

DESEMPENHO TÉRMICO E CONSUMO DE ENERGIA EM EDIFÍCIOS DE ESCRITÓRIOS NA CIDADE DE CURITIBA: ANÁLISE DE DIFERENTES TIPOLOGIAS CONSTRUTIVAS.

Antonio Augusto de Paula Xavier (1); Ivan Azevedo Cardoso (2)

- (1) Programa de Pós Graduação em Engenharia de Produção e Departamento de Construção Civil da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR. e-mail: augustox@utfpr.edu.br
- (2) Departamento de Construção Civil da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR. e-mail: ivanac@utfpr.edu.br

RESUMO

O presente trabalho consistiu no estudo do desempenho térmico, características construtivas e consumo de energia de edifícios de escritórios com mais de 5 pavimentos, situados na cidade de Curitiba. Partindo de uma listagem inicial com mais de 200 edifícios, o levantamento dos dados construtivos considerou 39 edifícios na malha urbana de Curitiba, dentre os quais selecionaram-se 6 tipologias representativas para a análise termo-ambiental, através da utilização de aparelhos de medição de temperatura, umidade e levantamento de padrões de uso e ocupação de tais edificações. Os dados levantados foram analisados utilizando-se o software Analysis Bio, desenvolvido pelo LabEEE da UFSC, e comparados com os dados climáticos do ano de referência (TRY) da cidade de Curitiba, inseridos na Carta Bioclimática de Givoni, para países em desenvolvimento. Obteve-se como caso representativo, devido a sua maior incidência nos dados analisados, a seguinte tipologia: prédio alto, sem brise e área de janela por área de fachada maior que 50%. Concluiu-se que, assim como o esperado, as condições climáticas de desconforto, para a cidade de Curitiba, são predominantemente causadas por frio. O estudo mostrou que a maioria dos edifícios analisados encontram-se termicamente adequados, mais notadamente para o período de verão, pois o percentual de desconforto térmico verificado pela Carta bioclimática de Curitiba praticamente ficou inexistente no interior das edificações. Para o período de inverno, observou-se ainda um percentual de desconforto por frio no interior das edificações, porém este percentual foi significativamente amenizado quando comparado aos dados externos.

ABSTRACT

This paper aimed the study of the thermal performance, constructive trends and energy consumption of office buildings with more than 5th floor, located at Curitiba, Southern of Brazil. Initially were analyzed more than 200 buildings, but after the constructive data analysis were considered 39 buildings into Curitiba, and finally were selected 6 representatives constructive typologies, aiming the thermal and environmental analysis. Equipments for measurements of temperature and humidity were used for obtaining the environmental variables. The use and occupation of these buildings, were collected too. The obtained data were analyzed using Analysis Bio Software, developed by UFSC – LabEEE and were compared with TRY of Curitiba, through Givoni Bioclimatic Chart. The representative case, in this study, was high building, without external shading protection, and WWR bigger than 50%. The conclusions of the study showed that the mayor cause of thermal discomfort at Curitiba, are due the cold climate in winter. In summer the results showing that the buildings were more appropriated for human occupancy.

1 INTRODUÇÃO

A utilização de novos materiais e tecnologias como forma de identificar empreendimentos de grande valor ultrapassou o bom senso necessário para a construção de novas edificações. Com o uso massivo de aparelhos de condicionamento de ar e de iluminação, o consumo de energia elétrica tomou proporções grandiosas agravando o problema de fornecimento de energia. Especialmente a partir da década de 1970 e com o aumento da população na década de 80 e mais recentemente em 2001 com o chamado *apagão*, a situação energética no país vem recebendo especial atenção. Devido a tais preocupações, novas tendências construtivas estão surgindo, e aspectos como eficiência energética e conforto ambiental têm se tornado de extrema relevância no que diz respeito a novas tecnologias construtivas, evidenciando a necessidade de normalização das construções de novas edificações levando em consideração conceitos como eficiência energética atrelada ao conforto térmico. Desse modo, a necessidade de novos dados e parâmetros de condições ambientais nas edificações motivou a produção de trabalhos em todo o Brasil.

Para o estudo das metodologias de avaliação de conforto térmico de edificações diversos trabalhos vêm sendo desenvolvidos. No Brasil as contribuições da Universidade Federal de Santa Catarina a qual disponibilizou grande apoio à Comissão de Estudos de Desempenho Térmico de Edificações para o desenvolvimento de normas relacionadas ao assunto. Segundo NETO [2003], a estrutura da norma proposta é bastante abrangente e busca não encerrar os procedimentos para a criação de uma regulamentação de caráter nacional ou mesmo de regulamentações específicas para Estados e ou regiões. Janda e Busch [1992] levantaram dados sobre sessenta países com a finalidade de captar a experiência obtida em normalização de diversos países localizando áreas onde os resultados pudessem ser aplicados e desenvolvidos de forma eficaz.

Na busca por soluções energeticamente eficientes, partiu-se por adotar medidas passivas para a obtenção de conforto humano, ou seja, medidas que não envolvam dispêndio energético para tal. Para que isso se verifique, deve-se levar em consideração o local onde as edificações encontram-se localizadas, ou seja, sua região climática. Segundo Goulart et al. [1997], o clima de Curitiba, considerado como Sub-Tropical, apresenta uma característica única no Brasil de ser a capital mais fria de todas, fazendo com que em mais de 80% das horas do ano as pessoas sintam-se desconfortáveis do ponto de vista térmico, principalmente por frio.

Vários estudos de campo foram realizados, como os de Nicol [1993] e Humphreys [1995], objetivando buscar um modelo adaptativo de conforto térmico, baseado na utilização da temperatura externa média mensal como novo parâmetro de conforto. A utilização de parâmetros internacionais adaptados às regiões brasileiras, pode refletir de maneira errônea as condições reais de conforto térmico. Foram realizados outros estudos levando em consideração condições termo-ambientais e análises bioclimáticas através de equações preditivas [Xavier, 2000], [Kruger, 2003]. e também os estudos de programas de simulação termo-energética do Laboratório de Eficiência Energética em Edificações LABEEE da UFSC [GHISI e LAMBERTS, 1998].

O presente estudo se insere num trabalho mais amplo desenvolvido em 8 cidades brasileiras com a finalidade de estudar e levantar dados sobre edifícios de escritórios localizados em regiões distintas do Brasil.

2 OBJETIVOS

O objetivo do presente trabalho foi de coletar informações através de estudo em campo referentes aos edifícios de escritórios situados na cidade de Curitiba para obter parâmetros

térmicos e de consumo de energia, ligados ao clima local, fornecendo, conseqüentemente, alternativas para uma melhor adequação climática de tais edifícios. Através da obtenção de dados referentes às tipologias construtivas predominantes para edifícios de escritórios na cidade foi definida uma classificação tipológica para todas as edificações pesquisadas.

3 METODOLOGIA

Para a obtenção de dados referentes às tipologias de edifícios de escritórios presentes em Curitiba, foram levantados um total de 841 edificações com mais de 5 pavimentos, condição imposta para a realização da pesquisa em edifícios com elevador. Para o levantamento das características arquitetônicas, responsáveis pela formação das tipologias, foram feitas visitas em 39 edifícios, os quais foram agrupados em 21 tipologias diferentes, considerando 5 variáveis arquitetônicas. Por limitações experimentais em uma segunda fase, foram consideradas apenas três características arquitetônicas, para o estudo bioclimático de tipologias. As considerações feitas nesta etapa, deram origem a 6 tipologias, as quais foram compostas por meio da combinação entre as características referentes à altura do prédio, a presença de brise e a área de janela por área de fachada.

Após a separação dos edifícios nos grupos de tipologia, foi possível levantar os dados referentes ao padrão de ocupação de cada escritório presente em cada edifício representativo de uma das 6 tipologias elaboradas. Dessa forma, foram estudadas as atividades desempenhadas em cada edifício e obtivemos a relação de escritórios representativos em cada um. Para o levantamento dos dados termo-ambientais foram pesquisados 6 edifícios representativos das tipologias especificadas. Em cada edifício foram instalados aparelhos tipo HOB0 H8 Family, de medição de temperatura e umidade nos escritórios de maior representatividade. Juntamente com este aparelho utilizou-se o *software* BoxCar Pro 4.0 As medições foram feitas considerando a proximidade com os solstícios de verão e inverno. Foram aplicados questionários aos ocupantes dos escritórios para opinarem com respeito às condições de conforto.

Após as medições, foram organizadas planilhas contendo dados referentes às variações de temperatura e umidade interna de cada escritório. Juntamente com os dados climáticos externos fornecidos pelo SIMEPAR, foram confeccionados gráficos comparativos das variações térmicas internas aos escritórios frente às variações térmicas externas.

Com a utilização do *software* AnalysisBio desenvolvido pelo Laboratório de Eficiência Energética em Edificações da Universidade Federal de Santa Catarina - LABEEE/UFSC, foram confeccionadas as cartas psicrométricas, contento as zonas bioclimáticas propostas por Givoni [1992]. Sendo assim, tais cartas possibilitaram a análise referente ao desempenho termo-ambiental dos edifícios analisados. Este desempenho visa o conforto térmico com o mínimo consumo de energia.

Para a análise do padrão de utilização dos equipamentos e consumo de energia, foram coletados as áreas e consumos de cada escritório analisado. O consumo de energia foi obtido através da análise das contas de luz e o padrão de uso dos equipamentos existentes nos escritórios. Foi possível analisar, em posse de tais dados, a variação de consumo por área entre os meses de verão e os meses de inverno.

4 RESULTADOS

A tabela 1 mostra a representatividade das características arquitetônicas presentes nas edificações analisadas. Para o estudo de desempenho térmico foram consideradas tipologias com combinações das características nela representadas.

Tabela 1- Representatividade das características Arquitetônicas

CARACTERÍSTICA DE TIPOLOGIA	Nº ED.	REPRESENTATIVIDADE
Prédio alto	20	51,3%
Prédio baixo	19	48,7%
Com brise	14	35,9%
Sem brise	25	64,1%
PJF > 50%	25	64,1%
PJF < 50%	14	35,9%

Fonte: autores.

A tabela 2 apresenta as 6 tipologias consideradas no estudo térmico. A separação das tipologias levou em consideração a altura dos edifícios, presença de brise e porcentagem de janela por fachada (PJF).

Tabela 2 – Tipologias consideradas na análise termo-energética.

	ALTURA	PRESENÇA DE BRISE	PJF
TIPOLOGIA 1	alto	com brise	> 50%
TIPOLOGIA 2	alto	sem brise	> 50%
TIPOLOGIA 3	alto	sem brise	< 50%
TIPOLOGIA 4	baixo	com brise	< 50%
TIPOLOGIA 5	baixo	sem brise	> 50%
TIPOLOGIA 6	baixo	sem brise	< 50%

Fonte: autores

Através de tabelas de consumo energético por área e tipo de escritório, foi possível comparar os resultados segundo a atividade desempenhada em cada escritório, em relação ao seu desempenho energético.

Tabela 3 - Comparação de consumo de energia entre as profissões analisadas.

PROFISSÕES	CONSUMO/ÁREA (Verão)	CONSUMO/ÁREA (Inverno)
ADM. DE CONDOMÍNIOS	1,96 kWh/m ²	2,07 kWh/m ²
ADVOCACIA	1,49 kWh/m ²	1,68 kWh/m ²
BIOTERAPEUTA	2,96 kWh/m ²	3,44 kWh/m ²
CONTABILIDADE	2,46 kWh/m ²	2,29 kWh/m ²
CORRETORA DE SEGUROS	1,63 kWh/m ²	1,63 kWh/m ²
DESIGN DE INTERIORES	2,40 kWh/m ²	2,73 kWh/m ²
ESCOLA DE INGLÊS	4,10 kWh/m ²	4,68 kWh/m ²
MÉDICO	6,39 kWh/m ²	4,65 kWh/m ²
ODONTOLOGIA	4,59 kWh/m ²	3,05 kWh/m ²
TURISMO	3,12 kWh/m ²	3,48 kWh/m ²

Os escritórios de administração de condomínios, advocacia, bioterapia, design de interiores, escola de inglês e turismo obtiveram um pequeno aumento no consumo de energia durante o inverno que parecem não serem significativos. Os escritórios de contabilidade, medicina e odontologia, sofreram uma queda em seu consumo energético durante o inverno sugerindo que o consumo devido ao ar-condicionado nestes tipos de escritórios durante o verão é mais significativo. O único escritório a manter o consumo energético estável foi a corretora de seguros. Observou-se que no primeiro grupo de escritórios não havia aparelhos de ar-condicionado.

Pela análise termo-ambiental no verão os dados revelam que em todas as tipologias os resultados estavam dentro da chamada zona de conforto definida por Givoni [1992]. A figura 1, apresenta a Carta Bioclimática proposta por Givoni, já devidamente adequada para a Cidade de Curitiba, onde os pontos locados representam as 8640 horas do ano alocadas na mesma. O arquivo climático de Curitiba utilizado foi o TRY, determinado para Curitiba por pesquisadores do LabEEE [Goulart, 1997].

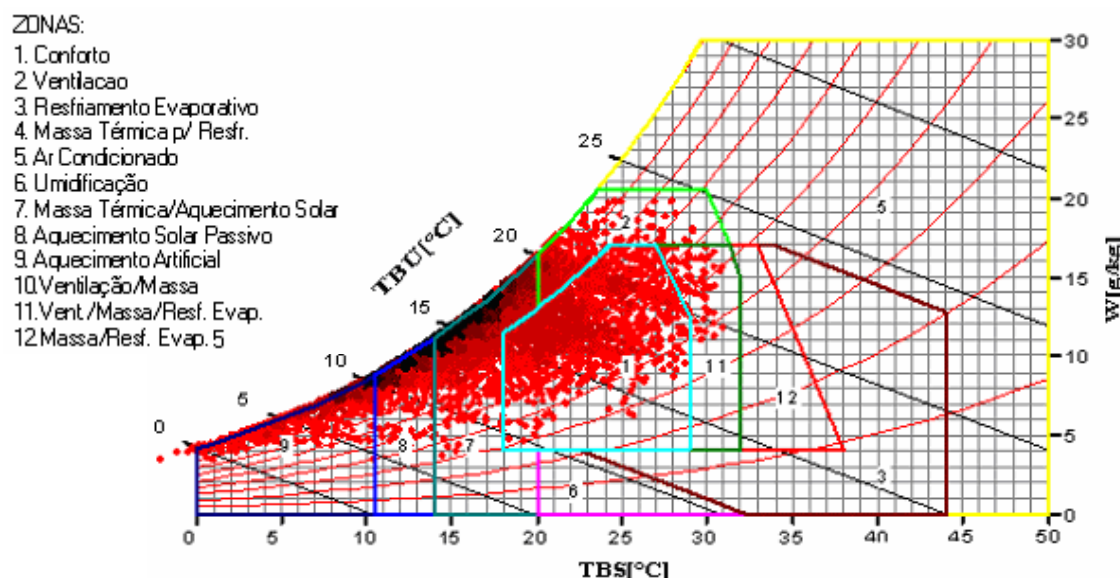


Figura 1 - Carta Psicométrica para o ano de referência da cidade de Curitiba.

As figuras 2a, b e c mostram os resultados bioclimáticos plotados na carta psicrométrica de três das tipologias analisadas, a qual mais apresentou pontos fora da zona de conforto (tipologia 3). Para a confecção destas cartas foram consideradas as temperaturas e umidades no interior de todos os escritórios localizados nesta tipologia e obteve-se a média de tais medições totalizando 460 pontos. Verifica-se que a temperatura média obtida no inverno foi de 18,9°C sendo que 60,9% dos pontos ficaram dentro da zona de conforto. Os pontos restantes, situaram-se em temperaturas abaixo da zona de conforto em sua maioria na zona 7. Para o verão todos os pontos situaram-se na zona de conforto.

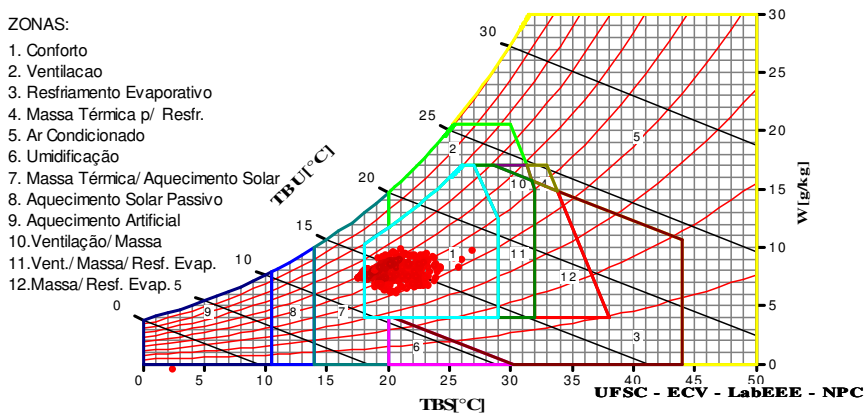


Figura 2a - Carta Psicrométrica da tipologia 3. Medições de inverno.

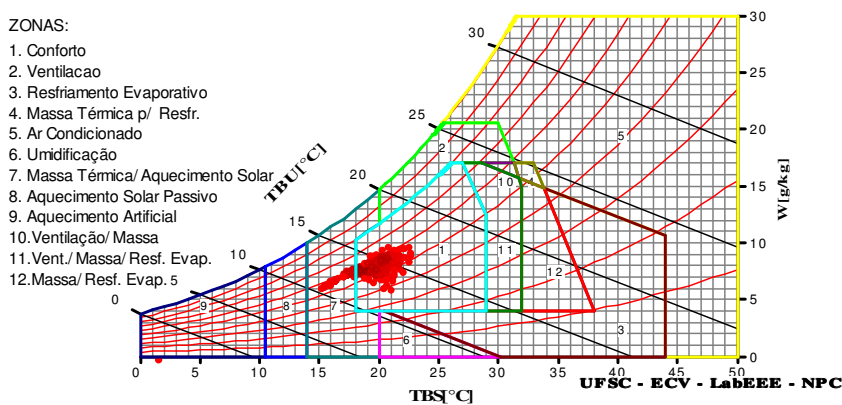


Figura 2b - Carta Psicrométrica da tipologia 5. Medições de inverno.

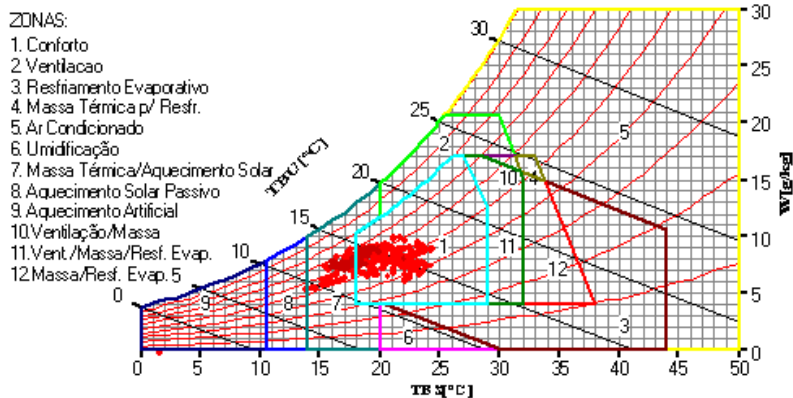


Figura 2c - Carta Psicrométrica da tipologia 6. Medições de inverno.

Pela análise termo-ambiental dos escritórios (ver tabela 4), conclui-se que a tipologia 3 que possui as seguintes características, prédio alto, sem brise e com menos de 50% de P/JF, revelou o pior desempenho térmico nos dias de inverno. E a tipologia 6 (prédio baixo, sem brise, com menos de 50% de área de janela por área de fachada), revelou ter o pior desempenho térmico em relação aos dias de verão, obtendo uma temperatura média de 25,9°C. Já a tipologia 5 (prédio baixo, sem brise, com mais de 50% de área de janela por área de fachada) a qual se esperava ter o pior resultado durante o verão, devido as suas características arquitetônicas, obteve 100% dos dados dentro da zona de conforto.

Tabela 4 - Desempenho térmico das tipologias.

TIPOLOGIA	VERÃO			INVERNO		
	T _{méd.} °C	Umidade %	Conforto	T _{méd.} °C	Umidade %	Conforto
1	24,0	60,1	100%	19,0	59,8	84,9%
2	24,9	59,7	100%	19,3	57,8	91,0%
3	24,0	55,1	100%	18,9	57,2	60,9%
4	25,5	59,8	99,6%	19,8	58,6	91,6%
5	25,8	56,1	100%	20,4	55,3	96,8%
6	25,9	57,2	98,4%	19,3	55,2	82,4%

As figuras 3 a, b e c apresentam os resultados de variação de temperaturas internas em comparação com as temperaturas do ambiente externo, no inverno de três tipologias durante quinze dias. Analisando ainda a tipologia 3, pode-se observar através dos gráficos que seu desempenho em relação a grandes variações térmicas se mostrou relativamente indesejado, pois sua estrutura térmica mostrou-se incapaz de absorver tais variações de maneira satisfatória, mostrando um mau funcionamento do envelope e de suas características arquitetônicas. A tipologia 6 teve um comportamento melhor e a 5 melhor ainda pois mesmo com temperaturas externas mais frias obteve 96,8% dos dados dentro da zona de conforto.

Pôde-se observar através de questionário, que em relação às condições climáticas nos escritórios analisados, as sensações térmicas dos ocupantes dos escritórios direcionavam a uma faixa de conforto menos abrangente, sendo considerada condições de desconforto variações de

temperaturas menores que os limites estipulados nas zonas de conforto bioclimático proposta por Givoni [1992].

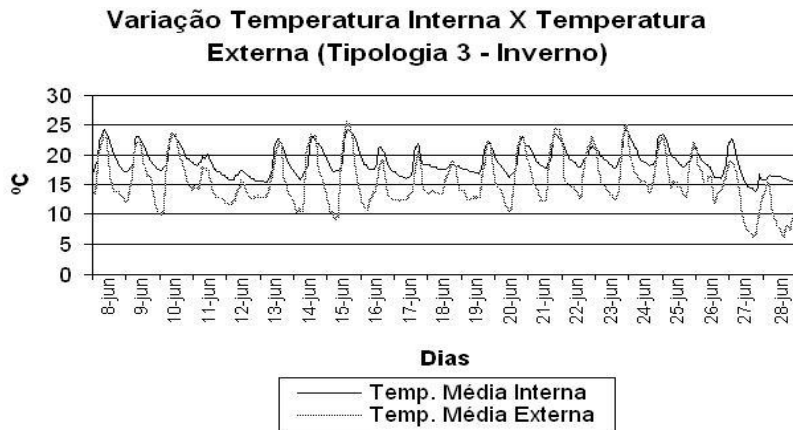


Figura 3a: Comparação da temperatura interna frente à variação da temperatura externa referente à tipologia 3 (Inverno).

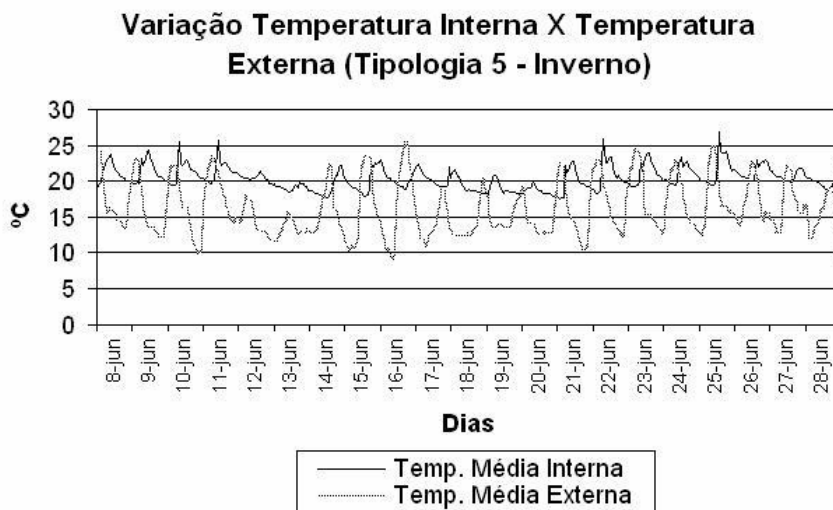


Figura 3b: Comparação da temperatura interna frente à variação da temperatura externa referente à tipologia 5 (Inverno).

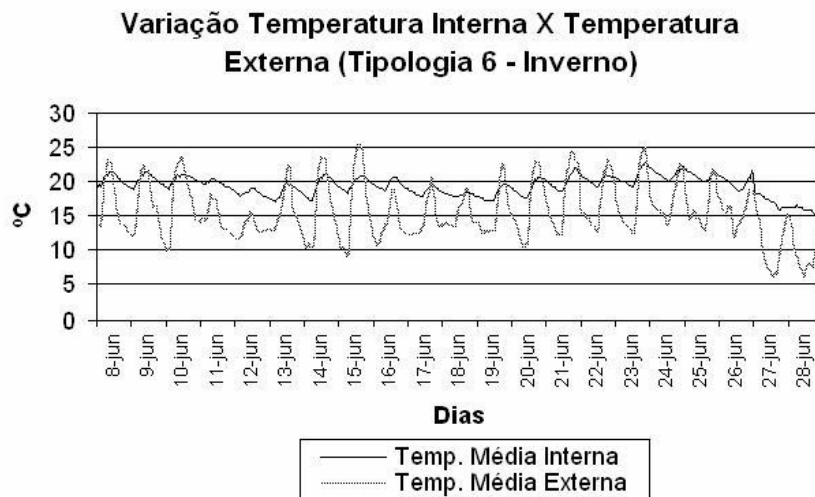


Figura 3c: Comparação da temperatura interna frente à variação da temperatura externa referente à tipologia 6 (Inverno).

5 DISCUSSÃO E CONCLUSÕES

O presente trabalho consistiu no levantamento de tipologias de 39 edifícios representativos de um total de 841, situados na cidade de Curitiba, análises termo-ambiental medidas em 6 edificações e o levantamento de padrões de uso de tais edificações.

Obteve-se como caso representativo, devido a sua maior incidência nos dados analisados, a seguinte tipologia: prédio alto, sem brise, vidro liso cristal, cor da fachada clara, e área de janela por área de fachada maior que 50%.

Conclui-se que, assim como o esperado, as condições climáticas de desconforto, para a cidade de Curitiba, são predominantemente causadas por frio.

Deve-se considerar ainda, as dificuldades encontradas no desenvolvimento da pesquisa. Como a metodologia utilizada baseou-se em análises em campo, a coleta de dados esteve sujeita a diversas limitações. Tais limitações envolveram dificuldades na coleta de dados e a falta de tempo hábil para o estudo e análise dos *softwares* utilizados na pesquisa.

Dessa forma, devido a limitação temporal a que o presente trabalho esteve sujeito, sugerimos uma extensão da coleta de dados para levar em conta mais algumas considerações tipológicas, tais como tipos de vidro e abertura das janelas, cor e orientação das fachadas. Recomenda-se também fazer um estudo computacional utilizando um programa de análise de simulações.

REFERÊNCIAS

- GHISI, E.; LAMBERTS, R. **Empresarial Catabas Tower: Avaliação Termo-Energética do Edifício em Fase de Projeto**. Florianópolis, 1998. Departamento de Engenharia Civil, Laboratório de Eficiência Energética em Edificações, relatório interno.
- GIVONI, B. **Comfort, climate analysis and building design guidelines**. Energy and Building, vol. 18, Amsterdam, 1992.
- GOULART, S.; LAMBERTS, R.; FIRMINO, S. **Dados climáticos para projeto e avaliação energética de edificações para 14 cidades brasileiras**. Editora UFSC: Florianópolis, 1997.
- HUMPHREYS, M. **Standards for thermal comfort**. Chapman & Hall: Londres, 1995
- JANDA, KATRYN B.; BUSCH, JOHN F. **Worldwide Status of Energy Standarts for Buildings**. Resumo de trabalho, Anais ACEEE 1992. Summer Study on Energy Efficiency in Buildings. Berkeley, 1992, V. 6.
- KRUGER, E. **Aplicação de equações preditivas a um Sistema Construtivo Destinado à Habitação de Interesse Social: Avaliação de Desempenho Térmico em 11 Cidades Brasileiras**. In: VII Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído, 2003. Curitiba/PR. Anais do VII ENCAC. Curitiba/PR: PUC-PR/CEFET-PR/Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído (ANTAC), 2003.
- LAMBERTS, R., DUTRA, L., PEREIRA, F. O. R. **Eficiência Energética na Arquitetura**. São Paulo: PW, 1997.
- NETO, ARMANDO S. **Regulamentação de desempenho térmico e energético de edificações**. São Paulo, 2003. Dissertação de Mestrado - Instituto de Eletrotécnica e Energia da Universidade de São Paulo.
- NICOL, F. **A handbook for field studies toward an adaptive model**. University of East London: Londres, 1993.
- XAVIER, A. A. P. **Predição de Conforto Térmico em Ambientes Internos com Atividades Sedentárias - Teoria Física Aliada a Estudos de Campo**. Florianópolis, 2000. Tese de doutorado pela Universidade Federal de Santa Catarina.