



## III ENCONTRO NACIONAL I ENCONTRO LATINO-AMERICANO

Gramado, RS, 4 a 7 de julho de 1995

### PARAMETRIZAÇÃO DO DESEMPENHO TÉRMICO DE EDIFÍCIOS COMERCIAIS EM FLORIANÓPOLIS

Luiz Angelo Bull a e Roberto Lamberts  
Núcleo de Pesquisa em Construção  
Universidade Federal de Santa Catarina  
Florianópolis, SC Brasil  
Fax + 55482 319770  
e mail ecvlrlr@ibm.ufsc.br

#### RESUMO

Este trabalho apresenta um estudo comparativo do consumo energético para edifícios comerciais em Florianópolis, através da variação de parâmetros relacionados à envolvente da construção. Com esta finalidade, é apresentado um modelo simplificado de um edifício de escritórios, sendo este adotado como caso base. A realização deste estudo foi possível com a utilização de um arquivo de dados climáticos desenvolvido para a região em estudo, e também, com a utilização do programa computacional DOE-2. IE, o qual permite simular o comportamento energético do edifício como um todo, para uma série de combinações paramétricas.

#### ABSTRACT

This paper presents a parametric study of energy consumption in commercial building in Florianópolis. A prototypical office building was used as a base case. The study was possible by using climatic data for the city and a simulation tool (DOE-2. IE) that allows parametric runs.

#### PALAVRAS-CHAVE

Conforto térmico; consumo de energia; desempenho térmico; construção

#### INTRODUÇÃO

A realidade brasileira nos mostra um quadro crítico quanto à disponibilidade energética, principalmente com relação à energia elétrica. Enquanto o consumo aumenta de forma acelerada, os investimentos na produção desta são praticamente nulos, tanto a médio como a longo prazo. Sem outra alternativa, não há outro caminho a seguir, senão o da adoção de medidas conservativas nos mais variados setores, entre eles o da construção civil.

Pelo fato de edifícios comerciais representarem uma parcela significativa no consumo de energia elétrica das grandes cidades, são estes, sem dúvida, um alvo importante a ser trabalhado, com o objetivo de aumentar a eficiência energética dos mesmos. Neste sentido, o sistema envolvente do edifício pode sofrer modificações em seus elementos a fim de que alcance um desempenho térmico satisfatório, diminuindo o consumo final de energia. Nas últimas décadas, portanto, nota-se uma tendência construtiva que utiliza como principal elemento de fechamento dos espaços, grandes painéis envidraçados, principalmente em grandes edifícios comerciais. O uso desta técnica construtiva não trazia maiores problemas quanto as condições de conforto do ambiente, pois, para cada edifício com estas características, instalava-se poderosos equipamentos de ar condicionado que garantiam ao ambiente as condições de uso favoráveis, sem se preocupar com o elevado custo operacional de tais equipamentos.

A metodologia aqui adotada foi a utilizada por Lam (Lam et al. 1993) em seu trabalho, onde é analisado o desempenho energético para edifícios comerciais em Hong Kong. Para avaliar os parâmetros envolvidos no desempenho térmico de edifícios comerciais são necessários três elementos fundamentais: uma ferramenta simuladora precisa do desempenho energético; arquivo de dados climáticos horários compatíveis com a ferramenta simuladora, de um período de um ano; descrição do edifício típico, que represente a prática construtiva da região.

## EDIFÍCIO TÍPICO

O edifício típico tem como finalidade representar a prática construtiva da região em estudo. É um edifício de utilização comercial, especificamente de escritórios. Tem forma retangular com 18,00 m de comprimento e 14,50 m de largura. É composto de doze pavimentos iguais, sendo que cada um possui seis salas e uma zona de circulação interna.

Os parâmetros a serem variados nas simulações são obtidos a partir da definição da forma e dos materiais utilizados na construção do edifício. Na Tabela 1 são apresentados os valores máximos e mínimos destes parâmetros.

**Tabela 1.** Parâmetros da envolvente do edifício

Parâmetro	Mínimo	Máximo
Coefficiente de sombreamento (SC)	0,2	1,0
Razão Janela-parede (WWR)	0,3	0,85
Transmitância térmica da parede ( $U_w$ )	0,60 W/m <sup>2</sup> K	3,31 W/m <sup>2</sup> K
Transmitância térmica do telhado ( $U_R$ )	0,58 W/m <sup>2</sup> K	2,08 W/m <sup>2</sup> K
Absortividade da parede ( $\alpha_w$ )	0,3	0,8
Absortividade do telhado ( $\alpha_R$ )	0,3	0,8

## O PROGRAMA SIMULADOR

Para o processo de simulação das várias alternativas de projeto, foi utilizado o programa DOE-2.1E, usando como equipamento estações de trabalho tipo SUN, modelo SPARK 10. O DOE-2.1E um programa de domínio público, desenvolvido pelo Lawrence Berkeley Laboratory, de grande respeitabilidade por sua precisão, capacidade e rapidez no desenvolvimento das simulações paramétricas, permitindo uma análise detalhada do consumo de energia da construção. Possui uma ampla biblioteca de dados e propriedades de materiais de construção, mas permite ao usuário a composição de um banco de dados próprio. Os padrões de iluminação, operação de equipamentos, número de pessoas e seus períodos de atividades podem ser totalmente definidos pelo usuário. Seus relatórios de saída possibilitam uma rápida visualização do consumo de energia anual do edifício, de acordo com o tipo de energia especificada (eletricidade, gás natural, etc) e categoria de uso (iluminação, resfriamento e aquecimento do espaço, equipamentos de escritório, etc).

## ARQUIVO DE DADOS CLIMÁTICOS

O programa DOE-2.1E necessita de um arquivo de dados climáticos para desenvolver as simulações. Suas bibliotecas possuem arquivos climáticos para várias cidades nos Estados Unidos, não existindo para as cidades brasileiras. Deste modo, foi necessário desenvolver um arquivo deste tipo para Florianópolis (Goulart, 1994). Foi selecionado um ano típico de um período de 10 anos no formato TRY (Test Reference Year - ASHRAE, 1985).

Um arquivo do tipo TRY contém dados climáticos horários num formato compatível com a ferramenta simuladora para as 8760 horas do ano. Nele constam as seguintes informações:

- mês, dia e hora;
- Temperatura de bulbo seco;
- Temperatura de bulbo úmido;
- Direção e velocidade do vento;
- Pressão barométrica;
- Quantidade de nuvens;
- Radiação solar, etc.

## SIMULAÇÃO DO EDIFÍCIO TÍPICO

No edifício típico, as paredes externas são compostas de tijolo de seis furos com 10 cm de espessura, rebocadas em ambas as faces com argamassa de 2 cm de espessura, apresentando uma absorvidade ( $\alpha_w$ ) igual a 0,8. As janelas ocupam 85% da área da superfície de fechamento externa da sala ( $WWR = 0.85$ ), sendo composta de vidro simples com coeficiente de sombreamento (SC) igual a 1,0. O telhado é composto de telhas de fibrocimento com espessura de 8 mm, apoiadas em estrutura de madeira sobre a laje de forro, com absorvidade ( $\alpha_r$ ) igual a 0,8.

O edifício é utilizado durante os dias de semana em dois períodos (manhã e tarde) e aos sábados somente pelo período da manhã. Sendo assim, o sistema de ar condicionado, iluminação, equipamentos de escritórios e outros, tem seu funcionamento restrito à estes períodos. O programa considera domingos e feriados como dias sem atividade, podendo estes serem definidos pelo usuário. Foi estabelecida uma taxa de infiltração igual a uma renovação de ar por hora. A temperatura de projeto das salas é de 23°C. As potências de iluminação e equipamentos de escritórios são respectivamente 20W/m<sup>2</sup> e 823 W por sala. A taxa de ocupação do prédio é de 1 pessoa para cada 8,0 m<sup>2</sup> por sala. A Tabela 2 apresenta os consumos de energia para cada item e o consumo total do edifício para um período de 1 ano.

Tabela 2. Consumo anual de energia.

Categoria de consumo	kWh/m <sup>2</sup> /ano	percentual
Iluminação	157449	28,3%
Equipamentos de escritório	77350	13,9%
Resfriamento do espaço	253356	45,5%
Aquecimento do espaço	4976	0,9%
Equip. do ar condicionado	63310	11,4%
Total	556441	100%

Podemos notar que o consumo de energia para aquecimento do espaço é insignificante se comparado com os demais. As parcelas que mais colaboram para o consumo total são as de iluminação e resfriamento do espaço, perfazendo 73,8% da energia consumida total anual no edifício. No item “Equipamentos de ar condicionado”, estão incluídos ventiladores, bombas, torre de resfriamento e etc. Para “Equipamentos de escritório” foram considerados como padrão o uso de microcomputadores, impressoras, fax, cafeteiras, refrigeradores pequenos e outros. Na Figura 1 é apresentado o consumo de energia do edifício em função do tamanho das janelas para o edifício típico. O consumo de energia para resfriamento aumenta quase que linearmente com o aumento de WWR, o mesmo acontecendo com o consumo total de energia. Aplicando-se uma regressão linear para ambos os casos, obtemos para R<sup>2</sup> os valores de 0,9999 e 0,9998, respectivamente. A energia de iluminação permanece constante, pois não foi adotada como parâmetro de variação nas simulações.

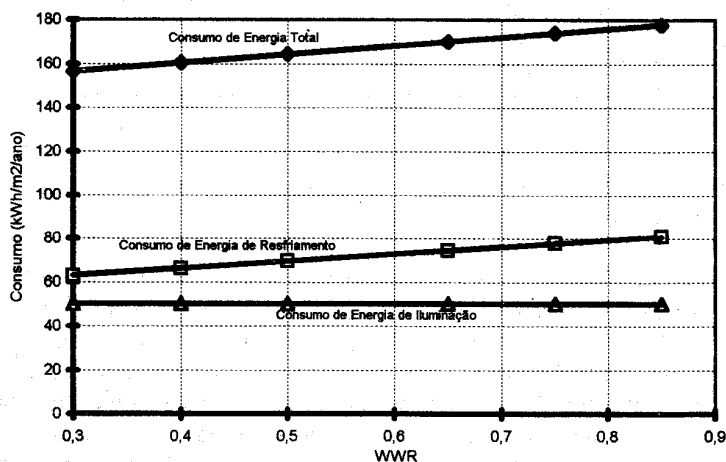
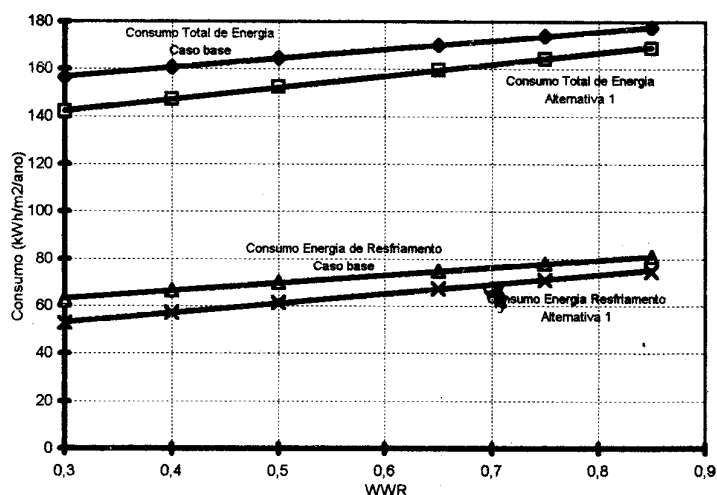


Figura 1. Consumo de Energia no Edifício Típico em Função do Tamanho das Janelas, para  $U_w = 3,31$  W/m<sup>2</sup>K,  $\alpha_w = 0,8$  e  $SC = 1,0$ .

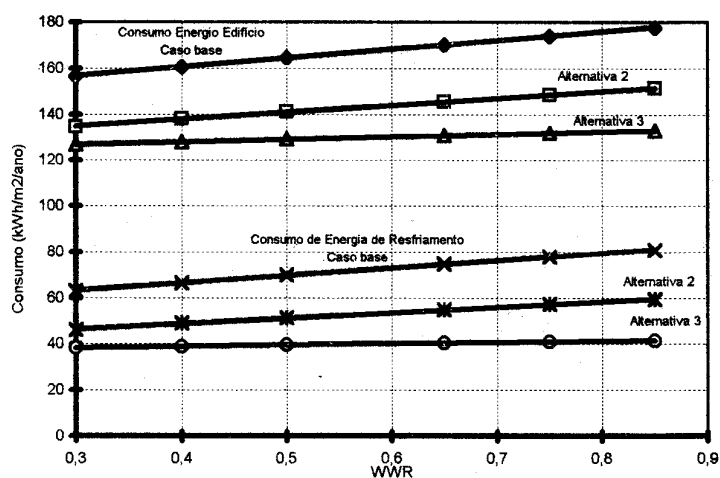
## SIMULAÇÕES COM ALTERNATIVAS DE PROJETO

Algumas alternativas de projeto foram simuladas a fim de verificar sua influência no consumo final de energia do edifício como um todo. Alterando a transmitância ( $U_w$ ) da parede para 0,60, a absorvidade ( $\alpha_w$ ) para 0,30 e mantendo o coeficiente de sombreamento (SC) em 1,0, podemos observar na Figura 2 que há uma redução no consumo de energia de resfriamento em torno de 9,5% para a alternativa de janela menor (WWR = 0,30) e em torno de 5% para a alternativa com janela maior (WWR = 0,85).



**Figura 2.** Comparação dos consumos finais de energia de resfriamento e total

Nas duas opções de projeto a seguir, é alterado apenas o coeficiente de sombreamento, com relação à alternativa 1, sendo que na alternativa 2 SC é igual a 0,6 e, na alternativa 3 é igual 0,2.



**Figura 3.** Redução do consumo de energia em função da redução do coeficiente de sombreamento. Alternativa 2 com SC = 0,6 e Alternativa 3 com SC = 0,2.

A Figura 3 nos mostra a redução nos consumos de energia de resfriamento e total, comparadas com o caso base. Comparando a alternativa 2 com o caso base observa-se uma redução por volta de 14,5% no consumo total de energia, e em torno de 27% no consumo de energia para resfriamento. Numa comparação da alternativa 3 e o caso base, estas reduções são ainda maiores, variando de 19 a 25% para o consumo total e de 39 a 49% no consumo de energia para resfriamento. Pode-se notar que na alternativa 3, o tamanho das janelas não influi significativamente na variação do consumo de energia pelo fato de se ter adotado um coeficiente de sombreamento (SC) igual a 0,2, o que faz com que grande parte do calor que penetraria no ambiente por radiação seja bloqueado, diminuindo assim consideravelmente a carga térmica a ser retirada pelo equipamento de ar condicionado.

## CONCLUSÃO

O número de alternativas de projeto a serem analisadas é muito grande, tornando-se praticamente impossível se fazer uma análise comparativa do consumo de energia sem a utilização de programas computacionais que simulem a performance energética de cada configuração da edificação. Através destas simulações podemos não só analisar várias alternativas de projeto, mas também verificar o consumo final de prédios existentes a fim de possibilitar uma tomada de decisão quanto às medidas a serem adotadas para alterar estes valores de consumo de energia excessivos. Com a utilização deste tipo de programas, profissionais, tais como engenheiros e arquitetos, envolvidos com o projeto do edifício podem, ainda nesta fase, tomar decisões que venham a reduzir os custos com o uso de energia após a obra concluída. A análise comparativa feita neste estudo mostra que, com a variação de alguns parâmetros como coeficiente de sombreamento (SC), razão janela-parede (WWR) e valores de transmitância e absorvidade das paredes do edifício pode-se alcançar valores significativos na redução do consumo final de energia anual. Tanto a variação do consumo total de energia como a variação do consumo de energia de resfriamento apresentaram, em todos os casos, uma relação linear com a variação do tamanho das janelas, fornecendo um coeficiente de correlação linear com valores muito próximos de 1 ( $R^2 = 0.999$  em todos os casos simulados). Avanço tecnológico na fabricação de vidros com baixo coeficiente de sombreamento (SC), possibilitarão a construção de edifícios com maiores áreas envidraçadas, sem alterar o consumo de energia.

## REFERÊNCIAS

1. ASHRAE/IES Standard 90.1-1989. *User's Manual*. American Society of Heating, Refrigeration and Air Conditioning Engineers. Atlanta, 1992.
2. ASHRAE. *Handbook Fundamentals*. American Society of Heating, Refrigeration and Air Conditioning Engineers. Atlanta, 1993.
3. LAM, Joseph C., HUI, Sam C. M. *Computer Simulation of Energy Performance of Commercial Buildings in Hong Kong*. Proceedings of the Building Simulation 93 Conference. Adelaide, 1993.p.124-135.
4. LBL. *DOE-2 Basics*. Lawrence Berkeley Laboratory. Berkeley, 1991.