

EFICIÊNCIA ENERGÉTICA: ESTUDO DE RETROFIT PARA UM EDIFÍCIO COMERCIAL EM FLORIANÓPOLIS

Roberto Lamberts, PhD; Solange Goulart, MSc; Aldomar Pedrini, MSc;
Vilmar Grüttner Silveira, Acad. Eng. Civil; Alessandro Catto, MSc
Núcleo de Pesquisa em Construção - UFSC
Campus Universitário - Cx Postal 479 - Trindade - CEP.: 88040-900 - Florianópolis - SC
Fone: (048) 331 9272 Fax: (048) 331 9770 E-mail: lamberts@ecv.ufsc.br

RESUMO

Com o objetivo de implementar medidas de conservação de energia elétrica em edificações foi desenvolvida uma Metodologia de Avaliação Energética Predial sob a coordenação do PROCEL - Eletrobrás a ser aplicada em 7 cidades brasileiras, denominado Projeto Sete Cidades. O resultado final deste projeto será a aplicação de reformas (*retrofit*) em dois prédios para cada cidade inserida no projeto.

Este trabalho apresenta o estudo de *retrofit* desenvolvido para o prédio sede da Eletrosul, um dos prédios selecionados em Florianópolis, cidade inserida no Projeto. As propostas de *retrofit* com os respectivos percentuais de redução no consumo de energia elétrica são apresentadas,

ABSTRACT

A Building Energy Evaluation Metodology was developed with the aim of saving energy in buildings. The work is coordinated by PROCEL - Eletrobra's and it will be applied in seven brasilian cities. The final results of the project will be a retrofit study applied in two office buildings for each city within this project.

This work shows the retrofit study developed to Eletrosul Main Building, one of the buildings chosen in Florianópolis (this city is inserted within Project).

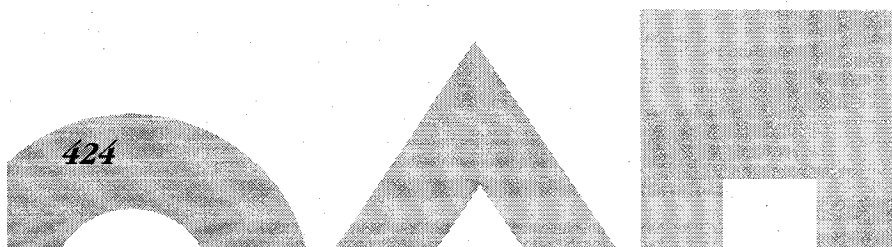
The retrofit purposes and the percentage of reduction in electrical energy consumption are presented.

INTRODUÇÃO

O consumo de energia elétrica em edificações no Brasil representa 42% do consumo total (MME, 1994). O interesse em retrofit de edifícios comerciais tem adquirido interesse nos últimos anos, principalmente devido ao crescente consumo de energia e aos problemas da qualidade do ar interno. Importantes trabalhos têm sido desenvolvidos por arquitetos e engenheiros em retrofit de edifícios comerciais para melhorar seu desempenho energético. Os resultados destes trabalhos mostram que podem ser alcançadas reduções no consumo da ordem de 20 a 30% (SANTAMOURIS, 1995). As edificações bem projetadas, ou seja, energeticamente eficientes, reduzem a necessidade de ampliação da geração de energia elétrica. A ampliação no parque gerador provoca a perda de áreas úteis, impactos ambientais como a perda de reservas florestais e poluição do ar, além de implicar no adiamento dos investimentos em habitação, educação e saúde (GELLER, 1994).

Frente a essa problemática, o PROCEL - Programa de Conservação de Energia Elétrica - que tem como objetivo principal incentivar a aplicação de medidas necessárias ao combate do desperdício de energia elétrica, coordena um trabalho denominado "Projeto Sete cidades". O Projeto consiste na aplicação de uma Metodologia de Avaliação Energética Predial em sete cidades brasileiras, cujo resultado final será a aplicação de reformas (*retrofit*) em dois prédios para cada cidade inserida no projeto. O *Retrofit* consiste no estudo de otimização energética do prédio e na implementação das medidas de conservação por ele determinada. A escolha dos prédios obedece a várias etapas de seleção, definindo-se os de maior potencial de redução no consumo de energia elétrica.

Em Florianópolis, o projeto está sendo executado pelo Núcleo de Pesquisa em Construção (NPC - Departamento de Engenharia Civil) da UFSC. Um dos prédios selecionados para o estudo de *retrofit* é a sede da Eletrosul, por apresentar um grande potencial de redução no consumo de energia e por representar um referencial urbano na cidade.



PRÉDIO SEDE DA ELETROSUL – DESCRIÇÃO DA SITUAÇÃO ATUAL

Características arquitetônicas

O edifício da Eletrosul foi construído em 1978 e possui formato regular (quadrado) com cinco pavimentos, sendo dois no subsolo. As fachadas são quase totalmente envidraçadas com sombreamento externo proporcionado por brises horizontais móveis (figura 1). Sua fachada frontal tem orientação de 118° em relação ao norte verdadeiro. A cobertura é confeccionada com laje nervurada (tipo grelha) impermeabilizada. Sob a laje existe um forro de alumínio. A área total edificada corresponde a 29.963 m².

O horário de funcionamento do prédio é das 7h 30min às 18h 30min.



Figura 1 . Fachada norte

O vão central do prédio possui 900 m² de área e 10,4 m de altura (figura 2). Sua cobertura possui domos de acrílico, para aproveitamento da luz natural, fixados em um treliça espacial de alumínio (figura 3). No vazio entre o teto e os domos existem dois exaustores que funcionam permanentemente para reduzir a carga térmica oriunda da radiação.



Figura 2. Vão central com iluminação natural



Figura 3. Detalhe do conjunto do domos

Sistema de Iluminação Artificial

A iluminação é realizada por lâmpadas fluorescentes comuns de 40 W totalizando aproximadamente 476,5 kW de potência instalada. As luminárias são confeccionadas em alumínio, na cor cinza e possuem formato trapezoidal. Cada luminária possui uma lâmpada. Os reatores utilizados são eletromagnéticos, atendendo duas lâmpadas cada.

A distribuição das lâmpadas é a mesma nos escritórios (figura 4), e nas demais áreas como os corredores e o vão central.

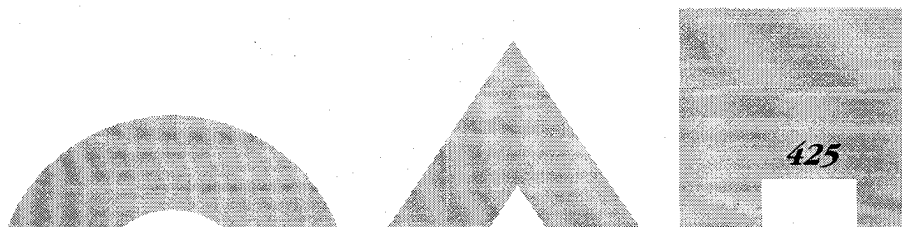




Figura 4. Escritórios

Em alguns espaços, as luminárias são em acrílico leitoso e recebem a contribuição de iluminação natural proveniente dos domos acrílicos existentes na cobertura. A densidade total de iluminação corresponde a $16,32 \text{ W/m}^2$ enquanto que a densidade de iluminação nas áreas de escritório corresponde a $22,82 \text{ W/m}^2$.

SISTEMA DE AR CONDICIONADO

A potência total instalada de ar condicionado do prédio é igual a 940 TR, sendo a área climatizada correspondente a 19.957 m^2 . Existem três resfriadores para atendimento do edifício:

- Um *chiller* alternativo, marca Starco, de 100 TR, atendendo somente a área de CPD em horário de ponta (das 17h 30 min às 7h 30 min).
- Duas centrífugas, marca Coldex/Trane, de 420 TR cada, atendendo todo o prédio no horário comercial (das 7h 30 min às 17h 30 min), inclusive o CPD. Ambas são de condensação a água.

Segundo os fabricantes dos equipamentos, a centrífuga deveria consumir $0,8 \text{ kW / TR}$, enquanto o *chiller* $1,10 \text{ kW / TR}$.

Tais equipamentos não apresentam nenhum sistema de automação integrado aos mesmos, sendo o controle realizado apenas com base na temperatura da água gelada e na experiência do operador.

Durante as medições percebeu-se que o sistema nunca operou em plena carga, confirmando os dados obtidos numericamente que indicaram um superdimensionamento nos equipamentos. Percebeu-se, também, que as eficiências dos equipamentos estavam muito distantes dos seus valores nominais. Tal fato pode ser creditado à idade dos equipamentos e a qualidade da manutenção prestada nos mesmos.

O retorno de ar para o sistema de ar condicionado realiza-se através de perfurações contidas nas placas das luminárias, e o insuflamento, por grelhas localizadas entre os módulos das luminárias.

As manutenções preventivas são realizadas no intervalo de 6 em 6 meses.

Foi realizada recarga de gás nos últimos dois anos, entretanto um dos resfriadores do tipo centrífuga apresentou diminuição da sua eficiência desde meados de 1996 devido a vazamento de gás refrigerante, culminando com a sua desativação temporária em março de 1997.

O sistema secundário de condicionamento de ar (rede de dutos) passou por modificações desde sua instalação para atender as alterações do *layout* interno. Houve desativação de grelhas de insuflamento e obstrução de outras através de defletores na saída do ar, conseqüentemente o sistema apresenta as vazões de ar diferentes do projetado.

ESTUDO DE RETROFIT

Para o estudo de retrofit foi utilizado o *software* DOE 2.1E, para SUN *workstation*, desenvolvido pelo Lawrence Berkeley Laboratory (USA). O programa realiza a simulação energética de edifícios, utilizando como dados de entrada o clima, o regime de utilização do prédio, os dados construtivos, equipamentos, sistema de iluminação e ar condicionado e tarifas. Depois de calibrado o modelo, implementa-se modificações, analisando-se aquelas medidas que irão proporcionar diminuição significativa no consumo de energia com um tempo viável de retorno do investimento.

A simulação de edificações no programa DOE 2.1E necessita de um modelo com as características do objeto em estudo. Basicamente os dados que foram necessários para a construção do modelo compreendem os seguintes itens (PEDRINI, 1997):

- Caracterização da edificação - descreve a forma geométrica da edificação, os seus elementos construtivos e as conexões dos ambientes, isto é, como os ambientes interagem com outros a ele coligados e com o exterior. Estes dados são coletados através das plantas arquitetônicas e visitas realizadas no prédio. São necessários também, dados de rotinas oficiais de ocupação, horários de acionamento e desligamento da iluminação artificial e equipamentos e características do sistema de climatização artificial (ar condicionado, ventilação e aquecimento).

- Monitoramento de consumo de energia por uso final (iluminação, equipamentos e ar condicionado) - é realizado preferencialmente através de medição direta nos ramais da rede elétrica interna, junto aos ambientes.
- Histórico de contas de energia - apresenta dados do consumo de energia mensal do ano simulado. Estes dados são usados para calibrar o modelo, evidenciar a regularidade do uso da edificação e para validar o período analisado como representativo.
- Memória de massa - os dados de memória de massa refletem os perfis de consumo de energia do prédio. São importantes para as primeiras estimativas de padrões de uso de equipamentos, iluminação e ar condicionado. Estes dados são auxiliados por informações coletadas em campo, como o horário de acionamento e desligamento de cada carga.
- Dados complementares - são informações como plantas arquitetônicas (planta baixa e cortes), projeto de ar condicionado, diagrama unifilar e catálogos de equipamentos.

O arquivo climático necessário como dado de entrada pelo DOE 2.1E corresponde a um ano de dados climáticos horários. Foram utilizados dois arquivos climáticos: na etapa da calibração do modelo utilizou-se os dados de clima do último ano correspondente a conta de energia elétrica disponível do prédio (coletados no LABSOLAR – UFSC); para simulação das propostas de *retrofit* utilizou-se o TRY (*Test Reference Year*) de Florianópolis (GOULART, 1993), que corresponde a um ano representativo de um período de dez anos de dados climáticos horários.

PROPOSTAS DE RETROFIT

Sistema de Iluminação Artificial

CELI et al (1996), analisam as características principais no setor de iluminação artificial na Itália e discutem a eficiência em equipamentos de iluminação, considerando os aspectos técnicos e energéticos. Segundo eles, pesquisas tem mostrado que as tecnologias para conservação de energia estão presentes no mercado de iluminação e podem ser alcançadas economias significativas adotando-se medidas adequadas de racionalização, sendo que as principais podem ser resumidas no que segue:

- Troca de fontes de luz de baixa eficiência por lâmpadas com mais alta eficiência;
- Troca das luminárias por outras de maior eficiência (reflexivas, por exemplo), com conseqüente diminuição na potência instalada e números de lâmpadas;
- Uso de reatores eletrônicos e sistemas de baixas perdas;
- Atenção na posição da luminária, levando em conta a distribuição da luz e aspectos de ofuscamentos;
- Exploração da luz natural, alcançada pelo uso de sistemas de controle de iluminação;
- Adoção de sistemas de acionamento e desligamento automáticos.

Para o prédio da Eletrosul as mudanças propostas no sistema de iluminação foram as seguintes:

- Pintura branca no forro;
- Substituição dos reatores eletromagnéticos por reatores eletrônicos (de maior eficiência);
- Substituição por lâmpadas de 32 W nas áreas de escritórios e nas áreas de circulação por lâmpadas de 16 W. As lâmpadas de 40 W substituídas seriam guardadas para reposição, quando necessário, em áreas do subsolo como o almoxarifado;
- Mudança no *layout* da distribuição da iluminação pela desativação alternada de algumas lâmpadas e pela utilização de refletores em alumínio nas luminárias.

Com estas medidas, foi realizada a simulação do modelo, chegando-se a uma redução no consumo de energia de aproximadamente 17,5 %.

Para a reforma no sistema de iluminação artificial é necessário um investimento em torno de R\$ 200.000,00, porém a redução no custo do consumo chegaria a valores de R\$ 120.000,00 / ano.

O valor atual da conta de energia elétrica do prédio é de aproximadamente R\$ 470.000 / ano. Somente com o retrofit em iluminação chegaria-se a uma redução de aproximadamente 25% no valor da conta de energia elétrica por ano.

Sistema de Ar Condicionado

Segundo FELAMINGO (1996), o ar condicionado é responsável pelo consumo de aproximadamente 45% do total de energia elétrica de um edifício de escritórios. Portanto a redução da demanda e consumo, bem como o deslocamento da carga elétrica do horário de ponta, trazem economia mensal e de investimento inicial, se o sistema de ar condicionado foi concebido com essa preocupação. Algumas das principais medidas para conservar energia no sistema de ar condicionado são listadas a seguir:

- Seleção de equipamentos de baixo consumo (kW/TR) e uso de compressores de maior rendimento;

- Variação da vazão de água através do uso de variadores de frequência nas bombas;
- Variação da vazão de ar;
- Controle de entalpia;
- Termoacumulação: uso combinado do deslocamento de carga com redução de demanda.

Para o sistema de ar condicionado da Eletrosul foram propostas duas medidas principais para reduzir o consumo, sendo que a opção por uma delas é decisão do proprietário do prédio:

- Melhoramento na eficiência do sistema através do controle do acionamento e desligamento dos resfriadores de líquido;
- Substituição dos resfriadores de líquido por resfriadores de maior eficiência.

A redução no consumo de energia da primeira alternativa, juntamente com a reforma no sistema de iluminação descrita acima, gira em torno de 26%. O investimento total (melhoramento da eficiência do A.C. e iluminação) é igual a R\$ 550.000,00, sendo que a redução no custo do consumo com estas medidas chegaria em torno de R\$ 200.000,00 / ano. Isto equivaleria a uma redução no valor da conta de energia elétrica de aproximadamente 42% por ano.

Com a substituição dos resfriadores de líquido e a reforma no sistema de iluminação chegou-se a uma redução no consumo de energia em torno de 28%. Neste caso, o investimento gira em torno de R\$ 700.000,00 (troca dos resfriadores e iluminação), e a redução no custo do consumo ficaria em torno de R\$ 260.000,00 / ano. Neste caso, a economia anual chegaria a 55% do valor gasto atualmente com energia elétrica. Além disso, os equipamentos novos possuem uma vida útil de 25 anos, reduzindo os custos com manutenção.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conforme já comentado, existe uma tendência ao crescimento do consumo de energia elétrica em edificações. Este crescimento acontece devido ao aumento no número de edificações e pela maior quantidade de equipamentos utilizados nas residências e escritórios (informatização, eletrodomésticos).

Esta realidade motivou estudos para melhorar o desempenho energético de edifícios, fazendo com que, através da implantação de reformas, se atingisse a redução no consumo de energia elétrica.

O estudo de *retrofit* realizado no prédio sede da Eletrosul em Florianópolis mostrou que podem ser alcançadas reduções no consumo de energia de até 28% com alterações no sistema de iluminação e troca dos resfriadores por equipamentos de maior eficiência. Embora exija um grande investimento inicial, esta medida reduziria o gasto atual por ano com o consumo de energia elétrica pela metade e o tempo de retorno do investimento ficaria em 2,5 anos aproximadamente.

O PROCEL, através do Projeto Sete Cidades, espera que as edificações otimizadas se transformem em exemplos da implementação da tecnologia para conservação de energia elétrica a serem seguidos pela sociedade.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Celi, O.; Previ, A.; Priolo, C. (1996). *ENEL S.p.a. - Contribution to the achievement of energy efficient lighting in the residential and commercial areas*. Workshop – Eficiência Energética em Edifícios, CEPEL – Centro de Pesquisas de Energia Elétrica, Rio de Janeiro, RJ.
- Felamingo, J. C. (1996). *Eficiência energética em condicionamento de ar*. Workshop – Eficiência Energética em Edifícios, CEPEL – Centro de Pesquisas de Energia Elétrica, Rio de Janeiro, RJ.
- Geller, H. (1994). *O uso eficiente da eletricidade – uma estratégia de desenvolvimento para o Brasil*. INEE, ACEEE, Rio de Janeiro, RJ.
- Goulart, S. V. G. (1993). *Dados climáticos para avaliação de desempenho térmico de edificações em Florianópolis*. Dissertação de mestrado em engenharia civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC.
- MME, (1994). *Balço energético nacional*. Ministério de Minas e Energia.
- Pedrini, A. (1997). *Desenvolvimento de metodologia para calibração do programa DOE 2.1E*. Dissertação de mestrado em engenharia civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC.
- Santamouris, M. (1995). *Energy retrofitting of office buildings*. Vol. I: energy efficiency and retrofit measures for offices. Series: Energy conservation in buildings. Editors: M. Santamouris – D. Asimakopoulos. University of Athens, Athens.