

ATUALIZAÇÃO DO ANO CLIMÁTICO DE REFERÊNCIA PARA CURITIBA

Francine A. Rossi (1); Eliane Dumke (2); Eduardo L. Krüger (3)

(1) Arquiteta, Doutoranda Programa de Pós-Graduação em Tecnologia, Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, Av. Sete de Setembro, 3165 CEP. 80230-901 Curitiba PR,
francinea.rossi@hotmail.com

(2) Arquiteta, Pós-doutoranda PPGTE-UTFPR, eliane.dumke@ppgte.ct.utfpr.edu.br

(3) Professor Doutor, PPGTE-UTFPR ekruger@utfpr.edu.br

RESUMO

Diversas são as alterações nas condições naturais causadas pela ação humana sendo o clima urbano um dos seus efeitos mais evidentes. O presente artigo mostra a variação de temperatura na cidade de Curitiba em um período de 32 anos, por meio da metodologia de obtenção do ano climático de referência (*TRY – test reference year*). Comparou-se no caso o *TRY* obtido para o ano de 1969, disponibilizado pelo LabEEE/UFSC com o ano climático obtido a partir de uma série de dados mais recente (1998-2007). Descreve-se no artigo a metodologia utilizada para a confecção do *TRY* e os resultados obtidos na comparação realizada.

Palavras-chave: ano climático de referência; crescimento urbano.

ABSTRACT

Many are the modifications in natural landscape due to human activities, whereas the formation of urban climate is one of the most noticeable. The present paper discusses air temperature variations in the urban area of Curitiba within a time period of 32 years, by means of comparisons with the *TRY* method for obtaining a teste reference year. The *TRY* of 1969 (generated and available at LabEEE/UFSC) and the *TRY*, which was determined for a more recent time series (1998-2007), were compared. In this paper, both the method for obtaining the *TRY* and results of such comparisons are presented.

Key Words: *TRY*; urban growth.

1. INTRODUÇÃO

Conforme Nunes (2003, p. 101-110), as alterações do clima constituem uma característica primária da Terra, e remontam, como pesquisas geológicas demonstram, a bilhões de anos. A comunidade científica, porém, tem alertado sobre a interferência da ação humana que, ao alterar o uso do solo e devido a atividades diversas, promove o efeito estufa antropogênico, que ao se sobrepor às variações naturais afeta os processos atmosféricos em suas diferentes escalas. Para Assis (2000), as cidades, devido à quantidade de energia que utilizam, constituem as maiores fontes indiretas de gases causadores do efeito estufa, relacionado ao aquecimento global. Especificamente em grandes centros urbanos, tais alterações ocorrem devido a diversos aspectos, dentre os quais: geração de calor antropogênico e emissão de poluentes (indústrias, veículos automotivos), supressão da vegetação nativa com impermeabilização do solo, alterações no relevo, com edificações em altura, dentre outros. Estas ações, de forma direta ou indireta, alteram as condições climáticas locais, gerando um clima específico conhecido como clima urbano. Conforme Oke (1988), as propriedades térmicas dos materiais e a estrutura urbana são as causas principais da ilha de calor urbana, seguidas por fatores secundários: as fontes de calor antropogênico, poluição do ar e redução da evaporação.

Em grandes centros urbanos, se pode perceber os efeitos do crescimento da malha urbana, da densificação ou espalhamento das áreas construídas (*urban sprawl*) no microclima de diversas localidades urbanas. O efeito das alterações da paisagem natural pode significar tanto um maior aquecimento como até mesmo um resfriamento do ar ambiente. Seja a contribuição dessas alterações positiva ou negativa no que se refere à temperatura do ar e a outros fatores climáticos, a consideração de dados climáticos realistas e

atualizados tem um efeito direto no dimensionamento de sistemas de climatização de edificações e na definição de estratégias de projeto bioclimático.

A utilização de dados microclimáticos precisos para o projeto dependeria de sua obtenção o mais próximo possível do local onde se pretende construir. No entanto, isso nem sempre é possível. Dispõe-se em geral de apenas uma estação meteorológica por centro urbano, sendo que algumas vezes esta se encontra inoperante ou não fornece dados (estações de aeroportos), ou então inexistente naquela localidade. Uma outra dificuldade em relação aos dados coletados é quanto à sua representatividade. Neste caso, deve-se trabalhar com dados representativos do clima local, sejam esses tratados estatisticamente (normais climatológicas, dias típicos), sejam por metodologias específicas (TMY, TRY). É, no entanto, de suma importância que haja uma atualização constante dos dados definidores do clima local, considerando a dinâmica do crescimento das cidades e seus efeitos no clima urbano.

No Brasil, a maior parte das cidades cresceu de forma desordenada, agravando-se assim a deterioração do ambiente urbano. No entanto, como uma das poucas exceções, Curitiba contou com um processo permanente e institucionalizado de planejamento urbano, desde 1943, com o Plano Agache, e, posteriormente, com o Plano Serete, de 1964, e suas adaptações, a nova legislação do Zoneamento de Uso e Ocupação do Solo, de 2000, e com o novo Plano Diretor de Curitiba, de 2004. Porém, a mecanização do campo na década de 1970, associada à criação da Cidade Industrial de Curitiba – CIC, atraiu um grande número de imigrantes em busca de oportunidades de trabalho. O movimento migratório foi realimentado nos anos 90, impulsionado pelo eficiente *citymarketing* municipal e pela vinda de empresas montadoras de automóveis, induzindo a um crescimento acelerado da cidade e dos municípios circunvizinhos.

O crescimento de Curitiba se deu tanto vertical como horizontalmente, extrapolando os limites municipais e envolvendo cidades vizinhas pelo processo de conurbação. A formação dessa mancha de ocupação de alta densidade demográfica e sua intensa relação funcional constitui o aglomerado urbano, com uma população acima de 2.300.000 habitantes, dos quais mais de 1.750.000 se concentram no município de Curitiba (IBGE, 2007). A Figura 1 mostra a evolução gradativa da mancha urbana até a década de 1990, e, a partir dela, o extravasamento do núcleo urbano de Curitiba para a Região Metropolitana formando o Aglomerado Urbano, impulsionado pela instalação das montadoras automobilísticas e pelo *citymarketing*.

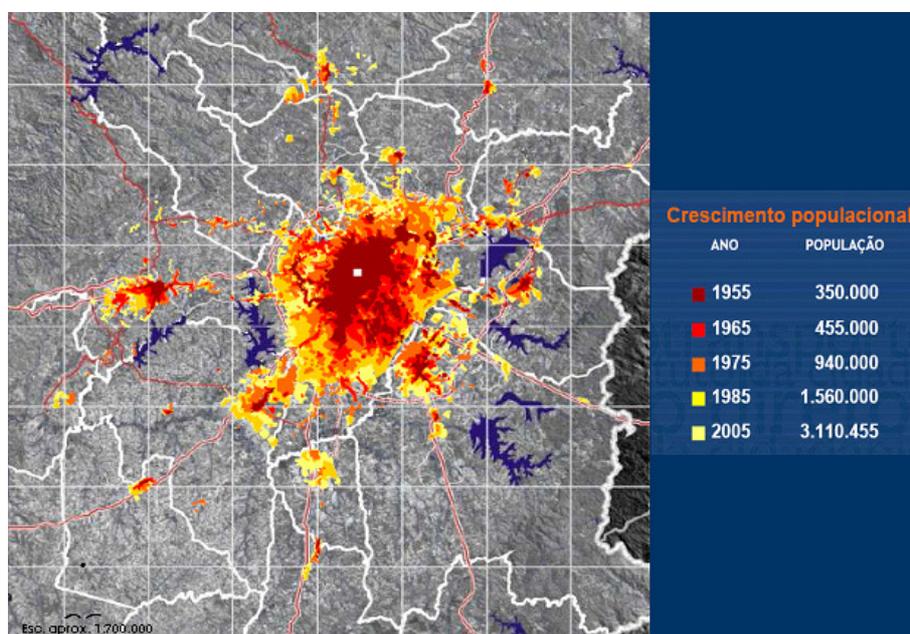


Figura 1 – Crescimento populacional da Região Metropolitana de Curitiba entre 1955 e 2005 (FRAGOMENI, 2006)

O modelo de planejamento associado ao crescimento urbano resultou em uma cidade na qual se destacam não só as áreas verdes, o sistema viário e a variação da localização das indústrias ao longo do tempo, mas também inúmeros problemas socioambientais. Assim, os efeitos do crescimento acelerado aliado ao planejamento urbano e à particularidade climática local (maior desconforto por frio durante o ano), evidenciam que o modelo de planejamento urbano de Curitiba, mesmo tido como exemplar, considera algumas dimensões ambientais e deixa de considerar outras, como a relação entre as ações urbanas e o clima urbano.

Ao estudar o clima de Curitiba, Danni-Oliveira (2000) e Dumke e Krüger (2005) constataram que a cidade apresenta temperaturas mais elevadas do que seu entorno rural, confirmando a existência de ilha de

calor. Neste último estudo, os autores realizaram uma série de verificações para as diferenças de temperatura do ar encontradas entre uma estação meteorológica situada no meio rural (em Pinhais, do SIMEPAR) e outra situada próxima a um meio urbano em Curitiba (Centro Politécnico da UFPR, do SIMEPAR) e encontraram diferenças entre as duas estações que, com grande probabilidade, se relacionam ao processo de urbanização. Em uma primeira aproximação, os resultados apontam para a existência de uma ilha de calor na região central da cidade com diferenças em termos da temperatura do ar entre a situação “urbana” e a rural de 2K (diferença média entre temperaturas mínimas diárias).

Mendonça e Dubreuil (2005), ao investigarem o clima da Região Metropolitana de Curitiba (RMC) utilizando dados meteorológicos e comparando-os aos resultados das análises por meio de imagens de satélite e análise rítmica, concluíram que o campo térmico do Aglomerado Urbano forma arquipélagos de ilhas de calor e de ilhas de frescor, embora se apresente como uma mancha mais quente e homogênea do que a área rural circunvizinha. Na imagem Landsat TM 02/09/2002, os autores constataram que os “efeitos da urbanização, da industrialização, da densidade da cobertura vegetal e da topografia” se destacam no campo térmico da RMC (op.cit., p.29). As paisagens intra-urbanas apresentaram simultaneamente uma diferenciação de temperaturas com amplitude térmica de 8K, correspondente aos diversos tipos de usos do solo e ao planejamento urbano.

Porém, analisando-se a variação das temperaturas da cidade como um todo, em uma investigação que abrange um período de um século de dados climáticos (1895-1999), relativamente a dados de temperatura do ar e de pluviosidade, Nogarolli (2000) apresenta a evolução do clima de Curitiba em três períodos. Um primeiro período de cerca de 40 anos, caracterizado por baixas temperaturas médias; um segundo período, com duração de apenas duas décadas, com tendência da constância das médias em torno de 16,30°C; e um terceiro período, com uma elevação das temperaturas médias em aproximadamente 1°C. Contudo, segundo Mendonça et al. (2006) a elevação das temperaturas em Curitiba foi bem mais expressiva na última década, atingindo a média de 17,28°C e sendo acompanhada de aumento de pluviosidade, criando-se condições favoráveis à intensificação do risco da ocorrência de diversas doenças.

Segundo a ASHRAE (1993, p. 24.3), “programas de domínio público e de propriedade de energia freqüentemente utilizam 8760 horas de dados climáticos”. Um dos objetivos do ano climático de referência – *TRY* (*test reference year*) é fornecer informações climáticas para o cálculo de energia. Segundo Müller (2001, p.135), “a simulação de construções é uma promissora ferramenta para a melhoria térmica dos edifícios em países em desenvolvimento (...)”. Em países europeus e norte-americanos, o uso dos *TRYs* é comum, porém em países em desenvolvimento a falta destes dados climáticos torna-se um empecilho para o uso dos programas de simulação (MÜLLER, 2001). Existem diferentes procedimentos para a preparação do *TRY*. Para este trabalho, adotou-se o procedimento da ASHRAE (1993, p. 24.1), que se baseia na premissa de que “o nível de freqüência de ocorrência de uma temperatura específica sobre um período de tempo conveniente repetir-se-á no futuro”. Evidências meteorológicas mostram que a temperatura pode variar de 1°C a 2°C em um período de 15 anos (ASHRAE, 1993).

Goulart *et al.* (1998), obtiveram o ano climático de referência para Curitiba para a década de 1960. Ao se comparar os dados obtidos por Goulart *et al.* para a década de 1960 com dados mais atualizados, obtidos no período de 1998-2007, torna-se possível analisar se houve variação de temperatura para Curitiba, decorrente, como exposto acima, do acelerado processo de crescimento urbano e expansão por que passou a cidade. Esta comparação foi feita com base nos dados das temperaturas médias e nos somatórios dos graus-dia para os dois anos climáticos obtidos: o de Goulart *et al.*, para a década de 1960, e o atualizado, para a última década.

Em outra atualização do *TRY* mediante dados climáticos disponibilizados pelo Sistema Meteorológico do Paraná (SIMEPAR), correspondentes ao período de 1998 a 2002 (cinco anos), Rossi e Krüger (2003) haviam encontrado o ano de 1999 como o ano representativo do clima local. Comparando os resultados obtidos para o *TRY* 1999 àqueles do *TRY* 1969, gerado por Goulart *et al.* (1998), os autores constataram um aumento de temperatura, em 30 anos, que se revelou mais expressivo para a média das mínimas com variação média de 1,3°C, enquanto que para a média das máximas a variação média foi de 0,9°C. Os autores verificaram ainda, através da carta psicrométrica, que com o aumento de temperatura no ano de 1999, também houve um aumento em relação ao grau de conforto para o referido ano, com uma melhora significativa em termos de desconforto para o frio, com cerca de 15% a mais de dias em condições de conforto, comparando-se ao ano de 1969. Mesmo assim, como observaram os autores, persistia uma elevada porcentagem de desconforto para o frio em Curitiba.

No presente artigo, para comparar e analisar os graus de conforto e desconforto, assim como as estratégias bioclimáticas para ambos os anos, foram trabalhados os arquivos *TRY* de cada ano no software

AnalysisBio. Os dados de entrada foram dados de temperaturas e umidades relativas médias diárias de cada ano. Assim, obteve-se estratégias bioclimáticas para os 365 dias do ano, segundo o método de Givoni.

2. OBJETIVO

O objetivo principal deste artigo é mostrar o procedimento de atualização do ano climático de referência para Curitiba, tecendo-se considerações a partir de duas séries de dados, cada qual para um período de 10 anos, porém distanciadas em três décadas. Para tal, foi utilizada a metodologia desenvolvida pela ASHRAE (*American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers*) para obtenção do ano climático de referência – *TRY* (*test reference year*). A intenção foi também de fornecer informações para avaliações térmica e energética das edificações.

3. MÉTODO

A obtenção do ano climático de referência tomando-se como fator climático determinante a temperatura do ar para Curitiba com base em dados atualizados foi procedida de acordo com a metodologia desenvolvida pela ASHRAE. Segundo Carvalho *et al.* (2002), o *TRY* “consiste de um ano típico representativo de um determinado lugar geográfico considerando-se um período de no mínimo 10 anos consecutivos de séries de dados climáticos”.

O Sistema Meteorológico do Paraná (SIMEPAR) foi implantado em 1997 e começou a registrar dados climáticos a partir de junho do referido ano em duas estações localizadas na mancha urbana, nos municípios de Curitiba e Pinhais. Os dados de temperatura e umidade relativa (médias, máximas e mínimas diárias para cada ano) correspondentes ao período de 1998 a 2007, utilizados neste estudo, foram coletados pela estação meteorológica do SIMEPAR localizada no Centro Politécnico da Universidade Federal do Paraná (UFPR), no bairro Jardim das Américas (estação “A” na Fig. 2). A distância aproximada ao centro é de 5km.

Após a obtenção do ano climático de referência (*TRY*) realizou-se uma comparação com os resultados obtidos por Goulart *et al.* (1998). Goulart trabalhou com dados meteorológicos de 14 cidades referentes ao período de 1961 a 1970, obtidos por meio da ABRAVA/IBF (Associação Brasileira de Refrigeração, Ar Condicionado, Ventilação e Aquecimento / Instituto Brasileiro do Frio), junto ao CTA / IAE (Centro Técnico Aeroespacial / Instituto de Aeronáutica e Espaço). Em Curitiba, estes dados foram registrados pela estação meteorológica do Aeroporto Internacional Afonso Pena (estação meteorológica “C” na Fig. 2), que se situa no município de São José dos Pinhais e está distante aproximadamente 15km do centro de Curitiba.

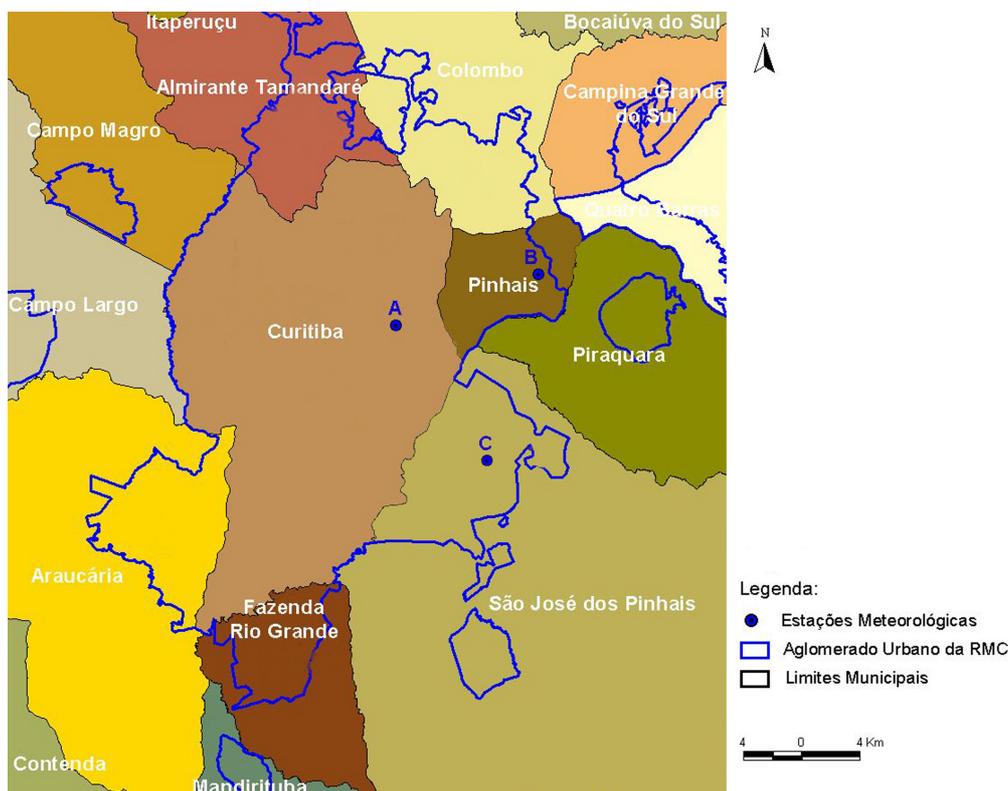


Figura 2 – O Aglomerado Urbano de Curitiba e as Estações Meteorológica do SIMEPAR e do Aeroporto Afonso Pena

O procedimento para a obtenção do *TRY* deu-se da seguinte forma (Carvalho *et al.*, 2002):

1. Calcularam-se as temperaturas médias mensais para cada ano disponível (1998 a 2007) (Tabela 1).
2. Selecionou-se o mês mais quente (que apresentava temperatura média mais alta) e o mês mais frio (que apresentava temperatura média mais baixa). No caso, o mês mais quente foi fevereiro de 2003 e o mais frio junho de 2000. Os meses escolhidos foram eliminados, restando 10, ou seja, para a próxima seleção os meses de fevereiro e junho não foram considerados. Destes 10, selecionou-se novamente o mês mais quente e o mês mais frio. Da mesma forma os meses selecionados não foram considerados na próxima seleção. Todos os 12 meses foram selecionados de acordo com a condição mais quente ou mais frio. Desta forma, obteve-se uma tabela com os doze meses listados na ordem de seleção: na primeira coluna, os meses estão colocados de acordo com as condições (mais quente ou mais frio) e, na segunda, de acordo com o ano em que iam aparecendo (Tabela 2).

Tabela 1 – Temperaturas médias mensais

MÊS	TEMPERATURA MÉDIA MENSAL									
	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
JAN	22,1	20,8	20,9	22,1	21,2	21,4	19,9	20,5	22,2	21,5
FEV	21,7	21,2	20,6	22,1	20,5	23,2	20,3	20,7	21,7	21,9
MAR	20,6	21,2	19,4	21,9	22,7	20,6	19,4	20,8	21,2	23,0
ABR	18,2	17,0	18,5	20,0	20,6	18,9	19,0	19,8	18,1	19,8
MAI	15,1	14,4	15,0	14,8	17,2	15,0	14,1	17,2	14,4	15,6
JUN	12,8	12,9	15,8	14,4	16,6	16,3	14,4	16,5	15,2	16,5
JUL	13,9	13,8	11,2	14,5	13,6	14,9	13,3	14,0	16,2	13,8
AGO	15,6	14,5	14,2	16,1	17,0	13,3	15,1	16,4	16,3	15,7
SET	15,3	16,0	14,8	16,0	15,1	15,7	18,1	14,1	15,1	18,2
OUT	16,4	15,2	19,4	17,7	20,0	17,2	16,6	17,8	17,8	18,8
NOV	18,1	16,8	18,8	19,6	19,7	18,8	18,5	18,6	19,0	19,0
DEZ	20,5	20,0	20,9	20,1	21,0	19,9	19,5	19,5	21,4	21,3

Tabela 2 – Seleção dos meses para determinar o ano climático de referência

CONDIÇÃO	ANO	CONDIÇÃO	ANO
fevereiro mais quente	2003	fevereiro mais frio	2004
julho mais frio	2000	julho mais quente	2006
março mais quente	2007	março mais frio	2004
junho mais frio	1998	junho mais quente	2002
janeiro mais quente	2006	janeiro mais frio	2004
agosto mais frio	2003	agosto mais quente	2002
dezembro mais quente	2006	dezembro mais frio	2005
setembro mais frio	2005	setembro mais quente	2007
abril mais quente	2002	abril mais frio	1999
maio mais frio	2004	maio mais quente	2005
outubro mais quente	2002	outubro mais frio	1999
novembro mais frio	1999	novembro mais quente	2002

3. Com os doze meses selecionados, repetiu-se a primeira coluna da Tabela 2, porém com as condições invertidas. Onde constava mais quente passou a constar mais frio. Por exemplo, fevereiro que constava como o mês mais quente (primeira coluna) passou a mais frio (terceira coluna). Em seguida viu-se em qual ano fevereiro apresentava a temperatura média mais fria e anotou-se o ano na quarta coluna da Tabela 2.

4. Com a sequência dos doze pares de meses selecionados, verificou-se os anos de ocorrência das temperaturas mais quente e mais fria, à medida que o ano ia aparecendo, ele ia sendo eliminado, isto é, o ano de 2003 teve fevereiro como mês mais quente, assim este ano foi desconsiderado como o ano do *TRY*, a seguir o ano de 2000 teve o mês de junho como o mais frio, da mesma forma este ano foi desconsiderado, e assim por diante até restar apenas um ano. O último ano que apareceu é o ano climático de referência (*TRY*).

Durante o procedimento, ao se selecionar o mês mais quente ou o mês mais frio, houve algumas vezes a coincidência das temperaturas médias entre dois meses. Por exemplo, na seleção do mês mais frio, tanto

maio de 2004 como setembro de 2005 apresentaram a temperatura média mensal de 14,1°C. Adotou-se, então, como critério de desempate, o mês de mais baixa temperatura mínima mensal; no caso, setembro de 2005. Assim também, no caso de coincidências na seleção do mês mais quente, o critério de desempate foi a mais alta temperatura máxima mensal.

Uma maneira de analisar os dados contidos no TRY, baseia-se no somatório de graus-dia e graus-hora, considerando os gastos energéticos em climatização artificial naquelas condições. Estes métodos informam o quanto é necessário aquecer ou resfriar uma edificação com relação a uma temperatura base de referência. Desta forma, pode-se estimar o total de energia requerida para aquecimento ou resfriamento em forma horária, diária, mensal ou anual.

Segundo a ASHRAE (1993), este é um método simplificado para análise de energia, apropriado se o uso da edificação e a eficiência do equipamento de ar condicionado são constantes. “Graus-dia é um parâmetro climático que pode ser definido como o somatório da diferença de temperatura, quando esta se encontra abaixo de uma temperatura base (T_b)” (GOULART; LAMBERTS, 1993). Assim, para se calcular os graus-dia para aquecimento, quando a temperatura média é menor que a T_b , calcula-se a diferença entre a T_b e a temperatura média.

$$GD = \sum (T_b - T_{med})$$

Da mesma forma, para o cálculo dos graus-dias para resfriamento, quando a temperatura média excede a T_b , calcula-se a diferença entre a temperatura média e a T_b .

$$GD_{res} = \sum (T_{med} - T_b)$$

4. ANÁLISE DE RESULTADOS

4.1. Análise do Ano Climático de Referência

O ano climático de referência obtido para o período de 1998 a 2007 foi o ano de 2001.

Observando-se as médias mensais e seus extremos, conforme a Tabela 2, podemos chegar às seguintes constatações:

- O ano de 2004 apresentou as mais baixas temperaturas médias mensais durante o período estudado para os meses de janeiro, fevereiro, março, maio e dezembro. Porém, a mais baixa temperatura mínima mensal ocorreu em julho de 2000, atingindo -2,6°C, influenciando a mais baixa temperatura média mensal, também em julho de 2000, que foi de 11,2°C.
- Embora as temperaturas médias mensais de 2002 tenham sido as mais altas para seis dos doze meses do ano, foi o ano de 2006 que apresentou as temperaturas máximas mensais mais altas, alcançando, em janeiro de 2006, a mais alta temperatura máxima mensal: 34,8°C. As condições climáticas atípicas do ano de 2006 em todo o planeta e suas consequências, em associação à intensa veiculação pela mídia do tema da intensificação do aquecimento global, alarmaram a população e os governos ao redor do mundo. No âmbito regional e local, refletiram-se as condições incomuns da atmosfera global em 2006. Seguindo as mesmas tendências, as estações do ano e principalmente no inverno se apresentaram com características distintas das normais sazonais, caracterizando-se por temperaturas do ar elevadas, baixos índices de umidade relativa do ar e por uma prolongada estiagem, alterando as condições de conforto térmico.

4.2. Análise das médias mensais

Ao se comparar médias das temperaturas mensais (Figura 1) dos anos de 1969 e 2001, o *TRY* estabelecido com base nos dados da década de 1960 e o *TRY* com base na série de dados mais recentes 1998-2007, nota-se que houve um aumento de temperatura. O aumento médio foi de 1,9°C, aumento significativo para um período de 32 anos.

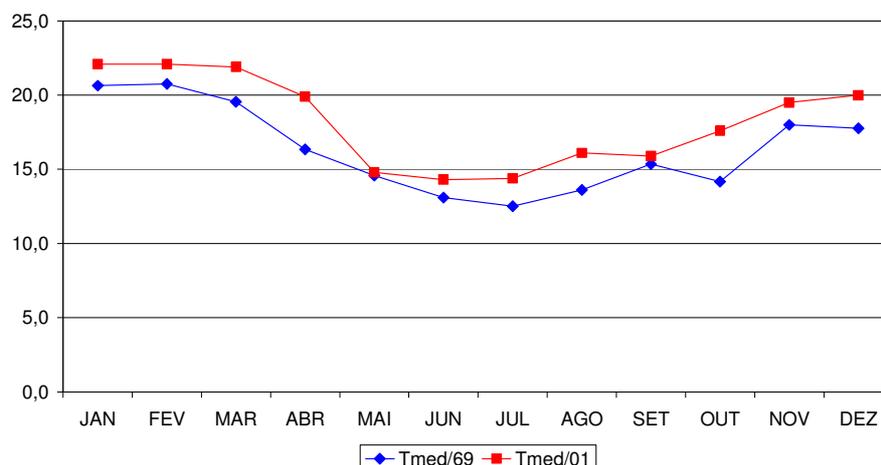


Figura 3 – Comparação entre a média das temperaturas médias dos anos de 1969 e 2001

Da mesma forma, tanto as médias das temperaturas mínimas quanto das temperaturas máximas foram mais altas para o ano de 2001, como mostra a figura 4, com exceção dos meses de maio e setembro que apresentaram temperaturas máximas mais altas em 1969, sendo a diferença entre 1969 e 2001 de 1,2°C para maio e 1,6° para setembro.

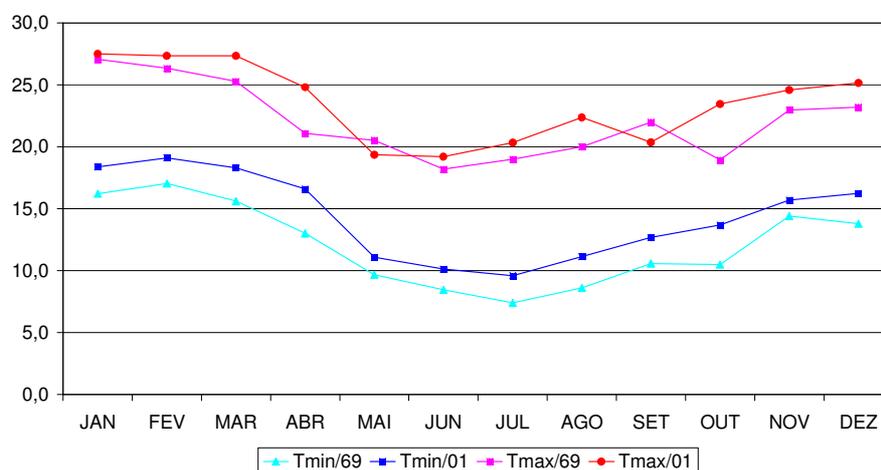


Figura 4 – Comparação entre a média das temperaturas mínimas e máximas dos anos de 1969 e 2001

4.3. Graus-dia

Para este artigo, para obter os graus-dia para aquecimento, utilizaram-se cinco diferentes temperaturas base. $T_b = 14^\circ\text{C}$, 15°C , 16°C , 17°C e 18°C . E para os graus-dia para resfriamento as $T_b = 24^\circ\text{C}$, 25°C , 26°C , 27°C , 28°C , 29°C , 30°C e 31°C . Estes valores foram utilizados por Goulart et al. (1998), para fins de comparação entre os dois anos climáticos (1969 e 2001), no que se refere à necessidade de aquecimento ou resfriamento.

As tabelas 3 e 4 mostram os graus-dia mensais e anuais de aquecimento para os anos de 2001 e 1969, respectivamente. Nota-se que em 1969 havia mais meses com necessidade de aquecimento que em 2001. Da mesma forma, o total anual necessário para aquecimento diminuiu aproximadamente 57% em 2001, decorrente do aumento da temperatura do ar em Curitiba.

Tabela 3 – Graus-dia mensais e anuais para aquecimento – TRY 2001

Tb	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	ANUAL
14°C	0,0	0,0	0,0	0,0	20,6	44,8	41,8	6,3	14,3	0,0	0,0	0,0	127,8
15°C	0,0	0,0	0,0	0,0	37,3	57,9	55,0	11,4	23,1	1,7	0,0	0,0	186,4
16°C	0,0	0,0	0,0	0,0	56,7	73,5	70,7	23,4	38,2	5,5	1,5	0,4	269,9
17°C	0,5	0,0	0,0	0,0	80,2	93,8	89,6	41,6	57,5	12,8	6,5	3,9	386,4
18°C	1,5	0,0	0,0	0,8	107,2	117,4	114,5	64,9	80,4	26,8	13,6	10,6	537,7

Tabela 4 – Graus-dia mensais e anuais para aquecimento – TRY 1969

Tb	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	ANUAL
14°C	0,0	0,0	0,2	4,3	32,0	55,7	62,1	42,9	23,5	12,6	2,6	0,4	236,3
15°C	0,3	0,0	1,0	8,7	47,8	76,6	85,9	60,3	35,5	21,8	6,2	1,9	346,0
16°C	1,2	0,3	3,3	16,9	68,8	101,5	112,9	82,2	51,5	34,9	11,9	5,1	490,5
17°C	3,3	1,9	7,4	30,1	94,1	129,8	142,0	107,7	70,7	51,1	20,8	11,2	670,1
18°C	7,2	5,4	14,3	48,7	122,3	159,4	172,5	135,4	92,5	71,1	34,3	20,5	883,6

Nas tabelas 5 e 6 estão os graus-dia mensais e anuais para resfriamento para 2001 e 1969, respectivamente. Novamente pode-se perceber o efeito do aumento de temperatura com maior necessidade de resfriamento em 2001, fato que não ocorre em 1969. Isto ocorre somente para as temperaturas base de 24° e 25°, ou seja, ocorreram dias com temperaturas acima das Tb de 24° e 25°, enquanto que para as demais Tb, as temperaturas estiveram abaixo do valor de referência (valor nulo para o somatório).

Tabela 5 – Graus-dia mensais e anuais para resfriamento – TRY 2001

Tb	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	ANUAL
24°C	3,4	0,0	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,0	0,1	5,9
25°C	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	1,3

Tabela 6 – Graus-dia mensais e anuais para resfriamento – TRY 1969

Tb	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	ANUAL
24°C	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
25°C	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

A Tabela 7 compara os graus de conforto e desconforto e as estratégias bioclimáticas recomendadas para o TRY 1969 e o TRY 2001. Nota-se, a partir da análise dos diagramas de conforto de Givoni, que a porcentagem de conforto em 2001 aumentou 20% em relação a 1969. A figura 4 mostra o aumento de temperaturas para 2001, sendo a média para as temperaturas mínimas de 1,4°C e para as temperaturas máximas de 2,3°C. Um aspecto positivo deste aumento de temperatura é a menor necessidade de aquecimento artificial, como pode ser visto na tabela 7.

Tabela 7 – Comparação entre graus de conforto e desconforto e respectivas estratégias para os anos de 1969 e 2001 (AnalysisBio, UFSC)

	1969	2001
Conforto	12,90%	32,90%
Desconforto	87,10%	67,20%
Frio	77,80%	53,30%
Massa Termica/Aquec. Solar	54,00%	41,30%
Aquec. Solar Passivo	17,30%	7,92%
Aquec. Artificial	6,58%	4,10%
Calor	9,32%	13,90%
Ventilação	9,32%	13,90%

5. CONCLUSÕES

No presente artigo, a análise a partir da série de dados completa de 1998-2007 (10 anos), fornecida pelo SIMEPAR, resultou na seleção do TRY 2001, que, comparado ao TRY 1969, revelou um aumento médio de temperatura de 1,9°C em 32 anos. Ao se confirmarem as tendências do clima, o desconforto térmico por frio em Curitiba tende lentamente a diminuir com a elevação das temperaturas médias. No entanto, as alterações do clima local poderão trazer outras consequências ainda não previstas.

Assim, deve-se considerar que os dados foram coletados por duas estações meteorológicas situadas em locais de características urbanas e do sítio natural distintos, embora ambas estejam localizadas atualmente em áreas urbanizadas, bastante inseridas na mancha urbana.

Neste caso, é possível que o significativo aumento das temperaturas tenha sido causado principalmente pelo acelerado crescimento urbano de Curitiba e sua conurbação com as cidades vizinhas, que se deu justamente neste período, conforme se observa na Figura 1. De lá para cá, a população aumentou em cerca de sete vezes, tendo havido considerável expansão da mancha urbana. Porém, não se pode ignorar a influência recíproca entre as alterações climáticas no âmbito planetário - devido a causas naturais ou não - e

o clima urbano local, evidentemente alterado pela ação humana. Embora já se disponha de alguns estudos a esse respeito, estes devem ser continuados e aprofundados.

6. REFERÊNCIAS

- ASHRAE - AMERICAN SOCIETY OF HEATING, REFRIGERATING AND AIR-CONDITIONING ENGINEERS. 1993 **Handbook of Fundamentals**. Atlanta: ASHRAE. Cap. 24. p. 24.1-24.23.
- ASSIS, E. S. **Impactos da forma urbana na mudança climática**: Método para a previsão do comportamento térmico e melhoria de desempenho do ambiente urbano. Tese (Doutorado). Universidade de São Paulo. São Paulo, 2000.
- CARVALHO, H. J. M.; ARAÚJO, T. G. H.; SILVA, F. A. G. Tratamento de dados climáticos da cidade de João Pessoa - PB, para o uso em projetos de arquitetura. In: IX ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, Foz do Iguaçu. **Anais...** ENTAC. p 327-336, 2002
- DANNI-OLIVEIRA, I. M. **A cidade de Curitiba e a poluição do ar**: implicações de seus atributos urbanos e geoecológicos na dispersão de poluentes em período de inverno. Tese (Doutorado em Geografia). Universidade de São Paulo. São Paulo, 2000.
- DUMKE, E. M. S.; KRÜGER, E. L. Estrutura urbana e graus de conforto em Curitiba. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA, 11., 2005. **Anais...** São Paulo: USP, 2005. v. 1, p. 1-18.
- FRAGOMENI, L. H. A Perspectiva do Planejamento Urbano para a Sustentabilidade In: CONGRESSO DA ORGANIZAÇÃO INTERNACIONAL DE UNIVERSIDADES PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL E MEIO AMBIENTE – OIUDSMA. 6., 2006, Universidade Federal do Paraná. **Anais...** Curitiba, UFPR, 2006.
- GOULART, S.; LAMBERTS, R.; FIRMINO, S. **Dados climáticos para projeto e avaliação energética de edificações para 14 cidades brasileiras**. Florianópolis: PROCEL/Núcleo de Pesquisa em Construção; UFSC, 1998.
- GOULART, S.; LAMBERTS, R. Dados climáticos para a avaliação de desempenho térmico de edificações. In: ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 2., 1993. **Anais...** Florianópolis: ANTAC, 1993.
- IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Contagem da população 2007**. Disponível em: http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/contagem2007/contagem_final/tabela1_1_21.pdf. Acesso me: 27/01/2009.
- MENDONÇA, F.; DUBREUIL, V. Termografia de superfície e temperatura do ar na RMC (Região Metropolitana de Curitiba). In: **Revista RA'E GA**, Curitiba, Editora UFPR, n. 9, p. 25-35, 2005.
- MENDONÇA, F; PAULA, E.V. de; FERNANDES DE OLIVEIRA, M. M. Aspectos socioambientais da expansão da dengue no Paraná. In: ENCONTRO DA ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AMBIENTE E SOCIEDADE – ANPPAS, 3., 23-26 maio 2006, Brasília. **Anais**. Brasília: ANPPAS, 2006. Disponível em: <www.anppas.org.br>.
- MÜLLER, E. **Development of a test reference year on a limited data base for simulations on passive heating and cooling in Chile**. In: SEVENTH INTERNATIONAL IBPSA CONFERENCE, Rio de Janeiro. p. 135-142. Disponível em: <www.hvac.okstate.edu>. Acesso em: 02/04/2003.
- NOGAROLLI, M. **Aquecimento global**: a participação de Curitiba e Iguape. Monografia (Bacharelado em Geografia). Setor de Ciências da Terra, Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2000.
- NUNES, L. H. Repercussões globais, regionais e locais do aquecimento global. In: **Revista Terra Livre** – Mudanças Climáticas: Repercussões Globais e Locais, ano 19, v. 1, n. 20, AGB, São Paulo, 2003, p. 101-110.
- OKE, T. R. Street design and urban canopy layer climate. In: **Energy and Buildings**, New York: Elsevier, n. 11, p. 103-113, 1988.
- ROSSI, F.; KRÜGER, E. Atualização do ano climático de referência para Curitiba. In: SEMANA DE TECNOLOGIA: TECNOLOGIA PARA QUÊ E PARA QUEM? 2., 2003, Curitiba. **Atas...** Curitiba: PPGTE/CEFET-PR, 2003. v. 1, p. 1-4.
- UFSC - UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA, LMPT / EMC e NPC / ECV. **Analysis Bio**. versão 2.1: Avaliação bioclimática e de conforto térmico. Florianópolis: UFSC. Disponível em: www.labeee.ufsc.br.

7. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq (bolsa de Pós-Doutorado Junior) e à CAPES (bolsa de Doutorado) pelo apoio financeiro à pesquisa. Agradecimentos também ao Sistema Meteorológico do Paraná (SIMEPAR) pelo fornecimento dos dados climáticos.