

JOSÉ FRANCISCO GONÇALVES MARTINS

**EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E GESTÃO DE DEMANDA ELÉTRICA EM
EDIFICAÇÕES, ATRAVÉS DO GERENCIAMENTO DE FACILIDADES.**

Monografia apresentada à Escola Politécnica da
Universidade de São Paulo para obtenção do
título de Especialista em Gerenciamento de
Facilidades – MBA /USP.

São Paulo

2005

JOSÉ FRANCISCO GONÇALVES MARTINS

**EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E GESTÃO DE DEMANDA ELÉTRICA EM
EDIFICAÇÕES, ATRAVÉS DO GERENCIAMENTO DE FACILIDADES.**

Monografia apresentada à Escola Politécnica da
Universidade de São Paulo para obtenção do
Título de Especialista em Gerenciamento de
Facilidades - MBA / USP.

Orientador:

Prof. Dr. Racine Tadeu Araújo Prado.

São Paulo

2005

FICHA CATALOGRÁFICA

Martins, José Francisco Gonçalves

Eficiência energética e gestão de demanda elétrica em edificações, através do gerenciamento de facilidades / J.F.G.

Martins. -- São Paulo, 2005.

81 p.

Monografia (MBA em Gerenciamento de Facilidades) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Programa de Educação Continuada em Engenharia.

1.Demanda energética 2.Consumo de energia elétrica 3.Tarifas 4.Edificações I.Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. Programa de Educação Continuada em Engenharia II.t.

Aos meus pais, Nemézio e Geny.

À minha querida Silvia.

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, por serem os responsáveis por minha formação profissional e pessoal e desta forma, permitirem que isso fosse possível.

À minha querida Silvia, pelo amor, compreensão e companheirismo, que cedeu várias horas dos finais de semana, permitindo que isso fosse possível.

Ao Professor Dr. Racine Tadeu Araújo Prado por suas sábias recomendações e indicações literárias.

Ao Professor Rogério Fonseca Santovito, que com sua paciência orientou a todos os alunos do PECE- Programa de Educação Continuada, durante todo o curso.

Ao Professor Dr. Moacyr Eduardo Alves da Graça que sempre acreditou no curso implantado e deu a todos os alunos a força necessária para que isto fosse possível.

Ao Professor Mario Pagliaricci e Adriana Pagliaricci que tão pacientemente ensinaram- me teorias de eletricidade e as longas discussões que tivemos sobre tarifas e contas de energia elétrica

Aos colegas de classe do MBA- Gerenciamento de Facilidades pela ajuda e intercâmbio em todos os momentos que foram solicitados.

À Porto Seguro Cia. de Seguros Gerais que permitiu o meu crescimento profissional e acadêmico e a todas as pessoas que dela fazem parte.

RESUMO

A eficiência energética e o seu gerenciamento surgiram devido a necessidade de se procurar novas respostas à crise de energia, aumento de potencial energético e necessidade de cada vez mais gerar energia. Assim, conceitos, técnicas, práticas e controles que trazem como resultado conservar energia devem ser aplicados em todas as edificações e como consequência preservarão ao máximo o impacto ambiental. O uso de sistemas e conceitos de gestão de energia cada vez mais eficientes devem ser incorporados nas edificações, de forma a permitir maior controle nas tecnologias existentes, bem como inovações e adequações às novas tecnologias. Este estudo apresenta conceitos para elaboração de projetos, programas de eficiência, gerenciamento de energia e mostra um panorama geral de como são elaboradas as tarifas e contas de energia pelas Concessionárias. Deste modo, identificar, quantificar, medir os sistemas elétricos e verificar o melhor processo de gerenciamento das facilidades tornam-se ferramentas importantes para elaborar estratégias e medidas para se obter eficiência energética. Também são apresentados vários casos práticos para aplicações em diversas situações, subsidiando, assim, a aplicação dos conceitos propostos neste trabalho. Este estudo traz ainda, uma sistemática de ações e situações a serem utilizadas por Gerentes de Facilidades ou Gestores Prediais, proporcionando uma visão técnica, econômica e estratégica na implantação de programas de gerenciamento e projetos, de modo a obter eficiência energética e assim incentivar aplicações em concordância com os conceitos de sustentabilidade e impacto ambiental.

ABSTRACT

The energetic efficiency and its management have emerged due to necessity of finding out new answers for energy crisis as well as increasing energetic potential to generate more energy. Thus, concepts, techniques and controls that result a way of saving energy must be applied to all buildings so that these will preserve most great environment impact. The use of systems and energy administration concepts must be incorporated in both actual buildings and those ones that will be projected as well as innovate new uses of technology. This report shows concepts to elaborate projects and programs of energetic efficiency and its management as well as a general view about how taxes and electricity bills are elaborated by concessionary companies. The knowledge of identifying, qualifying and measuring electric systems to verify the best process of facility management is important to create strategies in order to obtain energetic efficiency. This report presents several practical cases to be applied in different situations, to reinforce the application of the proposed concepts. It also demonstrates a systematic search of actions and attitudes to be adopted by Facility Managers or Administrators of building area and give them a technical, economic and strategic view to implant management programs and projects in order to obtain energetic efficiency and incentivate issues according to environment impact concepts.

SUMÁRIO

RESUMO	I
ABSTRACT	II
SUMÁRIO	III
LISTA DE EQUAÇÕES	IV
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS	V
LISTA DE FIGURAS	VI
LISTA DE TABELAS	VII
CAPÍTULO 1- INTRODUÇÃO	1
1.1. OBJETIVOS	2
1.2. ESTRUTURA	4
CAPÍTULO 2 – EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM EDIFICAÇÕES	6
2.1. DESENVOLVIMENTO DOS EDIFÍCIOS E DOS SISTEMAS AO LONGO DO TEMPO E A EFICIÊNCIA ENERGÉTICA.	7
2.2. SITUAÇÃO ATUAL E PERFIL DO SETOR ELÉTRICO NO BRASIL E NOS DIVERSOS SISTEMAS PREDIAIS	8
2.3. VARIÁVEIS CLIMÁTICAS	11
2.3.1. Radiação Solar	12
2.3.2. Temperatura	13
2.3.3. Ventos	13
2.3.4. Umidade	14
2.4. VARIÁVEIS HUMANAS	14
2.4.1. Conforto Térmico	15
2.4.2. Conforto Visual	15
2.5. VARIÁVEIS ARQUITETÔNICAS	17
2.5.1. Forma e Função	18
2.5.2. Fechamento	19
2.5.2.a. Fechamentos Opacos	19
2.5.2.b. Fechamentos Transparentes	26
2.5.2.c. Uso de Proteções Solares Internas e Externas	28
2.5.2.d. Fator Solar	28
2.5.3. Sistemas de aquecimento de água	29
2.5.4. Sistemas de Iluminação Artificial	30
2.5.4.a. Lâmpadas	31
2.5.4.a.1. Incandescentes	31
2.5.4.a.2. Fluorescentes	31
2.5.4.a.3. Lâmpadas à Vapor de Mercúrio	32
2.5.4.a.4. Lâmpadas à Vapor de Sódio	33
2.5.4.b. Reatores	33
2.5.4.c. Controle da Luz Elétrica	34
2.5.4.c.1. Sensores de Ocupação	34

2.5.5.c.2. Sistema por Controle Fotoelétrico	35
2.5.5.c.3. Sistema de Programação de Tempo	35
2.5.5. Climatização Artificial	35
2.5.5.a. Ventilação Mecânica	36
2.5.5.b. Aquecimento	36
2.5.5.b.1. Radiador Incandescente	36
2.5.5.b.2. Pannel Radiador de Baixa Temperatura	37
2.5.5.b.3. Convector Elétrico	37
2.5.5.b.4. Ar Condicionado de Janela	37
2.5.5.b.5. Aquecedor Central	37
2.5.5.c. Resfriamento	37
2.5.5.c.1. Ar Condicionado de Janela	38
2.5.5.c.2. Minicentraís de Pequeno Porte	38
2.5.5.c.3. Multisplit	39
2.5.5.c.4. Self Contained	39
2.5.5.c.5. Sistemas de Grande Porte com Água ou Ar	39
2.6. CARGA TÉRMICA	40
2.7. RELAÇÃO ENTRE OS SISTEMAS PREDIAIS E O USO RACIONAL DE ENERGIA	41
2.7.1. Sistemas de Iluminação	42
2.7.1.a.1. Integração com Luz Natural	42
2.7.1.a.2. Iluminação de Tarefa	42
2.7.1.a.3. Manutenção dos Lumens	43
2.7.1.a.4. Sistemas de Controle	43
2.7.1.a.5. Tecnologias Eficientes de Iluminação	43
2.7.1.a.6. Condicionamento Natural e Artificial	44
2.7.1.a.7. Simulação Integrada de Energia	44
2.8. EXEMPLOS DE EDIFICAÇÕES COM EFICIÊNCIA ENERGÉTICA AO REDOR DO MUNDO	45
CAPÍTULO 3 – GERENCIAMENTO DE DEMANDA	46
3.1. CONCEITOS GERAIS NA ELABORAÇÃO DAS CONTAS DE ENERGIA ELÉTRICA.	47
3.2. INFLUÊNCIAS DO FATOR DE CARGA	51
3.3. DEMANDA MENSAL	52
3.4. TIPOS DE TARIFAS	53
3.4.1. Tarifa de Baixa Tensão	54
3.4.2. Tarifa Convencional em Média Tensão	55
3.4.2.a. Influência do Fator de Carga em Tarifa Convencional	56
3.4.3. Tarifa Horó-Sazonal	57
3.4.3.a. Critérios de Cobrança na Tarifa Azul	57
3.4.3.b. Critérios de Cobrança na Tarifa Verde	59
3.4.3.c. Quem paga Tarifa Horó-Sazonal	60
3.4.3.d. Como são Definidos os Períodos PS, PU, FPS e FPU	60

3.5. FATOR DE POTÊNCIA,TARIFA EXCEDENTE DEVIDO AO BAIXO FATOR DE POTÊNCIA E DEMANDA TRIBUTÁVEL.	61
3.5.1. Fator de Potência	62
3.5.2. Tarifa Excedente Devido ao Baixo Fator de Potência	62
3.5.3. Demanda Tributável	63
3.6. TARIFAS	63
3.7. EXEMPLOS DE CÁLCULOS DE TARIFAS	64
3.8. MEDIDAS PARA REDUZIR O CUSTO COM ENERGIA ELÉTRICA	71
3.8.1. Eliminação da Tarifa Excedente Devido a Baixo Fator de Potência	71
3.8.2. Redução do Desperdício de Energia	72
3.8.2.a. Grupo: Iluminação	72
3.8.2.b. Grupo: Fornos, Estufas e Câmaras Frigoríficas	73
3.8.2.c. Grupo: Equipamentos e Instalações Elétricas	74
3.8.3. Redução do Custo de Demanda	74
3.8.4. Redução da Demanda Mensal	74
3.8.5. Alteração da Demanda Contratual	75
3.8.6. Auto Geração e Novas Fontes de Energia	75
CAPÍTULO 4 – CONCLUSÃO	79
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	81

LISTA DE EQUAÇÕES

(1)	– Troca de calor com o meio externo _____	20
(2)	– Resistência térmica _____	21
(3)	– Transmissão térmica _____	22
(4)	– Fluxo total de calor _____	25
(5)	– Conta de energia Simplificada _____	47
(6)	– Conta de energia Convencional _____	48
(7)	– Fator de Carga _____	51
(8)	– Potencia Média _____	52
(9)	– Conta de energia para Tarifa de Baixa Tensão _____	54
(10)	– Conta de energia para Tarifa Convencional em Média Tensão _____	55
(11)	– Influência do Fator de Carga em Tarifa Convencional _____	56
(12)	– Conta de energia horo-sazonal para Tarifa Azul _____	58
(13)	– Conta de energia horo-sazonal para Tarifa Verde _____	59
(14)	– Fator de Potência _____	62

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
ASHRAE	American Society of Heating Refrigerating and Air Conditioning Engineers
EER	Energy Efficient Ratio
ECE	Encargo de Capacidade Emergencial
ELETROBRÁS	Centrais Elétricas Brasileiras S.A.
ELETROPAULO	Eletropaulo Metropolitana Eletricidade de São Paulo
EUA	Estados Unidos da América
GEF	Global Environment Facility
GLP	Gás Liquefeito de Petróleo
ICMS	Imposto de Circulação de Mercadoria
IEA	Agência Energética Internacional
ISO	International Organization for Standardization
MBA	Master Business Administration
NB	Norma Brasileira
ONU	Organização das Nações Unidas
PECE	Programa de Educação Continuada
PROCEL	Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica
TILP	Taxa de Iluminação Pública

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 :	Transmitância Térmica _____	23
Figura 2 :	Fluxo Térmico _____	26
Figura 3 :	Comportamento Ilustrativo das Ondas de Radiação _____	27
Figura 4 :	Curva de Consumo Mensal de Energia Elétrica _____	47
Figura 5 :	Curvas de Consumo Mensal de Dois Consumidores _____	49
Figura 6 :	Curva de Consumo Mensal de Energia Elétrica _____	51
Figura 7 :	Curvas de Carga Diária para Tarifa Azul _____	58
Figura 8 :	Crescimento da Capacidade Solar Fotovoltaica Global _____	77
Figura 9 :	Crescimento da Capacidade Eólica Global _____	77
Figura 10 :	Crescimento do uso Global de Lâmpadas Fluorescentes Compactas _____	78

LISTA DE TABELAS

Tabela 01:	Perfil do Consumo de Energia Elétrica no Brasil por setor_____	09
Tabela 02:	Média de consumo de energia elétrica por atividade comercial _____	10
Tabela 03:	Média de consumo de energia elétrica nos sistemas das edificações comerciais e públicas _____	11
Tabela 04:	Nível de Iluminação em ambientes _____	16
Tabela 05:	Absortividade em função da cor _____	20
Tabela 06:	Condutividade térmica _____	21
Tabela 07:	Emissividade _____	22
Tabela 08:	Resistência térmica superficial _____	22
Tabela 09:	Transmitância térmica para os principais fechamentos realizados na construção civil de uso corrente no Brasil _____	24
Tabela 10:	Valores de fator solar (Fs) para aberturas com diferentes superfícies separadoras _____	29
Tabela 11:	Perdas aproximadas de energia em reatores _____	33
Tabela 12:	Custos conforme Eletropaulo _____	49
Tabela 13:	Exemplos de ICMS nominal e real _____	50
Tabela 14:	Exemplo de custos de contas de energia elétrica _____	50
Tabela 15:	Exemplo de Demanda mensal _____	52
Tabela 16:	Esquema simplificado de tarifação da Eletropaulo _____	54
Tabela 17:	Períodos: Ponta Seca, Ponta Úmida, Fora de Ponta Seca, Fora de Ponta Úmida _____	61
Tabela 18:	Exemplo de preços praticados pela Eletropaulo _____	64
Tabela 19:	Exemplo 4 de cálculo de Tarifa _____	66
Tabela 20:	Exemplo 5 de cálculo de Tarifa _____	66

CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO

Segundo a ELETROBRÁS (2005), a demanda de energia pelo setor comercial no Brasil aumentou em média, no período de 1995 a 2000 aproximadamente 8% ao ano, e estima-se que esta demanda aumente de 3% a 6% no futuro, se padrões energéticos e outras políticas para promover um uso mais eficiente da energia não forem adotados. Essas políticas poderiam eliminar de 10% a 15% do crescimento futuro da demanda de energia elétrica em instalações se algumas medidas forem adotadas, como por exemplo:

- Expansão do uso de sistemas combinados de aquecimento e energia à gás natural em indústrias ou co-geração em prédios comerciais, shopping e etc;
- Metas de redução de intensidade no uso de energia elétrica industrial;
- Padrões mínimos de eficiência para produtos de iluminação;
- Expansão de investimentos em eficiência de uso final pelas Concessionárias;
- Estímulo para o uso de energia eólica e outros tipos de energia e etc.

A ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica), órgão federal que regulamenta o setor elétrico, a partir de 1998 começou a exigir que as Concessionárias de distribuição do Brasil investissem ao menos 1% de sua receita em programas de eficiência energética. Em decorrência da falta de energia em 2001, as Concessionárias gastaram cerca de U\$ 85 milhões (aproximadamente 0,5% de sua receita) em campanhas de eficiência energética dirigidas à consumidores, conforme dados fornecidos pela ELETROBRÁS (2001).

Um grande número de iniciativas políticas foi criado pela Eletrobrás para suprir as necessidades de serviços de energia elétrica, destaque para o PROCEL¹ – Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica, onde se faz a certificação de padrões mínimos de eficiência de equipamentos domésticos (geladeiras, lavadoras, e condicionamento de ar) e produtos para a iluminação (lâmpadas e reatores). O PROCEL¹ opera financiando vários projetos de eficiência energética executados por Concessionárias estatais ou locais, agências estaduais, privadas, prefeituras, universidades e institutos de pesquisas, sendo que esses projetos referem-se à

¹ Dados do Procel – Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica. Disponível em: www.eletrobras.gov.br, último acesso em março de 2005.

pesquisa, desenvolvimento, educação, classificação, padronização, promoção e apoio ao setor privado.

Somente essa política não aumenta os padrões mínimos de eficiência, uma vez que certas tecnologias, como melhorias nos sistemas de motores, melhores projetos de iluminação, lâmpadas compactas, alternativas para aquecimento, melhorias nos sistemas de ar-condicionado, etc., não podem ser implantados por meio de padrões, uma vez que essa viabilidade depende de cada aplicação.

Como em outros países, o governo federal brasileiro poderia estabelecer um prazo para que as cidades de um certo tamanho (acima de 100 mil habitantes, por exemplo), adotassem um padrão energético modelo. É uma política rígida, mas é exatamente o que foi feito em países como Estados Unidos, Canadá, Alemanha, Inglaterra, México, China e etc.

A experiência em outros países demonstrou que um treinamento consistente de Arquitetos, Construtores, Gestores Prediais e Gerentes de Facilidades é fundamental para o sucesso de padrões energéticos para as edificações, assim como monitoramento e execução integrada.

Portanto, para a humanidade conservar energia e minimizar os impactos com o ambiente, deve-se buscar novas alternativas para otimização e redução do consumo de energia elétrica.

A implantação de intervenções para economia de energia deve ser baseada em ações tecnológicas, institucionais e educacionais.

Nota-se ainda que, em geral, nos diversos tipos de edificações, situados principalmente nos grandes centros urbanos, há cada vez mais necessidade do uso de energia elétrica indicando, portanto, a necessidade de uma análise sistêmica do uso da energia, sendo cada vez mais importante a avaliação da demanda de energia elétrica para a minimização de consumo, aliada à avaliação do uso das fontes alternativas, de forma a resguardar as fontes de fornecimento.

1.1. OBJETIVOS

Este trabalho tem como um dos principais objetivos, apoiar e desenvolver, através de conceitos apresentados, o embasamento teórico, métodos e estratégias para que os Gerentes de Facilidades e Gestores Prediais tenham suporte para aplicar

em edificações, ações e programas de maneira a conseguir-se eficiência energética e também um suporte conceitual de caráter acadêmico, colaborando com informações à sociedade.

Outros objetivos deste estudo são introduzir os principais conceitos de operação, gerenciamento e controle de consumo de energia nas edificações e assim criar-se programas de eficiência energética com menor impacto ambiental possível.

Para isto utilizou-se figuras, diagramas e exemplos para possibilitar entendimento sobre como o ar condicionado, iluminação e outros sistemas interagem com as pessoas, projetos, e o meio ambiente, bem como as influências das variáveis arquitetônicas dos edifícios nos vários sistemas prediais.

O conhecimento técnico dos equipamentos que compõem os sistemas, bem como maneiras de se fazer uso racional de energia, através da interação entre os sistemas e o uso dos edifícios, são ferramentas importantes para se executar estratégias de eficiência energética, através dos recursos naturais, novas tecnologias e mecanismos de controle e gerenciamento.

Os grandes centros urbanos, principalmente os países em desenvolvimento, sofrem com a escassez de energia devido à concentração populacional, o aumento cada vez maior do consumo de energia, da climatização artificial e da utilização cada vez maior de sistemas de iluminação artificial. Para atender essa demanda é necessário aumentar a produção de energia. Entretanto, esta alternativa traz inconvenientes como impacto ambiental, poluição e exigência de grandes investimentos em geração, transmissão e distribuição de energia.

A alternativa que se mostra mais adequada a esse quadro é, portanto, aumentar a eficiência no uso de energia, sendo que duas idéias básicas passam a nortear o desenvolvimento dos sistemas prediais:

- Integração entre condicionamento térmico e iluminação;
- Integração entre sistemas naturais e artificiais.

Dentro de uma visão mais abrangente, embora a eficiência energética seja apenas uma das variáveis, é tão importante quanto os conceitos técnicos, estéticos, formais, funcionais, estruturais, econômicos e sociais de uma edificação.

Este estudo apresenta estes conceitos com o objetivo de se obter edificações mais eficientes e também esclarecer que os conceitos aqui apresentados são

premissas básicas para qualquer projeto e devem ser levados em consideração desde o princípio, tornando-se assim prioridade no sentido de maior qualidade, garantindo o bem-estar das pessoas e reduzindo o impacto ambiental.

Este estudo também nos apresenta o perfil de consumo de Energia Elétrica no Brasil e suas necessidades futuras, sendo conclusivo que, um dos parâmetros a seguir é aumentar a eficiência no uso de energia elétrica, através de intervenções nos diversos sistemas das edificações.

Apresentar conceitos de como é elaborado o cálculo da conta de energia elétrica e como são aplicadas as tarifas pelas Concessionárias também é um dos objetivos deste estudo, auxiliando assim os Gerentes de Facilidades e Gestores Prediais na escolha do melhor processo, para reduzir os custos com despesas de energia elétrica nos sistemas dos edifícios e assim obter o máximo de eficiência energética.

O método de elaboração das contas de energia elétrica e os conceitos e influências das partes integrantes das mesmas tornam-se ferramentas para algumas medidas e métodos que interferem diretamente nestas partes, para redução de custos e gerenciamento de demanda. Também são apresentados alguns exemplos práticos para melhor explicar como são elaborados os custos com energia elétrica e assim embasar os conceitos aqui apresentados.

1.2. ESTRUTURA

Este trabalho foi dividido em quatro capítulos principais, de tal maneira que se tenha um entendimento sobre cada conceito aqui apresentado para o cumprimento de seus objetivos.

No CAPÍTULO 1 são apresentados os assuntos e a finalidade do trabalho, justificando a escolha, de tal maneira que se verifica a sua importância e também a metodologia empregada. No CAPÍTULO 2, inicialmente, relata-se o desenvolvimento dos sistemas ao longo do tempo e a situação atual e perfil do setor elétrico no Brasil, onde presume-se que se continuar como atualmente o aumento de consumo de energia elétrica, haverá crise de energia elétrica não só no Brasil, como em alguns países, assim como outros já o têm.

Verifica-se que vários programas e medidas têm sido criado em diversos

países para aumentar a eficiência energética dos sistemas prediais, aparelhos e equipamentos, bem como redução do desperdício e controles mais eficazes.

Analisando os sistemas prediais, e como as variáveis climáticas, humanas e arquitetônicas influenciam os mesmos, e conhecendo-os, verifica-se que pode-se tomar medidas para obter eficiência energética e, assim, possivelmente, reduzir o consumo de energia elétrica.

Entendendo-se as variáveis e as influências sobre os sistemas e equipamentos e também conhecendo-os, verifica-se que a alternativa que se mostra mais adequada a esse quadro é aumentar a eficiência no uso de energia elétrica, pois assim diminui-se os investimentos necessários para a geração de energia.

No CAPÍTULO 3 é apresentada a conceituação de gerenciamento de demanda, com objetivo de mostrar como é elaborado o cálculo da conta de energia elétrica e das tarifas existentes, quais os seus componentes e como estes influenciam no resultado das despesas. Através de exemplos práticos, procura-se demonstrar estes conceitos, bem como medidas práticas para reduzir os custos com energia elétrica, além de mostrar novas fontes de energia existentes. Em um dos exemplos apresentados faz-se um comparativo de qual a redução no consumo e custos com energia elétrica de um edifício, aplicando alguns conceitos aqui apresentados. O capítulo encerra apresentando algumas medidas práticas para reduzir o custo com energia elétrica.

O CAPÍTULO 4 finaliza o trabalho, apresentando as conclusões abordadas ao longo do texto.

CAPÍTULO 2 - EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM EDIFICAÇÕES

Este capítulo tem por objetivo mostrar um panorama do desenvolvimento, ao longo do tempo, dos edifícios e dos sistemas, bem como demonstrar o perfil do setor elétrico no Brasil.

Também faz uma análise de consumo de energia nos diversos sistemas prediais, sendo que, para se conseguir racionalização no uso de energia elétrica e aumento de eficiência energética é necessário conhecer vários fatores que influenciam os sistemas dos edifícios.

Assim, para se obter edificações com melhor eficiência energética é importante a compreensão do conforto ambiental e, conseqüentemente, o conhecimento das inter-relações de três fatores que influenciam os sistemas: variáveis climáticas, variáveis humanas e variáveis arquitetônicas.

Algumas variáveis climáticas como temperatura, umidade e radiação solar são fatores climáticos que podem ser utilizados com a intenção de garantir o conforto dos usuários e a conseqüente racionalização do uso de energia.

Variáveis arquitetônicas como forma, função, tipos de fechamentos e uso de sistemas artificiais de iluminação e de condicionamento são fatores importantes, com relação ao desempenho energético nas edificações.

Ressalta-se a importância da utilização de sistemas naturais e a otimização dos sistemas artificiais de climatização e iluminação, bem como a importância dos recursos de simulação e projetos para os estudos de consumo de energia, trabalhando assim todas as variáveis simultaneamente.

Ainda neste capítulo, serão apresentados alguns equipamentos e suas características para facilitar as estratégias que serão adotadas para redução dos custos com energia.

Após ter-se uma visão sobre as principais variáveis envolvidas, conhecimento dos sistemas e dos equipamentos, entende-se que para racionalizar o uso de energia, três idéias devem ser seguidas para concepção dos sistemas:

- Usar sistemas naturais de condicionamento e iluminação;
- Usar sistemas artificiais mais eficientes;
- Buscar integração entre sistemas artificiais e naturais.

2.1. DESENVOLVIMENTO DOS EDIFÍCIOS E DOS SISTEMAS AO LONGO DO TEMPO E A EFICIÊNCIA ENERGÉTICA.

Segundo ENARCH, 1983 apud LAMBERTS, 2004, desde a antiga Roma utilizavam-se recursos para melhorar o ambiente onde as pessoas residiam, como por exemplo, sistemas de aquecimento de água e aquecimento de ambientes, onde túneis subterrâneos eram utilizados como condutores de ar quente que eram produzidos por fornalhas.

Na idade média o projetista e o artesão trabalhavam juntos, onde o projetar e o construir aconteciam simultaneamente, ou seja, a maior parte dos problemas construtivos era resolvida no próprio local de trabalho.

A revolução Industrial trouxe novos materiais, como o aço e o concreto armado, e assim, novos métodos de construção foram sendo desenvolvidos. Esta tradição construtiva persistiu até a Segunda Guerra Mundial, sendo que a partir daí, as grandes transformações sociais, econômicas e técnicas mudaram o panorama construtivo, com a evolução cada vez maior dos tipos de materiais de construção.

Ao longo das décadas surgiram colossos arquitetônicos e industriais e sistemas de iluminação e de climatização artificial passaram a ser largamente utilizados e submetidos a uma necessidade de energia e investimentos econômicos cada vez maior.

Esta situação agravou-se com a crise de energia na década de 70 e com o aumento da população nos centros urbanos na década de 80. Portanto naquela época já existia uma defasagem entre os investimentos em energia e a demanda necessária, havendo uma necessidade de obter-se eficiência energética. Eficiência energética, conceitualmente, pode ser entendida como a obtenção de um serviço com baixo dispêndio de energia, assim, podemos dizer que um edifício é mais eficiente energeticamente que outro, quando proporciona as mesmas condições ambientais, com menor consumo de energia.

Assim, para superar a deficiência de energia, a produção de eletricidade teve que crescer muito desde então, tendo esta alternativa trazido todos os inconvenientes de impacto ambiental causados por novas usinas, tais quais: as inundações e deslocamentos de populações, no caso de hidrelétricas; poluição e riscos com a segurança pública, no caso de termoelétricas e nucleares.

A exigência de grandes investimentos nestes projetos implica na redução de investimentos em outras áreas, que é um contra-senso da idéia de progresso embutida nesta política de superação de eficiência energética.

Assim, a alternativa que se mostra mais adequada a esse quadro é aumentar a eficiência no uso de energia, sendo mais barato economizar energia do que fornecê-la, passando aos fabricantes de equipamentos, às Concessionárias de Energia e aos consumidores os investimentos necessários.

A energia elétrica passa por três fases distintas até chegar na edificação, quais sejam, geração, transmissão e distribuição e consumo. Quanto maior for o desempenho em cada uma destas fases, menores serão as perdas de energia no processo.

Portanto, cabe aos Gestores Prediais, Gerentes de Facilidades, Projetistas, Governantes e Órgãos Públicos a concepção de sistemas mais eficientes, considerando-se sempre o conforto dos usuários e o uso racional de energia.

2.2. SITUAÇÃO ATUAL E PERFIL DO SETOR ELÉTRICO NO BRASIL E NOS DIVERSOS SISTEMAS PREDIAIS ²

O setor industrial é o maior consumidor de toda energia elétrica produzida, utilizando 44 % do total. O uso residencial vem a seguir, com um consumo de 25% e o uso comercial com 16%, sendo que os restantes, 15%, distribuem-se entre o setor rural, a iluminação pública, os órgãos do governo e outros.

Pelo perfil de consumo por setor ao longo dos anos, verifica-se que, se for mantida a estrutura atual de uso da energia, com um aumento em torno de 3% a 6% ao ano, projeta-se uma necessidade de suprimento em 2015, em torno de 780 TWh/ano, conforme apresentado na tabela abaixo:

²Esse item foi totalmente baseado em dados da ELETROBRÁS. Disponível em: www.eletrobras.gov.br, último acesso em março 2005.

Tabela 1: Perfil do Consumo de Energia Elétrica no Brasil por setor (em GWh).

	1999	2000	2001	2002	2003	2004
Residência	81429	83429	73770	72660	76165	78473
Industrial	123560	131195	122629	127694	129877	145996
Comercial	43562	47437	44517	45251	47532	49693
Outros	42739	44621	42882	44327	47072	46541
Total	291110	306747	283798	289932	300646	320701

Fonte: ELETROBRÁS (2005).

Para superar a crise devido a necessidade cada vez mais crescente de energia, a produção de eletricidade teve de crescer muito, e a alternativa que se mostra mais adequada à esse quadro cada vez mais crítico é aumentar a eficiência no uso da energia.

Quando se economiza energia elétrica, há a possibilidade que a energia não gasta seja fornecida a um outro consumidor, para prestação de um outro serviço, eliminando a necessidade de expansão do sistema, reduzindo-se a necessidade com gastos e o impacto ambiental e, também, passando aos fabricantes de equipamentos e aos consumidores os investimentos necessários. Também reduz-se os custos de produção de materiais construtivos, como o aço, alumínio e cimento, tornando-os mais baratos no mercado interno e mais competitivos no mercado externo.

Vários programas e projetos de racionalização de energia tem sido adotadas por diversos países para economia de energia. Um dos programas criados para promover a racionalização da produção e do consumo de energia no Brasil é o PROCEL¹- Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica, bem como a eliminação de desperdícios e reduções de custos e investimentos setoriais. Este programa utiliza recursos da Eletrobrás e Reserva Global de Reversão (fundo federal constituído com recursos das Concessionárias e recursos de entidades internacionais).

Uma das metas do PROCEL¹ tem sido a redução das perdas técnicas na distribuição das Concessionárias, algo próximo a 10%,e também a adoção do selo PROCEL¹ de eficiência energética nos eletrodomésticos, pois espera-se um aumento médio de 10% no desempenho dos equipamentos que participam do programa como

por exemplo: refrigeradores, ar condicionados, motores elétricos, reatores, lâmpadas, etc.

As principais medidas adotadas pelo PROCEL¹ são:

- a) Aumento da eficiência energética de eletrodomésticos e de sistemas com motores elétricos, obtidos mediante testes, certificações e acordos com fabricantes;
- b) Expansão do mercado de tecnologia de iluminação mais eficientes, tais como lâmpadas de sódio de alta pressão e lâmpadas fluorescentes compactas;
- c) Redução do desperdício em indústrias mediante auditorias, treinamentos, disseminação de informação e expansão da cultura de eficiência energética.

Em 2004, o Brasil consumiu 320,71 bilhões de kW de energia elétrica. O setor comercial foi responsável pelo consumo de 15,50 % deste total, ou seja 49,69 bilhões de kW, conforme tabela 1.

De toda energia consumida no setor comercial, desperdiça-se 20% de energia elétrica no Brasil. Existem muitas “vias de desperdício”, seja por hábitos inadequados de consumo, utilização de aparelhos ineficientes ou falta de conhecimento técnico por parte dos consumidores.

Observa-se abaixo que iluminação e ar condicionado são os grandes usos finais de energia no setor comercial, na maioria das atividades.

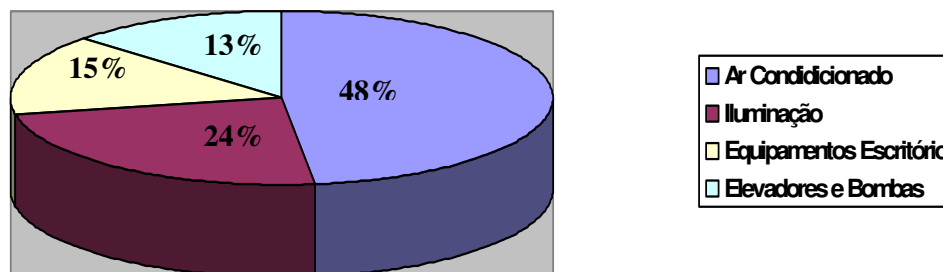
Tabela 2: Média de consumo de energia elétrica por atividade comercial.

Atividade	Iluminação	Ar condicionado	Outros
Bancos	52%	34%	14%
Escritórios	50%	34%	16%
Lojas varejo	76%	12%	12%
Mercearias	25%	2%	73%
Oficinas	56%	4%	40%
Postos gasolina	43%	0%	57%
Restaurantes	20%	7%	73%
Shopping	49%	34%	17%

Fonte: ELETROBRÁS (2005).

Ao verificar-se a média de consumo de energia elétrica nos sistemas das edificações comerciais e públicas, verifica-se abaixo que também o ar condicionado e a iluminação artificial são os grandes consumidores de energia elétrica, portanto uma atenção especial deve ser dada à esses sistemas.

Tabela 3: Média de consumo de energia elétrica nos sistemas das edificações comerciais e públicas.



Fonte: ELETROBRÁS (2005).

Portanto, buscando-se redução nas perdas técnicas das Concessionárias, racionalização do uso de energia elétrica, aumento da eficiência energética de equipamentos elétricos, projetos otimizados, bem como conscientização dos consumidores, consegue-se economias em toda a cadeia de energia. Para tanto é importante conhecer os vários fatores que influenciam os sistemas dos edifícios para se conseguir eficiência energética, conforme veremos nos capítulos 2.3, 2.4 e 2.5.

2.3. VARIÁVEIS CLIMÁTICAS

Antes de executar-se o projeto de uma edificação, deve-se ter como ponto de partida um estudo do clima e do local do projeto, pois um bom edifício deve possuir simultaneamente eficiência energética e responder às necessidades de conforto em função do ambiente em que se encontra.

A ação simultânea das diversas variáveis climáticas tem influência direta nos espaços arquitetônicos. As variações climáticas são atribuídas a elementos de controle, tais como: proximidade da água (pois a água se aquece ou esfria mais rapidamente que a terra), altitude, barreiras montanhosas, correntes oceânicas e etc. O conhecimento destes fatores é fundamental para o projeto de edificações mais

adequadas ao conforto dos seus ocupantes e mais eficientes em termos de consumo de energia, conforme os capítulos 2.3.1 à 2.3.4.

2.3.1. Radiação Solar

Tanto como fonte de calor ou como fonte de luz, o Sol é um elemento de extrema importância no estudo da eficiência energética. É possível tirar partido ou evitar a luz e o calor solar em um edifício adotando-se medidas de controle para luz ou calor de forma integrada ou individual.

Segundo LAMBERTS (2004), a radiação solar é um dos mais importantes contribuintes para o ganho térmico de edifícios. A transferência de calor por radiação pode ser dividida em cinco partes:

- Radiação solar direta (onda curta);
- Radiação solar difusa (onda curta);
- Radiação solar refletida pelo solo e pelo entorno (onda curta);
- Radiação térmica emitida pelo solo aquecido e pelo céu (onda longa);
- Radiação térmica emitida pelo edifício (onda longa).

Quando a radiação solar de onda curta que entra por uma abertura no edifício incide nos corpos os mesmos se aquecem e emitem radiação de onda longa e o vidro sendo praticamente opaco à radiação de onda longa, não permite que o calor encontre passagem para o exterior, superaquecendo o ambiente interno. Este fenômeno é conhecido como efeito estufa e é o maior transformador da radiação solar em calor no interior da edificação.

A radiação solar pode ser dividida em direta e difusa, pois após a penetração na atmosfera, a radiação começa a sofrer interferências no seu trajeto em direção a superfície terrestre.

A parcela que atinge diretamente a Terra é chamada radiação direta e sua intensidade depende da altitude solar e do ângulo de incidência dos raios solares em relação à superfície receptora. Além de ser a principal influência nos ganhos térmicos em uma edificação, a radiação solar direta é a fonte de luz mais intensa.

A luz solar direta ilumina uma superfície normal com 60.000 à 100.000 lux, segundo PEREIRA (1993), sendo que estes valores são muito acima dos valores necessários para exercício de diversas atividades, conforme apresentado na página 16, Tabela 4.

A radiação solar direta é muitas vezes considerada indesejável para iluminação pelo seu componente térmico, apesar da sua eficácia luminosa de luz natural direta ser maior que muitas das alternativas de luz artificial conhecidas.

A luz natural direta pode, muitas vezes, introduzir menor quantidade de calor por lúmen para o interior de um edifício do que a maioria das lâmpadas. Isto mostra que a luz natural pode ser uma estratégia atrativa para diminuir a carga de resfriamento necessária em edifícios por causa da iluminação artificial, podendo ser largamente utilizada para este fim.

2.3.2. Temperatura

Segundo LAMBERTS (2004), a variação da temperatura na superfície da Terra resulta basicamente dos fluxos das grandes massas de ar e das diferentes recepções de radiação do sol de local para local (tipo de solo, vegetação, topografia e altitude do local).

Pode-se tirar vantagens das propriedades de inércia térmica da terra para amenizar as temperaturas no interior da edificação, pois o solo se mantém em temperaturas mais amenas que o exterior. Após ser aquecida pelo sol, a terra retém o calor por muito mais tempo que uma habitação convencional. Esta característica é conhecida como inércia térmica. Se a edificação for integrada à terra (edificações semi-enterradas, taludes, coberturas com terra), poderá absorver esse calor nos horários mais frios do dia, possibilitando conforto aos usuários. Esta solução é bastante vantajosa nos climas desérticos, onde as amplitudes térmicas diárias são muito grandes.

O tratamento dos dados climáticos pode fornecer valores de temperatura para cada período do ano ou do dia e, desta forma, providenciar dados necessários para verificação, onde se faz importante as intervenções nas edificações ou ao seu redor.

2.3.3. Ventos

Numa região climática pode haver variações significativas de direção e velocidade do movimento do ar. Isto acontece principalmente pelas diferenças de temperatura entre as massas de ar, o que provoca o seu deslocamento da área de maior pressão (ar mais frio e pesado), para a área de menor pressão (ar quente e leve).

As condições do vento local podem ser alteradas com a presença de vegetação, edificações e outros anteparos naturais e artificiais, podendo tirar-se partido do perfil topográfico de um terreno ou anteparos para canalizar os ventos, desviando-os ou trazendo-os para a edificação ou mesmo colocando-se aberturas de forma a aproveitar o vento fresco no período quente ou evitar o vento frio.

2.3.4. Umidade

A umidade do ar resulta da evaporação da água contida nos mares, rios, lagos, terra e na evapotranspiração dos vegetais.

A umidade relativa tende a aumentar quando há diminuição da temperatura e a diminuir quando há aumento da temperatura. Em locais com alta umidade, a transmissão de radiação solar é reduzida porque o vapor de água e as nuvens a absorvem e redistribuem na atmosfera, refletindo uma parte de volta ao espaço. Em locais com ar muito seco, os dias tendem a ser muito quentes e as noites frias; já em locais úmidos, as temperaturas extremas tendem a ser atenuadas.

A umidade pode ser modificada nos locais mais próximas à edificação, na presença de água ou de vegetação, devendo o seu comportamento ser verificado juntamente com a temperatura.

Portanto, conhecendo-se o comportamento das variáveis climáticas da localidade das edificações ao longo do ano, poderá ter-se dados suficientes para identificar os períodos de maior probabilidade de desconforto e, conseqüentemente, atuar em ações e projetos nos vários sistemas, de modo a obter-se eficiência energética.

2.4. VARIÁVEIS HUMANAS

Embora o clima seja diferente em qualquer região da terra, o ser humano é biologicamente parecido em todo o mundo, e adapta-se às diferentes condições climáticas usando vestimentas, arquiteturas e tecnologias diversas. É importante conhecer as variáveis humanas antes de entender o funcionamento dos sistemas das edificações e tecnologias existentes, pois há uma grande correlação entre conforto e consumo de energia.

Segundo LAMBERTS (2004), o homem é um ser homeotérmico, ou seja, a temperatura interna do organismo tende a permanecer constante independentemente das condições do clima. Com o uso do oxigênio o organismo promove a queima das

calorias existentes nos alimentos (processo conhecido como metabolismo), transformado-as em energia. Assim é gerado o calor interno do corpo. Entretanto, sempre existem trocas térmicas entre o corpo humano e o meio, sendo que estas trocas podem ocorrer por condução, convecção, radiação e evaporação.

2.4.1. Conforto Térmico

Conforto térmico é um estado de espírito que reflete a satisfação com o ambiente térmico que envolve a pessoa. Se o balanço de todas as trocas de calor a que está submetido o corpo for nulo e a temperatura da pele e suor estiverem dentro de certos limites, pode-se dizer que o homem sente conforto térmico. Do meio pode se extrair os valores de temperatura do ar, temperatura radiante, umidade relativa e velocidade do ar. Além das variáveis ambientais, a atividade física e a vestimenta também interagem na sensação de conforto térmico do homem. Quanto maior a atividade física, tanto maior será o calor gerado por metabolismo, sendo que é muito importante saber a função de um ambiente, prevendo-se assim o nível de atividade realizado no seu interior e assim determinar alguns parâmetros sobre a sensação de conforto térmico dos usuários.

Segue abaixo, os valores de metabolismo para algumas atividades físicas segundo a norma ISO 7730 (1984):

• Dormindo	=	80	W
• Sentado	=	90	W
• Andando	=	300	W
• Sentado trabalhando	=	130	W
• Carregando peso (50 Kg)	=	470	W
• Praticando esporte	=	800	W

A resistência térmica da roupa também é de grande importância na sensação de conforto térmico do homem. A pele troca calor por condução, convecção e radiação com a roupa, que por sua vez troca calor com o ar por convecção e com outras superfícies por radiação. Assim, para que uma pessoa tenha a sensação de conforto térmico, deve ser levado em consideração o conjunto de variáveis, sendo que esta sensação pode variar de uma para outra pessoa.

2.4.2. Conforto Visual

Conforto visual é entendido como a existência de um conjunto de condições,

num determinado ambiente, no qual o ser humano pode desenvolver suas tarefas visuais com o máximo de acuidade e precisão visual, com o menor esforço, com menor risco de prejuízos aos olhos e necessários para a ocorrência tranqüila do processo visual, podendo ser classificados como seguem:

- Iluminância suficiente;
- Boa distribuição de iluminâncias;
- Ausência de ofuscamento;
- Contrastes adequados (proporção de luminâncias);
- Bom padrão e direção de sombras.

A boa distribuição de iluminâncias não é sinônimo de uniformidade e o contraste e padrão das sombras que se formam dependem da tarefa visual. A qualidade e a quantidade de iluminação devem ser balanceados em um ambiente, e também deve-se escolher adequadamente a fonte de luz natural ou artificial. Torna-se difícil no entanto, estimar as preferências humanas à iluminação, visto que relações contextuais com o local e também de pessoa para pessoa variam, sendo difícil a criação de um padrão. De forma simplificada, pode-se verificar o nível de iluminação necessário para se executar uma determinada tarefa em um ambiente, conforme tabela abaixo. Entretanto para uma verificação mais precisa, os valores e condições constantes na ABNT- NB 57(1992) devem ser seguidos:

Tabela 4: Nível de Iluminação em ambientes.

Classificação	Nível de iluminação	Tarefa
Baixa	100 à 200 lux	Circulação Reconhecimento facial Leitura casual Armazenamento Refeição Terminais de vídeo
Média	300 à 500 lux	Leitura/ escrita de documentos com alto contraste Participação de conferências
Alta	500 à 1000 lux	Leitura/ escrita de documentos com fontes pequenas e de baixo contraste. Desenho técnico

Fonte: ABNT – NB 57 (1992).

Verifica-se, conforme tabela 4, que, para se executar certas tarefas, um nível de iluminação baixo é suficiente e, para outras, é necessário um nível de iluminação alto. Portanto deve-se sempre estudar o nível suficientemente necessário, pois o consumo de energia elétrica pode estar diretamente relacionado ao nível de iluminação e assim consegue-se economizar energia elétrica em muitos casos.

Outras variáveis que devem ser levadas em consideração, quanto ao nível de iluminação, são:

- Contraste;
- Ofuscamento.

Contraste é a diferença entre a luminância (brilho) de um objeto e a luminância do entorno deste objeto. A sensibilidade ao contraste melhora com o aumento da luminância, que por sua vez é função da iluminação até certos limites, ou seja, até a possibilidade de ocorrer ofuscamento.

Ofuscamento ocorre quando o processo de adaptação não transcorre normalmente devido a uma variação muito grande da iluminação ou a uma velocidade muito grande, e experimenta-se uma perturbação, desconforto ou até perda na visibilidade.

Assim, as condições físicas da luz podem ser resultantes de luz natural e artificial, sendo que a qualidade da luz natural é superior à luz artificial, e a sua variação permite ao homem no local em que ele se encontra a percepção de espaço e tempo, sendo que a iluminação artificial permite ao homem entender suas atividades em momentos que a luz natural não é suficiente. Portanto ao se pensar de forma integrada nas fontes de luz artificial e natural deve-se fazer projetos mais eficientes com relação ao consumo de energia elétrica, necessária ao sistema de iluminação artificial.

Conseqüentemente, após verificar estes conceitos, verifica-se que o conforto térmico e o conforto visual devem ser considerados em conjunto num projeto. Esta visão integrada torna possível o bom desempenho energético de um edifício, que, sendo adequado às necessidades dos usuários, consumirá menos quantidade de energia para o condicionamento térmico e iluminação.

2.5. VARIÁVEIS ARQUITETÔNICAS

Desde o passado a arquitetura é concebida como uma forma de possibilitar

segurança ao homem e defendê-lo das variações climáticas. O homem foi tornando seu local cada vez mais adequado às suas necessidades, resolvendo os problemas de adaptação ao ambiente, e, para que isto se torne possível, necessário se faz o estudo de variáveis arquitetônicas como a forma, a função, os tipos de fechamento e os sistemas de condicionamento, como climatização e iluminação.

Do projeto depende a integração da forma arquitetônica e da função a correta especificação dos fechamentos e sistemas de condicionamento, sendo que o projeto consciente deve tirar o máximo proveito destas variáveis para garantir aos edifícios uma perfeita interação.

Nos capítulos 2.5.1 à 2.5.5 serão apresentados as variáveis arquitetônicas e suas influências nos diversos sistemas, de modo a obter-se o maior desempenho energético possível das edificações.

2.5.1. Forma e Função

A forma arquitetônica tem grande influência no conforto ambiental em uma edificação e no seu consumo de energia, pois interfere diretamente sobre os fluxos de ar no interior e no exterior e, também, na quantidade de luz e calor solar recebidos pelo edifício.

O volume de radiação solar que incide em cada superfície externa de um edifício é variável segundo a orientação e a época do ano. Isto significa que o mesmo volume de espaço interior pode ter formas diversas, apresentando comportamentos térmicos e visuais diferentes, portanto, a forma arquitetônica é uma variável de grande influência para as condições interiores de conforto e, em consequência, para o desempenho energético da edificação.

A função a que se destina um edifício pode estar ligada a uma forma pré concebida que no entanto, pode sofrer modificações após a ocupação, sendo possível que uma arquitetura funcional acabe por se tornar desconfortável e ineficiente durante o desempenho de tarefas no seu interior ou ao longo do tempo.

A função arquitetônica interage com a forma e com a eficiência energética de um edifício, ou seja, um mesmo projeto, se destinado a fins diferentes, pode resultar em comportamentos energéticos diferentes.

O uso, sempre que possível, de sistemas naturais de condicionamento evitará a dependência exclusiva dos sistemas artificiais. E a iluminação natural pode ser

utilizada em praticamente toda a jornada de trabalho, visto que o horário de serviço das empresas é normalmente diurno. Quanto aos sistemas artificiais de iluminação e condicionamento, sua utilização pode ser exigida em virtude de algumas configurações do ambiente interior. Portanto deve-se sempre ter em mente os conceitos destes sistemas, conhecendo sua eficiência e adequação para cada caso, pois a eficiência energética não significa desprover os espaços interiores de luz artificial ou de ar condicionado (consumidores em potencial de energia), mas sim saber quando e o quanto são necessários.

2.5.2. Fechamento

Segundo TURNER (2001) e LAMBERTS (2004), as trocas de energia (luz e calor) entre os meios exterior e interior de um edifício tem como principal influência o envelope construtivo, que envolve o ser humano, sendo que no estudo do envelope deve-se considerar todos os fatores que intervêm no problema. Um deles é a radiação solar, da qual os materiais de construção se comportam de modo distinto. Pode-se distinguir o envelope construtivo em duas partes: os fechamentos opacos e os transparentes, sendo a principal diferença entre os dois a capacidade ou incapacidade de transmitir a radiação solar para o ambiente interno.

A radiação transmitida para o interior atuará nas condições de conforto de forma instantânea, sendo portanto a principal fração dos ganhos térmicos em ambientes, influenciando diretamente na eficiência energética.

Estudando os conceitos de transmissão de calor e o comportamentos térmico dos fechamentos, os projetistas, os Gestores Prediais e os Gerentes de Facilidades poderão especificar melhor as alternativas e os materiais a serem empregados nos edifícios.

2.5.2.a- Fechamentos Opacos³

A transmissão de calor acontece quando há diferença de temperatura entre as superfícies interior e exterior. O sentido do fluxo de calor será sempre da superfície mais quente para a mais fria. Para melhor entendimento do fenômeno, pode-se subdividi-lo em três fases:

³Este item foi totalmente baseado em dados, conforme LAMBERTS (2004).

a1) Fase 1- troca de calor com o meio exterior

A radiação incidente no fechamento opaco terá uma parcela refletida e outra absorvida, cujo valor dependerá respectivamente da refletividade (ρ) e da absortividade (α) do material, **conforme figura 1, parte A na página 23.**

$$\alpha + \rho = 1 \quad (1) - \text{Troca de calor com o meio externo}$$

Analisando a absortividade pode-se dizer que os materiais de construção são seletivos à radiação de onda curta (radiação solar) e a principal determinante desta característica é sua cor superficial, conforme alguns parâmetros abaixo:

Tabela 5: Absortividade em função da cor (alguns materiais).

Cores	α
Escuras	0,7 à 0,9
Médias (tijolos)	0,5 à 0,7
Claros	0,2 à 0,5

Fonte: ISO 6946 /1 (1976).

Por exemplo, se a absortividade de um material for 0,8 significa que 80% da energia sobre ele incidente será absorvida e 20% será refletida.

a2) Fase 2- condução através do fechamento

Considerando a elevação da temperatura da superfície externa do fechamento, haverá um diferencial entre esta e a temperatura da superfície interna, que se traduzirá na troca de calor entre as duas. Segundo LAMBERTS (2004), nesta fase a troca térmica será por condução e a intensidade do fluxo de calor pelo material dependerá da condutividade térmica (λ), que é a propriedade que depende da densidade do material e representa sua capacidade de conduzir maior ou menor quantidade de calor por unidade de tempo. Segue abaixo a condutividade térmica de alguns materiais:

Tabela 6: Condutividade térmica (alguns materiais).

Material	λ (W/ mK)
Concreto	1,50
Tijolos	0,65
Madeira	0,14
Isopor	0,03

Fonte: LAMBERTS (2004).

Quanto maior for o valor de λ , tanto maior será a quantidade de calor transferida entre as superfícies, portanto, estudando-se os materiais que serão utilizados em um projeto podemos reduzir ou aumentar a carga térmica de um ambiente em função da condutividade térmica de cada material.

Outra variável importante nesse processo é a espessura do fechamento (L), que deve ser medida em metros, pois através desta pode-se calcular o valor da resistência térmica (R), que é a propriedade do material em resistir à passagem de calor, **conforme figura 1, parte B na página 23.**

$$R = L / \lambda \text{ (m}^2\text{K / W)} \quad (2) - \text{ Resistência térmica}$$

Pode-se reduzir consideravelmente as trocas de calor em um fechamento opaco, empregando materiais com condutividades mais baixas ou até construindo fechamentos com múltiplas camadas, podendo uma das quais ser uma câmara de ar. Dentro da câmara as trocas térmicas são por convecção e radiação, em vez de condução. A convecção depende da inclinação do fechamento e direção do fluxo.

A troca térmica por radiação depende da emissividade da superfície do material em contato com a camada de ar (ϵ). A emissividade é uma propriedade física dos materiais que diz qual a quantidade de energia térmica é emitida por unidade de tempo. Esta propriedade pertence à camada superficial do material emissor. Os materiais de construção podem ser definidos em dois grupos: os metálicos, com emissividade de 0,05 a 0,30, e os não metálicos, cuja emissividades variam de 0,80 a 0,90, conforme tabela abaixo para alguns materiais:

Tabela 7: Emissividade (alguns materiais).

Material	ϵ
Alumínio polido	0,05
Ferro galvanizado	0,20
Demais materiais de construção	0,90

Conforme tabela, verificamos que se pintarmos com tinta não metálica uma chapa de ferro galvanizado, cuja emissividade é de 0,20, a mesma passaria para 0,90.

a3) Fase 3- Troca de calor com o meio interior

Na fase 3, as trocas térmicas voltam a ser por convecção e por radiação. Com a chegada do calor, a temperatura da superfície interna do fechamento irá aumentar em relação à temperatura do ar. As perdas de calor por convecção dependerão da resistência superficial interna do fechamento (R_{si}) e das perdas por radiação da emissividade superficial do material (ϵ). O valor de R_{si} pode ser obtido da tabela à seguir, segundo ISO 6946 /1(1976):

Cada uma das camadas de um fechamento tem uma resistência térmica distinta. O inverso da resistência total de fechamento (que inclui a resistência das duas superfícies: R_{si} e R_{se}) é a sua transmissão térmica (U), **conforme figura 1, parte C na página 23.**

Tabela 8: Resistência térmica superficial.

R_{si} (m2. K/W)			R_{se} (m2. K/W)		
Direção do fluxo de calor			Direção do fluxo de calor		
Horizontal	Ascendente	Descendente	Horizontal	Ascendente	Descendente
0,13	0,10	0,17	0,04	0,04	0,04

Fonte: ISO 6946 /1;(1976).

$$U = \frac{1}{R_T} \quad [W/m^2 K] \quad (3) - \text{Transmissão Térmica}$$

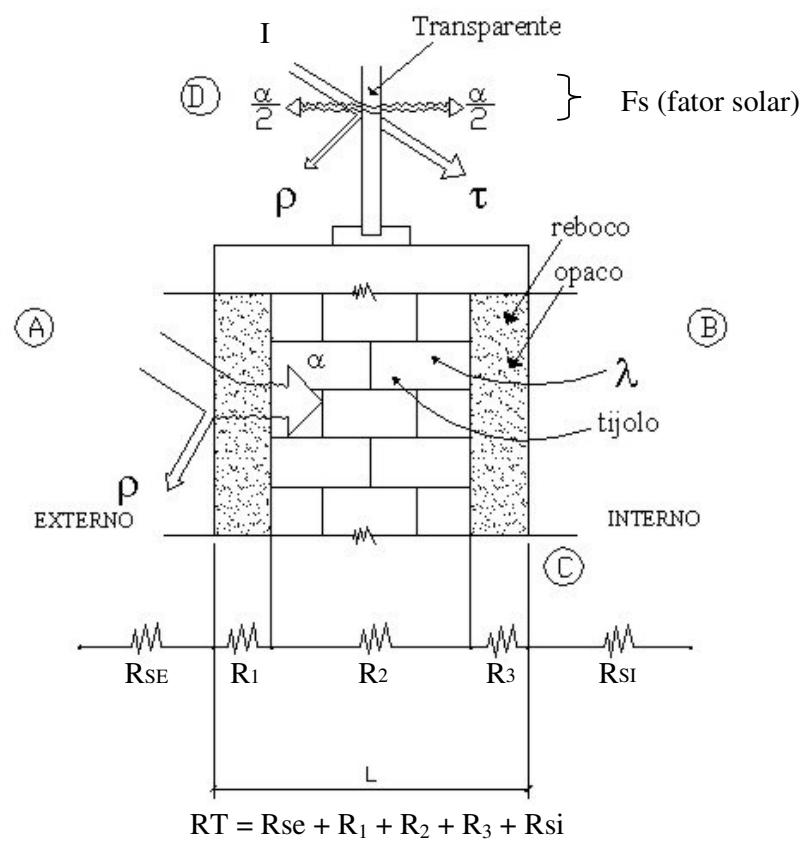


Figura 1: Transmitância Térmica.

Na tabela 9 a seguir, tem-se os valores de transmitância térmica para os principais fechamentos opacos utilizados na construção civil.

Tabela 9: Transmitância térmica para os principais fechamentos realizados na construção civil de uso corrente no Brasil.

Elemento	Tipo	U (W/ m ² K)
Paredes	Tijolo 6 furos espessura 12,5 cm	2,39
	Tijolo 6 furos espessura 17,0 cm (deitado)	2,08
	Tijolo 8 furos espessura 12,5 cm	2,49
	Tijolo 4 furos espessura 12,5 cm	2,59
	Tijolo maciço aparente 9,0 cm	4,04
	Tijolo maciço rebocado 12,0 cm	3,57
	Tijolo maciço rebocado 26,0 cm	2,45
Janelas	Vidro comum 3mm	5,79
Cobertura	Laje concreto 10 cm + fibrocimento	
	Verão- não ventilado	2,04
	Verão- bem ventilado	2,04
	Inverno- não ventilado	2,86
	Inverno- bem ventilado	3,89
	Laje concreto 10 cm + cerâmica	
	Verão- não ventilado	2,04
	Verão- bem ventilado	2,04
	Inverno- não ventilado	2,87
	Inverno- bem ventilado	3,89
	Forro Pinus 1 cm + fibrocimento	
	Verão- não ventilado	2,00
	Verão- bem ventilado	2,00
	Inverno- não ventilado	2,79
	Inverno- bem ventilado	3,75
	Forro Pinus 1 cm + cerâmica	
	Verão- não ventilado	2,01
	Verão- bem ventilado	2,01
	Inverno- não ventilado	2,79
	Inverno- bem ventilado	3,75
	Forro Pinus 1 cm+ fibrocimento+alumínio polido	
	Verão- não ventilado	1,11
	Verão- bem ventilado	1,11
	Inverno- não ventilado	1,11
	Inverno- bem ventilado	1,11

Fonte: GHISI, 1994 apud LAMBERTS, 2004.

Um dos pontos mais importantes deste estudo é o cálculo da transmitância térmica, pois através desta variável pode-se avaliar o comportamento de um fechamento opaco em função da transmissão de calor, comparando assim diversas opções de fechamentos.

a4) Fluxo térmico

Para melhor exemplificar fluxo térmico vamos considerar as estações climáticas inverno e verão.

No inverno, considerando a temperatura interior maior que a exterior, pode-se dizer que o fluxo de calor total por um fechamento é equacionado, segundo TURNER (2001).

$$q = U (T_e - T_i)$$

Onde: q- fluxo total de calor (W/m²);

U- transmitância térmica (W/m² K);

T_e- temperatura exterior (°C);

T_i- temperatura interior (°C).

No verão a temperatura do ar exterior tende a ser superior à do interior e a incidência do sol nos fechamentos opacos pode incrementar o fluxo de calor para dentro do ambiente, portanto pode-se dizer que o equacionamento do fluxo térmico passa a ser:

$$q = U (\alpha \cdot I \cdot R_{se} + T_e - T_i) \quad (4) - \text{Fluxo total de calor}$$

Onde: α - absortividade da superfície externa de fechamento;

I- radiação solar (W/m²);

R_{se}- resistência superficial externa (m² K/W);

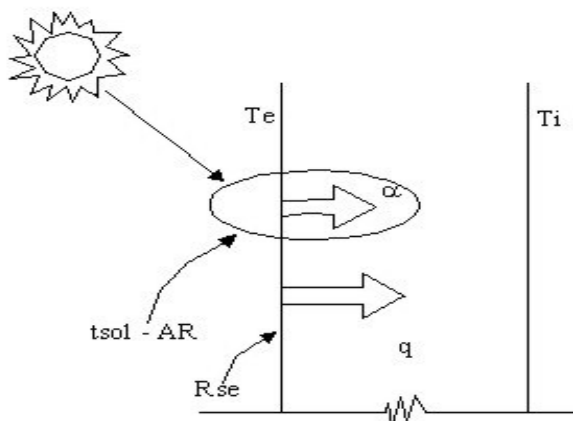


Figura 2: Fluxo Térmico.

Conhecendo-se os valores do fluxo térmico pode-se ter uma idéia sobre sua contribuição para a quantidade de calor que entra ou sai de um ambiente por condução nos fechamentos. No estudo de cargas térmicas de um ambiente serão somados as trocas de calor pelas aberturas, os ganhos térmicos internos e à influência da infiltração de ar. Com isso pode-se estimar a quantidade de calor que deverá ser retirada do ambiente, ou seja, deverão ser analisadas todas as contribuições que influenciam no cálculo de carga térmica, para estimar a quantidade de calor de um ambiente para refrigeração, por exemplo.

2.5.2.b. Fechamentos Transparentes

Nos fechamentos transparentes ocorrem três tipos básicos de trocas térmicas: condução, convecção e radiação. Em relação as duas primeiras, o comportamento é semelhante ao dos fechamentos opacos, acrescentando aos transparentes a possibilidade de controle das trocas de ar entre interior e exterior, basicamente, ao abri-los ou fechá-los. A radiação é o principal fator devido à sua parcela diretamente transmitida para o interior (inexistente nos fechamentos opacos), que depende da transmissividade do vidro (τ), **conforme figura 1, parte D na página 23**. Quanto maior uma abertura, maior a quantidade de calor que pode entrar ou sair do ambiente. Deve-se pensar o calor e a luz de forma integrada. A trajetória do sol na abóbada celeste é diferente para cada orientação e para cada latitude. O que normalmente se faz é obter os valores de radiação solar para a abertura em questão diretamente de tabelas representativas dos valores máximos de radiação solar para cada local.

Para a escolha do tipo de vidro a ser utilizado em uma abertura, vários parâmetros devem ser levados em consideração, entre eles, o controle da radiação solar, que pode ser resumido em: admitir ou bloquear a luz solar; admitir ou bloquear o calor solar; permitir ou bloquear as perdas de calor interior; permitir o contato visual entre interior e exterior.

No espectro solar há duas regiões de particular importância para o estudo do comportamento dos fechamentos transparentes: as regiões de onda curta (OC), que se dividem em visíveis e infravermelhas e as ondas longas (OL), que são radiações infravermelhas emitidas por corpos aquecidos. A escolha do tipo de vidro ou fechamento deve ser em função de evitar-se o efeito estufa dentro de um ambiente, ou seja, permitir a entrada de luz através de um material absorvente (pigmentação, película, etc.) e diminuir a transmissão de onda curta. Contudo, isto é feito com aumento da absorção nesse comprimento de onda e pode diminuir a sensibilidade, sendo que esta solução pode implicar em gastos desnecessários de energia para iluminação artificial. Uma outra propriedade destes materiais é ser reflexivo à onda longa reduzindo assim as perdas de calor para o exterior.

A figura 3 abaixo ilustra genericamente estas situações:

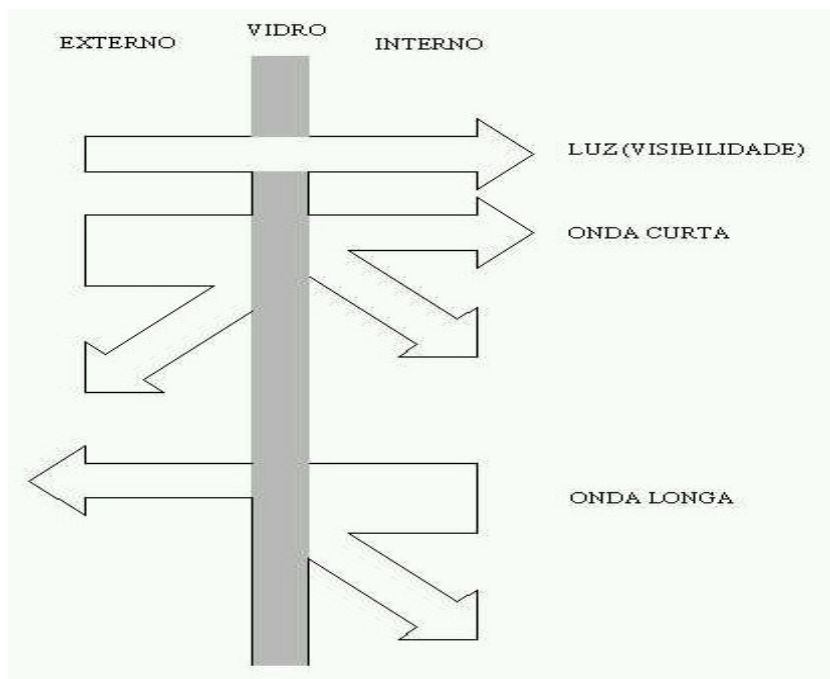


Figura 3: Comportamento ilustrativo das ondas de radiação.

Portanto a escolha do tipo de vidro deverá levar em consideração a absortividade- α , refletividade- ρ , transmissividade- τ , **conforme figura 1, parte D na página 23**, e qual o comportamento do vidro em relação a carga térmica que se quer utilizar no interior dos ambientes, sendo que esta características dependem do tipo de material e podem ser obtidas com os fabricantes de vidros.

2.5.2.c. Uso de Proteções Solares Internas e Externas

Usar proteções solares em uma abertura é um recurso importante para reduzir os ganhos térmicos, devendo-se tomar cuidado com a iluminação natural que não deve ser prejudicada. As proteções solares internas são basicamente as cortinas e as persianas, porém, as proteções internas não evitam o efeito estufa, pois o calor solar que as atinge se transforma em radiação de onda longa, permanecendo na sua maior parte no ambiente interior, **conforme figura 3, na página 27**.

As proteções externas bloqueiam a radiação direta antes de esta penetrar pelo vidro, evitando assim o efeito estufa, podendo ser fixas ou móveis. Para se saber a quantidade de calor que penetra em um ambiente através de uma janela ou sistema de abertura (janela com brise ou cortina, por exemplo) é importante conhecer os conceitos de fator solar (F_s).

2.5.2.d. Fator Solar

Segundo ASHRAE (2005), o fator solar de uma abertura pode ser entendido como a razão entre a quantidade de energia solar que atravessa a superfície pelo que nela incide. Este valor é característico para cada tipo de abertura e varia com o ângulo de incidência da radiação solar. Para o vidro simples, por exemplo, com a incidência direta da radiação solar normal à superfície, o fator solar é aproximadamente 0,87. Isto significa que 87% da radiação solar incidente sobre a janela com vidro simples e sem proteção penetra no interior. A maior parte é transmitida diretamente ao interior, somando-se 50% da parcela da radiação absorvida pelo vidro, **conforme figura 1, parte D na página 23**.

Nas tabelas abaixo são apresentados de forma resumida os fatores solares para alguns tipos de vidro e proteções solares externas e internas mais comuns, respectivamente, sendo que os valores são apenas para referência. Devido a grande evolução na tecnologia de vidros e à diversidade de tratamentos ópticos possíveis (fator solar, transmissividade visível), deve-se sempre consultar as especificações

técnicas de cada fabricante de vidro.

Tabela 10: Valores de fator solar (F_s) para aberturas com diferentes superfícies separadoras.

SUPERFÍCIES SEPARADORAS		F_s
VIDROS	Transparente (simples)	
	3 mm	0,87
	6 mm	0,83
	Transparente (duplo)	
	3 mm	0,75
	Cinza (fumê)	
	3 mm	0,72
	6 mm	0,60
	Verde	
	3 mm	0,72
	6 mm	0,60
	Reflexivo	
	3 mm	0,26 ~ 0,37
PELÍCULAS	Reflexiva	0,25 ~ 0,50
	Absorvente	0,40 ~ 0,50
ACRÍLICO	Claro	0,85
	Cinza ou bronze	0,64
	Refletido	0,18
POLICARBONATO	Claro	0,85
	Cinza ou bronze	0,64
DOMOS	Claro	0,70
	Translúcido	0,40
TIJOLO DE VIDRO		0,56

Fonte: ASHRAE (2005).

Saber como é o comportamento de um fechamento, frente às trocas térmicas, considerando-se uma abertura transparente, opaca ou outra é de grande importância ao analisar-se as estratégias que serão adotadas, para aumentar ou diminuir a carga térmica dos ambientes e assim reduzir os custos com energia elétrica das edificações.

2.5.3. Sistemas de aquecimento de água

Uma grande parte do consumo de eletricidade em edificações pode ser representado pelo aquecimento de água. A maioria das residências brasileiras utiliza chuveiro elétrico e o consumo de energia elétrica representa 25% do consumo total das residências, segundo ELETROPAULO (2005). O nível de conforto proporcionado é pequeno, mas são inquestionáveis o baixo preço desse equipamento e sua facilidade de instalação e manutenção. A ausência de sistemas de água quente dificulta a incorporação de outras formas de aquecimento de água. Isto faz com que a medida que o usuário busque maior conforto, maiores potências sejam instaladas,

gerando sérios problemas para o setor elétrico.

Os sistemas de aquecimento elétrico exigem investimentos elevados com infra-estrutura elétrica, tanto por parte dos usuários quanto por parte das Concessionárias de energia, respectivamente pela sobrecarga na instalação elétrica e também pela concentração do consumo em horário de ponta, que representa um acréscimo considerável na demanda de energia. Portanto, outras alternativas de aquecimento devem ser adotadas como aquecimento à gás, radiação solar ou outros, devendo-se sempre considerar o valor do investimento, o retorno em relação a redução no custo de energia e se é vantajoso financeiramente.

2.5.4. Sistemas de Iluminação Artificial

Um bom projeto de iluminação artificial deve garantir às pessoas a possibilidade de executar atividades com o máximo de precisão, segurança e com menor esforço e menor consumo de energia elétrica.

A eficiência dos sistemas de iluminação artificial adotados nos projetos, dependem do desempenho particular de todos os elementos envolvidos, bem como da integração feita com o sistema de iluminação natural. Os Gestores Prediais e Gerentes de Facilidades devem considerar a integração entre as fontes de luz artificial e natural sendo, por isso, necessário o conhecimento tanto de luz natural quanto dos tipos de equipamentos de iluminação a serem utilizados nas edificações. O desenvolvimento de novos produtos têm resultado em equipamentos com menor consumo de energia, sendo que deve-se fazer a escolha de lâmpadas em função de alguns parâmetros básicos:

- Rendimento cromático;
- Eficiência luminosa;
- Energia consumida;
- Custo inicial;
- Custo total.

Sempre que se pensar em novos projetos deve-se consultar os fabricantes para se adequar o produto à função que se quer utilizar, pois os fabricantes estão constantemente pesquisando novos produtos com eficiência energética, conseguindo-se com isso sistemas otimizados com menor consumo de energia.

2.5.4.a. Lâmpadas

Neste item procurou-se mostrar as características técnicas de alguns tipos de lâmpadas pois, assim, é possível escolher o produto correto para o uso ideal, lembrando sempre que os fabricantes devem ser sempre consultados quanto às características técnicas de cada produto, pois estão em constante evolução, procurando sempre melhor rendimento dos produtos com menor consumo de energia, segundo, TURNER (2001) e PHILIPS (2005):

a1) Incandescentes

Embora de vida útil bastante curta, seu custo inicial é baixo. Seu princípio de funcionamento é produzir luz pela elevação da temperatura de um filamento, geralmente de tungstênio, ao ser submetido a corrente elétrica, sendo que a alta temperatura do filamento causa evaporação do tungstênio, que se deposita no bulbo, escurecendo-o e produzindo uma depreciação do fluxo luminoso e duração curta (aproximadamente 1.000 horas). O tamanho reduzido, o funcionamento imediato e a desnecessidade de aparelhagem auxiliar (exceto lâmpadas halógenas) são algumas das vantagens deste tipo de lâmpada. Em contrapartida, a eficiência luminosa é bem baixa nestas lâmpadas, existindo uma elevada dissipação de calor, que se traduz no desperdício de energia.

As lâmpadas halógenas possuem além dos gases tradicionais, um halogênio (normalmente iodo) no interior do bulbo. Com a ajuda do bulbo de quartzo, que suporta altas temperaturas, evitando assim a condensação, o tungstênio evaporado combina-se com o halogênio. Quando em contato com o filamento, o tungstênio da mistura é redepositado no filamento e o halogênio continua sua tarefa no ciclo regenerativo. Estas lâmpadas apresentam um decaimento de fluxo luminoso muito pequeno, uma maior eficiência, vida útil de 2.000 horas e dimensões bem reduzidas. Algumas lâmpadas halógenas são equipadas com um refletor multifacetado coberto com uma película dicróica. Trata-se de um filtro químico que reflete grande parte da radiação visível e transmite para trás da lâmpada 65 % da radiação infravermelha (térmica), proporcionando assim uma luz mais “fria”, são de 12 V e necessitam de um transformador para uso na rede elétrica.

a2) Fluorescentes

Descarga gasosa- O filamento não existe nas lâmpadas de descarga gasosa. A

luz é produzida pela excitação de um gás (pela passagem de energia elétrica), contido entre dois eletrodos. Desta forma é produzida radiação ultravioleta (invisível), que, ao atingir as paredes internas do bulbo (revestidas por substância fluorescente, como cristais de fósforo), é transformada em luz.

Em geral, as lâmpadas fluorescentes possuem boa eficiência luminosa (quatro a seis vezes maior que as incandescentes) e vida média alta (6.000 a 9.000 horas). O fato de apresentarem baixa luminância é vantajoso, pois reduz a possibilidade de ofuscamento. A lâmpada fluorescente T8 é mais eficiente por ter menor diâmetro, menor potência (32 W) e fluxo luminoso equivalente ao da fluorescente comum T12 (40 W).

Outro tipo de lâmpada fluorescente compacta é composta basicamente de um bulbo fluorescente, possuindo em alguns modelos os dispositivos de partida (reatores e starters) incorporados ao seu invólucro compacto.

a3) Lâmpadas a vapor de Mercúrio

Este tipo de lâmpada é indicado para a iluminação de grandes áreas internas ou externas. Tem boa eficiência luminosa (45 a 65 lm/ W) e sua luz tem aparência branco azulado. Nestas lâmpadas o vapor de mercúrio está submetido a alta pressão no interior de um pequeno tubo (tubo de descarga). Este tubo está contido num bulbo, que ajuda manter constante a temperatura da lâmpada, podendo também revestir o bulbo com pós fluorescentes. Como as lâmpadas fluorescentes, as lâmpadas de vapor de mercúrio (exceto a do tipo mista) exigem aparelhagem auxiliar para funcionamento. Um tipo especial destas lâmpadas é conhecido como luz mista e consiste da lâmpada de bulbo fluorescente com tubo de descarga ligado em série com um filamento de tungstênio. O filamento age como reator, dispensando o emprego deste e permitindo que a lâmpada seja ligada diretamente na rede.

As principais vantagens das lâmpadas a vapor de mercúrio são sua duração (aproximadamente 22.000 horas), a luminância média (que evita o ofuscamento), o volume pequeno, a boa eficiência luminosa e o fato de serem oferecidas em potências elevadas, sendo suas principais desvantagens a pouca qualidade na reprodução de cores, custo inicial elevado (que pode ser, no entanto, amortizado pela eficiência e vida útil) e também o longo tempo de acendimento (4 a 5 min. para atingir o fluxo luminoso máximo).

a4) *Lâmpadas à Vapor de Sódio*

A lâmpada a vapor de sódio pode ser de baixa ou de alta pressão. Na de baixa pressão o tubo de descarga interno contém sódio e uma mistura de gases inertes (neônio e argônio) com os eletrodos nas extremidades. Esta lâmpada caracteriza-se por emitir uma radiação monocromática, centrada no amarelo, elevada eficiência luminosa (160 a 180 lm/W) e longa vida média. Desta forma, este tipo de lâmpada encontra a sua aplicação em grandes espaços externos, onde a reprodução da cor não é necessária e o reconhecimento por contrastes é predominante (auto- estradas, estacionamentos, pátios de manobra, etc...). Na lâmpada à vapor de sódio de alta pressão, o tubo de descarga contém um excesso de sódio, assim proporciona uma reprodução de cor razoável e apresenta uma eficiência luminosa que pode chegar até 130 lm/ W. Levam de cinco a oito minutos para atingir 80% do seu fluxo luminoso máximo e têm duração média de aproximadamente 18.000 horas.

2.5.4.b. *Reatores*

Um elemento importante no desempenho de uma lâmpada fluorescente é o reator, que consome uma parcela significativa de energia por aquecimento. Basicamente três modelos existem no mercado: reatores convencionais, partida rápida e reatores eletrônicos. O modelo convencional é utilizado para apenas uma lâmpada e necessita de um dispositivo auxiliar para acendimento da lâmpada como um interruptor auxiliar ou starter. O reator de partida rápida, pouco mais econômico que o convencional, pode acender até duas lâmpadas e não necessita de dispositivo auxiliar para partida. Segue abaixo tabela comparativa com os valores aproximados de perda de energia dos dois tipos de reatores:

Tabela 11: Perdas aproximadas de energia em reatores (W).

Reator		
Lâmpada	Convencional	Partida rápida
1 x 20 W	9	
2 x 20 W		17
1 x 40 W	12	17
2 x 40 W	24	23
2 x 65 W	32	
2 x 110 W		35

Fonte: PAGLIARICCI (2005).

Existem atualmente reatores eletrônicos mais econômicos que os convencionais e os de partida rápida. Estes equipamentos apresentam perdas reduzidas e até negativas, por funcionarem em altas frequências. Outra vantagem é a possibilidade de utilização de um único reator para até quatro lâmpadas fluorescentes. Pela tabela abaixo percebe-se que luminárias com duas lâmpadas de 40 W e reator convencional podem ser substituídas por uma opção bem mais econômica, que são luminárias com duas lâmpadas de 32 W (tipo T8) e reator eletrônico.

Seguem os consumos comparativos:

2 x 40 W- reator convencional - consumo de 104 W/ h (40 W + 40 W + 24 W).

2 x 40 W- reator partida rápida - consumo de 103 W/ h (40 W + 40 W + 23 W).

2 x 32 W- reator eletrônico - consumo de 64 W/ h (32 W + 32 W).

Portanto, além de verificar-se os tipos de luminárias e lâmpadas que se quer utilizar, também deve-se saber qual a perda e consumo dos reatores, que representam uma parcela significativa no consumo de energia.

2.5.4.c. Controle da Luz Elétrica

O objetivo do controle da luz elétrica é fornecer a quantidade de luz adequada enquanto minimiza o consumo de energia elétrica e pode ser feito através de vários dispositivos . Uma das medidas para redução do consumo de energia é a distribuição racional dos circuitos, que permitirá acionamentos independentes das luminárias. O controle pode ser automático, através de sensores de ocupação, sistemas com controle fotoelétrico ou sistemas de programação de tempo.

O uso adequado de sistemas de controle de iluminação artificial e a especificação do tipo de lâmpada e de luminária são premissas técnicas para um bom projeto e conseqüentemente, ao conforto visual das pessoas e a eficiência energética da edificação. Segue abaixo as características de utilização de alguns desses equipamentos:

c1) Sensores de Ocupação

O sistema consiste em um detector de movimento (que usa ondas ultrassônicas ou de radiação infra-vermelha), uma unidade de controle eletrônica e um interruptor controlável (relé). O detector de movimento sente o movimento e envia o sinal apropriado para a unidade de controle. A unidade de controle, então, processa

o sinal de entrada para fechar ou abrir o relé que controla a potência de luz.

c2) Sistema por Controle Fotoelétrico

O sistema consiste de sensores que identificam a presença de luz natural, fazendo a devida diminuição ou até mesmo o bloqueio da luz artificial através de dimers controlados automaticamente. Quanto maior a quantidade de luz natural disponível no ambiente, menor será a potência elétrica fornecida às lâmpadas e vice-versa.

c3) Sistema de Programação de Tempo

Funcionam através do desligamento ou diminuição da luz.

O controle da luz elétrica também pode ser feito individualmente, através de temporizadores ou dimers. Os temporizadores ou minuterias acendem lâmpadas por um período de tempo pré- estabelecido, sendo que após o tempo programado, o temporizador desativa as lâmpadas, evitando o desperdício de energia.

Os dimers controlam, através de um circuito eletrônico, a potência fornecida à lâmpada, aumentando ou diminuindo a luz, geralmente utilizados para lâmpadas incandescentes, podendo também ser, utilizados para lâmpadas fluorescentes com a utilização de reatores eletrônicos.

2.5.5. Climatização Artificial

De acordo com o clima local e com própria função à que se destina uma edificação, é muitas vezes inevitável o uso de sistemas artificiais de climatização, como ventiladores, aquecedores e ar condicionado, mas também deve-se levar em consideração os sistemas naturais como estratégia de projeto para promover o conforto térmico dos usuários.

Conhecendo-se os diversos tipos de sistemas de climatização existentes no mercado e as características técnicas e de funcionamento de cada um, bem como, a integração com os outros sistemas prediais, pode-se utilizar racionalmente os equipamentos, evitando desperdício de energia.

Deve-se entender a diferença conceitual entre ventilação e infiltração. Segundo TURNER (2001), a ventilação representa uma exigência nos ambientes interiores, configurando-se como a renovação de ar necessária aos usuários. Ao contrário a infiltração (ar que penetra por frestas ou locais indesejados) aparece como um problema para o aquecimento artificial e a refrigeração. O ar infiltrado

geralmente está em condições indesejáveis de temperatura e umidade relativa, podendo causar a diminuição da eficiência dos equipamentos de climatização. Portanto, deve-se levar em consideração estas características ao se projetar o funcionamento destes sistemas. Os sistemas mais comuns de climatização artificial são os de ventilação mecânica, os de aquecimento e os de refrigeração, conforme serão apresentados abaixo:

2.5.5.a. Ventilação Mecânica

Os sistemas de ventilação mecânica são basicamente de dois tipos: os exaustores e os ventiladores. A exaustão é normalmente utilizada em ambientes onde há alguma fonte de contaminação do ar (cozinhas, banheiros, laboratórios, etc.), criando pressão negativa que suga o ar quente ou impuro, arremessando-o para fora do ambiente.

A ventilação mecânica de um ambiente pode ser feita com ventiladores móveis ou fixos no teto. A facilidade de instalação, o baixo custo e a economia de energia são vantagens desse sistema, bem como o fato de refrescar o usuário sem alterar a temperatura do ar. Isto acontece porque a convecção criada pelo ventilador ajuda na evaporação do suor e na remoção do calor da pele, aumentando a sensação de conforto do usuário.

2.5.5.b. Aquecimento

Para aquecer um ambiente utilizam-se basicamente dois princípios: evitar as perdas de calor e incrementar os ganhos térmicos do exterior. Estes princípios nem sempre são suficientes, levando o usuário ao aquecimento artificial do interior. Os sistemas mais simples são de aquecimento local ou direto, e as fontes de energias para estes sistemas podem ser eletricidade, gás, óleo ou combustíveis sólidos (lenha, carvão, etc.).

Apesar dos vários disponíveis, o aquecimento elétrico é o mais difundido, pela facilidade de instalação, baixo custo do transporte de energia, manuseio simples e ausência de combustão e baseia-se no aquecimento provocado pela corrente elétrica que passa através de uma resistência. Os principais tipos disponíveis no mercado são:

b1) Radiador incandescente

A corrente elétrica aquece um elemento cerâmico que irradia calor através de um refletor parabólico, sendo que a maior parte do calor é emitida por radiação.

b2) Painele Radiador de Baixa Temperatura

A resistência elétrica se situa no interior de um tubo fino imerso em água ou em óleo que, aquecidos, circulam pelo radiador e irradiam calor para o ambiente.

b3) Convector Elétrico

Basicamente existem dois tipos de convector elétrico: com ventilação forçada ou natural. No convector com ventilação forçada o ar passa por uma resistência aquecida, se aquece e é direcionado para o ambiente. No convector com ventilação natural, consiste basicamente de uma resistência elétrica aquecida situada no interior de um invólucro, o ar ambiente é induzido (por convecção natural) a passar pela resistência, onde é aquecido e devolvido ao ambiente.

b4) Ar condicionado de janela

Se baseia na passagem de um gás refrigerante por uma tubulação que o submete a uma alta pressão no lado quente do sistema (condensador) e a baixa pressão no lado frio do sistema (evaporador). Se o ar for forçado a passar pelo evaporador, se resfriará, e se for forçado a passar pelo condensador (ciclo reverso) se aquecerá, sendo que à partir daí basta fazer o ar aquecido ou resfriado circular pelo ambiente interno.

b5) Aquecedor Central

Nestes casos é basicamente aquecer água ou ar em local dos ambientes a serem aquecidos e distribuir o fluido para os ambientes através de tubulações. O fluido circula por radiadores instalados no interior dos ambientes, que emite calor para o ar por convecção e por radiação. A produção de calor é geralmente feita em boilers (água quente) ou fornalhas (ar quente). Raramente a eletricidade é utilizada em sistemas centrais, preferindo-se a utilização de combustíveis (óleo, gás, carvão, lenha, etc.), ou fontes renováveis de energia (solar, eólica, biogás, biomassa, etc.).

2.5.5.c. Resfriamento

Consiste em controlar simultaneamente a temperatura, umidade e distribuição do ar para atender as necessidades em um ambiente. Isto significa que o ar ficará compatível com as necessidades térmicas e ambientais de um recinto independentemente das condições externas. Atualmente, os sistemas normalmente utilizados em edificações são:

c1) Ar Condicionado de Janela

É o aparelho mais simples e compacto, pois possui o condensador e o evaporador sob o mesmo invólucro. O ar externo é puxado através da unidade, onde é condicionado e imediatamente entregue ao ambiente interior. O ar a ser tratado pode constituir-se de uma mistura com o ar interno ou ser totalmente proveniente do exterior. Os mais novos apresentam compressores rotativos, em vez de alternativos. A vantagem está na redução do consumo de energia e do peso, também são bastante flexíveis para mudanças de posição e remanejamento, além da vantagem de aquecimento por ciclo reverso em alguns modelos. Segue abaixo capacidade teórica⁴.

Watt	BTU/ h	TR
2.200 a 8.800	7.500 a 30.000	0,625 a 2,5

c2) Minicentraís de Pequeno Porte

Este tipo pode atender espaços sem paredes voltadas para o exterior, pois possui as unidades evaporadora e condensadora separadas, podendo ser distanciadas até aproximadamente 30 m entre si (dependendo do fabricante).

O evaporador, instalado no interior do ambiente que se quer condicionar, se interliga ao condensador por uma tubulação de gás refrigerante que implica a abertura de um orifício na parede de aproximadamente 8 cm de diâmetro.

As principais vantagens deste tipo em relação ao de janela são o baixo nível de ruído no ambiente e a possibilidade de condicionar espaços interiores sem paredes externas. Quanto às desvantagens, são basicamente o custo bem mais elevado e a manutenção mais complexa, que requer profissionais especializados. Segue abaixo capacidade teórica⁴:

Watt	BTU/ h	TR
3.515 a 8.800	12.000 a 30.000	1,0 a 2,5

⁴As capacidades apresentadas são teóricas, pois há diferenças entre os fabricantes, que devem ser consultados para obter-se os valores reais.

c3) *Multisplit*

Estes equipamentos têm capacidade de refrigeração superiores à das minicentraís de pequeno porte. O multisplit é o equipamento de menor porte, projetado para trabalhar de forma ambiente ou dutado. A vantagem deste sistema é a climatização de vários ambientes simultaneamente. Sua principal desvantagem é possuir um único termostato, implicando na variação das temperaturas dos ambientes segundo a variação da carga térmica em um único ponto. Segue abaixo capacidade teórica⁴:

Watt	BTU/ h	TR
11.720	40.000	3,33

c4) *Self Contained*

É um equipamento próprio para rede de dutos, ainda que também possa ser usado com grelha difusora diretamente no ambiente. A principal desvantagem desse sistema é não possuir ciclo reverso. Entretanto pode produzir aquecimento no ambiente mediante adaptação de resistência elétrica. No mercado encontram-se basicamente três modelos distintos:

- self com condensadora de ar incorporada: análogo a um grande aparelho de janela.
- self com condensadora de ar remota: disposição semelhante às minicentraís.
- self com condensação a água: requer uma linha alimentadora de água.

Segue abaixo capacidade teórica⁴:

Watt	BTU/ h	TR
17.900 a 64.300	62.500 a 225.000	5,0 a 18,0

c5) *Sistemas de grande porte com água ou ar (Chillers e Fan- coils).*

Os sistemas compostos por chillers estão associados a uma rede de

⁴As capacidades apresentadas são teóricas, pois há diferenças entre os fabricantes, que devem ser consultados para obter-se os valores reais.

distribuição de água gelada para unidades localizadas, conhecidas por fan-coil. O fan-coil é análogo à unidade evaporadora, tendo a função de forçar a passagem de ar pelos tubos de água gelada, jogando ar frio para o ambiente interior. Estes sistemas normalmente apenas refrigeram.

O aquecimento implica no emprego de caldeiras associadas aos fan-coils. Em regiões onde a tarifa de energia é diferenciada para cada período do dia, o chiller pode ser usado para acumular água gelada ou gelo nos horários em que a energia é mais barata (à noite) para posterior uso durante o dia e, nos horários de pico, reduzindo assim a demanda a ser contratada, conforme conceitos apresentados no capítulo 3.

2.6. CARGA TÉRMICA

Após o conhecimento de todas as variáveis (climáticas, humanas, e arquitetônicas) pode-se, através de cálculo da carga térmica, saber a quantidade de calor total que deverá ser extraída ou fornecida ao ar do ambiente, para mantê-lo em condições desejáveis de temperatura e umidade. Com estes parâmetros, é possível dimensionar sistemas para resfriamento ou para aquecimento de um ambiente.

Os principais fatores ou fontes térmicas a considerar no levantamento de carga térmica, conforme ABNT (1982) são:

- Insolação - depende da orientação, tipo de janela e proteções solar;
- Temperatura do ar externo;
- Umidade do ar externo;
- Ocupantes - o calor gerado pelos ocupantes depende de sua atividade física (metabolismo) e do número de pessoas usuárias do ambiente;
- Fechamentos opacos - todos os fechamentos opacos (paredes, pisos, tetos) podem ser fontes de ganhos ou perdas térmicas do ambiente por condução entre os meios exterior e interior;
- Fechamentos transparentes - atuam através dos ganhos de calor por insolação e das trocas entre os meios externo e interno por condução;
- Iluminação artificial - gera calor, que deve ser considerado como integrante da carga térmica;
- Outras fontes de calor - equipamentos que podem gerar calor no ambiente;

- Infiltração e renovação - as condições de temperatura e umidade do ar externo podem significar um acréscimo razoável na carga térmica do ambiente por infiltração (frestas) ou renovação, principalmente se forem muito diferentes das condições do ar interno.

Em relação ao consumo de energia, pode-se comparar de forma prática os aparelhos de ar condicionado através do seu EER (energy efficient ratio) que, segundo GELLER (1994 a), é um conceito de índice de eficiência. O EER relaciona a quantidade de energia elétrica consumida para gerar energia térmica de aquecimento, ou refrigeração, e sua unidade é BTU/h/W. As melhorias tecnológicas recentes (como, por exemplo, a introdução dos compressores rotativos) mostram que a indústria busca melhorar cada vez mais estes índices. O crescimento do EER significa menor quantidade de energia consumida.

2.7. RELAÇÃO ENTRE OS SISTEMAS PREDIAIS E O USO RACIONAL DE ENERGIA

Após ter-se uma visão sobre as principais variáveis envolvidas no conforto humano e no desempenho energético, podemos relacionar estes efeitos de modo a tirar partido ou evitar estas variáveis nas edificações obtendo-se, assim, conforto para as pessoas através do emprego de sistemas de climatização e iluminação artificial ou estratégias naturais de aquecimento, resfriamento e iluminação, ponderando os limites de exequibilidade e a relação custo/ benefícios de cada solução.

Portanto, pode-se otimizar o uso de um edifício se conseguir reduzir o consumo de energia elétrica nos diversos sistemas, como iluminação, condicionamento do ar, aquecimento de água e etc. Neste cenário o que se destacam são basicamente três idéias a serem perseguidas no processo de concepção dos sistemas:

- Usar sistemas naturais de condicionamento e iluminação;
- Usar sistemas artificiais mais eficientes;
- Buscar integração entre sistemas artificiais e naturais.

A busca de integração entre os sistemas naturais e artificiais é sempre importante em todos os setores, pois além da economia de energia, propicia espaços mais agradáveis ao uso, para tanto serão mostrados a seguir algumas medidas

práticas para se obter eficiência energética nos diversos sistemas.

2.7.1. Sistemas de Iluminação

A demanda de energia por iluminação é elevada em edificações e algumas estratégias sistemáticas podem ser adotadas para reduzir este consumo como o uso de luz natural e o emprego de sistemas de iluminação artificial mais eficientes.

Necessariamente a taxa de iluminação natural não é aumentada ao criar-se mais áreas de aberturas, pois isto poderia ocasionar maiores ganhos de calor indesejáveis, sendo que pode-se resolver o problema da distribuição da luz natural até ambientes interiores com menor possibilidade de janelas com um conjunto de medidas integradas, sendo que um projeto de iluminação de qualidade e eficiência deve incluir entre outros:

- Integração com luz natural;
- Iluminação de tarefa;
- Uso de sistemas de controle eficazes;
- Uso de tecnologias mais eficientes de iluminação.

a1) Integração com Luz Natural

A integração com luz natural pode ser feita de diversas maneiras, utilizando-se dispositivos para iluminação natural como lanternims, átrios, persianas flexíveis, poços de luz, sheds, clarabóias, refletores, etc. e componentes do sistema de iluminação artificial, integrando-os em um único sistema, sendo estas medidas capazes de reduzir o custo de energia com iluminação. Neste contexto, sempre que a luz natural for adequada às necessidades de iluminação do ambiente, a iluminação artificial deve ser desativada ou reduzida. Alguns sistemas de controle (como sensores fotoelétricos, dimers, etc...) podem ser empregados para esta finalidade, devendo-se levar sempre em consideração o balanceamento dos ganhos de calor que poderão estar embutidos no ingresso de luz natural nos ambientes, pois isto poderia aumentar o consumo de energia para condicionamento térmico, por exemplo.

a2) Iluminação de Tarefa

A iluminação de tarefa permite níveis de iluminação mais altos para as tarefas visuais, enquanto se mantém o restante da iluminação a níveis mais baixos. “Recomenda-se que a iluminação ambiental seja pelo menos 33% da iluminação de tarefa, para conforto e adaptação ao transiente. Isto significa que boa parte da área

interna de um edifício pode ter seu nível de iluminação diminuído, reduzindo também o consumo de energia” (LAMBERTS, 2004, p.166).

a3) Manutenção dos Lumens

Um sistema de iluminação artificial é geralmente projetado para produzir mais luz do que o necessário. A quantidade de luminárias e lâmpadas é normalmente superdimensionada para garantir que, no final de sua vida útil, quando a luz liberada pelas luminárias decresce por diversos fatores, a iluminância seja mantida.

A manutenção dos lumens consiste em se usar uma fotocélula para detectar a iluminância atual no espaço e apresentar o nível adequado, pois, assim, a luminância de projeto é mantida em todo o período.

Além de ser aplicável em ambientes exclusivamente iluminados artificialmente, a manutenção dos lumens permite também a integração com a luz natural em ambientes com abertura para o exterior, ou seja, a luz natural, ao ser percebida pelo sensor fotoelétrico, fará a devida correção na intensidade de energia fornecida para a iluminação artificial e fará a correção no nível de iluminação.

a4) Sistemas de Controle

A função de um sistema de controle de luz é fornecer a quantidade necessária de iluminação onde e quando ela é necessária, enquanto minimiza o consumo de energia elétrica. Os sistemas de controle são basicamente de três tipos:

- Sistemas com controle fotoelétrico;
- Sensores de ocupação;
- Sistemas de programação do tempo.

a5) Tecnologias Eficientes de Iluminação

Além de considerar sistemas de controle, iluminação orientada à tarefa, manutenção dos lumens e integração com luz natural, deve-se procurar a utilização de equipamentos mais eficientes (luminárias, lâmpadas e reatores).

Como exemplo de otimização do sistema de iluminação pode-se considerar a troca de lâmpadas fluorescentes comuns de 40 W por lâmpadas fluorescentes eficientes de 32 W e também substituindo-se as luminárias comuns pelas reflexivas. Além disso, na troca de reatores convencionais por modelos eletrônicos pode-se conectar até quatro lâmpadas em um único reator.

Deve-se sempre consultar as características técnicas dos produtos dos fabricantes, pois estes estão constantemente pesquisando novos produtos com melhor eficiência energética, conseguindo-se com isso sistemas otimizados com menor consumo de energia.

a6) Condicionamento Natural e Artificial

Algumas estratégias de conforto térmico podem não responder completamente à necessidade de conforto dos usuários, em virtude, principalmente, das grandes cargas internas provenientes de iluminação artificial, número de usuários e de equipamentos. É aconselhável, portanto, adotar-se critérios objetivando menor dependência da climatização artificial, como:

- Redução da transmitância térmica das paredes, janelas e coberturas;
- Uso de proteções solares em aberturas;
- Uso de cores claras no exterior;
- Emprego da ventilação cruzada sempre que possível e etc.

Outra questão a ser considerada é a eficiência dos sistemas de ar condicionado. Os problemas de consumo alto de energia relacionados aos equipamentos de ar condicionado podem ser:

- Falta de manutenção;
- Falta de isolamento dos dutos de ar ou das tubulações de água;
- Superdimensionamento;
- Equipamentos de baixa eficiência e etc.

a7) Simulação Integrada de Energia

Observa-se pelo exposto até aqui que o cenário para obter-se eficiência energética é complexo devido ao grande número de variáveis envolvidas. Para lidar com estes problemas foram desenvolvidos programas e equipamentos de simulação energética de edificações.

Utilizando a simulação pode-se prever o desempenho energético de um sistema, conhecendo inclusive o comportamento de cada elemento construtivo. Isto, aliado à aplicação dos recursos bioclimáticos, permite conceber edificações mais eficientes. Além disso, é possível abordar de forma integrada os sistemas naturais e artificiais de condicionamento e de iluminação, respondendo mais adequadamente às

condicionantes do clima e da função a que se destina o edifício.

2.8. EXEMPLOS DE EDIFICAÇÕES COM EFICIÊNCIA ENERGÉTICA AO REDOR DO MUNDO

No deserto do Colorado, nos Estados Unidos, o povo de Mesa Verde tem suas habitações incrustadas nas encostas de pedra, de tal maneira a sombrear a incidência dos raios solares no verão quente e seco. No inverno, a inclinação mais baixa do sol permite sua entrada nas habitações, aquecendo-as durante o dia, sendo que o calor armazenado na rocha das encostas durante o dia é devolvido ao interior das habitações à noite, garantindo assim o conforto térmico, segundo RUDOFISKY, 1981 apud LAMBERTS, 2004.

No norte da China, as edificações foram construídas subterrâneas, como escolas, mercados, residências, ou seja, tudo sob a superfície da terra. Olhando-se as cidades, as mesmas mostram apenas os pátios das casas. Devido aos extremos de temperatura do ar (alta durante o dia e baixa à noite), com este tipo de solução, a temperatura abaixo da superfície do solo é mais amena, segundo RUDOFISKY, 1981 apud LAMBERTS, 2004.

Na Espanha, no Pavilhão de Sevilha, a utilização de uma poderosa cascata fez com que o edifício consumisse apenas um quarto de energia que seria necessário se fosse climatizado com ar condicionado, segundo MEYHOFER, 1994 apud LAMBERTS, 2004.

O Instituto do Mundo Árabe teve sua fachada mais importante revestida com dispositivos em forma de diafragma, que lembram a tapeçaria árabe, com sua abertura controlada eletronicamente, criando assim diferentes condições de iluminação e oferecendo proteção contra o sol, segundo MEYHOFER, 1994 apud LAMBERTS, 2004.

No Hong-Kong and Shangay Bank foram construídos elementos refletores controlados eletronicamente dentro e fora do edifício. Assim a luz é distribuída pelos diversos andares aumentando a qualidade do ambiente visual no interior do edifício e reduzindo o consumo de energia necessário para iluminação artificial, segundo MEYHOFER, 1994 apud LAMBERTS, 2004.

No Brasil, a Escola de Odontologia – Universidade Católica de Brasília em

Taguatinga; a Escola Técnica Gerencial em Uberlândia - MG e a Faculdade de Arquitetura e Engenharia- Universidade de Itaúna, em Itaúna - MG, foram construídas com brises nas fachadas e pátio interno avarandado e ajardinado, bem como materiais de fachada com grande inércia térmica, diminuindo assim a carga térmica interna e eliminando a necessidade de ar condicionado, e também foram utilizadas grelhas que permitem ventilação cruzada, conforme ARQUISHOW (2005).

Os conceitos e exemplos apresentados neste capítulo devem ser aplicados de forma integrada entre sistemas naturais e artificiais e buscando-se sempre a utilização de equipamentos mais eficientes, sendo que o controle, medições e simulação do desempenho energético são ferramentas importantes para os Gestores Prediais e Gerente de Facilidades buscarem eficiência energética.

CAPÍTULO 3 - GERENCIAMENTO DE DEMANDA

Neste capítulo serão abordados alguns conceitos com o objetivo de mostrar como é elaborado o cálculo da conta de energia elétrica e assim auxiliar os Gestores Prediais e Gerentes de Facilidades na escolha do melhor processo para reduzir os custos relativos a despesas de energia elétrica nas edificações, conseguindo-se o máximo de eficiência.

Para se fazer análises e cálculos das contas de energia elétrica, deve-se verificar junto aos vários órgãos envolvidos (Concessionárias de energia, ANEEL- Agência Nacional de Energia Elétrica e Secretárias da Fazenda Estaduais) o método de elaboração das contas e os conceitos e influências das partes integrantes das mesmas. Também verifica-se algumas medidas e métodos que interferem diretamente nestas partes integrantes para redução dos custos, bem como equipamentos de controle para tal.

Também serão apresentados alguns exemplos práticos para melhor explicar como são elaborados os custos com energia elétrica em diversos tipos de situações e algumas medidas práticas para se reduzir o custo com energia elétrica.

3.1. CONCEITOS GERAIS NA ELABORAÇÃO DAS CONTAS DE ENERGIA ELÉTRICA

Segundo PAGLIARICCI (2005), a geração de energia elétrica no País é feita quase que exclusivamente por usinas hidroelétricas. Podemos afirmar que é possível verificar separadamente a escassez de energia (kWh- água na represa) e a escassez de potência (kW- capacidade dos equipamentos: geradores, transformadores, linhas de transmissão e equipamentos de distribuição).

Como na sociedade cobra-se tudo o que é escasso, é razoável que, na elaboração da conta de energia elétrica, sejam cobrados separadamente a energia e a potência elétrica.

Abordando o problema por outro ângulo, podemos observar que, para aumentar a capacidade de fornecimento de energia, seriam necessários investimentos para o aumento, dentro de certos limites, da capacidade da represa, enquanto a elevação da capacidade de fornecimento de potência exigiria investimentos em máquinas, transformadores, linhas de transmissão e etc.

Analizando a curva de consumo de um cliente ao longo de um mês, conforme indicado na figura esquemática abaixo:

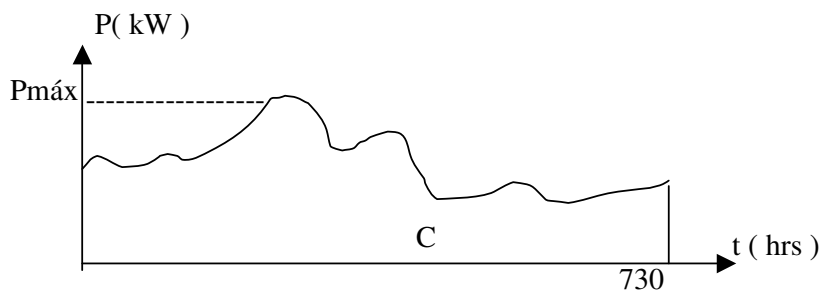


Figura 4: Curva de Consumo Mensal de Energia Elétrica.

O cliente solicitou à Concessionária uma potência variável ao longo do tempo com valor máximo $P_{máx}$. Portanto o equipamento colocado à sua disposição apresentou, no mínimo, esta capacidade. Ao solicitar a energia C , ele exigiu que a Concessionária turbinasse uma certa quantidade de água na represa, portanto a conta de energia seria calculada simplificada, apenas como exemplo, pela expressão:

$$\text{\$conta} = K_D \cdot P_{máx} + K_c \cdot C \quad (5) - \text{Conta de energia Simplificada}$$

Onde:

- \$conta - valor da conta mensal (R\$);
- KD - custo unitário da potência (R\$/ kW);
- Kc - custo unitário do consumo (R\$/ kWh);
- C - consumo de energia (kWh);
- P_{máx} - potência máxima (kW).

O valor da conta acima pode ainda ser acrescido de:

- \$ECE - Encargo de Capacidade Emergencial, cuja finalidade é remunerar investimentos feitos em Usinas Termoeletricas e outras formas de geração de energia que não estão em uso, mas são necessárias para cobrir a necessidade de energia nos anos em que há escassez de água, ou seja, uma reserva de energia futura.

Observação importante: para efeito didático será mantido nas fórmulas e nos exemplos a cobrança do encargo de capacidade emergencial, mas conforme Resolução Normativa nº 204 de 22 de dezembro de 2005 este tipo de cobrança foi encerrado pela ANEEL.

- \$ICMS - termo à título de ICMS;
- \$TILP - termo cobrado por algumas prefeituras à título de taxa de iluminação pública.

Nestas condições a conta de energia Convencional mensal é dada pela fórmula:

$$\begin{aligned} \$\text{conta} = & \text{KD} \cdot \text{P}_{\text{máx}} + \text{Kc} \cdot \text{C} + \text{KECE} \cdot \text{C} + (\% \text{ICMS} / (100\% - \% \text{ICMS})) \times \\ & (\text{KD} \cdot \text{P}_{\text{máx}} + \text{Kc} \cdot \text{C} + \text{KECE} \cdot \text{C}) + \$\text{TILP} \end{aligned}$$

(6) - Conta de energia Convencional

Onde:

- \$conta - valor da conta mensal (R\$);
- KD. P_{máx} - custo da demanda ou da potência (R\$);
- Kc.C - custo de consumo (R\$);
- KECE.C - custo do encargo de capacidade emergencial (R\$).
- (%ICMS / (100% - %ICMS)) x (KD. P_{máx} + Kc.C + KECE.C) – custo do ICMS aplicado sobre os custos de demanda, consumo e encargo de capacidade emergencial.

Mediante exemplo de dois consumidores abaixo, será verificado que o processo de cálculo acima representado conduz a resultados bastante lógicos pelo que se propõe as Concessionárias na elaboração do custo total da conta e no custo unitário. Para isso consideramos as curvas de consumo de dois consumidores:

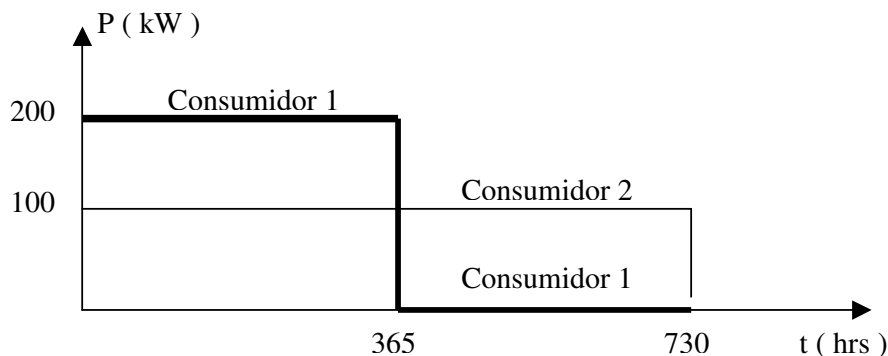


Figura 5: Curvas de Consumo Mensal de Dois Consumidores.

Considerando os custos unitários vigentes em São Paulo, conforme tabela 12, para instalações comerciais alimentadas em A4- Convencional (13,8 kV com potência compreendida entre 75 e 300 kW), sendo que para este exemplo não será feita distinção de preços em função da hora, dia ou estação do ano, pois faremos um comparativo para entender o mecanismo de elaboração dos valores da conta de energia elétrica e dos custos unitários. A fórmula de cálculo utilizada pelas empresas contribuintes do ICMS é a mesma para qualquer Concessionária de Energia, ou seja, o montante do tributo integra a sua própria base de cálculo. Em vista disso observa-se ainda que o valor de ICMS real cobrado é maior do que ICMS nominal, pelo fato de ser cobrado “por fora” ou seja, ao aplicar-se a fórmula determinada pela Secretária da Fazenda dos Estados: $(\%ICMS / (100\% - \%ICMS))$, obtém-se os valores de ICMS real conforme Tabela 13 que é aplicado sobre os consumo, demanda e custos de encargo emergencial:

Tabela 12: Custos conforme Eletropaulo.

Tabela A		Unidades
KD	21,63	R\$/ kW
Kc	0,16748	R\$/ kW
KECE	0,0035	R\$/ kW
%ICMS	18	%
\$TILP	11,00	R\$

Fonte: ELETROPAULO (2005). tarifas - 04/07/05.

Tabela 13: Exemplos de ICMS nominal e real.

Tabela B			
Local	Tipo	ICMS nom.	ICMS real
SP	Industrial	18%	21,95%
SP	Comercial	25%	33,33%
RJ	Comercial	30%	42,86%

Fonte: ANEEL.

O ICMS incidente nos custos de energia elétrica é repassado integralmente para o Governo Estadual.

Tabela 14: Exemplo de Custos de Contas de Energia Elétrica

	Consumidor 1	Consumidor 2	Unid.
P _{máx}	200	100	kW
C	200x 365= 73.000	100x 730= 73.000	kWh
\$D	21,63x 200= 4.326,00	21,63x 100= 2.163,00	R\$
\$C	0,16748x 73.000= 12.226,04	0,16748x 73.000= 12.226,04	R\$
\$ECE	0,0035x 73.000= 255,50	0,0035x 73.000= 255,50	R\$
\$ICMS	(18/82)x(4326,00+12226,04+255,50) =3.689,46	(18/82)x(2163,00+12226,04+255,50) = 3.214,65	R\$
\$TILP	11,00	11,00	R\$
\$Total	4.326,00+ 12.226,04+ 255,50+ 3.689,46+ 11,00= 20.508,00	2.163,00+ 12.226,04+ 255,50+ 3.214,65+ 11,00= 17.870,19	R\$
\$Unitário	20.508,00/ 73.000= 0,2809	17.870,19/ 73.000= 0,2447	R\$/ kWh

Observando as duas contas, podemos constatar que:

- O custo de consumo dos dois consumidores é o mesmo, pois teoricamente ambos exigem turbinamento de igual quantidade de água da represa para geração de energia elétrica;
- O custo correspondente à potência é maior para o consumidor 1 do que para o consumidor 2, pois teoricamente o investimento em máquinas e demais equipamentos exigido pelo primeiro é maior do que o exigido pelo segundo;
- O custo unitário é maior para o consumidor 1 do que para o consumidor 2, pois teoricamente o primeiro requer maiores investimentos para elevação

da capacidade de fornecimento de potência, exigindo maiores investimentos em máquinas, linha de transmissão, etc., portanto é bastante lógico que o custo unitário médio seja maior para o Consumidor 1.

3.2. INFLUÊNCIAS DO FATOR DE CARGA

Para melhor compreender os conceitos de demanda e fator de carga consideremos a curva de consumo de energia de um cliente ao longo de um mês, conforme indicado na figura esquemática abaixo:

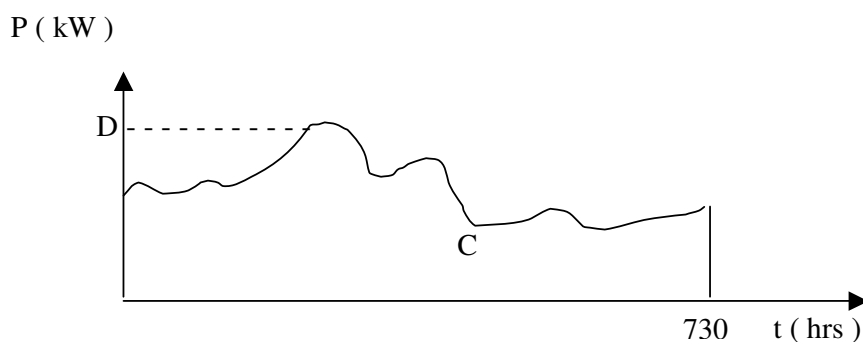


Figura 6: Curva de Consumo Mensal de Energia Elétrica.

Nestas condições define-se:

Demanda é o maior valor da potência média e o fator de carga é definido como:

$$f = \frac{C}{730 \times D} \quad (7) \text{ Fator de Carga}$$

Onde:

- f - fator de carga;
- C- consumo mensal (kWh);
- D- demanda máxima (kW).

Considera-se o valor da fórmula de 730 hrs/ mês, pois esta é a média de horas mensais no ano, pois alguns meses têm 30 ou 31 dias e fevereiro possui 28 dias.

Observa-se na figura acima que, quanto mais uniforme for o consumo, mais o fator de carga se aproxima de 1. Podemos observar que, fixando o valor do consumo, a conta a pagar será tanto menor, quanto maior f.

3.3. DEMANDA MENSAL

Tendo em vista que os equipamentos utilizados pelas Concessionárias apresentam inércia térmica muito elevada, a existência de picos de potência de curta duração podem perfeitamente ser ignorados, permitindo-se assim a utilização de um conceito de demanda um pouco menos rígido do que a simples consideração do máximo instantâneo da potência solicitada, portanto a definição de demanda, vigente para efeito de tarifação pode ser assim enunciada:

“Demanda é o maior valor da potência média solicitada em cada intervalo de 15 minutos em que foi dividido o período de tempo entre duas leituras consecutivas (aproximadamente um mês)” (PAGLIARICCI, 2005, depoimento).

Considerando a tabela abaixo como exemplo:

Tabela 15: Exemplo de Demanda Mensal

INTERVALO	DATA	PERÍODO	C (kWh)	Pmédia (kW)	D (kW)
1	5/mar	9:00 às 9:15	20	80	80
2	5/mar	9:15 às 9:30	40	160	160
3	5/mar	9:30 às 9:45	30	120	160
4	5/mar	9:45 às 10:00	60	240	240
5	5/mar	10:00 às 10:15	90	360	360
6	5/mar	10:15 às 10:30	100	400	400
7	5/mar	10:30 às 10:45	80	320	400
8	5/mar	10:45 às 11:00	80	320	400
.	.	.	valores	.	.
.	.	.	iguais	.	.
2919	4/abr	18:30 às 18:45	80	320	400
2920	4/abr	18:45 às 19:00	80	320	400

Demanda do mês = 400 kW (maior valor de potencia média)

a) No intervalo nº 1, correspondente ao período entre 9:00 e 9:15 do dia 05/03, a instalação consumiu 20 kWh; tendo o intervalo sido de ¼ de hora, portanto a potência média foi :

$$P = \frac{C}{t} = \frac{20}{\frac{1}{4}} = 80 \text{ Kw} \quad (8) - \text{Potência Média}$$

- b) no intervalo nº 2, analogamente, a potência média foi de 160 kW;
- c) ao fim do 3º intervalo, a demanda, definida como o maior dos valores das potências médias, terá sido 160 kW;
- d) analogamente, podemos concluir que, ao fim de 730 hrs, ou seja, ao fim do intervalo de número 2920, a demanda do mês foi de 400 kW.

3.4. TIPOS DE TARIFAS

As usinas geradoras de energia elétrica no Brasil são, na sua grande maioria, do tipo hidroelétrica. Portanto, sua capacidade geradora não se mantém constante ao longo do ano, visto que é influenciada pelo regime de chuvas. Podemos facilmente concluir que, no inverno, o consumo de energia como um todo tende a aumentar, quer devido à redução de temperatura, quer devido ao fato de os dias serem mais curtos e as noites mais longas, onde a parcela da indústria é preponderante para que tal fato ocorra.

Além desta sazonalidade anual, o consumo de energia apresenta outras variações diárias, em função dos próprios hábitos da sociedade.

Assim podemos tirar as seguintes conclusões:

- Energia e potência são cobrados separadamente, conforme já visto;
- O sistema tarifário é utilizado para forçar a curva de consumo, de modo a torná-la semelhante à de oferta, otimizando os investimentos;
- O custo de energia e de potência depende do instante em que eles são consumidos; portanto depende do consumidor o estudo de qual tipo de grupo de tarifa é a ideal, para o seu perfil;
- Deverão ser desenvolvidos equipamentos confiáveis, precisos e baratos, capazes de efetuar as medidas das grandezas que serão cobradas e analisadas;

Para entender melhor em qual tipo de grupo de tarifa um consumidor se enquadra, segue abaixo um esquema simplificado; nota-se que existem outros tipos de tarifas, tanto no grupo A apresentado, como em outros, como por exemplo AS (tarifa subterrânea) e A2, bem como também no grupo B. Sendo que no site www.eletropaulo.com.br ou de outras Concessionárias, é possível verificar a tabela completa.

Tabela 16: Esquema Simplificado de Tarificação.

	75 kW		300 kW	3000 kW
Baixa tensão	Média Tensão	Média Tensão	Média Tensão	Alta Tensão
	Convencional	Convencional		
	Verde	Verde	Verde	
	Azul	Azul	Azul	Azul

Onde:

- Baixa tensão: até 2,3 kV;
- Média tensão: de 2,3 kV a 69 kV;
- Alta tensão: acima de 68kV.

3.4.1. Tarifa de Baixa Tensão

A tarifa de baixa tensão destina-se a clientes de pequeno porte, com demanda inferior à 75 kW, e utiliza equipamentos de medida muito simples, capazes de registrar apenas o consumo de energia. O cálculo da conta é feito pela expressão:

$$\text{\$conta} = K_c.C + K_{ECE}.C + (\%ICMS / (100 - \%ICMS)) \times (K_c.C + K_{ECE}.C) + \$TILP$$

(9) – Conta de energia para Tarifa de Baixa Tensão

Onde:

- $\text{\$conta}$ - valor da conta mensal (R\$);
- K_c - custo unitário do consumo (R\$/ kWh);
- K_{ECE} -é custo unitário do encargo de capacidade emergencial (R\$/ kW);
- C - consumo de energia (kWh);
- $ICMS$ - porcentagem do ICMS cobrado pelo governo estadual (%);
- $\$TILP$ - termo cobrado por algumas prefeituras a título de taxa de iluminação pública (R\$).

Os valores de K_c , $\%ICMS$ e $\$TILP$ dependem do tipo de cliente enquanto K_{ECE} é igual para todos.

Verifica-se que a estrutura tarifária acima é a forma mais comum de tarifação, pois contempla somente o uso de um preço de energia consumida (kWh), ao longo de um período de tempo (normalmente um mês), acrescido de encargos e ICMS.

3.4.2. Tarifa Convencional em Média Tensão (13,8 kV).

Destina-se a clientes médios, com demanda inferior à 300 kW e tensão de fornecimento inferior à 69kV, que não optaram pela Tarifa Horo-Sazonal. A aplicação de tarifas de consumo e demanda independe das horas de utilização do dia e períodos do ano. O cálculo da conta é feito pela expressão abaixo indicada e os custos unitários são definidos do seguinte modo:

- Kc e KD são definidos pela ANEEL para cada Concessionária;
- KECE definido pela ANEEL para todos os consumidores;
- % ICMS é diferenciado para cada Estado e cada tipo de consumidor.

O cálculo da conta é feito pela expressão:

$$\text{\$conta} = \text{KD.D} + \text{Kdu. Du} + \text{Kc. C} + \text{KECE.C} + (\% \text{ICMS} / (100 - \% \text{ICMS})) \times (\text{KD.D} + \text{Kdu. Du} + \text{Kc. C} + \text{KECE.C}) + \text{\$TILP}$$

(10) – Conta de energia para Tarifa Convencional em Média Tensão.

Onde:

- \\$conta - valor da conta mensal (R\$);
- KD - custo unitário de demanda (R\$ / kW);
- Kc - custo unitário do consumo (R\$ / kWh);
- Kdu - custo unitário de demanda de ultrapassagem (R\$ / kW);
- KECE - custo unitário do encargo de capacidade emergencial (R\$/ kWh);
- C - consumo de energia (kWh);
- ICMS - porcentagem do ICMS cobrado pelo governo estadual (%);
- D - demanda (kW);
- Du - demanda de ultrapassagem (kW);
- Dmed - demanda medida (kW);
- Dcontr - demanda contratada (kW);
- \\$TILP - termo cobrado por algumas prefeituras a título de taxa de iluminação pública (R\$).

Portanto:

Se $D_{med} < D_{contr}$, então $D = D_{contr}$ e $D_u = 0$

Se $D_{contr} < D_{med} < D_{contr} + 10\%$, então $D = D_{med}$ e $D_u = 0$

Se $D_{med} > D_{contr} + 10\%$, então $D = D_{contr}$ e $D_u = D_{med} - D_{contr}$

3.4.2.a. Influência do Fator de Carga em Tarifa Convencional

É importante entender a influência do Fator de Carga em uma Tarifa Convencional, portanto será demonstrado resumidamente esta teoria.

Conforme visto anteriormente, definimos fator de carga como sendo uma grandeza dada pela expressão:

$$f = \frac{C}{730 \times D} \quad \text{ou} \quad D = C / (730 \times f)$$

Essa expressão é capaz de indicar a variação da potência solicitada pelo cliente ao longo do tempo, concluindo que, quanto maior o fator de carga, menor o custo unitário de energia, lembrando que o valor da conta mensal de energia elétrica é dado pela expressão:

$$\text{\$conta} = K_D.P_{max} + K_C.C + K_{ECE}.C + (\%ICMS / (100\% - \%ICMS)) \times (K_D.D + K_C.C + K_{ECE}.C) + \$TILP.$$

Sabemos que quanto menor o fator de carga maior o valor da conta. Para visualizar esta variação, vamos calcular o custo médio desprezando o valor da TILP por ser muito menor que os demais custos. Teremos:

$$\text{\$conta} = (K_D.D + K_C.C + K_{ECE}.C) \times (1 + (ICMS / (100 - \%ICMS)));$$

$$\text{\$conta} = (K_D.(C / (730 \times f)) + K_C.C + K_{ECE}.C) \times (1 + (\%ICMS / (100 - \%ICMS)));$$

$$\text{\$conta} = C \times (K_D / (730 \times f)) + K_C + K_{ECE}) \times (1 + (\%ICMS / (100 - \%ICMS)));$$

$$\text{\$cmédio} = \text{\$conta} / C;$$

$$\text{\$cmédio} = (K_D / (730 \times f)) + K_C + K_{ECE}) \times (1 + (\% ICMS / (100 - \% ICMS))).$$

(11) – Influencia do Fator de Carga em Tarifa Convencional

Conclui-se pois que, quanto maior o fator de carga, menor a contribuição no custo de demanda. Lembramos também que ao final da equação deve-se somar a parcela de \$TILP.

3.4.3. Tarifa Horo-Sazonal (tensão 13,8 kV)

Destina-se a clientes médios e grandes, com demanda compreendida entre 300 e 3000kW ou ainda clientes abaixo de 300kW que optaram por este tipo de tarifa.

Neste tipo de tarifa o tempo é dividido em dois períodos: o primeiro denominado “ponta” entre 17:30 hrs e 20:30 hrs de segunda a sexta-feira, e o restante do período denominado “fora de ponta”. Algumas Concessionárias definem outros períodos respeitando o limite de 3 horas diárias e consecutivas. Como verifica-se a seguir, a conta é calculada separadamente para os dois períodos.

Tarifas Horo-Sazonal apresentam duas modalidades denominadas Tarifa Azul e Tarifa Verde, cujas características essenciais são:

- a) na Tarifa Azul os custos unitários de demanda e de energia variam em função da hora do dia e da época do ano (período seco e período úmido) do mês do ano;
- b) na Tarifa Verde o custo de demanda é único e o de energia varia em função da hora do dia e da época do ano;
- c) existe, satisfazendo uma série de condições, a possibilidade do usuário optar por uma ou outra tarifa , conforme sua conveniência.

O cálculo da conta é feito pelas expressões 12 e 13, abaixo indicadas, e os custos unitários são definidos do seguinte modo:

3.4.3.a. Critérios de Cobrança na Tarifa Azul

O valor da conta mensal de energia neste tipo de tarifa horo-sazonal será a soma da parcela correspondente ao horário de ponta com a da correspondente fora do horário de ponta. O cálculo das parcelas será feito de modo análogo ao empregado na Tarifa Convencional, exceto no que se refere ao cálculo do custo da demanda, quando esta ultrapassar a contratual. As figuras abaixo são restritas a um só dia e ilustram o critério:

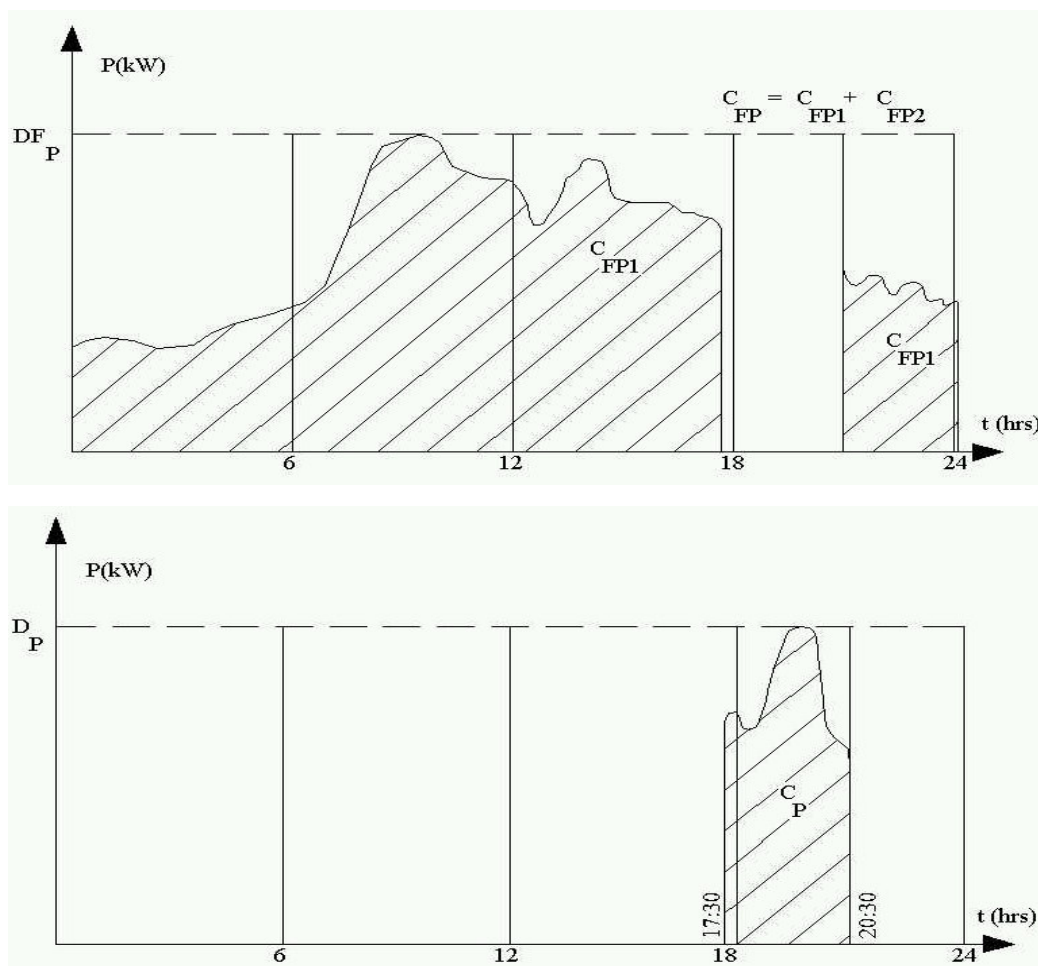


Figura 7: Curvas de Carga Diária para Tarifa Azul.

- KcP, KcFP, KDP, KDFP são definidos pela ANEEL para cada Concessionária;
- KECE é definido pela ANEEL para todos os consumidores;
- %ICMS é diferenciado para cada Estado e para cada tipo de consumidor.

O valor da conta é definido pela expressão:

$$\text{\$conta ponta} = KDP \cdot DP + Kcp \cdot CP + KECE \cdot CP + \left(\frac{\%ICMS}{100 - \%ICMS} \right) \times (KDP \cdot DP + Kcp \cdot CP + KECE \cdot CP)$$

$$\text{\$conta fora de ponta} = KDFP \cdot DFP + KcFP \cdot CFP + KECE \cdot CFP + \left(\frac{\%ICMS}{100 - \%ICMS} \right) \times (KDFP \cdot DFP + KcFP \cdot CFP + KECE \cdot CFP)$$

$$\text{\$conta} = \text{\$conta ponta} + \text{\$conta fora ponta} + \$TILP$$

(12) - Conta de energia horo-sazonal para Tarifa Azul

Merecem destaque os seguintes aspectos:

- 1) Os custos na ponta e fora da ponta, podem ser eventualmente acrescidos de tarifa excedente devido a baixo fator de potência, calculada separadamente para cada segmento e de modo análogo ao empregado na Tarifa Convencional.
- 2) O custo de demanda pago em cada segmento é calculado do seguinte modo:
 - a) se a demanda registrada for menor do que a contratual, paga-se esta última ao custo unitário normal.
 - b) Paga-se o custo unitário normal se a demanda registrada não exceder a contratual em mais de:
 - 5% quando a tensão for maior ou igual a 69 kV;
 - 10% quando a tensão for menor que 69 kV e a demanda contratada maior ou igual a 100 kW.
- 3) se a demanda registrada exceder a contratual num valor percentual maior do que o previsto no item anterior, será cobrada a demanda contratada a preço normal e o excesso a preço de ultrapassagem em cerca de três vezes maior.

3.4.3.b. Critérios de Cobrança Na Tarifa Verde

O critério de cálculo adotado na Tarifa Verde é semelhante ao adotado na Tarifa Azul no que se refere aos custos do consumo e aos custos dos impostos; quanto a demanda, ela é cobrada uma única vez em função do maior valor observado na ponta ou fora de ponta e sujeito às mesmas observações em caso de ultrapassagem. As figuras que ilustram o critério de cobrança na Tarifa Verde são as mesmas da Tarifa Azul (Figura 7).

O valor da conta é definido pela expressão:

$$\begin{aligned}
 \$\text{conta ponta} &= *KDP. D_{\text{max}} + K_{cp}. CP + KECE. CP + (\%ICMS / (100 - \%ICMS)) \times (*KDP. D_{\text{max}} + K_{cp}. CP + KECE. CP) \\
 \$\text{conta fora de ponta} &= *KDFP. D_{\text{max}} + K_{cFP}. CFP + KECE. CFP + (\%ICMS / (100 - \%ICMS)) \times (*KDFP. D_{\text{max}} + K_{cFP}. CFP + KECE. CFP) \\
 \$\text{conta} &= \$\text{conta ponta} + \$\text{conta fora ponta} + \$\text{TILP}
 \end{aligned}$$

(13) – Conta de energia horo-sazonal para Tarifa Verde.

*A demanda é cobrada uma única vez em função do maior valor observado na ponta ou fora de ponta, ou seja:

Se $KDP \cdot D_{max} > KDFP \cdot D_{max}$, considerar o valor de $KDP \cdot D_{max}$ na equação, atribuindo $KDFP \cdot D_{max} = 0$.

Por analogia, se $KDFP \cdot D_{max} > KDP \cdot D_{max}$, considerar o valor de $KDFP \cdot D_{max}$ na equação, atribuindo $KDP \cdot D_{max} = 0$.

Merecem destaque os seguintes aspectos:

Para esta tarifa valem as mesmas observações feitas para a Tarifa Azul no que se refere à tarifa excedente por baixo fator de potência e custo da demanda. A aparente vantagem decorrente do fato de pagar uma única demanda é neutralizada pelo acréscimo do custo unitário do consumo no horário de ponta.

3.4.3.c. Quem paga Tarifa Horo-Sazonal

- a) usuários alimentados em tensão maior ou igual a 69 kV estão obrigatoriamente enquadrados na Tarifa Azul;
- b) usuários alimentados em tensão menor que 69 kV e potência de demanda maior ou igual a 300 kW são automaticamente transferidos para Tarifa Horo-Sazonal, podendo optar pela tarifa Verde ou Azul;
- c) usuários alimentados em tensão menor que 69 kV e potência de demanda menor que 300 kW poderão optar pela Tarifa Azul ou Verde ou Convencional.

3.4.3.d. Como são definidos os períodos PS, PU, FPS e FPU

As Concessionárias definiram como sendo horário de ponta o período compreendido entre 17:30 e 20:30, de segunda a sexta-feira e como período seco o compreendido entre as datas das leituras de maio a novembro e, como período úmido, os meses compreendidos entre as datas de leitura de dezembro a abril do ano seguinte, sendo que a tabela abaixo indica tais períodos com maior clareza:

Tabela 17: Ponta Seca, Ponta Úmida, Fora de Ponta Seca e Fora de Ponta Úmida.

	Horário do dia	Dias da semana	Meses do ano
PS Ponta Seca	17:30 às 20:30	2. à 6. feira	mai, jun, jul, ago, set, out, nov.
PU Ponta Úmida	17:30 às 20:30	2. à 6. feira	dez, jan, fev, mar, abr.
FPS Fora de Ponta Seca	0:00 às 17:30 E 20:30 às 24:00	2. à 6. feira	mai, jun, jul, ago, set, out, nov.
	0:00 às 24:00	sábados e domingos	
FPU Fora de Ponta Úmida	0:00 às 17:30 E 20:30 às 24:00	2. à 6. feira	dez, jan, fev, mar, abr.
	0:00 às 24:00	sábados e domingos	

Fonte: ANEEL.

Merecem destaque os seguintes fatos:

a) o número mensal de horas de ponta é dado pela expressão:

$$15 \frac{\text{h}}{\text{sem}} \times \frac{365}{7} \frac{\text{sem}}{\text{ano}} \times \frac{1}{12} \frac{\text{ano}}{\text{mês}} = 65 \frac{\text{h}}{\text{mês}}$$

b) analogamente, o número de horas fora de ponta será :

$$153 \frac{\text{h}}{\text{sem}} \times \frac{365}{7} \frac{\text{sem}}{\text{ano}} \times \frac{1}{12} \frac{\text{ano}}{\text{mês}} = 665 \frac{\text{h}}{\text{mês}}$$

Estas atribuições de preços diferenciados justificam-se pela necessidade de estimular os consumidores de energia elétrica a deslocar parte da carga para horários em que o sistema elétrico estiver menos sobrecarregado, e de orientar o consumo para períodos do ano em que, teoricamente, há maior disponibilidade de água nos reservatórios das usinas hidroelétricas.

3.5. FATOR DE POTÊNCIA, TARIFA EXCEDENTE DEVIDO AO BAIXO FATOR DE POTÊNCIA E DEMANDA TRIBUTÁVEL

Estudando a seguir os conceitos de fator de potência, tarifa excedente devido ao baixo fator de potência e demanda tributável e suas consequências, auxilia-se os

Gestores Prediais e Gerentes de Facilidades a tomar decisões estratégicas para redução dos custos de energia elétrica.

3.5.1. Fator de Potência

Dispensando um maior detalhamento, podemos afirmar que o fator de potência de uma instalação é dado por :

$$FP = \frac{C}{\sqrt{C^2 + Cr^2}} \quad (14) - \text{Fator de Potência.}$$

Onde:

C - consumo mensal de energia (kWh).

Cr - consumo mensal de energia reativa (kVAR).

- O fator de potência é baixo em instalações que apresentam: motores superdimensionados, reatores para lâmpadas fluorescentes de má qualidade, máquinas de indução, bobinas, etc. Isto quer dizer que uma parte do valor pago às Concessionárias não é efetivamente utilizado pelos consumidores, sendo assim, parte do custo é desperdiçado.
- Se o fator de potência de uma instalação é baixo, temos: aumento de corrente, queda de tensão nas linhas, aumento de perdas e cobrança de tarifa excedente por parte da Concessionária;
- É possível corrigir o fator de potência instalando um conjunto de capacitores corretamente dimensionados. Além de corrigir o fator de potência, os bancos de capacitores reduzem a corrente elétrica que flui para os equipamentos, reduzindo perdas e uma melhor utilização dos transformadores e dos circuitos existentes, melhorando assim a performance do sistema elétrico como um todo.

3.5.2. Tarifa Excedente Devido ao Baixo Fator de Potência

Embora em nenhum lugar seja utilizado o termo multa como penalização devido o baixo fator de potência, é assim que deve ser entendida, pois é um encargo que penaliza os consumidores que não controlam adequadamente a compensação de cargas indutivas. O tempo é dividido em três períodos cujos limites podem sofrer ajustes de uma Concessionária para outra, conforme exemplo abaixo:

- P- PONTA: das 17:30 hrs às 20:30 hrs de segunda a sexta- feira num total de 65 horas mensais;
- FP-C: FORA DE PONTA CAPACITIVO: das 00:30 hrs às 06:30 hrs de segunda a segunda num total de 182 horas mensais;
- FP-I: FORA DE PONTA INDUTIVO: restante do período totalizando 483 horas mensais;

Se o fator de potência é menor que 0,92 indutivo, nos períodos Ponta e Fora de Ponta Indutivo é cobrada tarifa excedente;

Se o fator de potência é menor do que 0,92 capacitivo, nos períodos Fora de Ponta Capacitivo é cobrada tarifa excedente.

Portanto somente haverá pagamento de tarifa excedente se faltar capacitor nos períodos P e FP-I e se houver excesso de capacitores no período FP-C.

3.5.3. Demanda Tributável

As Concessionárias de energia elétrica estão autorizadas a calcular a conta mensal, utilizando um valor de demanda que deve obedecer os seguintes critérios:

- Se a demanda do mês for menor ou igual à demanda contratada, será cobrada a demanda contratada;
- Se a demanda do mês for compreendida entre a demanda contratada e a demanda do mês, mais 5% ou 10% (5% para instalações com tensão superior a 69 kV ou 10% para instalações com tensão de 13,8 kV), será cobrada a demanda do mês;
- Se a demanda do mês for superior a demanda contratada mais, 5% ou 10% (5% para instalações com tensão superior a 69 kV ou 10% para instalações com tensão de 13,8 kV), será cobrada a demanda contratada a preço normal e o excesso a preço de ultrapassagem em cerca de três vezes maior.

Esse critério de cobrança, aparentemente injusto, é na realidade bastante razoável, tendo a finalidade de estimular os clientes a consumirem o que foi efetivamente contratado e, na hipótese de ultrapassagem, remunerar a Concessionária pelos equipamentos esporadicamente utilizados.

3.6. TARIFAS

A Tabela abaixo é um exemplo e indica os custos unitários de energia e

demanda de uma instalação em 13,8 kV referentes à Tabela resumida da Eletropaulo.

Tabela 18: Exemplo de preços praticados pela Eletropaulo (tarifas 04/07/2005).

	Tarifa Horo-Sazonal Azul			Tarifa Convencional			
	Comercial SECO	UMIDO	Industrial SECO	UMIDO	Comercial	Industrial	Unidade
KDP	32,24	32,24	32,24	32,24	21,63	21,63	R\$/ kW
KDFP	9,16	9,16	9,16	9,16			
KDUP	96,72	96,72	96,72	96,72	64,89	64,89	
KDUFP	27,48	27,48	27,48	27,48			
KCP	0,24076	0,21737	0,24076	0,21737	0,16748	0,16748	R\$/ kWh
KCFP	0,13225	0,11782	0,12056	0,11782			
%ICMS	18%		18%		18%	18%	-
TILP	11						R\$

Convém lembrar que a utilização desta tabela ao longo do tempo pode gerar dados incoerentes porque as datas de atualização das tarifas, índices de correção do custo de energia e impostos não são, obrigatoriamente, os mesmos, sendo que os valores atualizados poderão ser obtidos junto às Concessionárias de energia.

3.7. EXEMPLOS DE CÁLCULOS DE TARIFAS

Com a finalidade de analisar alguns exemplos numéricos e estabelecer comparação entre as diversas tarifas, utilizaremos a Tabela 18 do item 3.6 que indica os custos unitários de energia e demanda de uma instalação em 13,8 kV:

Os exemplos 1, 2 e 3 estão isentos de impostos e encargos por tratar-se apenas de demonstração.

Exemplo 1:

Um prédio contratou em Tarifa Azul com tensão 13,8 kV e 500 kW fora de ponta e 300 kW na ponta. O medidor acusou 400 kW fora de ponta e 320 kW na ponta. Pede-se calcular o custo da demanda.

Como fora de ponta não foi alcançado o valor da demanda contratual, será cobrado 500 kW que é o valor da demanda contratual.

Como na ponta foi ultrapassado o valor da demanda contratual dentro do limite de 10% será cobrado 320 kW que é o valor da demanda medida.

Portanto o custo da demanda (sem impostos) será:

$$\$D = K_{DFP} \times DFP + K_{DP} \times DP;$$

$$\$D = 9,16 \times 500 + 32,24 \times 320 = R\$14.896,80.$$

Exemplo 2:

Uma Indústria contratou em Tarifa Azul com tensão 13,8 kV, 1000 kW na ponta e 1300 kW fora de ponta. O aumento de produção fez com que fossem registrados 1600 kW fora de ponta e 1200 kW na ponta. Pede-se calcular o custo de demanda;

Como fora de ponta foi ultrapassados a tolerância de 10% sobre o valor de demanda contratual, serão cobrados 1300 kW a preço normal e 300kW a preço de ultrapassagem. Como na ponta foi ultrapassado o valor de demanda contratual além do limite de 10% será cobrado 1000kW a preço normal e 200 kW a preço de ultrapassagem, sendo o preço de ultrapassagem o triplo do preço normal.

Portanto o custo de demanda (sem impostos) será:

$$\$D = 9,16 \times 1300 + 27,48 \times 300 + 32,24 \times 1000 + 96,72 \times 200 = R\$ 71.736,00.$$

Exemplo 3:

Um Shopping Center contratou em Tarifa Verde com tensão de 13,8 kV, 500 kW. O medidor registrou 350 kW fora de ponta e 630 kW na ponta. Pede-se calcular o custo de demanda. Como a tarifa é Verde, será cobrado o maior valor de demanda registrada, independente de quando ela ocorreu. Portanto, será cobrado a demanda de 630 kW.

Como a demanda medida ultrapassou em 10 % o valor da demanda contratada, será cobrado 500 kW a preço normal e 130 kW a preço de ultrapassagem e conforme tabela 18 o custo unitário de demanda é de R\$ 9,16/ kW e o custo unitário da demanda de ultrapassagem é de R\$ 27,48/ kW (triplo do preço normal).

Portanto o custo da demanda (sem impostos) será:

$$\$D = 9,16 \times 500 + 27,48 \times 130 = R\$ 8.152,40.$$

Exemplo 4:

Um prédio comercial contratou em Tarifa Azul 1000 kW na ponta e 1200 kW fora de ponta. O medidor registrou os valores abaixo. Pede-se calcular o valor total da conta. Conforme tabela 18 o custo unitário de demanda é de R\$ 9,16/ kW e o

custo unitário da demanda de ultrapassagem R\$ 27,48/ kW (triplo do preço normal),
ICMS = 18%, TILP = R\$ 11,00, portanto:

Tabela 19: Exemplo 4 de cálculo de Tarifa.

Descrição	Preço Unit.	Contratada	Medida	Tributada	Valor
	(R\$)	(kW)	(kW)	(kW)	(R\$)
Demanda Ponta	32,24	1.000	970	1.000	32.240,00
Demanda Fora Ponta	9,16	1.200	1.210	1.210	11.083,60
Consumo Ponta	0,24076		52.000	52.000	12.519,52
Consumo Fora Ponta	0,13225		380.000	380.000	50.255,00
Consumo + Demanda					106.098,12
Custo do ICMS					23.289,83
Custo do TILP					11,00
CUSTO TOTAL					129.398,95

Exemplo 5:

Um prédio comercial contratou em Tarifa Verde 1.200 kW. O medidor registrou os valores abaixo. Pede-se calcular o valor da conta, considerando ICMS = 18%, TILP = R\$ 11,00.

Conforme tabela 18 Eletropaulo, obtivemos os custos, conforme abaixo:

Tabela 20: Exemplo 5 de cálculo de Tarifa.

Descrição	Preço Unit.	Contratada	Medida	Tributada	Valor
	(R\$)	(kW)	(kW)	(kW)	(R\$)
Demanda Ponta	9,16	1.200	970	1.210	11.083,60
Demanda Fora Ponta			1.210		
Consumo Ponta	0,83327		52.000	52.000	43.330,04
Consumo Fora Ponta	0,13225		380.000	380.000	50.255,00
Consumo +Demanda					104.668,64
Custo do ICMS					22.976,04
Custo do TILP					11,00
CUSTO TOTAL					127.655,68

Exemplo 6:

O exemplo a seguir tem como objetivo demonstrar de forma prática, alguns

conceitos aqui apresentados, onde serão feitas modificações de sistemas e processos em um edifício de escritório, de forma a obter-se melhor eficiência e redução de custos com energia elétrica.

Não vamos entrar em detalhes de como foram obtidos os valores apresentados no enunciado, pois os mesmos foram obtidos através de medições nos diversos sistemas do edifício, pois o objetivo do exemplo é demonstrar que ao fazer-se alterações em alguns dos sistemas prediais obtém-se como resultados economias diversas.

Primeiramente faremos um levantamento geral do edifício, levando em consideração as características físicas e funcionais do mesmo.

A) Características físicas e de sistemas:

Térreo mais 10 pavimentos de escritórios medindo $30\text{ m} \times 15\text{ m} = 450\text{ m}^2$;

Sub-solo de garagem medindo $40\text{ m} \times 20\text{ m} = 800\text{ m}^2$;

Altura dos pavimentos de escritórios = 2,70m;

Altura do pavimento térreo e sub-solo = 3,50;

Envelopamento do edifício é composto de peitoril de alvenaria de 80 cm de altura e complemento em vidro laminado transparente 7 mm, até o teto;

Térreo ao 10º pavimento possui 130 luminárias (2 x 40 W)/ pavimento com calha com fundo esmaltado branco, e cada luminária com 1 reator de partida rápida;

Sub-solo possui 100 luminárias (2 x 40 W) com calha de fundo esmaltado branco, sendo que cada luminária possui 1 reator de partida rápida;

- 2 elevadores com capacidade de 10 pessoas (700 Kg – 75 cv);

- 1 elevador com capacidade de 19 pessoas (1.230 Kg – 112,50 cv);

- 2 transformadores 600 kW/ cada;

- 1 transformador 1.000 kW;

- 3 grupo geradores 150 kVA/ cada;

- O sistema de ar condicionado é composto:

- 3 chillers 120 TR/ cada (79,20 kW/ cada);

- 2 torres de água Alfaterm mod. 550 (7,50 cv/ cada);

- 4 bombas de condensação 20 cv/ cada;

- 4 bombas de água gelada 20 cv/ cada;

- 1 fan-coil/ andar 7,50 cv/ cada.

B) Características funcionais do edifício:

- Pavimentos de nº 5 ao nº 10 têm horário de funcionamento das 7 hrs às 18 hrs;
- Sub-solo ao pavimento nº 4 têm horário de funcionamento de 24 hrs;
- Temperatura média dos andares: 22° C + ou - 1° C;
- A limpeza é executada diariamente das 18 hrs às 24 hrs.

C) Situação atual da conta de energia elétrica do edifício:

- Concessionária : Eletropaulo;
- Tipo de Tarifa: Verde;
- Demanda Contratual: 790 kWh;
- Demanda Registrada: 790,40 kWh;
- Consumo Ponta: 24.427 kWh;
- Consumo Fora de Ponta: 230.811 kWh;
- Fator de Potência: 0,95;
- Valor da conta: R\$ 72.349,00;
- Custo unitário Ponta: R\$ 1,101696;
- Custo unitário Fora Ponta: R\$ 0,19686;
- Custo unitário Global: R\$ 0,283457.

Conforme conceitos anteriormente apresentados serão adotadas algumas medidas para reduzir-se os custos com energia elétrica:

Medida nº 1- Aplicação de Insulfilm prata nos vidros de fachada, diminuindo assim a carga térmica nos andares e conseqüentemente o consumo de energia de 2200 kWh, sendo que isto representa uma economia de aproximadamente 0,90% no valor da conta de energia elétrica mensalmente, ou seja **R\$ 651,00/ mês.**

Investimento: R\$ 22.000,00, sendo que com a própria economia mensal de energia elétrica, em aproximadamente 33 meses o investimento estaria amortizado.

Medida nº 2- Troca de luminárias (2 x 40 W) com calhas de fundo esmaltado branco por luminárias de alto rendimento (2 x 32 W) com calhas de alumínio polido e troca dos reatores de partida rápida por reatores eletrônicos.

Segue abaixo os consumos comparativos de cada tipo de luminária:

2 lamp. x 40 W + 24 W (perda de energia em reator convencional) = 104 W.

2 lamp. x 32 W + 0 W (perda de energia em reator eletrônico) = 64 W.

Cálculo da economia com iluminação por andar:

130 lum. – 117 lum. = 13 lum. x 104 W = 1,35 kW.

117 lum. x 0,040 kW = 4,68 kW.

total = 6,03 kW.

Cálculo da economia com iluminação do sub-solo:

100 lum. – 90 lum. = 10 lum. x 104 W = 1,04 kW.

90 lum. x 0,040 kW = 3,60 kW.

total = 4,64 kW.

Cálculo da economia diária de energia elétrica:

Considerando 5 andares a 24 hrs e 6 andares a 11 hrs: (5 and x 24 hrs x 6,03 kW) + (6 and x 11 hrs x 6,03 kW) + (1and x 24 hrs x 4,64 kW) = 1.232,94 kWh.

Cálculo da Economia Mensal:

Admitindo 24 dias ao custo médio global de R\$ 0,283457/ kWh

24 dias x 1.232,94 kWh x R\$ 0,283457/ kWh = **R\$ 8.387,65/ mês.**

Investimento: 1377 luminárias x R\$ 108,00 (instalada + reator) = R\$ 148.716,00, sendo que com a própria economia mensal de energia elétrica, em aproximadamente 18 meses o investimento estaria amortizado.

Medida nº 3- Aumento da temperatura dos ambientes de 22°C + ou – 1°C para 24°C + ou – 1°C, esta medida reduz o consumo de energia do sistema de ar condicionado em aproximadamente 127,6 kWh/ dia e isto representa uma economia de aproximadamente 1,5% no valor da conta mensal de energia elétrica, ou seja **R\$ 1.085,23/ mês.**

Medida nº 4- Alteração do horário de limpeza das 18 hrs às 24 hrs para 7 hrs às 9 hrs, pois assim desliga-se as luminárias dos pavimentos de nº 5 ao nº 10 das 18 hrs às 24 hrs, economizando 2,5 hrs de energia elétrica no horário de ponta (18 hrs às 20:30 hrs) e 3,5 hrs no horário fora de ponta.

Cálculo da economia com iluminação:

117 lum x 6 andares x 0,064 kW/ luminária = 44,92 kW.

44,92 kW x 2,5 hrs x R\$ 1,101696 x 24 dias = R\$ 2.969,29/ mês.

$44,92 \text{ kW} \times 3,5 \text{ hrs} \times \text{R\$ } 0,19686 \times 24 \text{ dias} = \text{R\$ } 742,80/\text{ mês}.$

total = **R\$ 3.712,09/ mês.**

Medida nº 5- Para este Exemplo 6 a Demanda Registrada (790,40 kW) é praticamente igual a demanda contratada (790 kW), mas vale lembrar que as Concessionárias de energia cobram tarifa triplicada, quando a demanda registrada ultrapassa em mais de 10% a demanda contratada sobre a ultrapassagem para a tarifa verde, portanto quando isto ocorrer deverá ser alterado o contrato de demanda com a Concessionária para se adequar a demanda real.

Verifica-se portanto, que adotando-se algumas medidas técnicas e outras de processos operacionais, conforme Medidas de nº 1 ao nº 5, conseguiu-se reduzir o valor da conta de energia elétrica em **R\$ 13.835,97/ mês**, sendo que isto representa uma **economia de 19,12% ao mês com gastos de energia elétrica**; verifica-se também que algumas medidas adotadas que requerem investimentos são amortizados com a própria economia mensal de energia elétrica.

Além destas medidas, também podem ser adotadas outras, devendo-se levar sempre em consideração a viabilidade econômica dos novos investimentos, como por exemplo:

- utilização de sensores de presença em áreas ou locais de pouca circulação;
- utilização de grupo de capacitores para correção do fator de potência, evitando assim o pagamento de multa devido ao baixo fator de potência;
- utilização de brises de fachada, sheds, clarabóias;
- utilização de fontes alternativas de geração de energia como, eólica, gás natural, fotovoltaica, solar, etc;
- utilização de equipamentos de automação e controle de demanda;
- utilização de equipamentos com baixo consumo e alto rendimento, etc.

Conforme verificado no CAPÍTULO 2, os sistemas prediais interagem entre si, portanto para se reduzir custos nas edificações, além de intervenções nos sistemas elétricos e alterações nos processos de uso, conforme apresentado no Exemplo 6, também devem ser verificados outros sistemas, como hidráulicos, ar condicionado, envelopamentos, etc., pois muitas vezes alterações simples nos sistemas ou nos processos podem gerar grandes economias.

3.8. MEDIDAS PARA REDUZIR O CUSTO COM ENERGIA ELÉTRICA

Verificamos que o custo de 1 kWh varia dentro de limites extremamente amplos, dependendo da hora em que foi consumido, assim, sabendo como as Concessionárias calculam a conta de energia elétrica, saberemos identificar e quantificar as medidas à adotar para reduzi-la.

A seleção e a quantificação dessas medidas somente podem ser feitas após estudo e análise, com auxílio de instrumentos de medida adequados, pois a simples observação no horário de trabalho dos diversos sistemas, algumas vezes, é insuficiente.

Para ajudar os Gestores Prediais e Gerentes de Facilidades à implantar ações de redução de custos de energia elétrica, e conseqüentemente como um dos seus objetivos, reduzir o valor da conta de energia elétrica, sem que haja prejuízos na produção ou nas instalações de uma empresa, bem como no bem estar das pessoas, existem no mercado uma ampla variedade de equipamentos baseados nas mais diversas tecnologias, como Registradores de Demanda e Consumo, Controladores de Consumo Temporizado, Controladores de Demanda, etc.

Reunindo curvas de carga, contas anteriores, contratos vigentes com a Concessionárias, etc., será possível estudar e quantificar as medidas para redução de custos com energia elétrica e as mais adequadas para cada edificação, conforme alguns exemplos:

- Eliminação da tarifa excedente devido ao baixo Fator de Potência;
- Redução do desperdício de energia;
- Redução do custo de demanda;
- Redução da demanda mensal;
- Alteração da demanda contratual;
- Utilização de equipamentos de controle, etc.

3.8.1. Eliminação Da Tarifa Excedente Devido a Baixo Fator de Potência

Edificações que utilizam fornos não resistivos, motores superdimensionados, reatores de má qualidade e outras cargas indutivas apresentam baixo fator de

potência e estão sujeitas à cobrança de Energia Excedente. A correção do fator de potência, pode ser obtida pela instalação de um banco de capacitores, e a conseqüente eliminação da tarifa excedente constituem um dos mais eficazes e mais baratos métodos para reduzir o valor da conta.

Lembramos que o banco de capacitores deve ser dimensionado de modo que o fator de potência exceda de pouco a 0,92, pois para valores maiores, aumenta-se os investimentos, sem às vezes ter nenhum benefício e poderá ainda implicar em um superdimensionamento exagerado do banco de capacitores e com isso poderá causar queima anormal de lâmpadas e aumento de perdas nos transformadores de difícil diagnóstico, pois o medidor de reativo ignora cargas capacitivas.

3.8.2. Redução do Desperdício de Energia

Uma quantidade apreciável da energia recebida e paga por uma edificação, pode ser perdida por falta de conhecimento ou de simples atenção das pessoas.

Antes de analisar as áreas em que mais freqüentemente ocorre desperdício, convém lembrar que qualquer sistema que vise redução deve ser automático, pois a experiência mostra que é impossível manter os funcionários das edificações permanentemente atentos ao problema. O equipamento automático destinado preferencialmente à redução do consumo de energia é um controlador temporizado, cuja complexidade pode variar de um simples equipamento a um controle microprocessado e cuja função é simplesmente ligar e desligar sistemas em horários preestabelecidos. Convém, também, observar que a economia de energia não raro é acompanhada de redução de demanda.

3.8.2.a. Grupo: Iluminação

A simples observação de que, quando escurece, qualquer um acende a luz e quando clareia ninguém lembra de apagá-la, implica na possibilidade de se obter apreciável redução nesta área. As medidas mais usuais são:

- a) luminárias externas controladas por relês fotoelétrico;
- b) luzes de vigia com circuito independente;
- c) tensão de alimentação durante todo o dia dentro da faixa de trabalho do respectivo equipamento, em caso contrário ocorrendo aumento de perdas e redução da vida das lâmpadas;
- c) dar preferência a lâmpadas PL, vapor de sódio, vapor de mercúrio,

fluorescentes, eventualmente procedendo uma substituição escalonada;

- d) escalonar convenientemente horários de produção, manutenção e limpeza;
- e) analisar a possibilidade de comandar automaticamente o desligamento da iluminação no horário de almoço e outros;
- f) verificar se o sistema de iluminação não está superdimensionado e proceder as alterações mais convenientes;
- g) caso a edificação trabalhe com tarifa horo-sazonal, estudar a possibilidade de reduzir o consumo na hora de ponta e no período seco;
- h) verificar a viabilidade econômica de instalação de automação predial, que controle todos os sistemas ou parte dos mesmos.

3.8.2.b. Grupo: Fornos, Estufas e Câmaras Frigoríficas

Uma quantidade apreciável da energia elétrica consumida nas edificações é utilizada para controlar a temperatura de um meio, a fim de que os processos aconteçam do modo desejado. As medidas mais usuais para reduzir custos são:

- a) melhorar a isolamento térmica;
- b) evitar aberturas desnecessárias;
- c) verificar se a temperatura de ajuste é correta ou pode ser aproximada da temperatura ambiente sem maiores conseqüências ao processo;
- d) estudar a possibilidade de desligar equipamentos, quando os mesmos não estiverem em uso ou desnecessários;
- e) estudar a viabilidade econômica de substituir total ou parcialmente a energia elétrica por gás, óleo combustível, energia solar ou outra fonte alternativa de energia;
- f) estudar a possibilidade de utilizar equipamentos que trabalham com mais de uma fonte de energia ou que tenham menor consumo;
- g) caso a edificação trabalhe com tarifa horo-sazonal, estudar a possibilidade de reduzir o consumo no horário de ponta e na estação seca;

- h) verificar a viabilidade econômica de instalação de automação, que controle todos os equipamentos ou parte dos mesmos.

3.8.2.c. Grupo: Equipamentos e Instalações Elétricas

Os equipamentos elétricos também podem ser responsáveis por desperdício de energia. As medidas mais usuais para reduzi-los são:

- a) verificar se a tensão de trabalho está, durante todo dia, dentro da faixa normal do equipamento, caso contrário há aumento significativo das perdas;
- b) desligar primário e secundário de transformadores que não estiverem em uso, anulando-se com isso as perdas no ferro;
- c) utilizar equipamentos de boa qualidade e baixas perdas;
- d) verificar, e eventualmente substituir condutores e conectores que apresentem temperatura de trabalho elevada.

3.8.3. Redução Do Custo de Demanda

A redução do custo de demanda é o meio mais eficaz, embora freqüentemente o mais difícil, para reduzir o custo da energia.

Para alcançar uma redução do custo da demanda, existem dois modos:

- a) Alterar o contrato com a Concessionária;
- b) Interferir no processo de consumo, evitando-se que em cada intervalo de 15 minutos ele ultrapasse determinado valor. Essa interferência pode ser feita de modo programado, deslocando-se o horário de trabalho de alguns setores da edificação ou utilizando-se um equipamento controlador de demanda, que supervisiona constantemente o consumo, gerando sinais de alarme ou mandando desligar cargas quando o consumo se aproxima do valor máximo permitido.

Quando se estuda a implantação de um controlador de demanda, é preciso lembrar que o custo de energia elétrica varia consideravelmente entre o horário de ponta e o fora de ponta, de tal maneira que medidas consideradas inviáveis no horário fora de ponta, podem ser viáveis no horário de ponta.

3.8.4. Redução Da Demanda Mensal

A possibilidade de redução da demanda mensal pode ser verificada analisando-se, em primeiro lugar, a curva de carga. Se o consumo for irregular, ela

existe. Em seguida devemos estudar a exeqüibilidade do deslocamento programado ou não programado do funcionamento de algumas cargas, como por exemplo, utilizar um sistema de resfriamento e armazenagem de água para o sistema de ar condicionado fora do horário de ponta (à noite) e utilizar durante o dia esta água resfriada (termoacumulação).

3.8.5. Alteração Da Demanda Contratual

Neste aspecto, o modo de proceder depende do tipo de tarifa que se utiliza, Convencional ou Horo-Sazonal.

Se a edificação trabalha com Tarifa Convencional, quanto menor o valor da contratual, melhor, pois, no período normal, ela não interfere e, em caso de férias coletivas ou outras interrupções de funcionamento, as contas poderão ser reduzidas.

Se a edificação trabalha com tarifa Horo-Sazonal, o problema muda completamente de figura, pois se o consumidor escolhe um valor de demanda contratual baixo, corre o risco de pagar tarifa de ultrapassagem, enquanto no caso de um valor alto, tem possibilidade maior de pagar a demanda contratual do que a demanda do mês. Se o regime de funcionamento da edificação pouco varia ao longo dos meses, pode-se optar por um valor de demanda contratual.

3.8.6. Auto Geração e Novas Fontes de Energia

A auto geração e novas fontes de energia também são ações para redução de custo de energia elétrica.

A utilização de geradores trifásicos acionados por turbinas ou motores de combustão interna, alimentados por óleo combustível, gás natural, GLP, diesel, biodiesel, gasolina, etc, deve ser consideradas e analisada a sua viabilidade, pois o custo da energia elétrica varia amplamente em função da hora em que tal energia é efetivamente consumida.

Devido as necessidades de cada vez gerar-se mais energia, com melhor eficiência energética, custos menores e obter-se menores impactos ambientais, têm sido implantados vários programas ao redor do mundo, quer seja pela iniciativa privada, quer seja pelos programas públicos ou por políticas mundiais.

Instituições internacionais, como Agência Energética Internacional (IEA), Global Environmental Facility (GEF), Banco Mundial, ONU e agências locais em

vários países como Índia, Brasil, Canadá, EUA, Alemanha, etc., estão engajadas em projetos de implementação de eficiência energética, energia renovável e outras.

Fontes modernas de energia renovável, incluindo hidrelétrica, representam 5% do fornecimento mundial de energia, mas a utilização de energia vem aumentando em cerca de 2% ao ano, segundo GELLER (2003b).

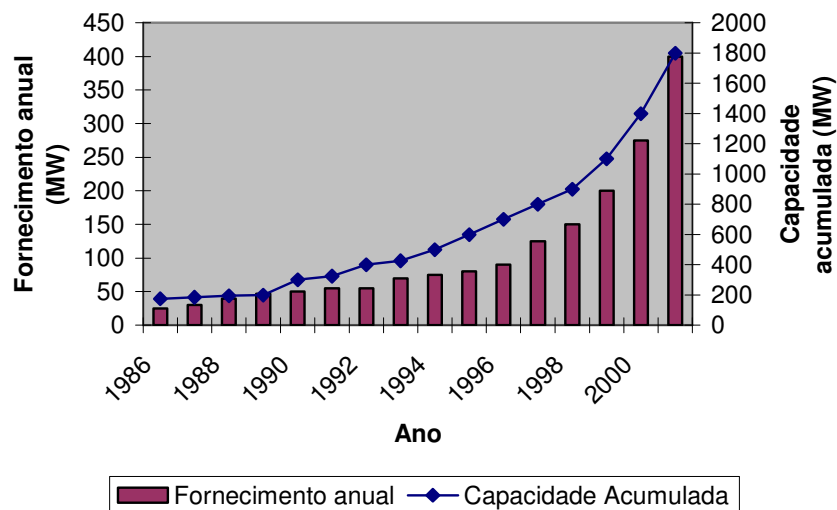
A energia eólica é a fonte com o crescimento mais acelerado no mundo. A capacidade dessa energia instalada acumulada aumentou mais de 10 vezes, entre 1992 a 2001, ou seja, em 2001 tinha uma capacidade instalada de 6.500 MW, ou seja, a energia eólica forneceu 0,4 % da eletricidade produzida mundialmente, além do mais, a capacidade de energia eólica aumenta atualmente de 30 a 35% ao ano, segundo GELLER (2003b).

Outros tipos de energia como a solar fotovoltaica acumulou uma capacidade instalada de cinco vezes, entre 1992 a 2001, ou seja, em 2001 tinha uma capacidade instalada de 1800 MW, ou seja a energia fotovoltaica forneceu 0,025 % da eletricidade produzida mundialmente, segundo GELLER (2003b).

A adoção de tecnologias de eficiência energética, como lâmpadas fluorescentes compactas aumentou cerca de cinco vezes, durante 1991 a 2001. Elas economizaram cerca de 135 TW h neste ano, o que significa que reduziram em 1% o consumo de eletricidade em 2001, segundo GELLER (2003b).

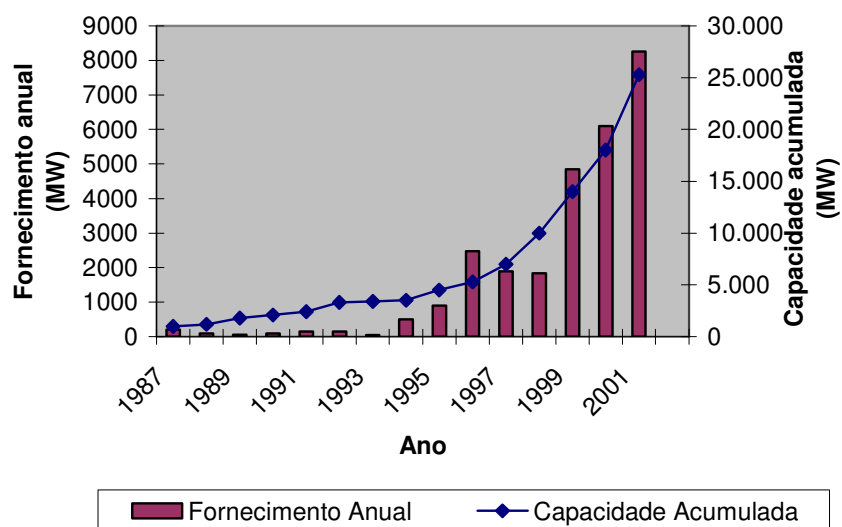
Portanto, há uma conscientização mundial por conseguir-se eficiência energética e utilizar-se energia renovável nos países, cada qual por um motivo específico, ou pela necessidade, economia, concorrência, programas públicos, ou por novos negócios. Assim sendo, seguem abaixo como exemplos gráficos de crescimento global de algumas destas fonte de energia, demonstrando serem alternativas viáveis de geração de energia elétrica:

Figura 8: Crescimento da Capacidade Solar Fotovoltaica Global



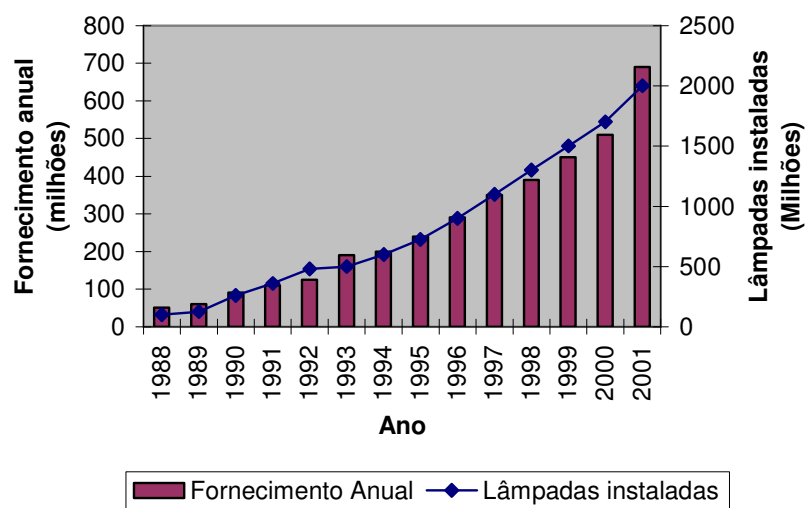
Fonte: MAYCOCK, 2001; SAWIN, 2002, apud GELLER, 2003b.

Figura 9: Crescimento da Capacidade Eólica Global



Fontes: BTM Consult, 2001; SAWIN, 2002; AWEA, 2002, apud GELLER 2003b.

Figura 10: Crescimento do Uso Global de Lâmpadas Fluorescentes Compactas



Fonte: BORG, 2002 apud GELLER, 2003b.

CAPÍTULO 4 - CONCLUSÃO

Antigamente era necessário considerar as condições climáticas para se executar o projeto do envelope das edificações, sendo que o mesmo tinha as funções de servir de elemento regulador das condições ambientais tais quais admissão de luz e sol, ganho e perda de calor, renovação do ar e etc. A partir da Revolução Industrial mudou quase tudo, pois os projetos buscaram novos paradigmas, sendo que avanços desenvolvidos na área de estruturas prediais, na produção de vidros e no desenvolvimento da distribuição de energia, contribuíram para evitar a função térmica do envelope que foram substituídos pelos sistemas mecânicos de aquecimento e refrigeração, sendo que neste século, este quadro agravou-se devido a larga utilização dos sistemas artificiais de iluminação e de condicionamento que, em princípio, resolveriam os problemas de conforto dos usuários em relação ao meio ambiente.

Recentemente com a crise de energia, o aumento da população urbana, o aumento da produção industrial e a necessidade de cada vez mais gerar-se energia e, a partir das discussões sobre impacto ambiental surge a necessidade de procurar-se novas respostas, novas tecnologias e preservação do ambiente.

Dentro dessa visão mais holística, a eficiência energética é apenas uma das variáveis, assim como os conceitos estéticos, formais, funcionais, estruturais, econômicos, sociais e tantos outros.

Duas idéias básicas são importantes em relação às tecnologias de conforto e eficiência energética:

- integração entre condicionamento térmico e iluminação;
- integração entre sistemas naturais e artificiais.

O uso de sistemas naturais de condicionamento e iluminação, sempre que possível, evitará a dependência exclusiva dos sistemas artificiais, sendo que sistemas artificiais podem ser exigidos em virtude de algumas configurações do ambiente interior.

Portanto deve-se ter sempre em mente os conceitos destes sistemas, conhecendo sua eficiência e adequação para cada caso, pois a eficiência energética não significa desprover os locais de luz artificial ou de ar condicionado, que são consumidores em potencial de energia, mas sim saber quando e quanto são

necessários.

Conhecer como são elaboradas as contas de energia pelas Concessionárias e saber identificar, quantificar e medir os sistemas elétricos, identificando o melhor processo de gerenciamento das facilidades, são ferramentas importantes para elaborar estratégias e medidas para redução dos custos com fornecimento de energia elétrica.

Na prática, a correção do Fator de Potência, o conhecimento do consumo diário de energia em cada ponto, a escolha do tipo de tarifa, a instalação de equipamentos de controle e medição, bem como eliminação da tarifa excedente ou alterações nos contratos das Concessionárias, também constituem eficientes métodos para reduzir os custos com fornecimento de energia.

Deve-se fazer um estudo de viabilidade econômica para modificar alguns sistemas prediais, tais como iluminação, refrigeração, envelope, sub-estação, geração de energia, bem como mudanças nos processos de trabalho das pessoas, como por exemplo, alteração do período da jornada de trabalho. Também, deve-se estudar a viabilidade de se utilizar auto geração, através da utilização de geradores acionados por turbinas ou motores de combustão, alimentados por óleo, gás natural, GLP, diesel, biodiesel ou a utilização de outras fontes alternativas de fornecimento de energia, como por exemplo, energia eólica, fotovoltaica, solar e etc., sempre levando-se em consideração a hora do dia em que tal energia é efetivamente consumida conseguindo, assim, total eficiência energética.

Com o aumento da complexidade dos projetos e a necessidade de integração entre todas as variáveis dos diversos sistemas, haverá cada vez mais a tendência ao uso de automação e simulação, onde os programas ou processos escolhidos devem integrar conceitos de conforto térmico, iluminação, sistemas naturais, sistemas artificiais, novas tecnologias, custos de fornecimento e consumo de energia elétrica, e outros parâmetros que acharem-se necessários para conseguir-se o máximo proveito entre todas as variáveis.

Se as edificações e os sistemas de um modo geral buscarem estes conceitos, imagina-se ter o crescimento de cidades, com maior eficiência energética e menor impacto ambiental no planeta.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica - Condições Gerais de Fornecimento de Energia Elétrica – Resolução nº 456 de 29 de Novembro de 2000, podendo estar disponível em <http://www.eletropaulo.com.br>, acesso em março 2005.

ARQUISHOW – NEGÓCIOS EM ARQUITETURA E CONSTRUÇÃO (2005)
Revista ano XIX # 39 Abril, Maio e Junho.

ASHRAE (2005) Handbook Fundamentals American Society of Heating Refrigeration and Air Conditioning Engineers, New York, USA.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICA – ABNT (1992) – NB 57 Iluminância de interiores.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICA – ABNT (1982) – NBR 6401 – Instalações Centrais de Ar Condicionado para conforto – parâmetros básicos de projeto.

ELETROBRÁS (2005) – Centrais Elétricas Brasileiras S.A – Perfil do Consumo de Energia Elétrica – disponível em <http://www.elektrobras.gov.br/procel> - acesso em agosto 2004 e março 2005.

ELETROPAULO (2005) – Eletropaulo, Cobrança de Tarifas, resolução 456 – ANEEL disponível em <http://www.eletropaulo.com.br> - acesso em julho 2004 março e julho 2005.

ENARCH (1983) - Arquitetura Bioclimática- De Luca Editore, Roma, Italy.

ELETROSUL (2005) – Eletrosul Centrais Elétricas S.A., Projeto Casa Eficiente, Disponível em <http://www.eletrosul.gov.br/casaeficiente> – acesso em julho 2005.

FROTA, A. B. SCHIFFER S. R (1998) – Manual de Conforto Térmico. Editora Nobel – São Paulo – SP.

GELLER H. (1994a) - O uso eficiente da eletricidade – uma estratégia de desenvolvimento para o Brasil. INEE, ACEE, Rio de Janeiro, RJ.

GELLER H. (2003b) – Resolução Energética: Política mais um Futuro Sustentável – Relume Dumara – Rio de Janeiro – 229p.

GHISI, E. (1994) – Melhoria nas condições de conforto térmico de edificações - Relatório de Bolsa de Iniciação Científica – CNPq, Florianópolis, SC.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDADIZATION – ISO 7730 (1984) – Moderate Thermal Environments – Determination of the PMV and PPD índices and specification on the condition for thermal confort. Geneve.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDADIZATION – ISO 6946 / 1 (1976), Thermal Insolation – Calculation Methods part1: Steady State Thermal Properties of Buildings Components and Building Elements.

LAMBERTS, ROBERTO/Dutra,Luciano/Pereira O. R; Fernando (2004) – Eficiência Energética na Arquitetura, segunda edição revisada, Pró Livros – São Paulo – 192p.

MEYHOFER, D. (1994) – Contemporary European Architects, Vol.2, Benetikt Taschen, Germany.

PAGLIARICCI, M. (2005) – Apostila do Curso de Redução de Custos de Energia Elétrica - 1990 , revisada em 2005, 45p.

PEREIRA, F.O.R. (1993) – Luz Solar Direta: Tecnologia para Melhoria do Ambiente lumínico e Economia da Energia na Edificação, In: II Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído. Florianópolis, Santa Catarina pp257/267.

PHILIPS (2005) – Philips do Brasil S.A – Iluminação, disponível em <http://www.philips.com.br>, acesso em fevereiro de 2005.

ROMERO, M.^aB. (1988) – Princípios bioclimáticos para o desenho urbano, Editora Projeto, São Paulo, SP.

RUDOFISKY, B. (1981) – Architecture without architects – a short introduction to mon pedigree architecture. London: Academy.

TURNER, W. C.(2001) – Energy Management Handbook, 4Th Edition Farmont Press Inc, Oklahoma State University, 758p.