

Indústria da Construção Civil e Eficiência energética

Marta Garcia Baltar, José Wagner Maciel Kaehler e Luís Alberto Pereira

PPGEE - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica

Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul

Avenida Ipiranga, 6681 – Prédio 30 – Porto Alegre – RS – Brasil

telefone: (051) 3320 3540; e-mail: martagb@gmail.com, kaehlerj@pucrs.br, lpereira@ee.pucrs.br

Resumo — O artigo apresenta uma discussão sobre o tema do combate ao desperdício de energia elétrica e de seu uso racional como um requisito de projeto de edificações. Analisando as práticas e padrões atuais de construção constata-se que os requisitos de conforto térmico não são observados. Este fato tem repercussão no consumo de energia elétrica da indústria da construção civil, uma vez que os usuários das edificações são levados a utilizar equipamentos elétricos a fim de estabelecer um conforto ambiental aceitável.

1. Introdução

A estrutura do setor elétrico existente no Brasil nas últimas décadas foi marcada por uma forte influência governamental e pela aplicação de tarifas reduzidas em relação ao mercado internacional. Como consequência, havia pouco interesse em medidas de redução de consumo ou no aumento da eficiência de processos até alguns anos atrás. Desta forma, resultado pode-se constatar que ainda hoje não existe preocupação com os quesitos de conforto térmico na indústria da construção civil brasileira. Por outro lado, devido a alterações recentes na estrutura do setor elétrico, existe atualmente uma preocupação muito grande com a redução do consumo e uso racional da energia elétrica, tanto da parte da iniciativa privada como de órgãos governamentais. Desta forma, é crescente o número de programas e projetos implantados visando estabelecer uma nova conscientização, bem como adotando medidas práticas, para o uso eficiente da energia elétrica. Programas com estas características também podem ser implantados na construção civil visando reduzir o consumo de energia e, além disso, assegurar o condicionamento térmico das edificações, tanto no inverno como no verão. Conforto térmico em edificações pode ser definido como o estado de espírito que reflete a satisfação com o ambiente térmico que envolve uma pessoa [1].

A prática atual entre os projetistas e construtores tem sido pautada pela desconsideração dos recursos que a natureza coloca à disposição. Tais recursos podem ser usados e são capazes de colaborar de forma eficaz para proporcionar o máximo de conforto térmico ambiental. Dentre estes recursos salientam-se: a proteção adequada contra a insolação no verão; o amortecimento das variações de temperatura por meio de materiais de grande inércia térmica; a ventilação com ar tomado em

microclimas favoráveis; o aproveitamento da insolação no inverno e o isolamento racional de superfícies externas para proteger os ambientes habitados contra trocas indesejáveis de calor e condensação. A consideração destes recursos naturais, desde a elaboração do projeto arquitetônico permite, na maior parte do Brasil, construir edificações com condicionamento térmico aceitável aliado a um mínimo consumo de energia.

Grande parte das construções atuais, por não levarem em consideração os recursos naturais disponíveis, são construídas em concreto, sem proteção contra insolação, sem inércia térmica (uso de materiais leves), desprezando importantes recursos naturais como, terra e vegetação entre tantos outros. Esta prática nem sempre proporciona um mínimo de conforto para os usuários, além de acarretar um consumo de energia maior do que o necessário.

O artigo divide-se em cinco partes, na primeira parte são apresentados os aspectos fundamentais do conforto térmico bem como a sua relação com a matriz energética brasileira. Na segunda parte são apresentados aspectos sobre o consumo de energia na indústria da construção civil. Na terceira parte é abordado o conforto térmico como requisito de eficiência energética. Na quarta parte são apresentadas alternativas para a redução do consumo de energia em edificações e, finalmente, na quinta parte apresenta-se a conclusão.

2. Conforto Térmico e o Consumo de Energia no Brasil

A importância do consumo de energia elétrica relacionado ao conforto térmico pode ser melhor avaliado considerando-se distribuição do consumo de energia e a matriz energética brasileira, mostrados na Fig. 1. Observa-se que existe uma evolução do consumo relacionado aos setores residencial, comercial e público nos últimos anos. Desta forma, existe um impacto acentuado da demanda associada ao conforto térmico sobre a demanda de energia nas edificações destes setores.

A energia elétrica no setor de edificações residencial, comercial e público é utilizada desde o processo de fabricação dos materiais até a fase final de construção, sendo também utilizada em função da ocupação e operação das edificações, como elevadores, bombas, equipamentos de automação, e de forma mais intensiva

em sistemas de iluminação e condicionamento térmico ambiental.

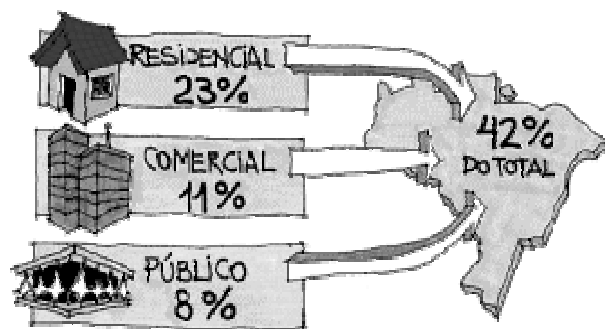


Fig.1. Consumo de energia elétrica em edificações por setor [2]

As edificações dos setores residencial, público e comercial, consomem 42% do total de energia elétrica gerada no Brasil, sendo o sistema de condicionamento térmico ambiental responsável por 59% do consumo de energia elétrica no setor residencial e 48% nos setores público e comercial, conforme as Figuras 2 e 3 apresentadas abaixo.

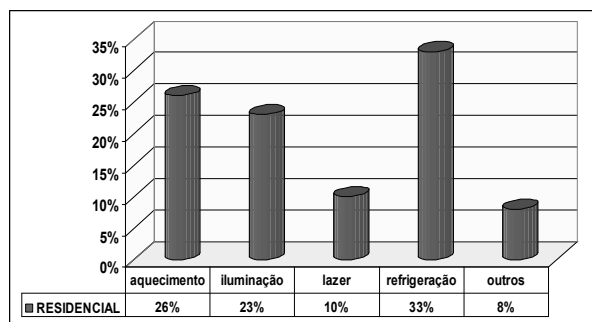


Fig.2. Usos finais no setor residencial

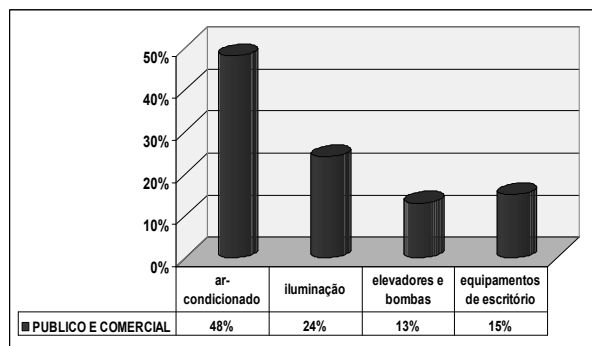


Fig.3. Usos finais nos setores público e comercial

De acordo com os dados citados em [3] o potencial de redução do consumo em edificações pode ser resumido da seguinte forma:

- 20 a 30% da energia elétrica consumida seria suficiente para o funcionamento das edificações;
- 30 a 50% da energia elétrica consumida é desperdiçada devido a fatores como: falta de controles adequados da instalação; falta de manutenção e também por mau uso;
- 25 a 45% da energia elétrica é consumido indevidamente devido a má orientação da edificação e

principalmente pelo projeto inadequado de suas fachadas.

Pelos dados anteriores, pode-se verificar que existe um grande potencial de economia de energia relacionado com o uso da energia para fins de conforto térmico.

3. Eficiência Energética na Indústria da Construção Civil

A conservação de energia e o uso responsável das fontes energéticas foram as alternativas encontradas por muitos países para vencer a crise do petróleo na década de 70. Esta crise deixou as fontes disponíveis na época com custos mais elevados e com períodos longos para implantação. Como consequência, o uso racional de energia passou a ser uma opção vantajosa, devido ao fato de que reduzindo o consumo de energia elétrica não haveria necessidade de realizar novas instalações de fontes de energia [4]. O avanço tecnológico passou a oferecer equipamentos mais eficientes e o conceito de eficiência energética passou a vigorar no cotidiano das empresas. De acordo com [5] o conceito de eficiência energética está estreitamente vinculado ao serviço energético produzido e se refere à cadeia energética como um todo, isto é, desde a extração (ex. extração de petróleo) ou transformação (ex. geração hídrica) até o uso final (ex. ar condicionado).

A eficiência energética na indústria da construção civil deveria ser considerada desde a fase de planejamento até a fase construtiva. Todavia, o baixo custo da energia elétrica no Brasil, aliado à crença de que as fontes energéticas são inesgotáveis, os projetistas e construtores realizam uma arquitetura universalista, baseada em instalações elétricas e eletromecânicas, acarretando num consumo elevado de energia nas edificações.

Na indústria da construção civil o consumo de energia elétrica é necessário para atender os requisitos de conforto dos usuários, tanto térmico quanto luminoso, e também em equipamentos de circulação (ex. elevadores, escadas rolantes), comunicação (ex. máquinas), entre outros. A eficiência energética está relacionada a estes aspectos de consumo, sendo que no requisito de conforto a avaliação da eficiência energética relaciona-se com aspectos culturais e de hábitos, juntamente com considerações de ordem fisiológica, sendo estes responsáveis pela concepção do projeto arquitetônico.

Conforme o PROCEL [6], com um bom planejamento, é possível construir um edifício que demande 45% menos energia que outro com as mesmas características. Para tanto, é necessário adequar os recintos habitáveis às condições climáticas locais, usando materiais e técnicas apropriadas, tendo em vista o uso racional de energia. Existem também estudos aplicados à demanda final de energia por setor econômico, que incorporam modelos de revisão do potencial de economia de energia, quando considerada a eficiência energética dos equipamentos mais modernos. Para o setor comercial, por exemplo, estes estudos mostram ser possível diminuir a demanda de energia em até 50%, com projetos de edifícios energeticamente eficientes [7].

4. Medidas para Aumento da Eficiência Energética e Conforto Ambiental

A eficiência energética do sistema de condicionamento ambiental encontra-se diretamente relacionada às características das edificações, clima, uso e tipo de ar condicionado. Através da interação destas características é possível determinar o desempenho energético e o conforto térmico das edificações. Além disso, o desempenho energético está ligado às trocas de calor de uma edificação com o meio ambiente, que variam de acordo com a temperatura ambiente, velocidade dos ventos, radiação solar e umidade relativa do local que se encontra inserida a construção, além das condições de ocupação e de operação da edificação. A eficiência energética está diretamente relacionada com as questões ambientais, tendo em vista que a energia é obtida a partir do meio-ambiente e, após ser transformada e utilizada, é rejeitada em sua totalidade de volta ao meio ambiente sob diferentes formas de rejeitos [5].

Atualmente, devido a globalização da economia, o gerenciamento energético tem recebido atenção, principalmente nos requisitos de eficiência e competitividade. Assim, faz-se necessário a adoção de medidas que proporcionam a racionalização no uso de energia, eliminando desperdícios. Desta forma a racionalização energética na indústria da construção civil passou-se a ser prioritária. Isto exige uma revisão dos padrões vigentes, sobretudo nos grandes centros urbanos, onde a concentração de edificações resulta numa demanda de energia bastante elevada.

Um dos maiores responsáveis pelo consumo elevado de energia elétrica é o sistema de condicionamento térmico ambiental, devido a este fato, os projetos arquitetônicos devem englobar desde o princípio o processo de aquecimento e resfriamento ambiental que tem como finalidade atender o conforto humano nos ambientes habitados.

Para que seja realizado o processo de aquecimento ambiental podem ser utilizadas duas alternativas: o aquecimento por meios artificiais e o aquecimento por meios naturais. Na primeira alternativa, o aquecimento é baseado na energia elétrica ou combustível fósseis, devido ao uso de equipamentos e instalações específicas (ex. aquecedores, caldeiras, entre outros). Na segunda alternativa, o aquecimento é fornecido através do calor gerado pelo sol, podendo ser utilizado como forma de melhorar as condições de conforto quando a temperatura de um determinado ambiente estiver entre 10,5°C e 20°C.

Quando a temperatura ficar entre 14°C e 20°C o aquecimento pode ser obtido através do aquecimento solar passivo com isolamento térmico, que ocorre quando se utilizam os ganhos de calor interno (ex. pessoas, aparelhos elétricos, entre outros) evitando a perda de calor da edificação para o exterior, através de isolamento térmico ou pelo o uso de massa térmica com aquecimento solar passivo. Neste caso, o calor solar fica armazenado nas paredes das edificações e é devolvido para o interior do ambiente nas horas mais frias, quase sempre no período noturno. Quando a temperatura ficar entre 10,5°C e 14°C o uso do aquecimento solar passivo

é indicado, porém o isolamento deve ser mais intenso, pois quanto mais baixas as temperaturas, maiores serão as perdas de calor [2].

A utilização do aquecimento por meios naturais deve ser utilizada em projetos de edificações para racionalizar o uso de energia elétrica. Dentre as estratégias de projeto que podem ser utilizadas destacam-se as seguintes:

a) amplas aberturas com vidro, posicionando-as de maneira que as maiores permitam a entrada do sol no inverno, e se existirem aberturas no sul devem ser pequenas, no caso do Hemisfério Sul.

b) uso de vidros de múltiplas camadas, os quais permitem isolamento entre as placas (geralmente ar ou algum tipo de gás) e a entrada do calor solar, evitando as perdas de calor do interior.

c) uso de cores escuras nas superfícies exteriores. Estas fazem com que os ganhos de calor solar sejam maiores, pois absorvem maior quantidade de radiação. No interior deve-se optar por cores claras, pois refletem mais luz.

d) uso de paredes tipo *Trombe* (parede de acumulação). Consiste em criar uma convecção induzida pelo aquecimento do ar no espaço entre o vidro e a parede. Para que isto ocorra devem ser utilizadas paredes com elevada massa térmica nas orientações mais expostas a insolação. Isto faz com que calor do sol acumulado nas paredes seja devolvido ao ambiente por radiação de ondas longas e convecção. O vidro evita que a parede perca calor por convecção e por radiação para o exterior (Fig. 4).

e) jardins de inverno, que captam a radiação solar e distribuem indiretamente aos ambientes internos (Fig 4).



Fig.4. Estratégias de ganho solar indireto [2]

f) calefação por meio de água quente. Este método é realizado usando coletores solares, preferencialmente na cobertura, orientados nas regiões com mais insolação com uma inclinação de 40° em relação a horizontal e usando um reservatório de acumulação que deve ser colocado no subsolo. Em Porto Alegre, Brasil, Hemisfério Sul, por exemplo, a máxima captação de energia durante o inverno ocorre para a latitude mais 10°.

As estratégias de projeto apresentadas anteriormente são indicadas quando a preocupação é exclusivamente aquecer os ambientes, isto é, quando não existe preocupação com a variação de temperatura entre os períodos frios e quentes. Quando este tipo de

preocupação existe, podem ser utilizadas estratégias alternativas, dentre os quais:

a) varandas fechadas com vidros, as quais podem ser totalmente abertas em dias com temperaturas elevadas, dias de verão. Para isto, as paredes e o telhado devem ser orientados com seu eixo longitudinal no sentido leste – oeste, para que o plano do telhado fique voltado para o norte.

b) coberturas com inclinações acentuadas, orientadas adequadamente, para o norte. Isto faz com que diminua a insolação da cobertura no verão. Os raios solares atingem a cobertura de forma tangencial (projeção da área menor) e de forma perpendicular no inverno (projeção da área maior), no caso do Hemisfério Sul.

c) ambientes amplos devem ser compartimentados na estação fria (inverno). O melhor é que estes sejam flexíveis, isto é, na estação quente (verão) possam ser abertos e na estação fria fechados.

d) aberturas zenitais (domus e/ou clarabóias), fixas ou controláveis, de modo que à noite sejam fechadas. Com estes elementos transparentes pode-se gerar o efeito estufa quando necessário, para aquecer os ambientes internos. Para resfriar os ambientes, as aberturas devem ser abertas para que seja retirado o ar quente, que tende a se acumular nas partes mais elevadas do interior das edificações.

e) aberturas que possibilitem a ventilação cruzada, utilizando o fato de a circulação do ar no interior das edificações durante o verão resfria os ambientes naturalmente. Quando necessário, o controle da radiação solar das aberturas este pode ser feito através de proteção solar (*brises* de sombreamento fixos ou móveis, Fig. 5).

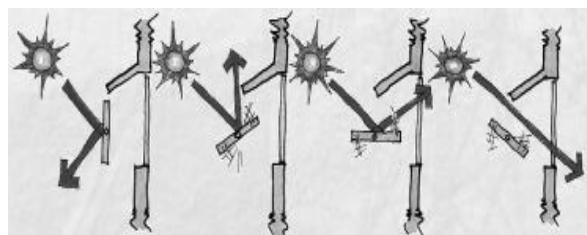


Fig.5. Tipos de *brises* de sombreamento móveis [2]

g) janelas preferencialmente com bandeiras basculantes, as quais permitem a ventilação seletiva necessária para higiene do ar interno.

h) telhado verde, isto é, ao invés de usar um telhado convencional de telhas ou somente laje, pode-se usar superfícies gramadas, que quando expostas aos efeitos dos raios solares retardam o aquecimento e resfriamento do telhado e, conseqüentemente, do interior da edificação. As plantas quando expostas ao sol consomem uma parte do calor recebido para realizar a fotossíntese, e outra parte é absorvida para evaporar água, criando um microclima ameno nos espaços interiores das edificações (Fig. 6). Este tipo de telhado possui os seguintes aspectos:

* *ecológico* - proporciona continuidade ao ecossistema, retém a água da chuva em seu substrato. Além disso, impede que os poluentes da chuva se incorporem ao pluvial através da ação filtrante dos substratos e raízes,

agindo como um filtro, retendo as impurezas do ar, tornando-o mais respirável (Fig. 7).

* *econômico* - diminui gastos com energia utilizada para aquecimento e resfriamento dos ambientes, possuindo grande durabilidade e isolamento acústico superior ao obtido por métodos convencionais;

* *estético* - obtenção de um visual paisagístico em um espaço antes inutilizável, integração da edificação na paisagem;

* *psicológico* - como o ser humano reage positivamente a espaços naturais verdes, opondo-se a aridez do concreto e do asfalto, há uma melhoria da sensação de bem-estar.

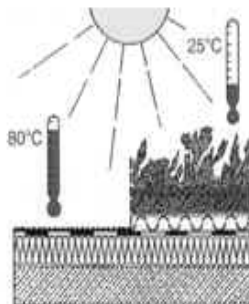


Fig.6. Diferença de temperatura [8]

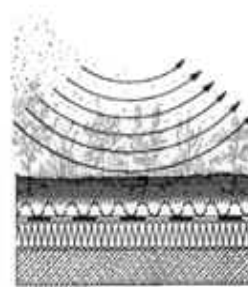


Fig.7. Retenção de impurezas [8]

i) vegetação externa caducifólia, como por exemplo, a Parreira. A vegetação permite a incidência de sol, aproveitando assim o calor solar e, no verão, a temperatura da parede pode ser reduzida por evapotranspiração do vegetal e pelo sombreamento da radiação solar.

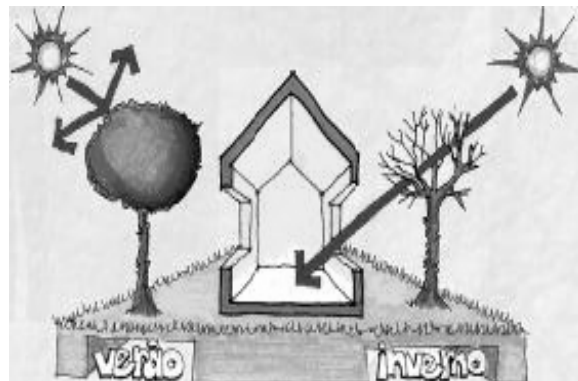


Fig.5. Proteção solar de árvores com vegetação caducifólia [2]

j) materiais construtivos com ótimo nível de isolamento térmico para manter a temperatura armazenada, tanto o calor quanto o frio.

Um fato que não pode ser esquecido é que em locais muito frios, com temperatura inferior a 10,5°, o aquecimento solar passivo por meios naturais pode não ser suficiente para o conforto. Neste caso o uso do aquecimento artificial é adequado. O aconselhado é o uso dos dois sistemas (natural e artificial) para que o consumo energético seja menor para o condicionamento térmico desejado.

5. Estratégias Adicionais de Eficiência Energética

Além das estratégias de projeto apresentadas, a indústria da construção civil deveria se preocupar com outros princípios de eficiência energética, dentre eles, o uso da iluminação natural e o aquecimento de água por meio de energia solar.

O uso da luz natural em edificações durante o dia substitui a luz artificial e contribui com a redução do consumo de energia elétrica, além de melhorar o conforto visual e o bem-estar dos ocupantes. As aberturas para o uso da luz solar possibilitam que os ocupantes obtenham contato visual com o mundo exterior, permitindo o relaxamento do sistema visual pela mudança das distâncias focais. A presença da luz natural pode garantir uma sensação de bem-estar e um maior relacionamento com o ambiente. A iluminação natural pode ser realizada de diversas maneiras conforme apresentado na Fig. 8.

O sistema de iluminação natural, além de proporcionar o contato visual com o interior, contribui também com o sistema de ventilação e ganho de calor solar das edificações.

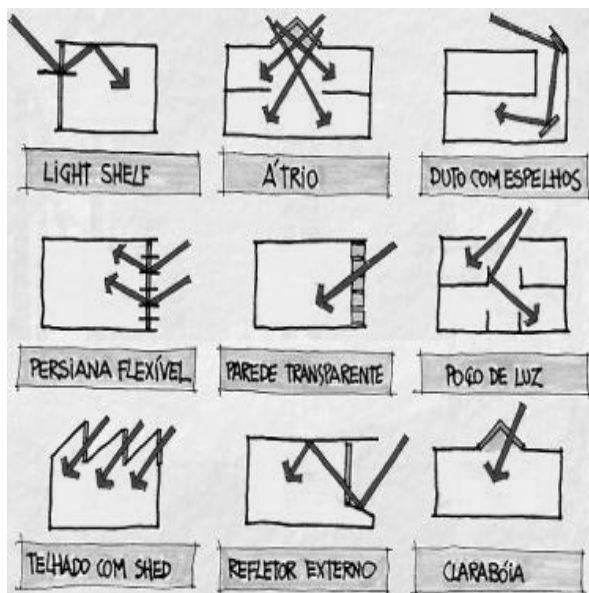


Fig.8. Sistemas de iluminação natural [2]

O consumo de energia elétrica nas edificações diminuiu em média 35% com o uso do sistema de aquecimento de água através da energia solar. A economia deste sistema proporciona que o investimento possa ser recuperado em um curto prazo de tempo, em média de seis meses a dois anos considerando a realidade brasileira. O aquecimento de água por energia solar é realizado por um equipamento composto por placas coletoras e um reservatório térmico (boiler). As placas coletoras são responsáveis pela absorção da radiação solar, transferindo o calor para a água que circula em tubulações de cobre no interior do equipamento. Aquecida, a água vai para o reservatório térmico até que seja consumida (Fig.9). Quando a insolação é insuficiente para aquecer a água ou o consumo de água

quente for superior à capacidade do boiler, um método auxiliar de aquecimento (elétrico) entra em ação.

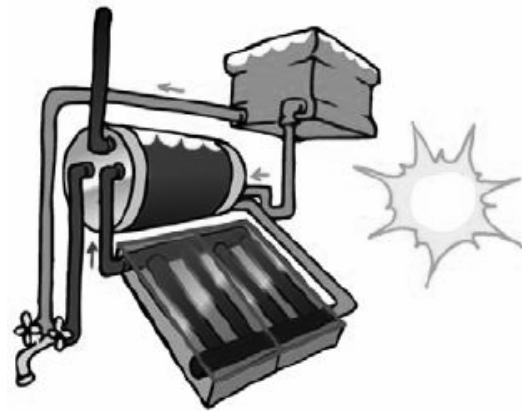


Fig.9. Esquema do aquecimento da água [9]

6. Conclusão

Considerando o custo da energia elétrica e a sua importância estratégica, todos os setores que utilizam energia de forma excessiva deveriam adotar medidas para seu uso racional. Estudos mostram que o setor da construção civil utiliza a energia elétrica de forma muito pouco eficiente, existindo um potencial elevado para a sua redução. Um dos motivos da indústria da construção civil demandar excessivamente energia elétrica refere-se ao fato de não atender as condições de conforto térmico nas edificações. Esta situação pode ser amenizada através de soluções construtivas e do uso de materiais alternativos nas edificações. Além disso, a adoção de normas relativas a aspectos do desempenho energético em edificações poderia contribuir sensivelmente para a redução de consumo. Medidas de redução de consumo e aproveitamento racional dos recursos naturais ficam atualmente sob a responsabilidade dos projetistas, que pela indiferença ou até mesmo pelo desconhecimento de recursos naturais não projetam edificações energeticamente eficientes.

As soluções construtivas e os materiais utilizados na indústria da construção civil são responsáveis diretos pelo consumo de energia das edificações. Desta forma a utilização correta dos recursos naturais possibilita a minimização dos gastos energéticos com sistemas de climatização, conforme mostrado neste artigo. Assim sendo, é de interesse para a indústria da construção a discussão do uso de alternativas que utilizem recursos naturais desde a concepção dos projetos até a construção. A adoção de programas de eficiência em edificações pode enquadrar as obras dentro de padrões ambientalmente favoráveis agregando valores aos produtos oferecidos para a sociedade.

Referências

- [1] TOLEDO, L. M. A., *Diagnóstico Energético: Arquitetura e Eficiência Energética*. GEPEA (Grupo de Energia do Departamento de Engenharia de Energia e Automação Elétricas da Escola Politécnica da USP), São Paulo, 22p.

- [2] LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F. O. R., *Eficiência Energética na Arquitetura*. PW Editores, São Paulo, 1997, 188 p.
- [3] MASCARÓ, J. L.; MASCARÓ, L. E. R., *Incidência das variáveis projetivas e de construção no consumo energético dos edifícios*, 2ª edição, Sagra-DC Luzzatto, Porto Alegre, 1992.
- [4] BALESTIERE, J. A. P., *Cogeração: geração combinada de eletricidade e calor*. Editora da UFSC, Florianópolis, 2002, 206p.
- [5] KAEHLER, J. W. M., *Un outil d'Aide à la Décision et de Gestion des Actions pour la Maîtrise de la Demande d'Énergie - de la Conception au Développement*, Tese de Doutorado - Ecole Nationale Supérieure des Mines, Paris, 1993, 257p.
- [6] PROCEL - *Programa Nacional de Conservação de Energia: Manual de Conservação de Energia Elétrica – Prédios Públicos e Comerciais*. Eletrobrás, 1994, 18 p.
- [7] BEN - *Balanço Energético Nacional*, Departamento Nacional de Política Energética, Ministério das Minas e Energia, Governo Federal, Brasília, Brasil.
- [8] [http:// www.munlv.nrw.de](http://www.munlv.nrw.de) acessada em 27/07/2005.
- [9] <http://www.procobre.org/br> acessado em 27/07/2005.
- [10] ABNT - Projeto 02:135.02-001 - *Iluminação Natural - Parte 1: Conceitos básicos e definições*.
- [11] ANDRADE, S. F., *Estudo de Estratégias Bioclimáticas no Clima de Florianópolis*. Dissertação de Mestrado de Engenharia de Produção / UFSC, Florianópolis, 1996, p.115 – 121.
- [12] CORBELLA, O.; YANNAS, S., *Em Busca de uma Arquitetura Sustentável para os Trópicos – Conforto Ambiental*. Revan, Rio de Janeiro, 2003, 287 p.
- [13] COSTA, E. C., *Arquitetura Ecológica: condicionamento térmico natural*. E. Blücher, Porto Alegre, 1982, 264 p.
- [14] HANSEN, A., *Apostila do Curso de Especialização e Extensão em Eficiência Energética à Distância - Tecnologias Energéticas de Uso Final em Edificações: Unidade 6 – Sistemas de Condicionamento Natural*. PUCRS , Porto Alegre, 2002.
- [15] RIVERO, R., *Arquitetura e Clima: acondicionamento térmico natural*. D.C Luzzatto Editores, Porto Alegre, 1986, 239 p.