de **12% a.a.** Esta taxa tem por base o Plano Decenal de Expansão 1999/2008 aprovado pela Portaria MME número 151, de 10 de maio de 1999.

Anexo IV – Definições e Siglas Principais

- **Carga Instalada**

É a soma das potências nominais dos equipamentos elétricos instalados na unidade consumidora, em condições de entrar em funcionamento, expressa em quilowatts (kW).

- **Consumidor**

É a pessoa física ou jurídica, ou comunhão de fato ou de direito, legalmente representada, que solicitar à concessionária o fornecimento de energia elétrica e assumir a responsabilidade pelo pagamento das faturas e pelas demais obrigações fixadas em normas e regulamentos da ANEEL, assim vinculando-se aos contratos de fornecimento, de uso e de conexão ou de adesão, conforme cada caso.

- **Demanda**

É a média das potências elétricas ativas ou reativas, solicitadas ao sistema elétrico pela parcela da carga instalada em operação na unidade consumidora, durante um intervalo de tempo especificado.

- **Demanda Contratada**

É a demanda de potência ativa a ser obrigatória e continuamente disponibilizada pela concessionária, no ponto de entrega, conforme valor e período de vigência fixados no contrato de fornecimento e que deverá ser integralmente paga, seja ou não utilizada durante o período de faturamento, expressa em quilowatts (kW).

- **Demanda de Ultrapassagem**

É a parcela da demanda medida que excede o valor da demanda contratada, expressa em quilowatts (kW).

- Demanda Faturável

É o valor da demanda de potência ativa, identificado de acordo com os critérios estabelecidos e considera para fins de faturamento, com aplicação da respectiva tarifa, expressa em quilowatts (kW).

- Demanda Medida

É a maior demanda de potência ativa, verificada por medição, integralizada no intervalo de 15 (quinze) minutos durante o período de faturamento, expressa em quilowatts (kW).

- Energia Elétrica Ativa

É a energia elétrica que pode ser convertida em outra forma de energia, expressa em quilowatts-hora (kWh).

- Energia Elétrica Reativa

É a energia elétrica que circula continuamente entre os diversos campos elétricos e magnéticos de um sistema de corrente alternada, sem produzir trabalho, expressa em quilovolt-ampère-reactivo-hora (kvarh).

- Tarifa

É o preço da unidade de energia elétrica e/ou da demanda de potência ativa.

- Estrutura Tarifária Convencional

É a estrutura caracterizada pela aplicação de tarifas de consumo de energia e/ou demanda de potência independentemente das horas de utilização do dia e dos períodos do ano. Até 1981 era o único tipo de tarifa existente.

- Estrutura Tarifária Horosazonal

É a estrutura caracterizada pela aplicação de tarifas diferenciadas de consumo de energia elétrica e de demanda de potência de acordo com as horas de utilização do dia e dos períodos do ano, conforme a seguinte especificação:

✓ Horário de Ponta (P)

É o período definido pela concessionária e composto por 3 (três) horas diárias consecutivas, exceção feita aos sábados, domingos e feriados nacionais, considerando as características do seu sistema elétrico. A concessionária LIGHT – Serviços de Eletricidade S.A. define o intervalo de 17:30h as 20:30h para o horário de ponta.

✓ Horário Fora de Ponta (F)

É o período composto pelo conjunto das horas diárias consecutivas e complementares àquelas definidas no horário de ponta.

✓ Período úmido (U)

É o período de 5 (cinco) meses consecutivos, compreendendo os fornecimentos abrangidos pelas leituras de dezembro de um ano a abril do ano seguinte.

✓ Período Seco (S)

É o período de 7 (sete) meses consecutivos, compreendendo os fornecimentos abrangidos pelas leituras de maio a novembro.

▪ Fator de Carga

É a razão entre a demanda média e a demanda máxima da unidade consumidora, ocorridas no mesmo intervalo de tempo especificado.

▪ Fator de Demanda

É a razão entre a demanda máxima num intervalo de tempo especificado e a carga instalada na unidade consumidora.

▪ Fator de Potência

É a razão entre a energia elétrica ativa e a raiz quadrada da soma dos quadrados das energias elétricas ativa e reativa, consumidas num mesmo período especificado.

- Grupo “A”

É o grupamento composto de unidades consumidoras com fornecimento em tensão igual ou superior a 2,3 kV, ou, ainda, atendidas em tensão inferior a 2,3 kV a partir de sistema subterrâneo de distribuição e que seja verificado o consumo de energia elétrica ativa mensal igual ou superior a 30 MWh ou que seja firmado contrato de fornecimento fixando demanda contratada igual ou superior a 150 kW.

- Grupo “B”

É o grupamento composto de unidades consumidoras com fornecimento em tensão inferior a 2,3 kV, ou, ainda, atendidas em tensão superior a 2,3 kV e cuja potência instalada em transformadores for igual ou inferior a 112,5 kVA.

- Ponto de Entrega

É o ponto de conexão do sistema elétrico da concessionária com as instalações elétricas da unidade consumidora, caracterizando-se como o limite de responsabilidade do fornecimento.

- Potência

É a quantidade de energia elétrica solicitada na unidade de tempo, expressa em quilowatts (kW).

- Potência Disponibilizada

É a potência que o sistema elétrico da concessionária deve dispor para atender às instalações elétricas da unidade consumidora, segundo os critérios a seguir:

- ✓ Unidade Consumidora do Grupo “A”

É a demanda contratada, expressa em quilowatts (kW).

- ✓ Unidade Consumidora do Grupo “B”

É a potência em kVA, resultante da multiplicação da capacidade nominal ou regulada, de condução de corrente elétrica do equipamento de proteção geral da

unidade consumidora pela tensão nominal, observado no caso de fornecimento trifásico, o fator específico referente ao número de fases.

- **Potência Instalada**

É a soma das potências nominais de equipamentos elétricos de mesma espécie instalados na unidade consumidora e em condições de entrar em funcionamento.

- **Subestação**

É a parte das instalações elétricas da unidade consumidora atendida em tensão primária de distribuição que agrupa os equipamentos, condutores e acessórios destinados à comando, proteção, medição, manobra e transformação de grandezas elétricas.

- **Tarifa Monômnia**

É a tarifa de fornecimento de energia elétrica constituída por preços aplicáveis unicamente ao consumo de energia elétrica ativa.

- **Tarifa Binômnia**

É o conjunto de tarifas de fornecimento constituído por preços aplicáveis ao consumo de energia elétrica ativa e à demanda faturável.

- **Tarifa de Ultrapassagem**

É a tarifa aplicável sobre a diferença positiva entre a demanda medida e a contratada, quando exceder os limites estabelecidos.

- **Unidade Consumidora**

É o conjunto de instalações e equipamentos elétricos caracterizado pelo recebimento de energia elétrica em um só ponto de entrega, com medição individualizada e correspondente a um único consumidor.

- Tarifa Azul

É a modalidade estruturada para aplicação de tarifas diferenciadas de consumo de energia elétrica de acordo com as horas de utilização do dia e os períodos do ano, bem como de tarifas diferenciadas de demanda de potência de acordo com as horas de utilização do dia e os períodos do ano.

A Tarifa Azul será aplicada considerando a seguinte estrutura tarifária:

I. Demanda de Potência (kW):

- a. Um preço para horário de ponta (P); e
- b. Um preço para horário fora de ponta (F).

II. Consumo de Energia (kWh):

- a. Um preço para horário de ponta em período úmido (PU);
- b. Um preço para horário fora de ponta em período úmido (FU);
- c. Um preço para horário de ponta em período seco (PS); e
- d. Um preço para horário fora de ponta em período seco (FS).

Uma parte da fatura de energia elétrica, para a unidade consumidora incluída na estrutura tarifária horosazonal azul, é calculada de acordo com as seguintes expressões:

✓ No Período Seco

$$VPF = (CF_{fs} \times TC_{fs} + CF_{ps} \times TC_{ps} + DF_f \times TD_f + DF_p \times TD_p)$$

✓ No Período Úmido

$$VPF = (CF_{fu} \times TC_{fu} + CF_{pu} \times TC_{pu} + DF_f \times TD_f + DF_p \times TD_p)$$

Onde:

f – Índice que indica o horário fora de ponta;

p – Índice que indica o horário de ponta;

s – Índice que indica o período seco;

u – Índice que indica o período úmido.

- Tarifa Verde

É a modalidade estruturada para aplicação de tarifas diferenciadas de consumo de energia elétrica de acordo com as horas de utilização do dia e os períodos do ano, bem como de uma única tarifa de demanda de potência para cada período do ano, não havendo diferença de acordo com as horas de utilização do dia.

A Tarifa Verde será aplicada considerando a seguinte estrutura tarifária:

- I. Demanda de Potência (kW): Um preço único.
- II. Consumo de Energia (kWh):
 - a. Um preço para horário de ponta em período úmido (PU);
 - b. Um preço para horário fora de ponta em período úmido (FU);
 - c. Um preço para horário de ponta em período seco (PS); e
 - d. Um preço para horário fora de ponta em período seco (FS).

Uma parte da fatura de energia elétrica para a unidade consumidora incluída na estrutura tarifária horosazonal verde é calculado de acordo com as seguintes expressões:

- ✓ No Período Seco

$$VPF = (CF_{fs} \times TC_{fs} + CF_{ps} \times TC_{ps} + DF \times TD)$$

- ✓ No Período Úmido

$$VPF = (CF_{fu} \times TC_{fu} + CF_{pu} \times TC_{pu} + DF \times TD)$$

Onde:

- f – Índice que indica o horário fora de ponta;
- p – Índice que indica o horário de ponta;
- s – Índice que indica o período seco;
- u – Índice que indica o período úmido.

Anexo V – Grupos Tarifários

Grupo Tarifário “A”

São os consumidores cujo fornecimento de energia é em tensão igual ou superior a 2,3 kV. Os subgrupos atendidos hoje pela Light são os seguintes:

Tabela A.10: Subgrupos do Grupo Tarifário “A”.

Subgrupos	Tensão
A2	88 kV a 138 kV
A3A	30 kV a 44 kV
A4	2,3 kV a 25 kV
AS* (Subterrâneo)	menos de 2,3 kV

Fonte: Resolução ANEEL nº 563/07, de 06/11/2007
(vigência a partir de 07/11/2007).

Tabela A.11: Tarifas de Alta Tensão – Estrutura Horosazonal¹³.

Nível de Tensão	Demanda R\$/kW				Consumo R\$/MWh			
	Demanda R\$/kW		Demanda de Ultrapassagem R\$/kW		Ponta		Fora de Ponta	
	Ponta	Fora de Ponta	Ponta	Fora de Ponta	Seca	Umida	Seca	Umida
A2 (88 kV a 138 kV)	18,65	2,95	55,95	8,85	244,29	220,85	151,98	138,38
A3A (30 kV a 44 kV)	35,03	9,67	105,09	29,01	244,29	220,85	151,98	138,38
A4 (2,3 kV a 25 kV)	39,58	11,15	118,74	33,45	244,29	220,85	151,98	138,38
AS (subterrâneo)	43,78	16,64	131,34	49,92	254,18	229,85	158,01	143,8

Fonte: LIGHT SERVIÇOS S.A.

¹³ Tarifas sem incidência de ICMS, PIS E COFINS.