

A TENDÊNCIA ATUAL DOS MÉTODOS DE AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO TÉRMICO E ENERGÉTICO DE EDIFICAÇÕES.

Maria Akutsu, MSc em Engenharia Civil;
Fúlvio Vittorino, MSc em Engenharia Mecânica
Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo S.A. - Divisão de Engenharia Civil
Av. Prof. Almeida Prado, 532, Cidade Universitária - CEP 05508-901 - São Paulo/ SP
Fone (011) 268 2211 R- 258/553 - Fax (011) 869 6890 E-mail: akutsuma@ipt.br; fulviov@ipt.br

RESUMO

O trabalho discorre sobre a evolução dos métodos de avaliação do desempenho térmico e energético de edificações ao nível internacional, tendo em vista os fatores que determinaram, historicamente, o seu desenvolvimento. Dentre estes fatores são destacadas as características climáticas locais, as condições sócio-econômicas, a disponibilidade de recursos energéticos, o impacto no meio-ambiente causado pelos rejeitos do processo de condicionamento ambiental e pela geração de recursos energéticos e a adequação das ferramentas de cálculo utilizadas. São apontadas as tendências atuais que norteiam os métodos e procedimentos em Normas e Legislações, comentando-se a sua aplicabilidade ao Brasil.

ABSTRACT

This paper discusses the evolution of the methods for the thermal performance evaluation of buildings in Brazil and in other countries, considering the factors that, historically, had determined their development. Some of these factors are: the characteristics of the local climate; the socio-economical conditions of the population; the disponibility of energy resources; the environment impact caused by the use Of heating and cooling systems; the energy generation; and finally, the appropriateness of the modelling tools. The concepts underlying the development of standards and legislation, are also pointed out, along with a discussion of the applicability in Brazil.

INTRODUÇÃO

Os métodos tradicionais de avaliação do desempenho térmico de edificações visam à racionalização do consumo de energia em sistemas de aquecimento de ambientes, sendo portanto próprios de países de clima temperado ou frio. Nesses países, as condições climáticas apresentam características que permitem uma grande simplificação dos modelos matemáticos para a determinação das cargas térmicas de aquecimento ou das perdas de calor que ocorrem através dos componentes da edificação. No nosso país, como sabemos, predominam as condições climáticas onde o mais crítico é conseguir o conforto térmico no verão, em muitos casos, com o uso de sistemas de ar condicionado para o resfriamento dos ambientes. Nestas condições, como vem sendo amplamente comprovado através de estudos e pesquisas em todo o mundo, tais métodos tradicionais são totalmente inadequados.

Embora esforços venham sendo feitos para a implantação de um processo de avaliação do desempenho térmico de edificações no Brasil, a complexidade conceitual e operacional de métodos de avaliação adequados às nossas condições tem contribuído no sentido de retardar o desenvolvimento de normalização técnica. Este quadro gera grandes dificuldades para o estabelecimento de um consenso junto aos que defendem os métodos tradicionais, apresentando uma resistência em adotar novos procedimentos que levem em conta o caráter dinâmico das trocas térmicas que ocorrem nas edificações.

Esta situação toma dimensões significativamente maiores quando enfocada sob a óptica da conservação de energia, uma vez que, além das dificuldades supra-citadas, deve-se encarar a edificação como um gerador de carga térmica para sistemas de ar-condicionado, que, no Brasil, são acionados eminentemente por energia elétrica. É notória a falta de recursos para investimento na construção de hidroelétricas, além do impacto ambiental causado pelos seus reservatórios. Uma normalização voltada aos interesses nacionais deve contemplar adequadamente a questão das trocas térmicas em edificações condicionadas além de, no mínimo, fornecer indicadores básicos acerca da eficiência energética dos sistemas de condicionamento térmico.

A IMPORTÂNCIA DAS REGULAMENTAÇÕES

Do ponto vista sócio-econômico, as regulamentações quanto ao desempenho térmico de edificações têm importância tanto ao nível do indivíduo como do coletivo. Ao nível do indivíduo, as regulamentações visam ao projeto/construção de edificações que proporcionem condições satisfatórias de conforto aos ocupantes com baixos custos de execução/aquisição e, no caso de edificações condicionadas, de utilização. Ao nível coletivo, as regulamentações visam:

- a) melhorar o emprego de recursos monetários de órgãos de fomento à habitação no financiamento de edificações de bom desempenho térmico;
- b) minimizar a poluição térmica produzida pelos equipamentos de condicionamento e a poluição atmosférica decorrente de vazamentos de refrigerantes à base de CFC ou da emissão de gases queimados em sistemas de cogeração ou aquecimento central;
- c) reduzir o custo para a construção/manutenção de instalações de transformação de energia e o seu respectivo impacto ambiental no local de sua instalação;
- d) incentivar o uso de fontes de energia renováveis ou de maior disponibilidade no local de implantação da edificação e minimizar a importação de energéticos de menor disponibilidade.

Do ponto de vista tecnológico, as leis e decretos regulamentando o desempenho térmico e energético das edificações representam não só a garantia do cumprimento das Normas Técnicas, como também constituem o estímulo principal para o seu desenvolvimento, implantação e contínuo aprimoramento, propiciando condições favoráveis à realização até mesmo de pesquisas de caráter inovador. Por outro lado, refletem o grau de desenvolvimento econômico, político e social do país. Neste sentido, cabe aos envolvidos na questão técnica dos processos de pesquisa, ensino e normalização no Brasil, a responsabilidade de garantir a confiabilidade e a qualidade dos documentos técnicos produzidos.

A INFLUÊNCIA DAS CONDIÇÕES CLIMÁTICAS

Um fator determinante no método para a avaliação do desempenho térmico de edificações é, sem dúvida, a característica climática do local de implantação da edificação. Isto se reflete diretamente no modelo matemático utilizado para se determinar as trocas térmicas que ocorrem entre o ambiente externo e os componentes da edificação. O ponto básico e crucial, neste aspecto, é decidir entre o que pode ser tratado como condição de regime permanente e o que deve ser considerado em função das condições dinâmicas que não podem ser desprezadas.

Do ponto de vista operacional, isto significa uma distinção clara entre poder trabalhar com equações muito simples, de fácil solução, inclusive manualmente, no caso de se tratar de regime permanente, ou ter que se resolver sistemas de equações mais complexos, com maior número de variáveis, o que é mais adequado através do uso de computadores, quando se tratar de condições de regime variável.

Os métodos de avaliação de desempenho térmico de edificações, em condições de aquecimento, visam reduzir o consumo de energia e estão baseados na limitação das perdas de calor dos ambientes tanto por condução de calor através das vedações como pela infiltração de ar nos ambientes, fixando valores limites para a resistência térmica da envoltória e para a estanqueidade ao ar de caixilhos.

A aplicação desses conceitos a climas úmidos não produzem bons resultados, uma vez que, em edifícios condicionados, parcela significativa do consumo de energia nos sistemas de ar-condicionado é decorrente da desumidificação dos ambientes e em edifícios não-condicionados, a umidade relativa é um fator determinante na sensação de conforto térmico dos ocupantes.

Em climas quentes, a ventilação e a radiação solar, elementos que não são devidamente considerados nos métodos de avaliação baseados eminentemente na resistência térmica das vedações, também exercem papel de importância significativa sobre o desempenho térmico das edificações, principalmente nas não condicionadas. Nestas edificações, o "parâmetro" de avaliação deixa de ser o consumo de energia e passa a ser o conforto térmico dos ocupantes, tendo-se como variáveis de análise a temperatura, a umidade e a velocidade do ar e a temperatura radiante média do ambiente. A determinação confiável de valores para estas variáveis leva, necessariamente, ao emprego de ferramentas de cálculo mais refinadas.

Buscando contribuir para a solução destes problemas, estudos diversos vem sendo constantemente realizados pelos pesquisadores da área no IPT. Dentro das linhas de pesquisa desenvolvidas no Instituto, destacamos aquela que visa o estabelecimento de Normas Técnicas, sendo que os documentos normativos relativos ao desempenho térmico de edificações vêm sendo continuamente aprimorados desde a década de 80. Os gráficos apresentados a seguir ilustram os resultados de estudos recentes na busca de métodos de avaliação adequados ao nosso País.

Na Figura 1 tem-se um gráfico com valores da temperatura máxima diária do ar interior versus a resistência térmica das paredes para uma habitação em São Paulo, para três tipos de cobertura. Este exemplo ilustra a inadequação do uso da resistência térmica como parâmetro de avaliação do desempenho térmico de edificações, visto que não há correlação nenhuma entre as variáveis. No exemplo da Figura 2, onde tem-se um gráfico com valores da carga térmica de aquecimento total diária no lugar da temperatura máxima diária do ar interior, verifica-se que existe uma forte correlação ($r^2_{\text{médio}} = 0,98$) entre as variáveis, confirmando a adequação do uso da resistência térmica dos componentes como indicador de desempenho para ambientes com aquecimento (AKUTSU, 1995).

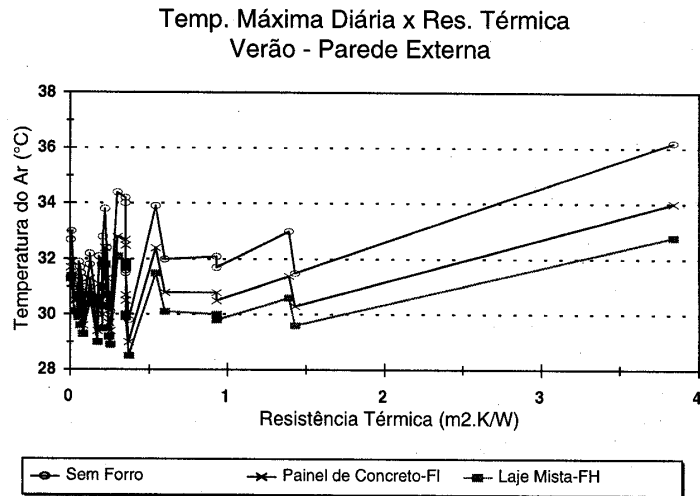


FIGURA 1. Temperatura máxima diária do ar interior em função da resistência térmica das paredes externas, para três tipos de cobertura, no verão.

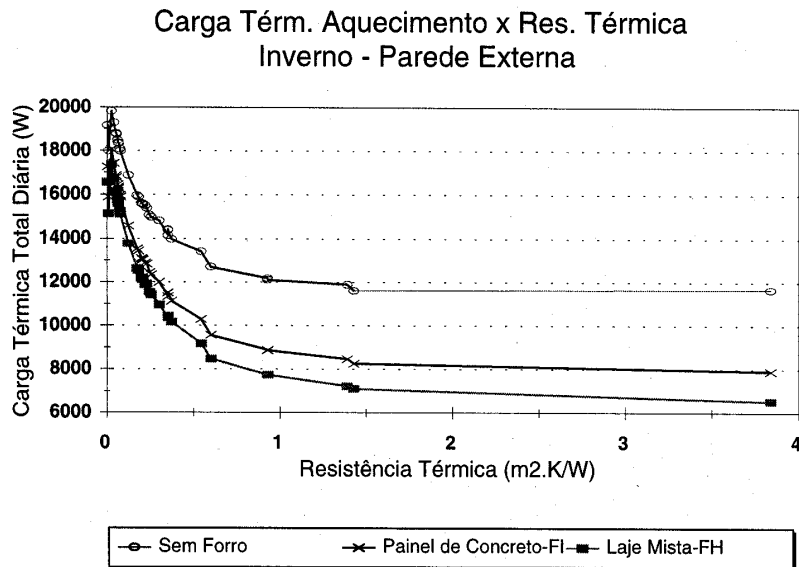


FIGURA 2. Carga térmica sensível de aquecimento total diária em função da resistência térmica das paredes externas, para três tipos de cobertura, no inverno.

A EVOLUÇÃO DOS MÉTODOS DE AVALIAÇÃO

As regulamentações pertinentes ao tema desempenho térmico de edificações têm sua origem em regras empíricas de bem construir que foram transformadas em legislações. Por exemplo, o código de obras do município de São Paulo de 1975 preconizava que as paredes externas de vedação deveriam "ter isolamento térmico correspondente a uma parede de alvenaria de tijolos comuns de barro maciço revestida com argamassa de cal e areia, com espessura acabada de 0,25m". Da mesma forma, nos países da Europa, até a década de 70, os níveis de isolamento térmico das vedações eram baseados em usos e costumes correntes.

A partir do 1º choque do petróleo, no início da década de 70, a questão recebeu outro enfoque na Europa, dando-se ênfase à economia de energia. Esta mudança levou a uma revisão das exigências, aumentando os níveis de isolamento térmico.

Como exemplo mais marcante deste fato pode-se citar a regulamentação francesa de 1974 que visava reduzir em 25% o consumo de derivados de petróleo utilizados no aquecimento de edificações. Em 1982, busca-se uma redução adicional de 25% no consumo de energia, com a criação do "selo de alta isolamento" e do encorajamento ao melhor aproveitamento do calor proveniente da radiação solar e de fontes internas, passando a análise do desempenho térmico, a ser feita com base num balanço de energia do ambiente, em regime permanente, onde são estabelecidos limites de "deficiência nos ganhos de calor". Em 1989 ocorre uma nova modificação na sistemática de avaliação. A partir desta data, estabeleceram-se limites para o consumo de combustíveis em habitações, visando nova redução de 25% no consumo energético em relação aos níveis de 1982. Esta evolução retrata claramente a tendência de se dar maior liberdade aos projetistas, não estabelecendo limites rígidos para os parâmetros do edifício, mas sim permitindo que excessos de perdas de calor por um elemento de vedação sejam compensados por sistemas de condicionamento mais eficientes ou por reduções das trocas térmicas em outros elementos (M.E.L.A.T., 1989).

Na década de 80, o exemplo francês passou a ser seguido por outros países da Europa, valendo destacar a Grã-Bretanha que estabelece dois métodos para avaliação: o primeiro, de caráter conservador, fixa limites para a transmitância térmica de todos os elementos de vedação; o segundo, de caráter inovador, limita o consumo de energia da edificação, incluindo aspectos acerca do rendimento energético dos equipamentos de condicionamento térmico, da eficiência econômica da instalação, da participação do usuário na definição do projeto, bem como reflexões sobre as conseqüências do uso de tais sistemas na poluição do meio ambiente (BSI, 1985).

Nos Estados Unidos merecem destaque as Normas ASHRAE das séries 90 e 100, de 1989, que apresentam exigências mínimas de isolamento térmico de vedações, dutos e tubulações, estanqueidade ao ar de caixilhos, eficiência energética dos equipamentos de iluminação, bombas de água, ventiladores, "chillers" e caldeiras visando o projeto de edifícios de alto desempenho energético. Além disso, estas Normas também apresentam um método alternativo para avaliação do desempenho energético da edificação baseado no seu consumo final de energia. O que as diferenciam das Normas européias é o incentivo a realizar esta análise energética utilizando-se softwares de simulação detalhada, em bases horárias, para anos típicos de referência, determinando o consumo de cada energético (eletricidade, carvão, gás natural, etc.). Outro elemento de diferenciação é o estímulo ao uso de fontes de energia disponíveis em maior quantidade nos locais de implantação da edificação.

CONCLUSÕES

A prática da avaliação do desempenho térmico de edificações teve origem em países de clima frio, com necessidade de aquecimento dos ambientes e conseqüente consumo de energia, proveniente eminentemente da queima de combustíveis. Na maioria dos casos, os procedimentos de avaliação são decorrência de exigências legais e respaldados por Normas Técnicas. Assim, uma vez definidos, por força destas Normas ou leis, os limites máximos para a perda de calor de um ambiente, são restringidos diretamente os campos de ação dos projetistas, fixando-se os valores limites para as propriedades térmicas dos elementos e componentes da edificação que definem as perdas de calor de um ambiente.

Hoje, com a evolução da informática e com o desenvolvimento de modelagem mais detalhada dos fenômenos de transferência de calor, já se adotam, nos centros de pesquisa mais avançados, métodos de cálculo mais precisos, considerando condições de regime variável, tendo em vista otimizar não somente o processo de economia e de conservação de energia, mas sobretudo, reduzir os impactos nocivos ao meio ambiente, seja por produtos gerados nos processos de condicionamento térmico dos ambientes, como pela construção de novas instalações para geração de energia elétrica. Isto é feito com base em índices globais de desempenho, como "consumos anuais de energia" ou "sensação de conforto térmico", dando a liberdade ao projetista e possibilitando o uso de novas soluções de projeto na envoltória da edificação e nos sistemas de ar-condicionado.

Ao nosso ver, as linhas de pesquisa na área devem seguir esta última tendência, procurando estabelecer valores-meta para índices globais de desempenho que sejam adequados às nossas condições climáticas, dando liberdade e responsabilidade aos projetistas. Isto significa desenvolver métodos e procedimentos de avaliação do desempenho térmico e energético de edificações não mais baseados simplesmente em análises e indicadores típicos de situações de regime permanente, mas considerando-se, inevitavelmente, as condições dinâmicas de regime variável.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AKUTSU, Maria; Análise de indicadores de desempenho térmico de edificações. (Trabalho Programado II - Doutorado) - FAUUSP, São Paulo, 1995.

MINISTÈRE de L'EQUIPEMENT, du LOGEMENT, de L'AMÉNAGEMENT, du TERRITOIRE et des TRANSPORTS - Séminaire d'Information et Sensibilisation des Architects au Règlement Thermique de 1989 - Copies des principaux transparents, du décret et des arrêtés. França, 1989.

BRITISH STANDARDS INSTITUTION; British standard code of practice for energy efficiency in buildings. Londres, 1985 BS (8207).

AMERICAM SOCIETY for HEATING, REFRIGERATING AND AIR CONDITIONING ENGINEERS; ASHRAE Standard - Energy conservation in new building design. New York, 1980 (ANSI/ASHRAE/IES 90A, 90B e 90C).

AMERICAM SOCIETY for HEATING, REFRIGERATING AND AIR CONDITIONING ENGINEERS; ASHRAE Standard - Energy conservation in existing building - High rise residencial. New York, 1981 (ANSI/ASHRAE/IES 100.2).