

## **XIV SEMINÁRIO NACIONAL DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA**

### **FORMAÇÃO DE GERENTES DE ENERGIA PARA PRÉDIOS PÚBLICOS**

PATRÍCIA ROMEIRO DA SILVA JOTA\*    MARIA EUGÊNIA DE ALMEIDA FREITAS\*    TARCÍSIO A<sup>TO</sup> DOS SANTOS\*  
EDUARDO CARVALHAES NOBRE#

\* CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA DE MINAS GERAIS - CEFET-MG  
AV. AMAZONAS 7675, NOVA GAMELEIRA, 30510-000, BH, MG.

# COMPANHIA ENERGÉTICA DO ESTADO DE MINAS GERAIS - CEMIG  
AV. BARBACENA 1200, SANTO AGOSTINHO, BH, MG.

Palavras chaves: energia, uso eficiente de energia, gerenciamento de energia

Foz do Iguaçu, 19 a 23 de novembro de 2000

# **Formação de Gerentes de Energia para Prédios Públicos**

Patrícia Romeiro da Silva Jota\*    Maria Eugênia de Almeida Freitas\*    Tarcísio A<sup>lo</sup> dos Santos\*

Eduardo Carvalhaes Nobre#

\* Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais - CEFET-MG

Av. Amazonas 7675, Nova Gameleira, 30510-000, BH, MG.

# Companhia Energética do Estado de Minas Gerais - CEMIG

Av. Barbacena 1200, Santo Agostinho, BH, MG.

## **1        Resumo**

Este trabalho apresenta uma metodologia desenvolvida por professores do CEFET-MG juntamente com a CEMIG, dentro do Projeto de “Prédios Eficientes” aprovado pelo PROCEL. O objetivo do Curso de Formação de Gerentes de Energia em Prédios Públicos é fornecer informações e ferramentas que auxiliem a incorporar técnicas modernas de uso racional e conservação de energia em prédios públicos, garantindo o conforto e a redução das despesas operacionais da edificação. Em todo o curso é lembrado, de forma exaustiva, que conservar energia não significa redução de conforto e privação dos benefícios que ela proporciona. Este setor foi escolhido pela CEMIG por ser carente de profissionais que atuam como gerentes de energia. Atualmente, o uso da energia dentro das instalações públicas é, na sua maioria, feito sem nenhum plano ou controle. É um setor que utiliza uma parcela razoável de energia e que possui problemas financeiros graves, na maioria dos casos. Assim, esta metodologia foi desenvolvida para profissionais sem formação específica na área, a fim de desenvolver habilidades de acompanhamento e gerenciamento de energia.

## **2        Introdução**

Nos países denominados desenvolvidos, o uso eficiente da energia elétrica é uma prática cotidiana. Estes países sofreram de forma muito intensa os efeitos das guerras mundiais e, conseqüentemente, passaram por muitas privações como racionamento de alimentos e fontes energéticas. Assim, eles aprenderam a valorizar e usar racionalmente os insumos energéticos para evitar racionamento. Estes consumidores adquiriram uma postura mais exigente em relação à eficiência de equipamentos e sua durabilidade. Assim, ao comprar um equipamento, a escolha não é feita somente baseada no preço, mas também na qualidade, no tempo de vida útil e na energia que o mesmo irá gastar durante a sua vida. Em diversos países, os equipamentos elétricos recebem uma etiqueta, que é colocada em destaque, que indica o seu consumo de energia. Na Austrália, por exemplo, esta etiqueta indica através de estrelas a eficiência energética do equipamento. Equipamentos que tiverem um maior número de estrelas são aqueles que utilizam de forma mais eficiente a energia.

O Brasil, em contraposição, sempre teve abundância de insumos energéticos e o povo nunca sofreu privações desta natureza. Nunca houve, portanto, discussões mais aprofundadas nas escolas e nas residências a respeito do uso adequado de insumos energéticos. Como conseqüência, o Brasil apresenta um índice de desperdício elevadíssimo. A conservação de energia no Brasil é hoje uma verdadeira jazida energética com grande potencial a ser explorado. Estudos da ELETROBRAS verificaram que economicamente, ecologicamente e socialmente seria mais interessante investir na conscientização e educação dos seguimentos da sociedade para que a energia elétrica hoje disponível no Brasil fosse usada de forma racional do que investir na construção de novas usinas. A produção de um bem, ou a prestação de um serviço com menor consumo de energia significa o adiamento de novos empreendimentos, bem como, a menor emissão de poluentes no meio ambiente, com conseqüente preservação de recursos naturais e econômicos.

Muitas indústrias têm feito programas de conservação, bem como, diagnósticos energéticos para identificarem os pontos de desperdício. No que se refere à população, o uso racional passa pela educação, e programas têm sido desenvolvidos para despertar a consciência, principalmente, nas crianças.

O consumo de energia elétrica assume posição relevante nas despesas dos órgãos públicos. Esse consumo está diretamente associado aos hábitos de uso, à maneira como são operados os equipamentos elétricos e à eficiência desses mesmos equipamentos. O “peso” da conta de energia nas despesas de um órgão público pode assumir expressiva participação dependendo do porte do órgão e do tipo de atividade ali desenvolvida.

A adoção de medidas de conservação de energia contribuirá de maneira eficaz para a redução do consumo e conseqüentemente das despesas. Deve-se ter em mente que conservar energia não significa a privação do conforto e benefícios que ela proporciona. Conservar energia, dentro de uma visão mais ampla, implica na transformação da sociedade dita do desperdício em direção a uma sociedade mais racional na utilização dos recursos globais, especialmente os insumos energéticos.

Basicamente, podemos mencionar dois níveis distintos de conservação: a eliminação dos desperdícios e a introdução de técnicas que aumentem a eficiência do uso da energia.

Nesse contexto, na maioria dos casos de eliminação dos desperdícios, o investimento requerido é mínimo ou nulo, sendo os resultados obtidos através da conscientização dos consumidores. No segundo nível, há necessidade da realização de investimentos, seja na substituição de equipamentos e/ou processos por outros de maior rendimento, seja na implantação de dispositivos de controle.

A metodologia, desenvolvida pela equipe, tem por objetivo desenvolver a conscientização dos alunos quanto aos custos ambientais, sociais e econômicos e ensiná-los alguns conceitos técnicos de uma forma adaptada à sua formação básica, para que o mesmo possa atuar como gerente de energia no setor público. O curso foi desenvolvido para pessoas com curso médio completo e com noções de informática. O grupo é trabalhado de forma a suprir as falhas de conhecimentos. O curso tem duração prevista de 32 horas e o aluno recebe material didático para consulta.

### **3 Metodologia Adotada**

Através do apoio da concessionária CEMIG, empresa que financiou este projeto, foi possível levantar o perfil do profissional que atua no setor público e as necessidades técnicas dos mesmos. Verificou-se que, o funcionário responsável pelo recebimento e pagamento das contas de energia não possui preparo para entender e decifrar a respectiva conta e que nenhum acompanhamento é feito. Os técnicos responsáveis pela manutenção não possuem acesso à conta e por esta razão não possuem referência alguma de nenhuma ação de economia que possam implementar. O desconhecimento do novo sistema de tarifas é total e a maioria deles permanece no sistema convencional de tarifação, muitas vezes, por puro desconhecimento. O setor público, em sua maioria, não possui profissional habilitado para analisar a conta de energia.

Após um levantamento prévio do perfil do setor público, bem como do profissional alvo do curso, foi feito um levantamento das informações básicas e técnicas a serem repassadas. Inicialmente foi feita uma pesquisa bibliográfica envolvendo desde as questões ecológicas e humanísticas de impacto de implantação de uma usina, até as questões mais técnicas envolvendo especificação de equipamentos.

#### **3.1 Itens abordados**

A seguir serão apresentados os principais itens abordados ao longo do curso e a metodologia didática utilizada.

#### **3.2 Noções gerais**

Alguns capítulos foram desenvolvidos com o objetivo de contextualizar o problema da energia no nível nacional e mundial. Recentemente, a Alemanha tem desenvolvido regulamentação a respeito dos

processos construtivos das edificações prevendo um aumento do grau de isolamento das paredes. Nos países, que apresentam meses de inverno intenso, o uso de alguma forma de energia para aquecimento de edificações é elevado, tornando-se alvo de técnicas mais eficientes energeticamente. Pesquisas têm demonstrado que apesar dos equipamentos evoluírem em termos de eficiência energética, o uso intensivo dos mesmos tem aumentado, exigindo mais e mais uma conscientização das formas corretas do seu uso.

O uso adequado e racional de energia elétrica é fundamental, tanto por razões econômicas e sociais quanto ambientais, uma vez que no Brasil a oferta de energia elétrica está diretamente vinculada a pesados investimentos e ao alagamento de extensas áreas para a formação de represas. Recentemente, com o plano emergencial de construção de usinas termoeletricas, a poluição ambiental passará a ser o alvo das discussões.

A energia, como qualquer outro insumo da produção, também gera custos importantes e existem soluções rentáveis, amplamente demonstradas, orientadas para melhorar a eficiência na utilização deste recurso em equipamentos e processos.

A cada kWh não utilizado há uma redução de emissão de cerca de 1 kg de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), um dos principais gases que provoca o efeito estufa. Hidroelétricas inundam uma média de 600m<sup>2</sup> para cada 1.000 W gerados; neste espaço são derrubadas em torno de 150 árvores. São exemplos que demonstram como o uso e a produção de energia elétrica se vinculam na relação da sociedade humana com problemas ambientais.

Estes temas são abordados e os alunos são convidados a discutí-los, em grupos, e posteriormente apresentam o resumo das discussões para toda a classe.

### **3.3 Noções básicas de eletricidade**

O Curso de Formação de Gerentes de Energia em Prédios Públicos é destinado a um público de nível médio, que se mostrou muito heterogêneo em suas diversas realizações. Assim, torna-se necessário um nivelamento de conhecimentos na área de eletricidade, visando compreender conceitos diversos que são discutidos ao longo do curso, como perdas em linhas elétricas, fator de potência, energia reativa, etc. Desta forma, os fenômenos elétricos são apresentados de forma amplamente conceitual, procurando-se realçar para os participantes os aspectos físicos envolvidos.

### **3.4 Conceitos de fornecimento e faturamento**

Não há como se falar de energia e não entrarmos em algumas definições básicas do setor elétrico tais como: demanda, consumo, tarifa binômica e horosazonal, fator de carga e de potência, horário de ponta, etc. Estes conceitos são introduzidos no curso de forma teórica e praticados através de exemplos de aplicação. O grau de aprofundamento destes conceitos depende do grau de formação dos alunos. São trabalhadas algumas alternativas para se reduzir a conta de energia através da modulação da curva de carga, melhorando-se, assim, o fator de carga. Alguns exercícios são propostos para exercitar a construção de uma curva de carga, cálculo do fator de carga por posto tarifário, etc. A forma de se implementar, os procedimentos de modulação de carga, é discutida com a turma, sempre propiciando uma maior participação dos mesmos, e tomando, sempre que possível, casos reais vividos pelos mesmos em seus setores.

### **3.5 Iluminação**

Dentro do panorama de utilização racional de energia elétrica, a iluminação surge como um dos itens mais relevantes, já que é responsável por cerca de 20% de toda a energia elétrica consumida no país e por mais de 40% da energia elétrica consumida pelo setor de comércio e serviços. Assim, boa parte da carga horária é dedicada ao tema. É ressaltado que o ideal seria iniciar com um projeto inteligente de iluminação, que deve também ser um projeto econômico, tanto do ponto de vista do investimento inicial como do custo operacional, não somente para o usuário, mas para toda a sociedade.

Quando se deseja uma solução prática para os problemas de iluminação é essencial que se comece identificando as necessidades dos usuários, ou seja, das pessoas que terão de desenvolver suas atividades no

ambiente iluminado. Isto exige a elaboração de um estudo para o qual são necessários conhecimentos básicos de luminotécnica. A escolha da modalidade de iluminação, dos tipos de lâmpadas e luminárias, sua potência, localização, distribuição, comandos e controles fazem com que a iluminação não só revele, mas também crie condições favoráveis para a prática das atividades com eficiência e segurança. A iluminação deve ser vista como uma maneira de criar um ambiente agradável.

Basicamente podemos mencionar dois estágios diferentes de conservação: a eliminação dos desperdícios e a introdução de técnicas que aumentem a eficiência no uso da energia. Na maioria dos casos a eliminação dos desperdícios requer um investimento mínimo ou nulo e os resultados são obtidos através da conscientização dos consumidores e usuários. No segundo nível há necessidade de realização de investimentos, seja na substituição de dispositivos de controle e operação, ou em investimentos com retorno garantido.

O público alvo do curso é formado por funcionários do poder público com curso médio completo. Nas diversas vezes em que foi ministrado verificou-se uma notável diversidade na formação básica dos participantes, oriundos da área técnica (manutenção elétrica e mecânica), da área de educação e da área administrativa, sem grande preponderância de um setor sobre o outro. Foi vista, portanto, a necessidade de não se entrar em detalhamento excessivo da matéria, mas sim de se apontar os problemas usuais e discutir as soluções recomendadas. Utilizou-se bastante a técnica de exercícios/discussões em grupo e exercícios práticos. Na parte relativa a luminotécnica, por exemplo, optou-se por uma atividade consistindo de duas etapas:

- Na primeira, efetuou-se o cálculo da iluminância no local de realização do curso, levando-se em conta os valores de norma previstos para esse tipo de atividade e todas as características do ambiente, com uso de catálogos de fabricantes;
- Na segunda, realizou-se a medição da iluminância horizontal do local do curso com o uso de um luxímetro.

Embora não seja objetivo do curso formar um projetista em iluminação, constatou-se que um cálculo luminotécnico simples (cálculo da iluminância da sala de aula ou da sala de convenções do hotel), prestou-se melhor ao desenvolvimento dos conceitos básicos relativos à área de luminotécnica.

O conteúdo programático do curso abordou, de forma mais simples, a iluminação natural, e de forma mais completa, a iluminação artificial.

### **3.5.1 Uso da luz natural**

Na iluminação natural, apontou-se a influência do tipo de clima no consumo de energia elétrica, e como esta forma de iluminação é pouco utilizada no Brasil. Um projeto integrado de iluminação natural e artificial, que leva em consideração a disponibilidade de luz diurna, própria do clima local, permite reduzir o consumo de energia do edifício em mais de 30 %, aproximadamente. O problema mais crítico refere-se à iluminação natural nos edifícios modernos, quando se prevê a presença de grande número de pessoas realizando tarefas visuais de diferentes exigências ao mesmo tempo. Uma análise da distribuição das tarefas visuais nos locais indicará se é necessário prever uma iluminância alta em toda a superfície ou em algumas partes do local. Se assim for, a localização das tarefas com maiores exigências visuais nos ambientes próximos das janelas, onde a iluminância natural é maior, trará uma otimização do uso da luz natural. Deve ser complementada com o controle da luminância da janela e da incidência da radiação solar direta

### **3.5.2 Fontes de luz artificial**

As lâmpadas elétricas atuais são agrupadas em dois tipos principais; incandescentes e de descarga. Em ambos os grupos, pesquisa e desenvolvimento contínuos levaram a um aumento da eficiência de todos os tipos de lâmpadas. As características e aplicações das fontes de luz artificial são informadas pelos fabricantes em seus catálogos. No curso são comentados os aspectos que afetam seu desempenho e o conseqüente

consumo de energia, além de recomendações que permitem racionalizar o uso da energia elétrica. São realizados diversos comparativos econômicos mostrando a economia que se obtém na conta de energia quando se troca uma lâmpada existente por uma outra mais eficiente, mantendo-se o mesmo nível de iluminância original. Nessas análises é mostrado que o custo da energia deve ser considerado juntamente com outros fatores, como custo de investimentos em equipamentos, mão de obra e materiais, reposição de lâmpadas, manutenção, limpeza e mão de obra, de forma a se alcançar o custo total, que é o mais importante.

Após diversas simulações, ficou patente a necessidade de se utilizar, sempre que possível, lâmpadas de maior eficiência luminosa, para que o projeto ou a instalação existente seja mais eficiente e conserve energia.

### **3.5.3 Equipamentos auxiliares**

O rendimento global de um sistema de iluminação é determinado não só pela eficiência luminosa da lâmpada em si, mas também pelos equipamentos auxiliares e luminárias. Desta forma, esses elementos são analisados durante o curso e os principais conceitos são mostrados abaixo.

Os reatores são vitais para a correta operação das lâmpadas fluorescentes e as de descarga em alta pressão. Eles acendem as lâmpadas, regulam a corrente elétrica e ainda fornecem a potência correta para o bom funcionamento das lâmpadas.

Grandes avanços foram feitos na tecnologia e surgiram os reatores eletrônicos, os quais foram desenvolvidos com a capacidade de baixar ainda mais o consumo de energia e fazendo com que as lâmpadas forneçam um fluxo luminoso ainda maior e constante. Mas suas vantagens não são só na performance, eles também possuem dispositivos de segurança como termofusíveis e ruído inaudível, além de longa vida útil.

Com isto, foram lançados também os reatores eletrônicos dimerizáveis, estes têm a capacidade de variar o fluxo luminoso de lâmpadas fluorescentes, proporcionando uma maior flexibilidade dos sistemas de iluminação e uma perfeita adequação da iluminação à necessidade do momento.

**Controles** Associados aos reatores eletrônicos dimerizáveis, existem os controles automáticos de iluminação. São eles:

- Centrais de controle microprocessadas;
- Sensores de luz e movimento;
- Sensores de Infravermelho e controles remotos;
- Potenciômetros.

**Centrais de controle** - São unidades de controle microprocessadas que recebem os sinais provenientes dos sensores e controlam a iluminação.

**Sensores de Luz** - São sensores que captam a iluminação natural e variam o fluxo luminoso da iluminação artificial garantindo um nível estável no ambiente.

**Sensores de Movimento** - São sensores de infravermelho que captam a existência ou não de algum movimento no ambiente, mantendo-a acesa ou apagada.

**Sensores de Infravermelho e Controle Remoto** - Estes equipamentos lhe permitem controlar a iluminação à distância, como da mesa de trabalho ou sala de controle, dispensando o uso de interruptores.

**Potenciômetros** - São dimmers eletrônicos que mandam sinais aos reatores dimerizáveis fazendo a variação do fluxo luminoso manualmente.

**Luminárias.** Com todas estas inovações em lâmpadas e reatores, as luminárias não poderiam ser esquecidas, elas completam o que chamamos de Sistema Integrado de Iluminação.

Para atender as novas exigências as luminárias passaram por uma reformulação geral, devido à diminuição do diâmetro das lâmpadas fluorescentes, as luminárias esteticamente ficaram mais bonitas, assumindo não só a sua função de controle de fecho luminoso e proteção das lâmpadas, mas auxiliando a compor o ambiente. Mas a grande preocupação dos designers de luminárias são o alto rendimento, conseguido hoje com a utilização de sistemas ópticos em alumínio anodizado.

### **3.5.4 Manutenção dos sistemas de iluminação**

São muito significativos os ganhos, principalmente em rendimento e eficiência, quando se põe em prática um bom esquema de manutenção periódica dos sistemas de iluminação, substituindo ou retirando difusores em más condições, substituindo luminárias de baixo rendimento, usando reatores eficientes, ou simplesmente limpando lâmpadas e luminárias. Há casos em que a simples limpeza de lâmpadas e luminárias ocasionam aumento do iluminamento em até 60%.

Os diversos tipos de lâmpadas apresentam, usualmente, problemas típicos de funcionamento, que são freqüentemente encontrados durante as manutenções. Os mais comuns são amplamente discutidos ao longo do curso.

### **3.6 Bombeamento d'água e elevadores**

As possíveis melhorias, a serem conseguidas na operação dos conjuntos moto-bomba, são derivadas de análises técnicas normalmente restritas a profissionais habilitados. As considerações feitas sobre o rendimento dos motores valem, em boa parte, para o conjunto moto-bomba. Toda ou qualquer tentativa de alteração do conjunto depende do que se sabe sobre o volume de água consumido nas operações diárias do estabelecimento. O que não se pode perder de vista é que somente o mínimo indispensável de água deve ser bombeado.

Medidas mais gerais podem ser tomadas no sentido de diminuir o consumo de água, através da racionalização do seu uso e da eliminação de vazamentos, principalmente em registros, torneiras, mangueiras e válvulas de descarga. Nos novos projetos de construção, o cuidado em usar pisos e revestimentos que dispensem a necessidade de lavagem freqüente, pode resultar em economia sensível.

A economia de energia no uso de elevadores dependerá do número de elevadores em cada edificação e da sua capacidade de carga (pequeno ou grande). Desta forma, dependendo do horário, alguns elevadores poderão ser retirados de funcionamento ou elevadores maiores poderão dar lugar aos menores.

Durante o curso, a economia de energia em bombeamento d'água e elevadores é vista sob a forma de uma discussão orientada. De forma geral, os participantes trazem contribuições às listas de medidas que devem ser tomadas visando o uso racional da energia elétrica, que constam do material didático fornecido.

### **3.7 Etiquetagem de Equipamentos – Selo PROCEL de Economia de Energia**

Um dos objetivos de abordar este item é mostrar que comprar um equipamento energeticamente eficiente, além de contribuir para a redução de consumo de energia no uso final, significa também participar da cultura do combate ao desperdício de energia.

Informa-se sobre o Programa Brasileiro de Etiquetagem, que é a evolução do antigo Programa de Conservação de Energia Elétrica em Eletrodomésticos, implementado em 1984, pelo Ministério da Indústria e do Comércio (MIC) e pela Associação Brasileira da Indústria Elétrica e Eletrônica (ABINEE) com a intervenção do Ministério das Minas e Energia. A etiquetagem de equipamentos elétricos é coordenada pelo Instituto Brasileiro de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (INMETRO).

Os produtos avaliados pelo Programa Brasileiro de Etiquetagem são: refrigeradores domésticos (de uma porta, de duas portas ou combinados, congeladores verticais e horizontais, frost free); condicionadores de ar; chuveiros, torneiras e aquecedores elétricos; motores elétricos de indução trifásicos; máquinas de lavar roupa; e coletores solares para aquecimento de água.

Os resultados referentes ao consumo de energia e à eficiência energética são impressos em uma etiqueta mostrada na figura 1.

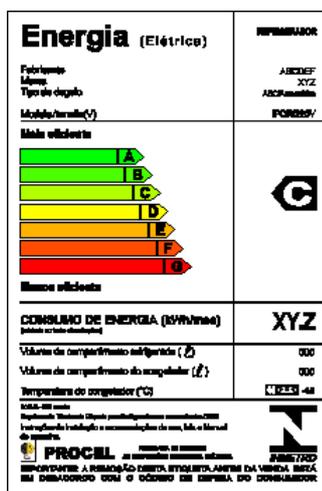


Figura 1- Etiqueta para refrigeradores de uma porta

Cada tipo de equipamento a ser etiquetado possui alguns parâmetros que definem seu consumo de energia e seu desempenho energético. O que se observa em relação a esses parâmetros é que geralmente são os fatores que influenciam a escolha no momento de sua compra. Ao se comparar os dados analisados em refrigeradores e em condicionadores de ar, temos um exemplo dessa afirmação. Para os refrigeradores, seu desempenho energético é o levantado a partir da capacidade volumétrica de armazenamento e da potência elétrica consumida no compressor, não sendo consideradas as características do efeito desejado (refrigeração de alimentos). Entretanto, para os condicionadores de ar a eficiência energética é mostrada através da relação entre a capacidade de refrigeração e a potência do equipamento. Esse dado nada mais é que o coeficiente de desempenho do equipamento, que é um parâmetro que realmente avalia a refrigeração do ambiente (efeito desejado) pelo consumo de energia. A escolha de um equipamento, somente pelo ponto de vista energético pode não ser a mais acertada, assim outros fatores também devem ser verificados.

O conhecimento do significado dos componentes de cada equipamento e sua relação com o consumo ou liberação de energia, tornam-se instrumentos essenciais para o pessoal envolvido com os processos de uso racional de energia, pois só assim possuirão o discernimento necessário às tomadas de decisão requeridas por esse tipo de trabalho.

Assim, ao se introduzir os dados analisados para cada equipamento, procura-se transmitir noções superficiais sobre seu funcionamento e as formas de energia envolvidas nos processos, sendo um bom momento para introduzir conceitos e definições relativas a eles.

As tabelas do INMETRO relacionando os equipamentos, seus consumos de energia e a eficiência energética são mostrados e discutidos. Para os motores elétricos as informações sobre funcionamento são tratadas com detalhes no tópico específico.

Finalmente, é abordado o Selo PROCEL de Economia de Energia, que é um prêmio concedido anualmente ao aparelho que apresenta o menor consumo energético dentro de sua categoria. Os índices de desempenho são obtidos a partir de ensaios realizados pelo Centro de Pesquisa em Energia Elétrica (CEPEL),

sendo a premiação realizada pelo Ministério das Minas e Energia. São citados exemplos de parceria entre as iniciativas pública e privada com o objetivo de racionalizar o uso da energia, mostrando a importância do Prêmio PROCEL no incentivo à produção de equipamentos mais eficientes e competitivos, tornando-se um importante instrumento de transformação do mercado de energia elétrica.

A INTERNET através de sites como os do PROCEL (<http://www.eletronbras.gov.br/procel>) e INMETRO ([http://www.inmetro.gov.br/cs\\_etiqueta.htm](http://www.inmetro.gov.br/cs_etiqueta.htm)) é uma excelente fonte de atualização para os participantes dos programas de Uso Racional de Energia.

### **3.8 Condicionamento de ar e ventilação**

O estudo do condicionamento de ar e da ventilação tem suas bases teóricas na termodinâmica isto é, na termodinâmica, mecânica dos fluidos e na transferência de calor. É uma aplicação dos conceitos e dos processos relacionados a propriedades das substâncias, energia, calor, trabalho, conservação da energia (primeira lei da termodinâmica), ciclo de refrigeração, eficiência (segunda lei da termodinâmica), ar úmido (psicrometria), modos de transferência de calor (condução, radiação e convecção natural e forçada) e perda de carga. Assim, o estudo do condicionamento de ar e da ventilação inicia com os fundamentos da termodinâmica e da transferência de calor. Os conceitos relativos à mecânica dos fluidos são abordados, dentro do texto específico dos equipamentos.

Estes tópicos são abordados, na apostila de uma forma mais qualitativa, entretanto algumas equações e exercícios são desenvolvidos para auxiliar a compreensão do assunto em um capítulo intitulado “Fundamentos da Termodinâmica e da Transferência de Calor”.

Por se tratar de um curso onde é exigido o nível médio e os participantes possuem a mais variada formação, nota-se que a grande maioria não possui base teórica para estes assuntos e, além disso, o tempo previsto, cerca de oito horas, não é suficiente para um tratamento, mesmo superficial, sobre todo este embasamento. O que se busca é trazer para a turma as observações e as experiências da vida, do cotidiano e em alguns casos até experiências profissionais que se tornam referências importantes. A partir delas podem ser desenvolvidos os conceitos físicos de curva de pressão de vapor; do funcionamento de um ciclo de refrigeração, de seu balanço energético e do conceito de coeficiente de desempenho; da psicrometria e dos mecanismos de transferência de calor e seus equacionamentos.

Os exemplos que surgem são sempre direcionados para os processos de condicionamento de ar, onde o ciclo de refrigeração por compressão de vapor e seus componentes são os pontos de partida para o desenvolvimento desse estudo. É interessante mostrar um equipamento de ar condicionado de janela e seus componentes para fechar esta parte introdutória de revisão, ou melhor, de nivelamento de conceitos básicos.

Ao introduzir o estudo específico do condicionamento de ar, procura-se mostrar o impacto que a eficiência energética exerce sobre este tipo de sistema e a importância de se utilizar o ar interior com características que proporcionem conforto aos usuários e os parâmetros (temperatura, umidade, vazão, velocidade e qualidade) desejados. Outra abordagem interessante é a respeito das mudanças dos limites exigidos por portarias oficiais, que devido à conscientização ecológica, tornam a normalização desses parâmetros processos dinâmicos e em contínuo questionamento.

O estudo sobre condicionamento de ar é desenvolvido através dos itens: carga térmica; sistemas de equipamentos de condicionamento de ar; novas tecnologias; equipamentos alternativos; sistemas de distribuição térmica; ventilação; qualidade do ar interior e manutenção de sistemas de condicionamento de ar.

a- carga térmica: este é um item nem sempre tratado com a seriedade devida, mas que para programas de utilização racional de energia deve ser de grande importância. O cálculo da carga térmica é complexo e deve sempre ser realizado por profissionais especializados. Entretanto, o que se pretende aqui é despertar o participante para que ele se torne atento aos fatores que afetam a carga térmica de um recinto, sabendo reconhecê-los e atribuindo-lhes a importância devida, para que possa agir nos casos de alterações no ambiente, acompanhamento de serviços, compras, licitações de equipamentos e outras atividades que se fizerem necessárias.

Os tópicos abordados são os clássicos da literatura: geração (pessoas, iluminação, equipamentos ou outra fonte interna); calor transferido através das paredes do recinto; transferência de energia solar e entrada de ar externo (infiltração e ventilação). Problemas sobre a taxa de circulação de ar externo com e sem recirculação permitem introduzir noções sobre filtragem de ar (tipos de filtros e suas eficiências) além do controle do ar externo.

b- sistemas de equipamentos de condicionamento de ar: São mostrados os sistemas de expansão direta e indireta, os tipos e funcionamento dos equipamentos componentes das instalações: unidades individuais e centrais, unidade de janela, split systems e aparelhos self-contained. Os catálogos dos equipamentos são apresentados através de slides, para não haver dispersão, comum quando são distribuídos catálogos para uma apreciação individual.

c- Novas tecnologias e equipamentos alternativos: São apresentados como equipamentos alternativos o ventilador de teto e o exaustor eólico. O resfriador evaporativo, um sistema que resfria e umidifica o ar, quando utilizado em determinadas condições ambientais, podendo obter o ar na especificação adequada, com um gasto mínimo de energia elétrica; os sistemas de termoacumulação que permite utilizar o frio em tempo diferente ao de sua produção, contribuindo para a queda do consumo de energia no horário de ponta e as películas de controle da insolação fazem parte das novas tecnologias que são abordadas nesse item.

d- Sistemas de distribuição térmica: São focalizados os mais utilizados sistemas responsáveis pela admissão do ar externo, pela ventilação e também pelo transporte da energia do recinto até o equipamento de refrigeração: sistemas de zona simples e sistemas de zonas múltiplas (volume de ar constante e volume de ar variável) e os fan-coils. Atenção especial é dada ao consumo relativo de energia entre os vários tipos de sistemas.

A admissão de ar externo é uma necessidade. Torna-se fundamental dedicar bastante atenção ao controle desse processo, pois esse é um dos pontos críticos do condicionamento de ar em relação ao uso racional de energia.

e- Ventilação: Os motores dos ventiladores consomem uma parcela significativa da energia do sistema de condicionamento de ar. Como se sabe, a potência fornecida a um ventilador deve ser suficiente para suprir as perdas de carga no sistema de distribuição térmica, nas serpentinas de transferência de calor, filtros e no recinto e ainda fornecer o ar no ambiente com velocidade e vazão adequadas. Assim estes fatores devem ser discutidos e cada um deve ser analisado, ainda que superficialmente. Também são apresentados uma curva típica de um ventilador centrífugo e o conceito de eficiência do equipamento. A solução de um problema esclarece melhor o assunto.

Também a distribuição de ar nos recintos é vista, considerando a vazão e a velocidade do ar, as localizações dos bocais de distribuição e das grelhas de retorno e a circulação do ar no ambiente.

f- Qualidade do ar interior: Esse tema sempre inicia com uma discussão sobre a qualidade de vida e a importância do ar. São abordados os fatores que ocasionam a síndrome do edifício doente e os elementos que afetam a qualidade do ar distribuídos nos grupos:

- Contaminação interior
- Contaminação exterior
- Contaminação no sistema de ar condicionado propriamente dito
- Deficiências de um sistema global incorreto

g- Manutenção de sistemas de condicionamento de ar: A importância da manutenção de sistemas de condicionamento de ar faz-se ver pela portaria nº 3 523, de 28 de agosto de 1998, expedida pelo Ministro de Estado da Saúde. Esse é o regulamento técnico que contém medidas básicas referentes aos procedimentos de verificação visual do estado de limpeza, remoção de sujidades por métodos físicos e manutenção do estado de integridade e eficiência de todos os componentes do sistema de climatização, para

garantir a qualidade do ar de interiores e prevenção dos riscos à saúde dos ocupantes dos ambientes climatizados. Assim, discute-se o plano de manutenção, operação e controle – PMOC, objeto dessa portaria. Além desse documento, analisa-se também o RENABRAVA I, expedido pela Associação Brasileira de Refrigeração, Ar Condicionado, Ventilação e Aquecimento (ABRAVA), que estabelece procedimentos e diretrizes para execução de serviços de limpeza e higienização corretiva de sistemas de distribuição de ar contaminados.

### **3.9 Instalações Elétricas**

Após o nivelamento dos alunos a respeito da composição do sistema elétrico, este item objetiva a nomear os diversos equipamentos e as formas de energia por eles utilizadas. A partir daí, trabalha-se com cada parte do sistema separadamente. Em nenhum momento, trabalha-se com o projeto das instalações, mas sim com as evidências de uma má utilização.

Um dos maiores focos de problemas para as instalações elétricas é a ampliação do sistema. Em muitos casos, a instalação é ampliada por um eletricista sem nenhum estudo adequado. Esta ampliação acaba por levar o sistema de proteção a desarmar, operação esta que é considerada anormal pela equipe da manutenção ao se verificar a inexistência de defeito na instalação. Normalmente, o procedimento adotado é o de se ampliar a faixa de atuação da proteção. Após este procedimento, a instalação passa a funcionar "normalmente" durante um tempo razoável. Porém, chamamos a atenção de que o sistema de proteção é sempre projetado para proteger a instalação contra danos de sobrecorrente, proteção esta calculada em função das próprias dimensões dos condutores deste sistema. Ao se ampliá-lo, passamos a permitir que a corrente que circula pelos condutores e/ou ramais da instalação seja maior do que aquela permitida, danificando-os a longo prazo. Este item é um dos mais importantes do ponto de vista de segurança. A participação dos alunos é bastante ativa, pois, em sua maioria, já viveram ou até executaram tais procedimentos e nunca haviam percebido o erro que estavam cometendo.

Os danos provocados pelo mau uso das instalações aparecem a longo prazo e de uma forma perigosa, através, por exemplo, de focos de incêndios. São abordadas diversas formas de se vistoriar a instalação, sem necessariamente utilizar equipamentos de medição, apenas visualmente. O grupo de alunos é sempre heterogêneo a discussão torna-se bastante rica, pois, cada um traz a sua experiência enriquecendo bastante as discussões, por exemplo: pessoas envolvidas com manutenção mecânica, manutenção elétrica, administradores, etc.

### **3.10 Limpeza e conservação – horários e procedimentos**

Uma atividade importante nas empresas é a limpeza e conservação das instalações prediais. Porém, ocorre muito desperdício de energia quando este serviço é feito de forma desordenada, sem planejamento. Normalmente, este serviço é feito antes e/ou após o expediente. Desta forma, a iluminação permanece ligada enquanto estiver sendo executado algum serviço.

Uma mudança na rotina pode significar uma economia de até 80% no consumo de energia durante o horário de limpeza. A equipe da limpeza pode ser o maior aliado do gerente de energia, pois, ela pode colaborar desligando os equipamentos após o expediente, detectando problemas nas instalações, etc.

### **3.11 Gerenciamento da Energia**

Para que o gerenciamento da energia possa ser feito de forma adequada, é necessário que o gerente conheça o histórico de consumo da edificação de forma detalhada e setorial. Desta forma, o gerente poderá identificar variações no consumo e relacioná-las mais facilmente com aumento na produção, mudanças de hábito ou mau uso da energia.

#### **3.11.1 Centros de Custo**

Um artifício muito utilizado para implementar técnicas de uso racional de energia é a criação de centros de custo. O centro de custo tem por objetivo identificar o consumo de energia de forma setORIZADA,

como por exemplo, setor administrativo, processamento de dados, elevadores, cozinha, etc. Esta divisão permite acompanhar a evolução do consumo procurando inicialmente identificar os problemas que tragam resultados imediatos. Os sistemas de ar condicionado e o de iluminação seriam os primeiros a serem analisados. Com o acompanhamento do consumo, seria possível identificar os setores responsáveis por acréscimos e/ou decréscimos ocorridos e verificar a correlação destas alterações com aumento na produção e/ou número de pessoas atendidas.

### **3.11.2 Cálculo do consumo específico**

Assim como o centro de custo, o consumo específico vem auxiliar na identificação dos desperdícios e, portanto, nas ações mais adequadas a serem tomadas. O consumo específico relaciona o consumo com as atividades desenvolvidas no centro de custo em análise. Assim, se o centro de custo é o setor de apartamentos de um hospital público, o consumo específico vai relacionar o consumo de energia com a taxa de ocupação dos apartamentos, de forma a evidenciar aumentos decorrentes de mau uso da energia, facilitando a identificação deste evento e eliminação dos desperdícios associados. O consumo específico é dado pelo consumo mensal dividido pelo índice escolhido para aquele centro de custo. O consumo específico fornece uma informação de consumo unitário. Este consumo unitário poderia ser utilizado na comparação com atividades semelhantes podendo-se observar se o desempenho energético é satisfatório ou não, ou identificar qual deles apresenta desempenho pior, necessitando de uma análise mais detalhada.

Qualquer avaliação que objetive identificar o impacto da implantação de medidas de otimização energética deve ter como referência, os consumos específicos nas situações analisadas.

Como o grupo possui, normalmente, profissionais dos diversos ramos do setor público, tais como: administração, atendimento ao público, hospitais, manutenção, captação e tratamento de água, etc., o índice para o cálculo do consumo específico mais adequado para cada um dos setores é discutido com o grupo.

### **3.12 Comissão Interna de Economia de Energia**

Os participantes do curso ou já pertencem ou estão se preparando para pertencer às Comissões Internas de Economia de Energia (CIEE). Este item é desenvolvido por todos. A turma é dividida em cinco grupos, sendo que cada um discute internamente um dos temas:

- O que é um programa interno de economia e de uso racional de energia
- Criação e estrutura da CIEE
- Operacionalização da CIEE
- Atribuições da CIEE
- Pontos básicos da filosofia do uso racional de energia

Após essa etapa, os grupos apresentam um resumo do que foi discutido para toda a turma e após cada apresentação tem-se um tempo para o debate geral.

São dedicadas cerca de uma hora e meia para essa atividade, que aponto ser uma das mais interessantes do curso. Este é o último item a ser abordado e os participantes já podem associar o que viram com sua bagagem profissional e de vida. As conclusões são sempre valiosas.

## **4 Resultados Obtidos**

Apesar de nós termos trabalhado com grupos de profissionais bastante heterogêneos, o nível de interesse dos grupos dos diversos cursos já ministrados foi considerado bastante elevado. Foram ministrados quatro cursos, tendo como participantes, por exemplo: chefe de enfermeiras de um grande hospital universitário, eletricitas, mecânicos, administrador de empresas, engenheiros, professores universitários (com o objetivo de repassar a metodologia), técnicos, alunos de engenharia, dentre outros.

O primeiro curso foi ministrado para profissionais da própria CEMIG, e a repercussão foi tão boa, que alguns destes alunos promoveram um seminário sobre uso racional de energia na sua região, seminário este considerado de altíssimo nível.

## **5 Avaliação**

Ao final de cada curso ministrado, a equipe de professores apresenta um questionário, sem identificação do aluno com perguntas objetivas e seção para sugestões. Apesar do alto grau de heterogeneidade dos grupos, o índice de satisfação dos mesmos foi elevado. Na maioria dos casos, eles comentam que nunca haviam pensado o quanto custa economicamente e principalmente socialmente e ecologicamente a geração de energia. Aqueles que estavam envolvidos de forma mais direta com manutenção elétrica e/ou mecânica comentaram que muito do que foi falado era sabido, porém, era desprezado por eles por acharem que não tinha importância. Um aluno proveniente do setor de tratamento de águas fez um paralelo entre o desperdício de energia em correntes de fuga, ou mau uso de equipamentos com uma torneira gotejante.

## **6 Conclusões**

Analisando os resultados obtidos e os comentários feitos pelos alunos, podemos concluir que a metodologia proposta para formar gerentes de energia foi bem sucedida. A apostila desenvolvida e distribuída aos alunos possui um nível de aprofundamento maior que o ministrado na sala de aula para propiciar um aprofundamento de conhecimentos, caso o aluno deseje.

Ainda é cedo para avaliar os resultados que os profissionais, que se submeteram a este curso, irão obter na implementação destas técnicas nos seus setores. Sozinhos eles não vão poder ir muito longe, e como foi amplamente discutido no curso, eles terão que, através da criação da CIEE, obter aliados para conscientizar os demais colegas das vantagens para o setor e para as suas próprias vidas a atitude pró-ativa com relação ao uso racional de energia. Com o grau de entusiasmo verificado nos grupos, acredita-se que muito deles serão disseminadores desta prática, atingindo assim plenamente o nosso objetivo.

## **7 Bibliografia**

1. T.J. Hammons, R. Ramakumar, M. Fraser, S.R. Connors, M. Davies, E.A. Holt, M.Ellis, J. Boyer, J. Markard, "Renewable Energy Technology Alternatives for Developed Countries", *IEEE Power Engineering Review*, vol.17, no.12, pp. 10-21 December 1997
2. Plano 2015 - Projeto 7 - "A questão Ambiental e o Setor Elétrico", Eletrobrás, Outubro de 1992
3. D. Zvibersztain e A. M. Andrade, "Impactos na Cadeia Energética", *Eletrobrasil*, Maio/Junho 1993.
4. L.V. Sbertoli, "Energy Market Integration in the Mercosur", *IEEE Power Engineering Review*, vol.17, no.8, August 1997
5. W. Sweet, "A Nuclear Reconnaissance", *IEEE Spectrum*, vol.34, no.11, pp. 23-28, November 1997.
6. W. Sweet, "Power & Energy", *IEEE Spectrum*, vol.35, no.1, pp.67-72, January 1998.
7. H. M. Santos; J. Haddad; L. A. H. Nogueira; Racionalização do Consumo de Energia Elétrica na Indústria, FUPAI – Tecnologia, Ensino, Pesquisa.
8. Programa de economia de energia no serviço público estadual de Minas Gerais, Diretoria de Projetos Especiais, Superintendência de Recursos Energéticos – SURE, Secretaria de Estado de Minas Gerais.
9. Manual de Administração de Energia, CEMIG
10. Tarifas Horo-sazonais Azul e Verde, Manual de orientação ao consumidor, CODI, Comitê de Distribuição de Energia Elétrica
11. Motor de alto rendimento, Guia Técnico, CEPTEL, ELETROBRAS, PROCEL, Agosto 1998.

12. MARKIV - Controle Energético para Redução de Custos, Manual de Engenharia, Divisão de Utilização de Energia, Agosto 1995, CEMIG
13. Estudo de Otimização Energética, Departamento Comercial de Distribuição, Abril, 1988, CEMIG
14. Estudos de Otimização Energética elaborados pelo CM/CE, Departamento Comercialização e Gerência da Demanda, Agosto 1988, CEMIG
15. Manual de Conservação de Energia Elétrica na Indústria – CODI;
16. Uso Racional de Energia Elétrica em Edificação – ABILUX, São Paulo, 1992;
17. Revista Eletricidade Moderna. Números, 255, 267, 290
18. Creder, H. “Instalações Elétricas”, LTC ed.; 12<sup>a</sup> ed., 1993, Rio de Janeiro;
19. Niskier, J., Macintyre, A.J, “Instalações Elétricas” LTC ed.; 3<sup>a</sup> ed, 1996, Rio de Janeiro;
20. Manual de Iluminação. Philips – 1985 – São Paulo
21. Catálogos de fabricantes: Philips, General Electric, OSRAM;
22. “Estudo de Otimização Energética”, Ed. Júlio Soares – CEMIG;
23. Prospectos diversos publicados pela CEMIG/PROCEL;
24. Silva, L. P. G. “Relatório Técnico de Estágio Supervisionado”- Cefet-MG – 1996
25. Publicação Eletrobrás/PROCEL “Análise da Conta de Energia”, 1992
26. Curso para Treinamento de Eletricistas Instaladores Particulares – Publicação CEMIG/PROCEL - 1989
27. SMITH, J. M. e VAN NESS, H. C. Introdução à Termodinâmica da Engenharia Química. Rio de Janeiro: Guanabara Dois, 1980.
28. ÁLVARES, B. A. e LUZ, A. M. R. Curso de Física. São Paulo: HARBRA Ltda, 1984.
29. VAN WYLEN, G. J., SONNTAG, R. E. e BORGNAKKE, C. Fundamentos da Termodinâmica. São Paulo: Edgard Blücher, 1998.
30. STOECKER, W. F. e JONES, J. W. Refrigeração e Ar Condicionado. São Paulo: Mcgraw-Hill.
31. KREITH, F. Princípios da Transmissão de Calor. São Paulo: Edgard Blücher, 1977.
32. GRANET, I. Termodinâmica e Energia Térmica. Rio de Janeiro: Prentice-Hall do Brasil, 1990.
33. STOECKER, W. F. e JONES, J. W. Refrigeração e ar condicionado. São Paulo: Mcgraw-Hill.
34. CEMIG Manual do Consumidor – 12 – Condicionador de ar
35. Ministério da Saúde. Portaria Ministerial 3.523 de 28 de agosto de 1998
36. ABRVA – “RENABRAVA I: Recomendação Normativa ABRVA para Execução de Serviços de Limpeza e Higienização de Sistemas de Distribuição de Ar Condicionado”. De 07 de maio de 1999.