

O uso de equações preditivas na avaliação do desempenho térmico de um protótipo habitacional constituído de materiais alternativos

The use of predictive equations in the thermal performance evaluation of a residential prototype built with alternative materials

Eduardo Leite Krüger

Resumo

Partindo-se de dados medidos de temperatura interna e externa a uma edificação, pode-se gerar equações preditivas que forneçam uma informação inicial quanto à temperatura a ser alcançada pelo ambiente interno. Esse método oferece um retrato do comportamento térmico de um ambiente com relativa precisão, a partir de poucas variáveis ambientais, dispensando simulações de desempenho. Além disso, como as equações representam o padrão de relações entre o interior e o exterior de determinada edificação de forma puramente matemática, é possibilitada a avaliação de desempenho térmico quando se considera condições climáticas diferentes das originais. Neste artigo, apresenta-se pormenorizadamente o método empregado para a criação de equações preditivas para um protótipo habitacional constituído de material alternativo. São apresentados os resultados de um monitoramento térmico, realizado em dois períodos distintos: no verão e no inverno do ano de 2002. A partir desses resultados, foram geradas as equações e realizadas avaliações de desempenho considerando um período mais abrangente e mais significativo, no caso, o ano climático de referência (TRY) de Curitiba.

Palavras-chave: Predições de temperatura; materiais de construção alternativos; habitação popular.

Abstract

It is possible to generate predictive equations that provide initial information on the temperature to be reached by indoor environments, based on outdoor and indoor temperature measurements of buildings. This method offers a relatively precise picture of the thermal behaviour of an environment, based on few environmental variables, without the need for performance simulations. Moreover, the equations represent the pattern of relations between indoor and outdoor conditions of a building in a purely mathematical way, allowing the evaluation of thermal performance of climatic conditions different from the original. This paper presents the procedures of generating predictive equations for a residential prototype built with alternative materials. It presents the results of thermal monitoring of two different periods: summer and winter of 2002. Based on these results, the equations were generated and thermal performance evaluations were conducted for a broader and more significant period of time, the climatic reference year (TRY) for Curitiba.

Eduardo Leite Krueger
Departamento de Construção
Civil
Centro Federal de Educação
Tecnológica do Paraná
Av. Sete de Setembro, 3165
CEP 80230-901 Curitiba - PR.
e-mail:
krueger@ppgte.cefetpr.br

Recebido em 30/10/02
Aceito em 15/02/02

Keywords: Temperature predictions; alternative building materials; low-cost housing.

Equações preditivas

O procedimento de obtenção de equações preditivas para habitações monitoradas desenvolveu-se a partir da pesquisa de Givoni (1999), que demonstrou a possibilidade de utilizá-las para se prever as temperaturas internas de moradias não habitadas com dados diários da temperatura externa do ambiente. Estas fórmulas foram desenvolvidas após exaustivas medições em duas pequenas habitações (25 m²), localizadas em Pala, no Sul da Califórnia. As medições experimentais de temperatura foram feitas ao longo de dois anos, sob diversas condições, variando-se o grau de sombreamento de janelas das habitações, ventilação e iluminação e cores das paredes e telhados. Demonstrou-se, nessa pesquisa, que as temperaturas internas máximas e médias diárias das habitações sem moradores de cada sistema construtivo específico poderiam ser preditas com base somente nos dados de temperatura média externa. A adição da influência da radiação solar pouco contribuiu para melhorar a exatidão dos valores obtidos pelas equações. Exemplificando, a equação da temperatura interna máxima pode ser predita pela fórmula (Equação 1):

$$T_{\max, \text{int}} = GT_{\text{avg, ext}} + \text{Del}T + k * (T_{\text{avg, ext}} - GT_{\text{avg, ext}}) \quad (1)$$

Onde:

$T_{\max, \text{int}}$ – temperatura máxima interna do dia analisado;

$GT_{\text{avg, ext}}$ – temperatura média externa no período analisado;

$\text{Del}T$ – elevação média da temperatura máxima interna sobre a média da temperatura externa;

k – razão da variação diária entre a máxima interna e a média externa;

$T_{\text{avg, ext}}$ – temperatura média externa do dia analisado.

As temperaturas das moradias com ocupação sofrem influências de seus moradores, pois estes controlam a abertura mediante o controle de janelas, alterando o grau de sombreamento e ventilação de acordo com as suas necessidades. Givoni e Vecchia (2001) verificaram que estas mesmas fórmulas poderiam ser utilizadas para residências habitadas e sem o uso de aparelhos de ar condicionado. O monitoramento da temperatura interna foi realizado em duas habitações populares localizadas em Descalvado (SP), de 50 m², com moradores, havendo portanto a interferência destes sobre a temperatura interna.

Assim, estas equações funcionam como uma marca de cada habitação, através da qual é possível prever a sua temperatura interna a partir de poucos dados da temperatura exterior. A partir delas, determina-se as temperaturas internas máximas, mínimas e médias diárias da edificação, caso o ambiente em análise seja bem conhecido.

Esta mesma metodologia foi aplicada para casas de baixo custo construídas na Vila Tecnológica de Curitiba, monitoradas por Krüger e Dumke (2001). Estas casas são de diferentes sistemas construtivos e com diferentes propriedades térmicas, não havendo nelas nenhum sistema de ar condicionado ou aquecimento. As medições das temperaturas internas foram feitas com as residências ocupadas. Foram geradas equações para três habitações e os resultados das mesmas em termos de temperatura interna foram comparados a simulações computacionais (KRÜGER; GIVONI, 2002; KOMENO, 2002), utilizando-se o software francês COMFIE e o brasileiro ARQUITROP. A comparação entre os resultados de ambos os métodos mostrou resultados satisfatórios, comprovando-se a eficácia das equações quando se trata de valores diários da temperatura ambiente.

Neste artigo, apresenta-se pormenorizadamente o método empregado para a criação de equações preditivas para um protótipo habitacional. A partir do monitoramento de temperaturas em uma habitação constituída de material alternativo, é apresentado o procedimento de geração das equações. A partir delas, foram realizadas avaliações de desempenho, considerando o ano climático de referência (TRY) de Curitiba. Para essas avaliações, utilizou-se o parâmetro somatório dos graus-dia e o método de classificação de habitações térreas de interesse social adotado pelo IPT (1998).

Blocos ISOPET

Os blocos ISOPET foram desenvolvidos no Departamento de Construção Civil da Unidade de Curitiba do CEFET-PR (Centro Federal de Educação Tecnológica do Paraná). Trata-se de um material alternativo na forma de compósito, contemplando o reaproveitamento (sem gasto de energia) do isopor e de garrafas plásticas.

Quanto à sua constituição, os blocos ISOPET são confeccionados em concreto leve com EPS utilizando em seu interior garrafas plásticas inteiras, devidamente tampadas e posicionadas na vertical ou na horizontal. Os blocos apresentam

encaixes laterais em forma de macho e fêmea que geram o intertravamento, não sendo necessária a utilização de argamassa nas uniões. Possuem ainda canaletas, que substituem as fôrmas na moldagem de vergas, contra-vergas e cintas de amarração. Os blocos possuem as seguintes dimensões: 40cm×40cm×15cm com e sem canaleta, pesando em média 12 kg; 40×20×15 cm com e sem canaleta, pesando em média 6 kg.

A avaliação de desempenho térmico foi realizada a partir de um protótipo habitacional de aproximadamente 15 m² de área interna (Figura 1), construído com os blocos ISOPET. Para confeccionar esta unidade, retirou-se do meio ambiente 875 garrafas plásticas de 2 litros do tipo PET e 17m³ de EPS (isopor), totalizando 365 blocos. Houve a utilização do pneu em forma de raspa, produto originado do processo da recauchutagem dos mesmos. A raspa foi aplicada como parte do agregado miúdo, na execução do contra-piso, para diminuir a absorção de umidade.

Monitoramento de temperatura e umidade

Para as medições, foram utilizados aparelhos registradores (*data-loggers*) de temperatura e umidade relativa do ar do tipo HOBO Temp/RH. As medições abrangeram o período de 4 de fevereiro a 9 de março de 2002 (verão) e de 29 de julho a 4 de setembro (inverno). Os aparelhos foram programados para medir a temperatura e umidade a cada 5 minutos, sendo os dados coletados integrados para uma hora. Externamente, um *data-logger* de temperatura e umidade foi disposto na fachada Sul e protegido do vento e da radiação solar direta. Internamente, foram posicionados nove sensores uniformemente distribuídos nos dois ambientes internos (Figura 1: sala e BWC –com paredes não recobertas por azulejos), a fim de se determinar a melhor localização do sensor a ser adotado como referência.

Comparação dos resultados obtidos nos nove pontos de medição adotados

Os sensores foram posicionados em nove localizações do ambiente interno (conforme a Figura 1). Longitudinalmente, foram adotados espaçamentos de 1,25 m, perfazendo-se três fileiras nos 5 m de comprimento do ambiente. No outro sentido, procurou-se adotar espaçamento de 1 m das paredes externas, posicionando-se três sensores no centro geométrico do ambiente a

diferentes alturas: 0,65 m, 1,30 m e 1,95 m do piso (para um pé-direito de 2,60 m). Com exceção destes pontos centrais, os demais sensores internos situavam-se à meia altura entre o piso e o teto (1,30 m). O sensor externo foi posicionado na área coberta da churrasqueira, voltada para o Sul. Os resultados dessas medições, para a situação de verão, podem ser visualizados na Figura 2.

Apesar da temperatura média ambiente para o período completo de monitoramento situar-se em torno de 22,5°C, há alguma variação desse valor médio. As diferenças mais marcantes, entretanto, referem-se às temperaturas máximas. Desta forma, enquanto os pontos 3, 5, 7, 8 e 9 apresentam máximas semelhantes, o ponto 2, situado no banheiro e fixado à parede, apresenta uma diferença de cerca de 2 K em relação à média das máximas desses pontos. O ponto 6, situado no centro do ambiente, porém a 1,90 m do piso, apresentou valor elevado, aproximadamente 1 K acima da média das máximas dos demais pontos. O ponto 4, situado no centro do ambiente e a 0,65m do piso, apresentou máxima também inferior à dos referidos pontos (3, 5, 7, 8 e 9), o mesmo ocorrendo com o ponto 1, situado no banheiro, junto à parede. Percebe-se, assim, o efeito dos gradientes de temperatura em função da altura, seguindo a tendência do ar mais quente, menos denso, subir, e da inércia das paredes, que mantém a temperatura em níveis mais estáveis de temperatura (note-se que, quanto às temperaturas mínimas, os pontos 1 e 2 apresentaram os valores mais altos). Em virtude dessas diferenças, tomou-se o ponto central (ponto 5), situado a 1,30m do piso como referência para a temperatura interna.

Medições de verão

A Figura 3 apresenta as curvas de evolução da temperatura do ar, em situação de verão, resultantes do monitoramento *in situ*. Nota-se, no gráfico acima, a capacidade do protótipo de amortizar os picos de temperatura que ocorrem no exterior. Observe-se que o protótipo permaneceu com as janelas encobertas (sombreadas) e sem ventilação durante todo o período de monitoramento. Enquanto que, externamente, a temperatura atingiu um valor mínimo de 15,6°C (característico da condição de frio, considerando-se os limites estabelecidos para conforto), no interior do anexo, a mínima não foi inferior a 18°C, ou seja, dentro da faixa de conforto, que vai de 18 a 29°C (GIVONI, 1992). Quanto aos picos por temperaturas elevadas, a máxima externa excede os limites de conforto, enquanto que, internamente, estes não são atingidos.

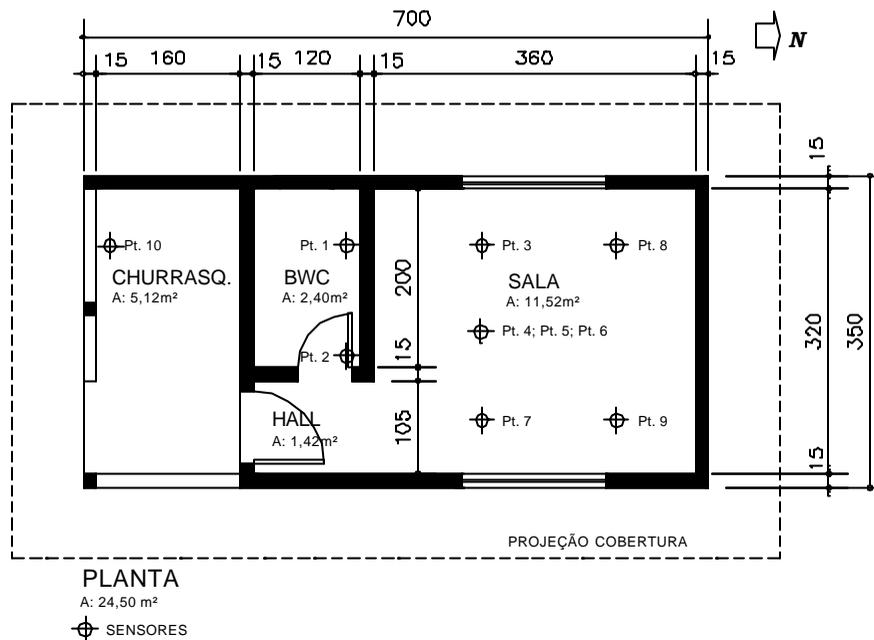


Figura 1 - Planta baixa do protótipo

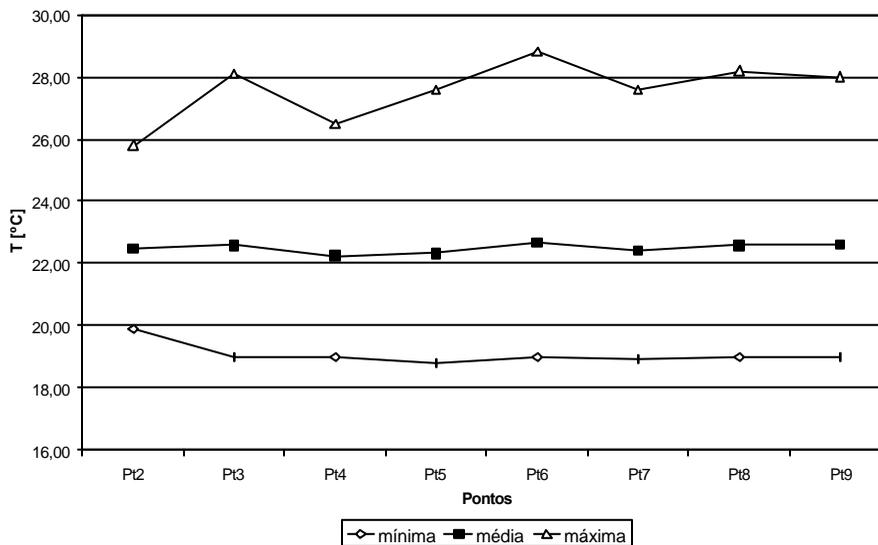


Figura 2 - Temperaturas médias, mínimas e máximas absolutas para os nove pontos de medição enquanto que, internamente, estes não são atingidos

Medições de inverno

A Figura 4 apresenta os resultados do monitoramento do protótipo durante o inverno. De forma semelhante à situação de verão, observa-se a capacidade do protótipo de amortizar as mínimas temperaturas que ocorrem no exterior. Da mesma forma que no verão, sombreou-se as janelas e se

mantve o ambiente sem ventilação durante o período de monitoramento. A amortização maior foi quanto às mínimas, já que não havia renovação do ar. No entanto, verificou-se que os picos de temperatura observados externamente não foram em momento algum ultrapassados no interior do protótipo. A máxima interna foi de 24.9°C (a externa foi de 26.3°C) e a diferença máxima obtida entre exterior e ambiente foi de 4.5K.

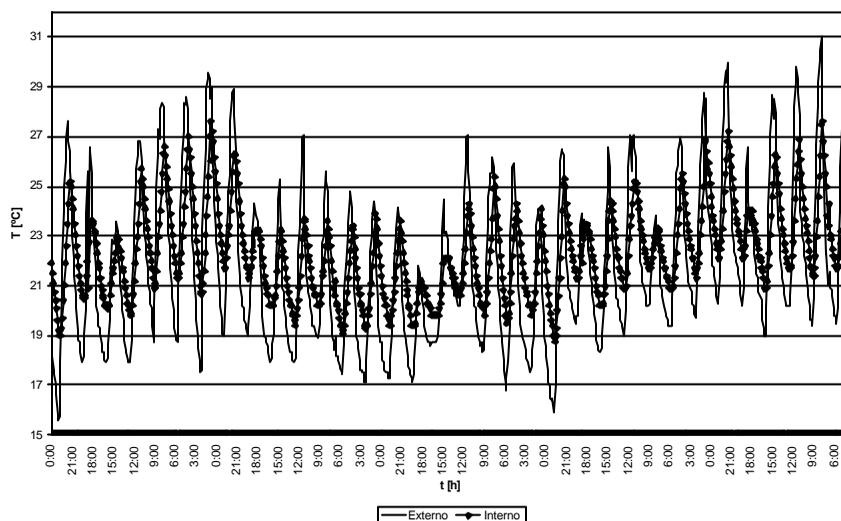


Figura 3 - Curvas de evolução da temperatura interna e externa (verão)

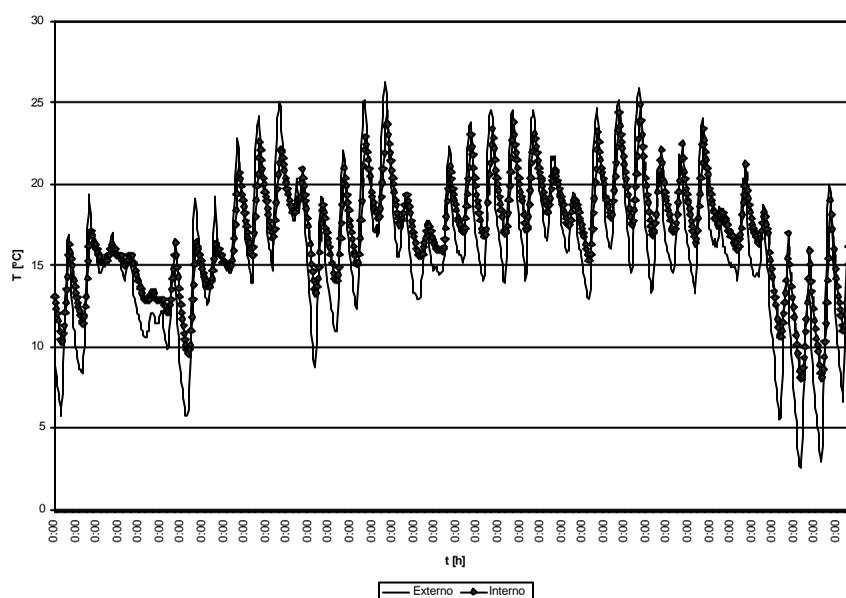


Figura 4 - Curvas de evolução da temperatura interna e externa (inverno)

Metodologia adotada para geração das equações preditivas

O primeiro passo para criação de equações de regressão linear (neste caso, trata-se de equações de regressão obtidas através de análise de regressão múltipla) é definir quais as principais variáveis independentes que fornecerão os resultados. Para a obtenção da temperatura mínima, média ou máxima interna diária, pode-se

partir da mínima, da média ou da máxima externa, agregando-se ainda o valor da média para o período (GT – média das temperaturas máximas, médias ou mínimas externas no período analisado, conforme Equação 1). Desta forma, é importante que se observe graficamente o padrão de relação existente entre as curvas de temperatura interna e externa, definindo-se, assim, a partir de qual variável se efetuará a regressão. No caso da habitação executada com os blocos ISOPET, as Figuras 5, 6 e 7 apresentam a relação entre a temperatura interna e a externa para os períodos de monitoramento.

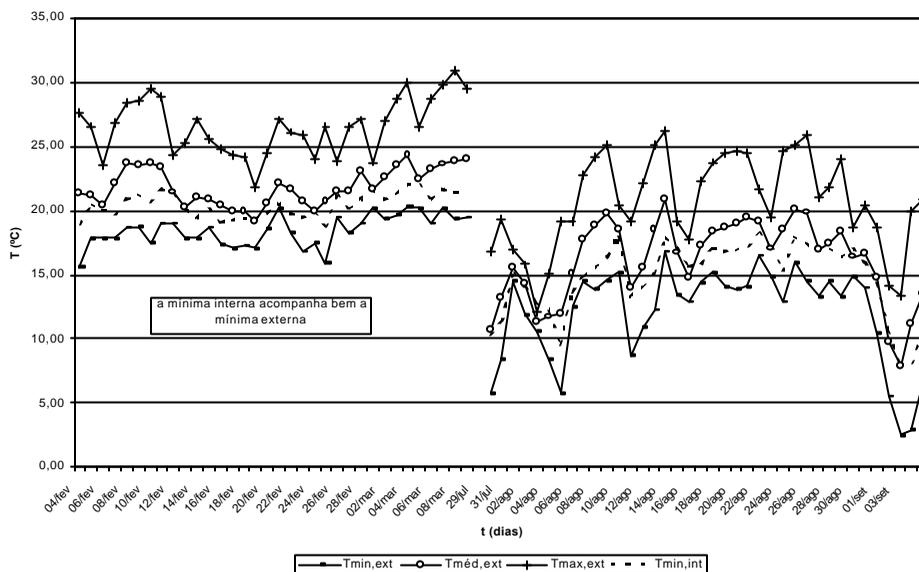


Figura 5 - Padrão de relações entre temperatura mínima interna e mínima, média e máxima externas

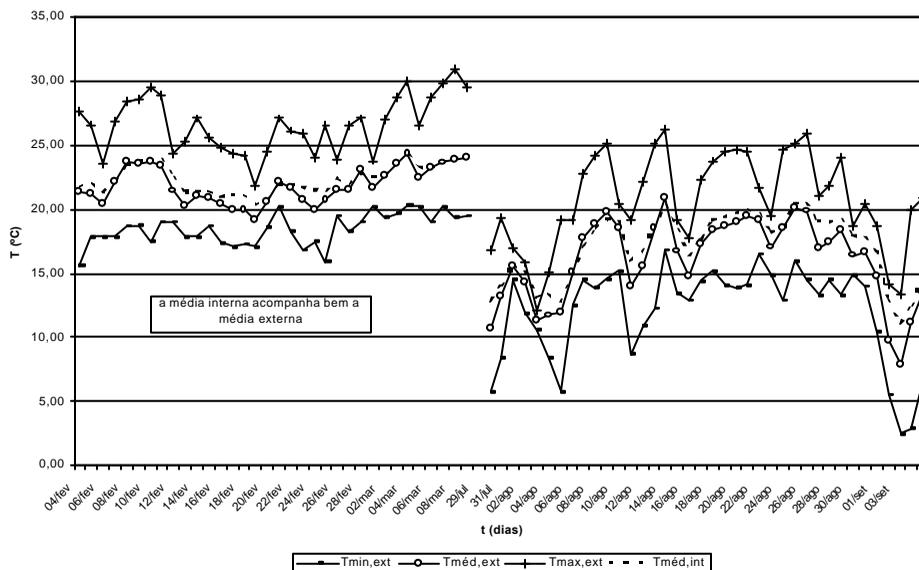


Figura 6 - Padrão de relações entre temperatura média interna e mínima, média e máxima externas

Conforme observado nas curvas de temperatura interna e externa diárias relativas aos períodos de monitoramento (verão e inverno): a temperatura mínima interna aproxima-se mais da mínima externa; a temperatura média interna da média externa; e a temperatura máxima interna da máxima externa, mas também da média externa.

O programa utilizado para a análise de regressão múltipla foi o Sphinx, versão 2.09k (de fevereiro de 1999). As variáveis independentes adotadas foram, de acordo com a situação, a temperatura

mínima, média ou máxima diária externa e as médias para os períodos (GT). Assim, se obteve as equações apresentadas na Quadro 1.

Para a temperatura mínima interna, adotou-se também o formato utilizado por Givoni et al (2002), no qual considera-se a média do dia anterior ($T_{\text{avg}(n-1), \text{ext}}$). Uma comparação estatística entre os resultados das medições para as temperaturas internas e os resultados obtidos através das equações pode ser verificada na Tabela 1.

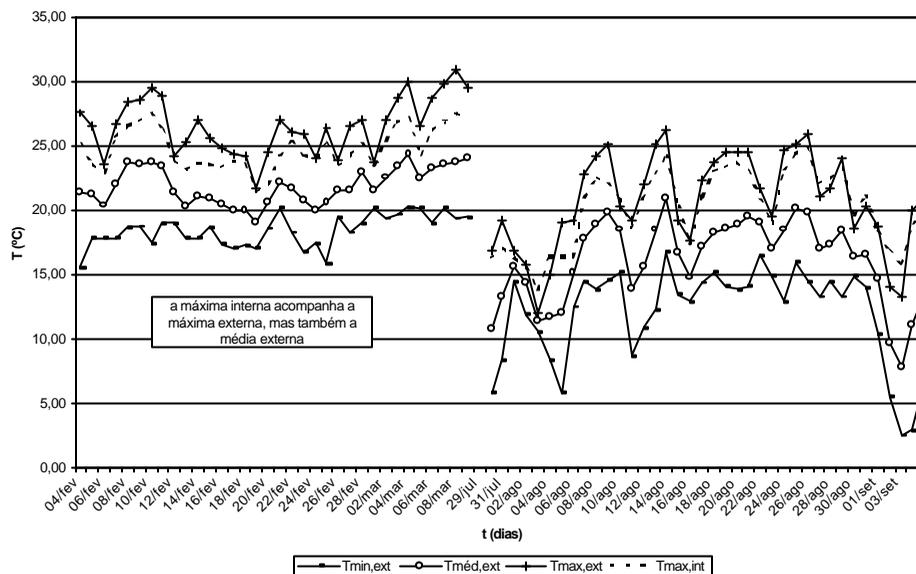


Figura 7 - Padrão de relações entre temperaturas máxima interna e mínima, média e máxima externas

Temperatura mínima interna	$T_{\min 1, \text{int}} = 0,927 * GT_{\min, \text{ext}} + 0,73 * (T_{\min, \text{ext}} - GT_{\min, \text{ext}}) + 3,55$
	$T_{\min 2, \text{int}} = 0,857 * GT_{\min, \text{ext}} + 0,816 * (T_{\min, \text{ext}} - GT_{\min, \text{ext}}) + 0,288 * (T_{\text{avg}(n-1), \text{ext}} - T_{\min, \text{ext}}) + 3,55$
Temperatura média interna	$T_{\text{avg}, \text{int}} = 0,851 * GT_{\text{avg}, \text{ext}} + 0,602 * (T_{\text{avg}, \text{ext}} - GT_{\text{avg}, \text{ext}}) + 3,55$
Temperatura máxima interna	$T_{\max 1, \text{int}} = 0,802 * GT_{\max, \text{ext}} + 0,738 * (T_{\max, \text{ext}} - GT_{\max, \text{ext}}) + 3,55$
	$T_{\max 2, \text{int}} = GT_{\text{avg}, \text{ext}} + 0,819 * (T_{\text{avg}, \text{ext}} - GT_{\text{avg}, \text{ext}}) + 3,55$

Quadro 1- Equações preditivas para as temperaturas mínima, média ou máxima diárias internas da habitação realizadas com os blocos ISOPET

Equação preditiva	Coefficiente de determinação (R ²)
$T_{\min 1, \text{int}}$	0,9718
$T_{\min 2, \text{int}}$	0,9899
$T_{\text{avg}, \text{int}}$	0,9690
$T_{\max 1, \text{int}}$	0,9302
$T_{\max 2, \text{int}}$	0,8563

Tabela 1 - Coeficientes de determinação obtidos na comparação entre os resultados das medições para as temperaturas internas e os resultados obtidos através das equações

Observa-se que, excetuando-se a equação obtida para a temperatura máxima a partir da média externa, todas as comparações atingiram um coeficiente de determinação superior a 0,90, apontando um razoável grau de fidedignidade das equações quanto à predição das temperaturas diárias no interior da edificação.

Avaliação do desempenho térmico da moradia

Uma vez obtidas boas correlações entre a predição e os dados advindos de monitoramento, passou-se à avaliação do protótipo, considerando um período mais abrangente e mais significativo, no caso, o ano climático de referência (TRY) de Curitiba. A opção pelo TRY está relacionada ao fato de se poder transformar dados climáticos horários em valores diários, com relativa precisão.

Com os dados do TRY de Curitiba, utilizou-se as três equações obtidas (no caso, $T_{\min 2, \text{int}}$, $T_{\text{avg}, \text{int}}$ e $T_{\max 1, \text{int}}$, que obtiveram os maiores coeficientes de determinação), inserindo-se nas mesmas dados da temperatura externa, o que possibilitou encontrar as temperaturas máximas, mínimas e médias internas para todos os dias do ano.

Apresentação e análise dos resultados: o uso de equações preditivas na avaliação de desempenho térmico

Aplicação do Ano Climático às equações

A obtenção dos resultados da temperatura interna é possível com a inclusão da temperatura externa às equações, sendo esta a única variável necessária para se obter os resultados. Assim, para cada dia do ano climático de Curitiba, foi necessário identificar as temperaturas máxima, mínima e média. Após identificados esses valores, separou-se os dados pelos grupos de meses do ano. Obteve-se, então, para cada mês, os valores da média das temperaturas máximas, médias e mínimas diárias do período. Esses valores representam $GT_{max, ext}$, $GT_{avg, ext}$ e $GT_{min, ext}$, que são as médias mensais (máxima, média e mínima, respectivamente), utilizadas para a determinação da temperatura interna do protótipo.

Avaliação de desempenho segundo o parâmetro somatório dos graus-dia

Para a avaliação do desempenho térmico do protótipo, utilizou-se o método somatório dos graus-dia, adotado para determinar a demanda anual de energia requerida para aquecimento ou refrigeração de modo a assegurar condições habitáveis de conforto. É um parâmetro climático definido como o somatório da diferença da temperatura interior média para uma temperatura base, que corresponde aos intervalos limite de conforto. Para a realização da análise das habitações, considerou-se a temperatura base

(T_{base}) igual à temperatura de $18^{\circ}C$ para aquecimento e de $24^{\circ}C$ para refrigeração.

Para cada dia do ano, determinou-se a diferença ($18^{\circ}C - T_{avg, int}$), realizando-se o somatório para cada mês. A Figura 8 apresenta o gráfico com os resultados do somatório dos graus-dia para aquecimento e resfriamento (diferença $T_{avg, int} - 24^{\circ}C$) no protótipo, considerando-se o ano climático de Curitiba.

Principalmente no inverno (condição característica de desconforto térmico em Curitiba), verifica-se um visível amortecimento das condições externas (em média, a metade do somatório dos graus-dia de aquecimento), por parte do protótipo analisado, confirmando resultados verificados nas medições *in loco*. Quanto ao somatório dos graus-dia de refrigeração, tanto interna quanto externamente, os valores foram próximos a zero.

Classificação das habitações pelo método do IPT

A partir dos resultados das equações preditivas máximas e mínimas, é possível também avaliar qualitativamente o protótipo pelo critério do IPT, indicado para a avaliação de habitações térreas de interesse social (IPT, 1998). Essa avaliação foi realizada utilizando-se as equações de temperatura máxima e mínima internas, obtendo-se o somatório dos dias em que o protótipo pode ser classificado segundo os níveis de desempenho A, B ou C. Os intervalos de temperatura para cada nível, considerando os períodos de inverno e de verão, encontram-se na Tabela 2.

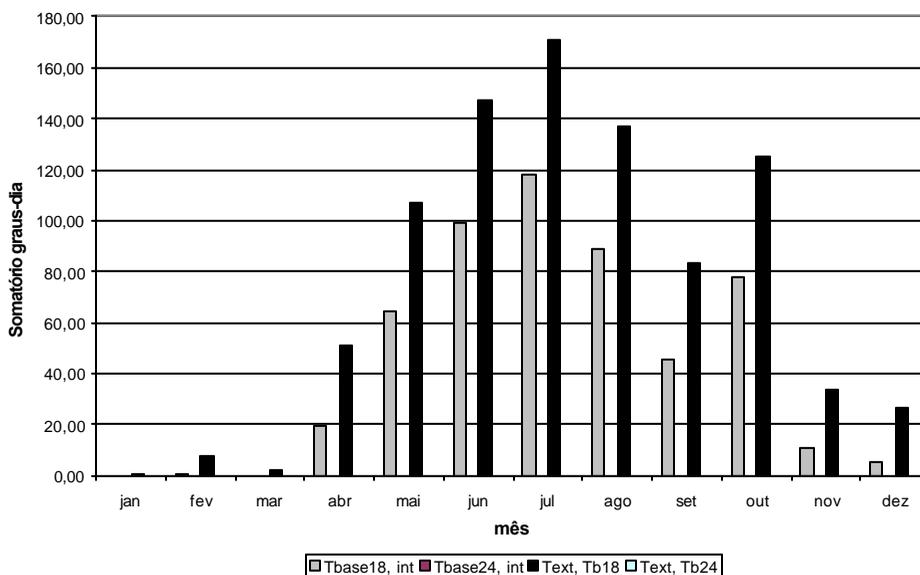


Figura 8 - Gráfico do somatório mensal dos graus-dia de aquecimento e resfriamento para o protótipo constituído de blocos ISOPET perante as condições climáticas de Curitiba

Período	A	B	C
Verão	$T_{int} > 29^{\circ}\text{C}$	$29^{\circ}\text{C} < T_{int} < T_{m\acute{a}x,ext}$	$T_{int} > T_{m\acute{a}x,ext}$
Inverno	$T_{int} < 17^{\circ}\text{C}$	$17^{\circ}\text{C} > T_{int} > 12^{\circ}\text{C}$	$T_{int} < 12^{\circ}\text{C}$

Onde:

$T_{m\acute{a}x,ext}$: valor máximo diário da temperatura do ar exterior

T_{int} : temperatura interna (adotou-se a máxima ou a mínima, para verão e inverno, respectivamente)

Tabela 2 - Intervalos de temperatura dos níveis de desempenho do IPT (1998)

Período	A	B	C
Verão	365	0	0
Inverno	119	185	61

Tabela 3 - Classificação segundo níveis de desempenho do IPT (1998)

Avaliando-se o protótipo pelo critério do IPT, obteve-se os seguintes resultados (Tabela 3).

De forma semelhante à análise segundo o parâmetro somatório dos graus-dia, o desconforto se apresenta de forma significativa apenas no período frio. Entretanto, mesmo sob essas condições, o protótipo apresenta desempenho razoável, concentrando-se no nível de desempenho B.

Considerações finais

As equações preditivas se apresentam como uma forma alternativa de caracterizar o desempenho de uma habitação para a qual foi realizado um monitoramento térmico. Com essas equações e utilizando-se o parâmetro somatório dos graus-dia e o método do IPT, é possível, ainda, avaliar o desempenho térmico de uma habitação para condições climáticas que não as do período de monitoramento. É um método facilmente utilizável, pois considera como variável somente a temperatura externa para a obtenção da temperatura interna, não necessitando de softwares sofisticados para a avaliação de desempenho.

Desta forma, uma vez que se disponha de informações climáticas quanto à temperatura do ar em diversas localidades do território nacional, é possível avaliar o desempenho de habitações populares, devidamente monitoradas e para as quais se determinou tais equações, considerando-se dados climáticos diversos. No caso brasileiro, onde sistemas construtivos destinados à habitação popular são adotados indiscriminadamente em regiões de condições climáticas distintas, as equações preditivas podem contribuir para uma melhor adequação climática das mesmas, contribuindo para melhores padrões de habitabilidade da população de baixa renda.

Pode-se recomendar as seguintes sugestões de pesquisa nesta área:

(a) comparação entre resultados de simulação de desempenho térmico com o de equações preditivas ao adotar-se condições climáticas diferentes das originais: avaliação do grau de fidedignidade das equações e simulações computacionais que levem em conta aspectos arquitetônicos, de ocupação e de uso de equipamentos;

(b) aferição das equações para um período diverso do monitoramento original, comparando-se os resultados obtidos em moradias habitadas e não-habitadas: verificação do efeito do uso das moradias na confiabilidade das equações;

(c) criação de equações preditivas considerando-se períodos diversos de monitoramento: definição de um período de tempo mínimo para obtenção de equações preditivas confiáveis.

Referências

GIVONI, B. Comfort, Climate analysis and building design guidelines. **Energy and Buildings**, Lausanne, v. 18, p.11-23, July 1992.

_____. Minimum climatic information needed to predict performance of passive buildings in hot climates. In: PASSIVE AND LOW ENERGY ARCHITECTURE CONFERENCE (PLEA), 1999, Brisbane. **Proceedings...** Brisbane: PLEA, 1999.

GIVONI, B.; VECCHIA, F. Predicting thermal performance of occupied houses. In: PASSIVE AND LOW ENERGY ARCHITECTURE CONFERENCE (PLEA), 2001, Florianópolis. **Proceedings...** Florianópolis: PLEA, UFSC, 2001.

GIVONI, B.; VECCHIA, F.; KRÜGER, E.L. Predicting thermal performance of housing types in developing countries with minimum climatic

data. In: WORLD CONGRESS OF RENEWABLE ENERGY, 7., Cologne. **Proceedings...** Cologne: WREN, 2002.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO (IPT). **Critérios mínimos de desempenho para habitações térreas de interesse social.** São Paulo: IPT, 1998.

KOMENO, M.K. **Avaliação do desempenho térmico de sistemas construtivos para habitações de interesse social com a utilização de equações preditivas e simulação por meio de software.** 2002. Trabalho de Conclusão (Graduação em Engenharia Civil) - Departamento

de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, 2002.

KRÜGER, E.L.; DUMKE, E.M.S. Thermal performance evaluation of the technological village of Curitiba, Brazil. In: PASSIVE AND LOW ENERGY ARCHITECTURE CONFERENCE (PLEA), 2001, Florianópolis. **Proceedings...** Florianópolis: PLEA, UFSC, 2001.

KRÜGER, E.L.; GIVONI, B. **Predicting thermal performance in occupied dwellings:** a case-study in Curitiba, Brazil. 2002. Artigo submetido ao Journal Energy and Buildings, em fase de revisão.