



PREVISÃO HORÁRIA DE TEMPERATURAS INTERNAS DO AR: APLICAÇÃO NO ESTUDO DE CÉLULAS-TESTE

Eduardo L. Krüger (1); Maurício Roriz (2)

(1) Departamento de Construção Civil. Centro Federal de Educação Tecnológica do Paraná. Curitiba, PR Fone: +(41) 310-4723 Fax: +(41) 310-4712 E-mail: krueger@ppgte.cefetpr.br

(2) Departamento de Engenharia Civil. Universidade Federal de São Carlos. São Carlos, SP Fone: +(16) 3351-8262 Fax: +(16) 3351-8259 E-mail: m.roriz@terra.com.br

RESUMO

Apresenta-se um método de predição dos valores horários de temperaturas internas, partindo-se dos resultados do método descrito por Givoni (1999), de previsões das temperaturas mínimas e máximas diárias, e uma aplicação do mesmo na avaliação térmica de protótipos experimentais. Com base em dados medidos em curtos períodos, essas equações permitem estimar o comportamento que uma edificação teria em outras épocas do ano, podendo contribuir para identificar tipologias construtivas adequadas a cada tipo de clima. Os dados utilizados foram coletados em 3 células teste com 1m³ de volume interno, durante um período do outono e outro do inverno de 2004, na cidade de Curitiba, sul do Brasil. Foram encontradas fortes correlações entre valores estimados e dados medidos.

ABSTRACT

This paper presents a predictive method of hourly indoor temperatures based on daily predictions according to Givoni's method (1999) and an application of the method for the thermal evaluation of test cells. Based on measured data of short periods, the equations allow to estimate the building performance for other times of the year and can contribute to identify appropriate house types according to diverse climatic regions. The methodology used in order to generate hourly predictive formulas is described for three different test cells with 1m³. Analyzed data refer to two monitoring periods of 2004, fall and winter, in Curitiba, south of Brazil. Strong correlations were found between estimated values and measured data.

1. INTRODUÇÃO

A formulação de equações preditivas surgiu em continuidade a uma pesquisa, conduzida durante 2 anos, em Pala, próximo de San Diego, Califórnia, por Givoni (1999). Dados sobre o clima externo e temperaturas internas horárias foram medidos continuamente, entre 1993 e 1994, em duas edificações com idênticos coeficientes de perda de calor mas com diferentes inércias térmicas. As condições para teste incluíram sombreamento e não-sombreamento de janelas, painéis pretos e brancos aplicados sobre as superfícies externas e diferentes combinações de ventilação. A partir dos dados medidos, fórmulas foram desenvolvidas para prever as temperaturas internas máximas e mínimas. Diferentes números de parâmetros climáticos foram considerados na derivação de cada fórmula. A concordância entre temperaturas calculadas e medidas, com os vários parâmetros climáticos usados na derivação, foi avaliada por meio de correlação estatística. Parte da pesquisa foi relatada em um artigo concentrado na predição da temperatura máxima interna, que, em climas quentes, é o mais importante parâmetro na avaliação do desempenho térmico de uma edificação e do conforto humano proporcionado pela mesma (GIVONI, 1999). Concluiu-se que, sob diferentes condições de cores das superfícies externas, sombra e ventilação, o mais importante parâmetro climático na predição da temperatura interna máxima

é a média das temperaturas externas diárias. Altas correlações foram encontradas entre os dados medidos e as temperaturas internas máximas previstas. Demonstrou-se que a inclusão de dados diários de radiação solar não melhorava significativamente essas correlações.

Enquanto as equações de Givoni aplicam-se à predição dos valores máximos e mínimos diários das temperaturas internas, o método descrito neste artigo permite estimar os valores horários dessas mesmas temperaturas, conforme Dornelles e Roriz (2003) e Krüger et al. (2004). Descreve-se inicialmente as células monitoradas e, em seguida, o método adotado.

2. MONITORAMENTO TÉRMICO DAS CÉLULAS-TESTE

Projeto e Execução. O presente estudo enfoca três protótipos, um com paredes em tijolo cerâmico, outro em blocos de concreto celular autoclavado e outro em blocos de concreto comum, vazados. Todos têm uma base em concreto armado (sapata de 1,70 x 1,70 m com espessura de 10 cm). Para a colocação da cobertura, foi feita uma pequena estrutura com caibros de cambará com dimensões de 2 x 2 polegadas. Sobre esta estrutura foi disposta uma manta de lã de vidro de densidade de 16 kg/m³ e espessura de 50 mm fixada com fita dupla-face para colocação das telhas de fibrocimento (Figura 1). Nas frestas entre a manta e as paredes aplicou-se vedação de espuma expansiva de poliuretano. Estas células-teste foram construídas em terreno aberto e livre de obstruções, no campus do Centro Federal de Educação Tecnológica do Paraná - CEFET-PR, em Curitiba. As células foram orientadas em função do norte verdadeiro e implantadas com espaçamento de 1,50 m entre elas, para evitar a sombra de uma sobre outra. Para conter o crescimento de plantas, colocou-se uma camada de brita com espessura de 3 cm contornando os protótipos.

O objetivo da construção desses protótipos foi comparar os comportamentos dos sistemas construtivos de paredes. Assim, procurou-se uniformizar ao máximo os outros componentes construtivos, para evitar que interferissem sobre as diferenças que viessem a ser observadas entre as temperaturas internas. Nesse mesmo sentido, também contribuíram o paralelismo entre as células, a forma quadrada, a utilização dos mesmos materiais na execução da base, cobertura, juntas e revestimento, a adoção das mesmas técnicas construtivas (espessura de juntas, traço do concreto e da argamassa), bem como a inexistência de ocupação.

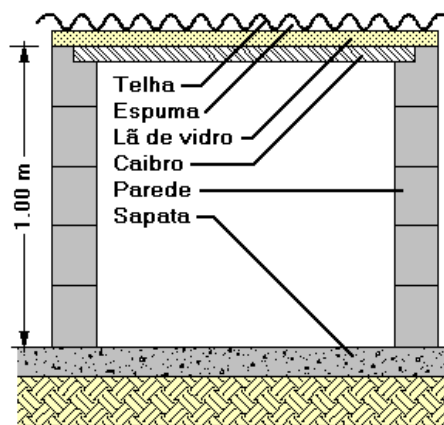


Fig. 1: Corte esquemático de uma célula teste

Tabela 1: Características construtivas das células

Item	tijolo cerâmico	concreto celular	bloco de concreto
Quantidade de tijolos utilizados	125	24	54
Altura das paredes (m)	1,00	1,00	1,00
Espes. paredes sem revestimento (mm)	90	150	140
Espessura argamassa (mm)	15	15	15
Perímetro Interno (m)	4,84	4,60	4,64
Perímetro Externo (m)	5,20	5,20	5,20
Área Interna (m ²)	1,46	1,32	1,35

Instrumentos de Medição. No monitoramento da temperatura do ar interno, utilizou-se registradores eletrônicos da marca HOBO. Após aferição, os aparelhos foram instalados no centro geométrico das células. Os dados de outono foram medidos entre 23 de março e 5 de abril de 2004, e os de inverno entre 8 de julho e 8 de agosto do mesmo ano. Os valores foram registradas a cada 15 min e depois integrados para cada hora. As temperaturas externas foram medidas na estação climatológica do Centro Politécnico da UFPR, integrante do Sistema Meteorológico do Paraná - SIMEPAR.

3. ESTIMATIVAS DIÁRIAS DA TEMPERATURA INTERNA

Como procedimento para geração das equações das temperaturas internas mínimas e máximas, pode-se adotar os seguintes passos:

- O primeiro passo é definir quais as principais variáveis independentes que fornecerão os resultados. Aqui é importante que se observe graficamente o padrão de relação existente entre as curvas de temperatura interna e externa, definindo-se desta forma a partir de qual variável se efetuará a regressão. Um procedimento alternativo consiste em extrair correlações simples entre as variáveis internas e externas, optando pela de maior valor como explicativa na regressão múltipla. Papst (2004) sugere a adoção de um gráfico com correlações (correlograma), através do qual se pode também analisar a influência de temperaturas externas de dias anteriores na temperatura interna. Quanto a este primeiro passo, entretanto, deve-se ressaltar que a observação direta do padrão de relações entre interior e exterior de forma gráfica apresenta a vantagem de ser mais transparente ao observador. Além disso, lidar com as curvas de temperatura possibilita uma maior compreensão do que se passa no interior da edificação.
- A correlação entre temperaturas internas e externas não é o único aspecto a ser analisado no gráfico. Além dela, pode-se verificar a influência da média das temperaturas externas no período monitorado (a necessidade de inclusão ou não do GT – média das temperaturas máximas, médias ou mínimas externas no período), passando-se a usar regressão múltipla para obtenção das equações das temperaturas internas diárias.
- Outro aspecto a ser analisado na visualização gráfica diz respeito ao padrão de relação entre oscilações entre temperaturas interna e externa e a oscilação externa.
- Um terceiro aspecto a ser analisado no gráfico é a variação de determinada temperatura interna (mínima, média ou máxima) em relação às variações da temperatura externa.
- A partir dessa análise gráfica, parte-se para regressão simples ou múltipla para geração das equações.

O procedimento de obtenção das equações das temperaturas mínimas e máximas diárias é aqui exemplificado para a célula construída em concreto celular. A Figura 2 mostra as máximas diárias das temperaturas internas de ambos os períodos monitorados, bem como as respectivas temperaturas externas. O gráfico mostra que as máximas internas podem tanto estar correlacionadas com as máximas quanto com as médias externas. Adotou-se, neste caso, as temperaturas médias externas como explicativas.

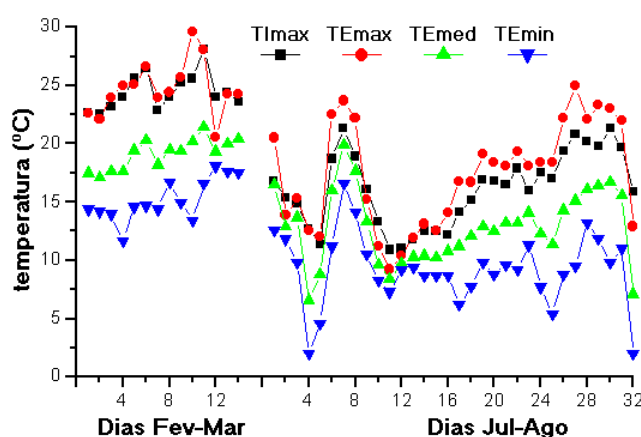


Fig. 2: Temperaturas máximas diárias internas na célula de concreto celular e mínimas, médias e máximas externas correspondentes

A observação das curvas da figura 2 também permite as seguintes conclusões quanto à relação entre temperaturas internas e externas:

- A diferença média entre máximas internas e médias externas é maior no primeiro período que no segundo, indicando a necessidade de se incluir uma variável que expresse a média no período (GT) na regressão, que passa a ser múltipla;

- b) Essa diferença torna-se maior quando a amplitude externa (diferença entre máxima e mínima externa, ou $T_{Emax}-T_{Emin}$) é maior;
- c) As variações diárias da máxima interna são menores que as das médias externas, indicando maior estabilidade.

Adotando-se esses fatores como variáveis explicativas da temperatura máxima interna, através de análise de regressão, obtém-se a seguinte equação para as máximas internas da célula de concreto celular:

$$T_{Imax}' = GT_{med} + 0.3088 GT_{med} + (0.2978 (dTE) - 3.15) + 0.8516 (T_{Emed} - GT_{med}) \quad [Eq.1]$$

Onde:

T_{Imax}' : TBS interna máxima predita

GT_{med} : Média das temperaturas médias externas para cada período de monitoramento

dTE : Amplitude térmica da TBS externa no dia considerado ($dTE = T_{Emax} - T_{Emin}$)

T_{Emed} : TBS externa média

A Figura 3 mostra as temperaturas mínimas internas, obtidas em ambos os períodos monitorados, plotadas sobre as temperaturas mínimas, médias e máximas externas correspondentes. Uma observação detalhada do gráfico indica as seguintes conclusões quanto à relação entre temperaturas internas e externas:

- a) A mínima interna apresenta padrão bastante semelhante à da mínima externa;
- b) A diferença média entre mínimas internas e externas é maior no primeiro período que no segundo, indicando a necessidade de se incluir a variável da média no período (GT) na regressão, que passa a ser múltipla;
- c) As variações diárias da máxima interna são menores que as das mínimas externas;
- d) Quanto maior a queda das temperaturas máximas externas de um dia para o outro (T_{Emax} da véspera e do dia), maior a diferença entre temperatura mínima interna e externa.

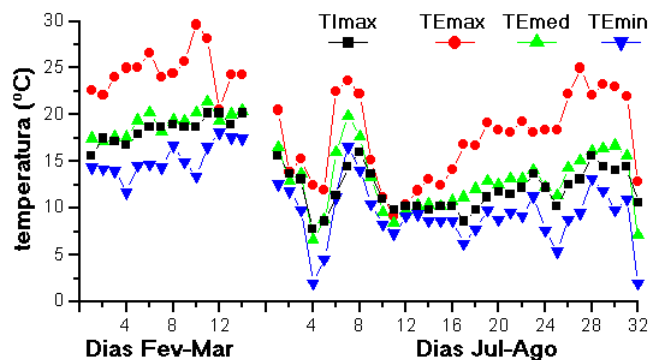


Fig. 3: Temperaturas mínimas diárias internas na célula de concreto celular e mínimas, médias e máximas externas correspondentes

Adotando-se esses fatores como variáveis explicativas da temperatura máxima interna, obtém-se a seguinte equação:

$$T_{Imin}' = GT_{min} + 0.914 GT_{min} + (1.85 + 0.5751 (T_{Emin} - GT_{min}) + (0.2349 (T_{Emax(n-1)} - T_{Emin}))) \quad [Eq. 2]$$

Sendo:

T_{Imin}' : TBS interna mínima predita

GT_{min} : Média das temperaturas mínimas externas para cada período de monitoramento

T_{Emin} : TBS externa mínima

$T_{Emax(n-1)}$ = TBS externa máxima do dia anterior

Na Figura 4 podem ser comparadas as temperaturas máximas e mínimas medidas e calculadas.

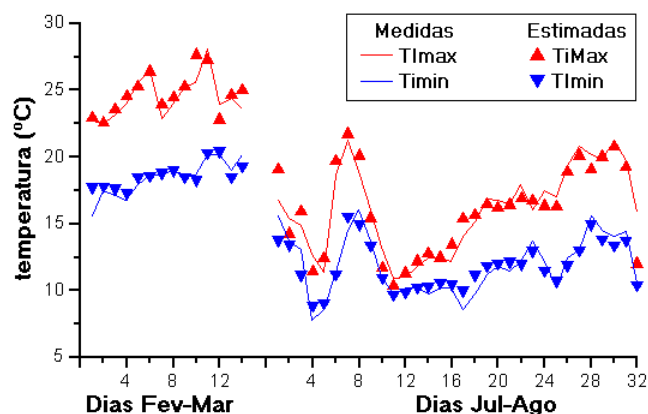


Figura 4: Temperaturas mínimas e máximas diárias, medidas e estimadas (concreto celular)

4. OSCILAÇÕES HORÁRIAS TÍPICAS DAS TEMPERATURAS INTERNAS

Em tese, após uma seqüência de alguns dias sem anomalias climáticas, uma edificação não ocupada entra em regime térmico, estabilizando-se as relações entre temperaturas internas e externas. A Figura 5 apresenta as temperaturas externas do ar registradas em Curitiba, entre os dias 27 de março e 4 de abril de 2004, permitindo identificar exemplos de dois padrões de comportamento dessas temperaturas.

- **Padrão A** (28/03). Durante um período climaticamente estável, as temperaturas mínimas externas ocorrem geralmente alguns minutos após o nascer do sol, e as máximas acontecem entre as 14 e 15 horas.
- **Padrão B** (03/04). A entrada de uma frente fria altera significativamente o formato da curva, deslocando a temperatura mínima para as últimas horas do dia.

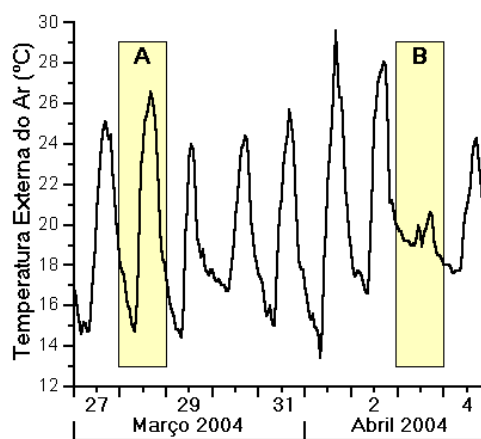


Fig. 5: Padrões climáticos no outono de 2004

Cada uma dessas situações externas provoca um padrão correspondente no comportamento das temperaturas internas, cuja oscilação típica dependerá também do sistema construtivo das edificações e das fontes internas de calor. Para os mesmos dias de referência, nas figuras 6 e 7 as temperaturas externas podem ser comparadas com as internas da célula-teste em blocos de concreto celular.

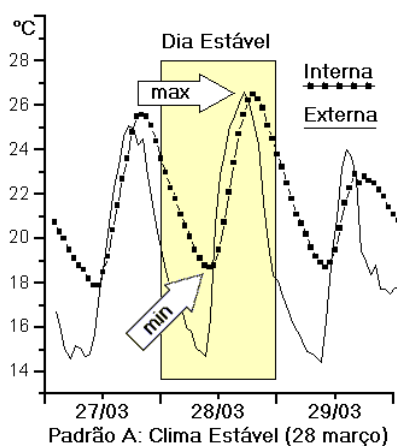


Fig. 6: Temperaturas externas e internas em 28/03/04 (Blocos de Concreto Celular)

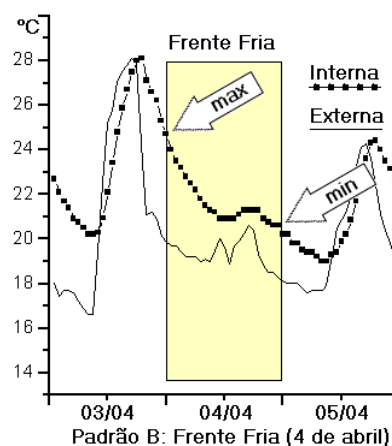


Fig. 7: Temperaturas externas e internas em 04/04/04 (Blocos de Concreto Celular)

Cada um desses padrões de oscilação da temperatura interna pode ser expresso através de um fator (FTI), que indica a relação entre o valor observado em cada momento do dia e a amplitude térmica diária da mesma temperatura interna, conforme a equação 3:

$$FTI(h) = (TI(h) - T_{Imin}) / dTI \quad [Eq. 3]$$

Sendo:

FTI(h): Fator de oscilação da TBS interna na hora “h”

TI(h): TBS interna na hora “h”

T_{Imin}: TBS interna mínima do dia considerado

dTI: Amplitude térmica da TBS interna no dia considerado (dTI = T_{Imax} – T_{Imin})

Aplicando-se a equação 3 sobre os valores horários das temperaturas internas, medidas na mesma célula-teste durante cada um dos dias de referência, obtêm-se os resultados da Tabela 2.

Tabela 2: Cálculo dos fatores horários de oscilação das temperaturas internas (FTI)

Dia Estável: 28/03/04						Frente Fria: 03/04/04					
hora	TI	FTI(h)	hora	TI	FTI(h)	hora	TI	FTI(h)	hora	TI	FTI(h)
0	22.3	0.462	12	22.1	0.436	0	24.0	1.000	12	20.9	0.184
1	21.8	0.397	13	23.4	0.603	1	23.5	0.868	13	20.9	0.184
2	21.1	0.308	14	24.7	0.769	2	23.2	0.789	14	21.1	0.237
3	20.6	0.244	15	25.6	0.885	3	22.8	0.684	15	21.3	0.289
4	20.1	0.179	16	26.2	0.962	4	22.5	0.605	16	21.3	0.289
5	19.5	0.103	17	26.5	1.000	5	22.2	0.526	17	21.3	0.289
6	19.1	0.051	18	26.3	0.974	6	21.8	0.421	18	21.3	0.289
7	18.8	0.013	19	25.9	0.923	7	21.5	0.342	19	20.9	0.184
8	18.7	0.000	20	25.1	0.821	8	21.3	0.289	20	20.8	0.158
9	18.8	0.013	21	24.5	0.744	9	21.2	0.263	21	20.6	0.105
10	19.5	0.103	22	23.8	0.654	10	20.9	0.184	22	20.6	0.105
11	20.8	0.269	23	23.2	0.577	11	20.9	0.184	23	20.2	0.000
T_{Imax} = 26.5 T_{Imin} = 18.5 dTI = 7.8						T_{Imax} = 24.0 T_{Imin} = 20.2 dTI = 3.8					

Os fatores FTI, assim obtidos, podem ser aplicados na previsão do comportamento das temperaturas internas, em outros dias cujo clima exterior apresente os mesmos padrões, bastando que sejam conhecidos os valores extremos das temperaturas internas (T_{Imin} e T_{Imax}), que podem ser obtidos através de dois modos, com diferentes graus de precisão:

- Modo 1: Equações preditivas de T_{Imin} e T_{Imax}, conforme as propostas por Givoni;
- Modo 2: Monitoramentos simplificados, com termômetros de máximas e mínimas.

5. EXEMPLOS DE APLICAÇÃO

Apresenta-se, a seguir, exemplos dos 2 modos de cálculo. Ambos referem-se a estimativas horárias das temperaturas internas que ocorreriam na mesma edificação durante um dia de inverno. No primeiro, as temperaturas diárias máximas e mínimas são estimadas e no segundo são medidas.

MODO 1: Temperaturas máximas e mínimas internas calculadas por Givoni (KRÜGER et al., 2004), através de equações preditivas, para a mesma célula-teste em blocos de Concreto Celular, considerando as temperaturas externas registradas entre 8 de julho e 8 de agosto.

Durante o período monitorado no inverno, foram identificados os mesmos dois padrões de comportamento já mencionados.

Entre os dias 15 e 18 de julho as temperaturas externas sofreram uma queda, provocada por entrada de frente fria, enquanto uma seqüência relativamente estável ocorreu entre os dias 26 e 29 de julho (Figura 8).

A tabela 3 indica os valores de máximas e mínimas previstos por Givoni (KRÜGER et al., 2004) para os dias correspondentes a cada um dos padrões.

Aplicando-se sobre estes valores de T_{imax} e T_{imin} os fatores horários de oscilação das temperaturas internas calculados (ver, na tabela 2, os fatores FTI calculados com base nos dados registrados durante o mês de março de 2004), são obtidas as estimativas que constam da tabela 4 e das figuras 9 e 10.

Observa-se que o coeficiente de correlação encontrado para o período estável é ligeiramente mais alto do que o referente à frente fria.

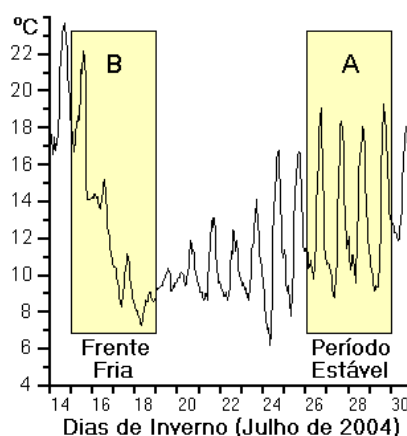


Fig. 8: Padrões A e B de oscilação das temperaturas externas (inverno de 2004)

Tabela 3: Máximas e mínimas internas previstas por Givoni (Concreto Celular)

	Data	T _{imax}	T _{imin}	dTI
Período Estável	26/07	16.45	11.87	4.58
	27/07	16.20	12.09	4.11
	28/07	16.43	12.20	4.23
	29/07	16.90	12.00	4.90
Frente Fria	15/07	20.13	14.98	5.15
	16/07	15.45	13.40	2.05
	17/07	11.69	11.01	0.68
	18/07	10.39	9.73	0.66

Tabela 4: Estimativas horárias das temperaturas internas na edificação em Concreto Celular

Base dados:	Período Estável (Padrão A) (FTI calculado em 28/03/04)					Frente Fria (Padrão B) (FTI calculado em 28/03/04)				
	Data	26/07	27/07	28/07	29/07	Data	15/07	16/07	17/07	18/07
	Tab. 2	T _{imin}	11.87	12.09	12.20	12.00	T _{imin}	14.98	13.40	11.01
	dTI	4.58	4.11	4.23	4.90	dTI	5.15	2.05	0.68	0.66
hora	FTI(h)					FTI(h)				
0	0.462	14.0	14.0	14.2	14.3	1.000	20.1	15.5	11.7	10.4
1	0.397	13.7	13.7	13.9	14.0	0.868	19.5	15.2	11.6	10.3
2	0.308	13.3	13.4	13.5	13.5	0.789	19.0	15.0	11.5	10.3
3	0.244	13.0	13.1	13.2	13.2	0.684	18.5	14.8	11.5	10.2
4	0.179	12.7	12.8	13.0	12.9	0.605	18.1	14.6	11.4	10.1
5	0.103	12.3	12.5	12.6	12.5	0.526	17.7	14.5	11.4	10.1
6	0.051	12.1	12.3	12.4	12.3	0.421	17.1	14.3	11.3	10.0
7	0.013	11.9	12.1	12.2	12.1	0.342	16.7	14.1	11.2	10.0
8	0.000	11.9	12.1	12.2	12.0	0.289	16.5	14.0	11.2	9.9
9	0.013	11.9	12.1	12.2	12.1	0.263	16.3	13.9	11.2	9.9
10	0.103	12.3	12.5	12.6	12.5	0.184	15.9	13.8	11.1	9.9
11	0.269	13.1	13.2	13.3	13.3	0.184	15.9	13.8	11.1	9.9
12	0.436	13.9	13.9	14.0	14.1	0.184	15.9	13.8	11.1	9.9
13	0.603	14.7	14.6	14.8	15.0	0.184	15.9	13.8	11.1	9.9
14	0.769	15.4	15.3	15.5	15.8	0.237	16.2	13.9	11.2	9.9
15	0.885	15.9	15.7	15.9	16.3	0.289	16.5	14.0	11.2	9.9
16	0.962	16.3	16.1	16.3	16.7	0.289	16.5	14.0	11.2	9.9
17	1.000	16.5	16.2	16.4	16.9	0.289	16.5	14.0	11.2	9.9
18	0.974	16.3	16.1	16.3	16.8	0.289	16.5	14.0	11.2	9.9
19	0.923	16.1	15.9	16.1	16.5	0.184	15.9	13.8	11.1	9.9
20	0.821	15.6	15.5	15.7	16.0	0.158	15.8	13.7	11.1	9.8
21	0.744	15.3	15.2	15.4	15.7	0.105	15.5	13.6	11.1	9.8
22	0.654	14.9	14.8	15.0	15.2	0.105	15.5	13.6	11.1	9.8
23	0.577	14.5	14.5	14.7	14.9	0.000	15.0	13.4	11.0	9.7

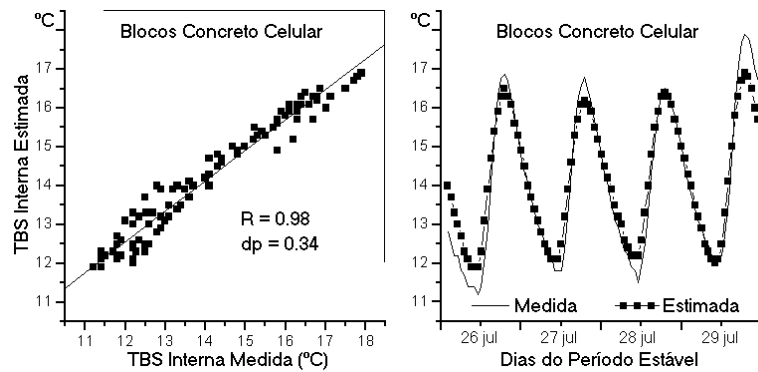


Figura 9: Período Estável. Temperaturas internas medidas e estimadas com base em máximas e mínimas previstas por Givoni (Blocos de Concreto Celular).

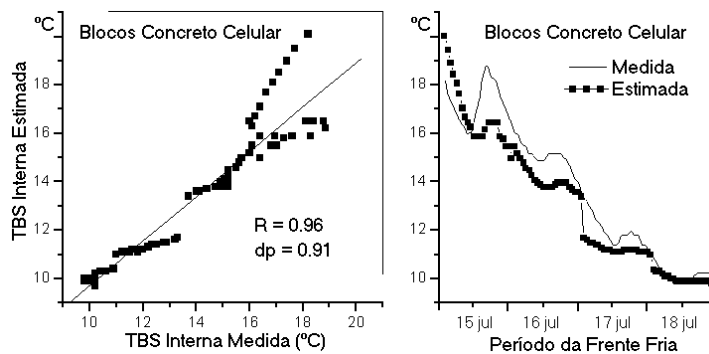


Figura 10: Frente Fria. Temperaturas internas medidas e estimadas com base em máximas e mínimas previstas por Givoni (Blocos de Concreto Celular).

MODO 2: Predições horárias da temperatura interna com base em suas máximas e mínimas medidas (Figuras 11 e 12).

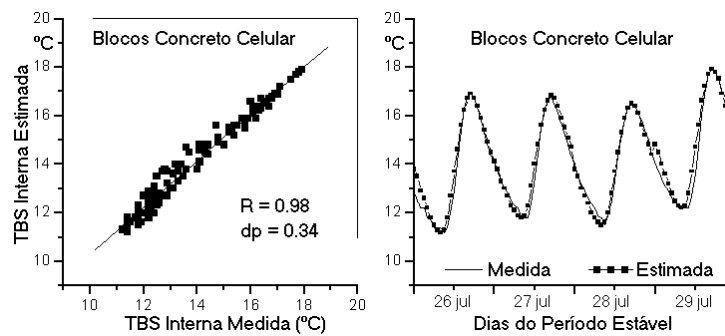


Figura 11: Período Estável - Temperaturas internas medidas e estimadas com base em máximas e mínimas medidas (Blocos de Concreto Celular)

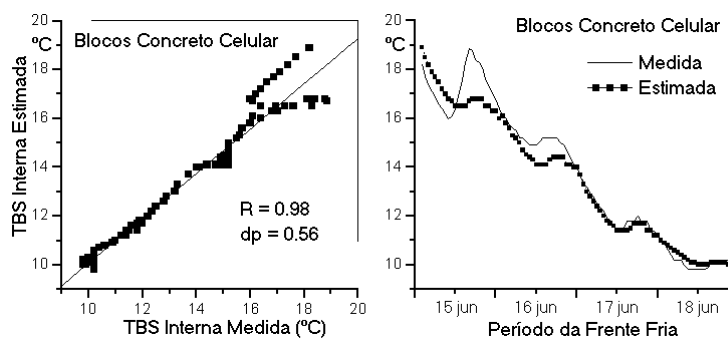


Figura 12: Frente Fria - Temperaturas internas medidas e estimadas com base em máximas e mínimas medidas (Blocos de Concreto Celular).

A figura 13 apresenta os resultados dos cálculos para as células-teste de tijolos cerâmicos e blocos de concreto vazados, considerando a situação do período estável.

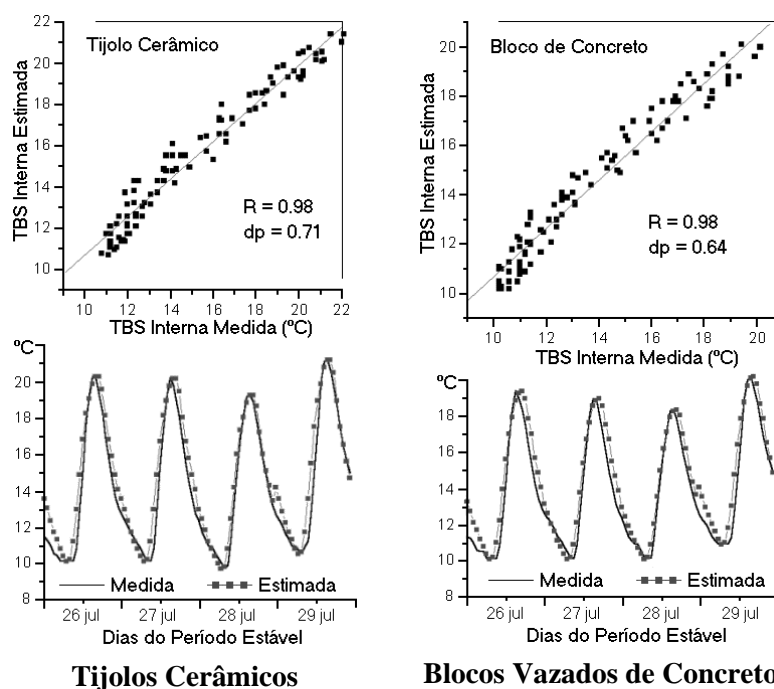


Figura 13: Período Estável - Temperaturas internas medidas e estimadas com base em máximas e mínimas medidas

6. CONCLUSÕES

Apresentou-se um procedimento para desenvolvimento de equações preditivas, com base horária, para temperaturas do ar no interior de edificações, bem como exemplos de aplicação do mesmo na avaliação do desempenho térmico de células-teste de três tipologias construtivas, submetidas a diferentes situações climáticas.

Os exemplos sugerem que o método oferece resultados bastante satisfatórios, mesmo para períodos com instabilidade climática. Dos diversos casos estudados, em apenas um o coeficiente de correlação foi de 0.96, sendo que em todos os outros este coeficiente chegou a 0.98. O maior desvio-padrão foi inferior a 1°C.

Equações preditivas de base diária, conforme as que vêm sendo estudadas por Givoni, são extremamente simples de se obter, bastando poucos dados sobre o comportamento térmico de edificações. A partir dos valores preditos ou medidos das mínimas e máximas diárias, o método aqui apresentado permite estimar a distribuição das temperaturas internas ao longo das horas do dia, através da identificação de padrões de relação entre temperaturas internas e externas. Este tipo de detalhamento tem amplo campo de aplicação nos estudos sobre desempenho térmico de edificações e conforto ambiental, permitindo comparações expeditas entre diferentes alternativas construtivas.

Quanto ao uso de protótipos em escala reduzida, como os enfocados neste estudo, deve-se ressaltar a sua importância na avaliação de materiais não-convencionais, dos quais não se tem conhecimento prévio sobre suas características térmicas. O uso de protótipos de pequena escala para testes de materiais e componentes ocorre desde a Segunda Guerra Mundial, sendo as “test cells” construídas em Los Alamos consideradas as precursoras (LITTLER, 1993). Dentre os fatores considerados por Littler como desfavoráveis ao emprego de protótipos em escala real, o custo relacionado à sua construção dificultaria a sua replicação. Por esse motivo, optou-se pela construção de células-teste de execução mais simplificada, na escala 1m × 1m × 1m, que puderam ser confeccionadas com menor custo.

A opção por tamanho reduzido, porém, apresenta restrições. A principal delas está relacionada à sua inadequação quando se toma fluxos convectivos como parâmetro de avaliação. Neste sentido, as comparações realizadas entre diferentes tipos de materiais de parede ou cobertura devem ser consideradas entre si (ou com protótipos construídos nas mesmas dimensões), devendo-se tomar cuidado com analogias com edificações em maior escala. Considerando que a configuração das células-teste é extremamente simples, a diferença encontrada nos resultados deve-se ao efeito do que se está analisando no momento, no caso, os materiais constituintes de parede. A avaliação poderá então ser feita quanto às diferenças encontradas quanto a determinado padrão de referência, por exemplo, a célula de alvenaria.

O padrão adotado de 1m × 1m × 1m baseou-se em discussões realizadas com Baruch Givoni, chegando-se a uma dimensão mínima de cerca de 1m³ de volume interno, de modo a limitar o denominado “corner effect”, evitando o risco de vértices e arestas do protótipo exercerem influências muito significativas sobre os fluxos térmicos que ocorrem através dos próprios painéis de 1m² considerados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

DORNELLES, K. A.; RORIZ, M. (2003) Thermal Inertia, Comfort and Energy Consumption in Buildings: A Case Study in Brazil. *In: PLEA 2003. Proceedings*. Santiago de Chile: Universidad Católica de Chile.

GIVONI, B. (1999). Minimum climatic information needed to predict performance of passive buildings in hot climates. *In: The 16th International Conference on Passive and Low Energy Architecture. Proceedings*. Brisbane, Austrália: PLEA International. p. 197-202.

KRÜGER, E.L.; GIVONI, B.; CHENG, V.; RORIZ, M. (2004) Predicting Indoor Temperatures and Thermal Performance of Test Cells. *In: 35TH CONGRESS ON HEATING, REFRIGERATING AND AIR-CONDITIONING (HVAC &R). Proceedings*. Belgrado - Servia: Union of Mechanical and Electrical Engineers and Technicians of Serbia, v. 1, p. 339-350.

LITTLER, J. (1993) Test Cells: Do We Need Them? *In: Building and Environment*, Vol. 28, N.2, p. 221-228.

PAPST, A.L. (2004) **Método Estimativo da Temperatura Interna em Edificações Residenciais em Uso**. Florianópolis, Universidade Federal de Santa Catarina, 137 p. Tese de Doutorado, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da UFSC. Florianópolis, 17/02/2004.