



## TRATAMENTO DE ELEMENTOS CLIMÁTICOS PARA A CLIMATOLOGIA DAS EDIFICAÇÕES: O CASO DE MARINGÁ – PR

C. E. Pietrobon; R. Lamberts & F. O. R. Pereira

Universidade Estadual de Maringá

Departamento de Engenharia Civil

87020-900 – Maringá/PR – Brasil

Fax: (044) 261 - 44 - 17

E-mail: [carmen @ cybertelecom.com.br](mailto:carmen@cybertelecom.com.br)

E-mail: [lamberts @ ecv.ufsc.br](mailto:lamberts@ecv.ufsc.br)

E-mail: [feco @ arq.ufsc.br](mailto:feco@arq.ufsc.br)

**RESUMO** *Este artigo descreve as metodologias de tratamento de dados climáticos de superfície, visando a sua aplicação em climatologia das edificações: Temperatura de Projeto, Dia Mensal Típico, Graus-Dia, Graus-Hora, Dia Típico de Projeto para o Verão e o Inverno. Para o caso de Maringá-Pr, são descritos e aplicados os métodos de Dia Típico de Projeto e do Ano Climático de Referência, visando montar uma Base de Dados para os programas computacionais NBSLD e VisualDOE 2.6.*

**ABSTRACT** *This paper describes the methodologies of climatic data treatment, that allows its application for building climatology: Design Temperature, Typical Monthly Day, Degree-Day, Degree-Hour, Design Typical Day for the Summer and Winter. For the location of Maringá-Pr, the Design Typical Day and the Test Reference Year are described and applied with the aim to make a Data Base to use the softwares NBSLD and VisualDOE 2.6.*

### 1 Introdução

A influência do Clima nas mais diversas atividades humanas, desde agricultura, previsão do tempo, até a habitação que tem tornado o estudo e tratamento de dados climáticos uma atividade cada vez mais importante do ponto de vista econômico e social. Após a crise energética vivida na década de 70, novamente o homem se preocupa em adaptar suas moradias à região onde vive, tornando-as mais confortáveis,

térmica e acusticamente, e mais econômicas energeticamente. Visando construir uma base de dados climáticos atualizados e apropriada para aplicação computacional do clima da região de Maringá-Pr, utilizou-se o Banco de Dados Informatizado (leitura sinóticas) da ECPM UEM/INEMET para obtenção da Normal Climatológica 1983-1995 e do Ano Climático de Referência utilizados como dados de entrada para simulação computacional dos programas NBSLD e VisualDOE 2.6. Os dados obtidos, contribuirão para que arquitetos e engenheiros tenham condições de desenvolver projetos energeticamente conscientes, contribuindo ainda como material para futura normatização.

## 2 Revisão Bibliográfica

A demanda anual de energia requerida para calefação, assegurando níveis habitáveis de conforto pode ser calculada através da quantidade de graus-dia durante o ano. Segundo SZOKOLAY (1987), graus-dia é um parâmetro climático que pode ser definido como o somatório das diferenças de temperatura, quando esta encontra-se abaixo de uma temperatura base ( $T_b$ ). Por exemplo, se a temperatura base é tomada como  $18^\circ\text{C}$ , verifica-se a temperatura média diária ( $T_{med}$ ) durante todo o ano. Quando este valor for menor que  $T_b$ , calcula-se a diferença ( $T_b - T_{med}$ ), somando-se estas diferenças, dia a dia, todo o ano. Portanto:  $GD = \sum (T_b - T_{med})$  (1)

Pode se calcular o somatório separadamente, para cada mês, obtendo-se os graus-dias mensais. Graus-hora podem ser estimados de maneira similar ao descrito acima, porém tomando-se as temperaturas horárias ao invés de temperaturas médias diárias. Neste caso, deve-se verificar os valores de temperatura hora por hora, durante todo o ano. Pode ser calculado, também separadamente para cada mês:  $GH = \sum (T_b - T_h)$  (2)

O conceito de graus-dia (ou graus-hora) pode ser utilizado para estimar a energia requerida para refrigeração. É calculado de maneira similar ao anterior, porém são consideradas as temperaturas que excedam a temperatura base. Alguns dos programas de simulação de desempenho térmico de edificações com ESP, DOE e COMFIE utilizam os dados climáticos de um ano típico para o cálculo de energia térmica. Segundo a ASHRAE (1985), existem duas fontes de ano climático desenvolvidas para cálculos de energia utilizados no Estados Unidos: o *Test Reference Year (TRY)*, que foi preparado pelo *National Climatic Center* e o *Typical Meteorological Year (TMY)* que foi preparado pelo *Sandia Laboratories* na cidade de Albuquerque. STAMPER (1977) descreve o procedimento utilizado para determinar o chamado *Test Reference Year (TRY)*. O procedimento utilizado para selecionar o ano climático para um local específico, é baseado na eliminação de anos de dados, os quais contém temperaturas médias mensais extremas (altas ou baixas), até permanecer um ano somente. Para isto, os meses são classificados em ordem de importância para cálculo de energia. Então, o mês mais quente e o mês mais frio do local analisado são considerados os mais importantes, seguidos dos demais meses, listados em ordem de prioridade. As temperaturas médias mensais, para o período de registros disponível, são examinadas de acordo com a seqüência listada. O ano com o mês mais quente é anotado. Depois, o ano que contém o mês mais frio. O processo continua, anotando-se os anos nos quais ocorrem os extremos, que são eliminados e o procedimento é repetido até restar somente o *TRY*.

O *Test Reference Year (TRY)*, determinado por este processo, consiste em dados climáticos horários apresentados em um formato padronizado, conforme necessário para simulação de desempenho térmico de edificações. No *TRY* constam as seguintes informações climáticas para as 8 760 horas do ano: Temperatura de Bulbo Seco (TBS); Temperatura de Bulbo Úmido (TBU); Temperatura de Ponto de Orvalho; Direção do Vento; Velocidade do Vento; Pressão Barométrica; Tempo (consistindo de precipitação, névoa, poeira, entre outros); Quantidade de nuvens, Tipo de Nuvens, Altura de Nuvens; e Radiação Solar. Foram adotados no Brasil dois métodos para determinação do Dia Típico, um desenvolvido por SATTLER (1989) e outro desenvolvido pelo IPT (Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo), aplicado em dados climáticos de São Paulo por AKUTSU e VITTORINO, (1991). Dispondo de 5 anos de dados climáticos SATTLER (1989) trabalhou da seguinte maneira: em primeiro lugar, para cada um dos dias do período de dados disponíveis, é calculada a temperatura média diária, as quais são ordenadas, em ordem crescente. São encontradas, então, o conjunto de 250 dias de temperatura médias mais elevadas, caracterizando, aproximadamente, 15% do número total de dias. Da mesma forma, são selecionados os 250 dias de temperaturas média mais baixas no período. Deste conjunto, são verificadas as datas limites, a fim de determinar-se a abrangência dos períodos quentes e frios. Os dias incluídos no período quente denominam-se dias quentes e aqueles incluídos no período frio são chamados dias frios. Estes valores são, então, reordenados e determinados os níveis de 1,5%; 2,5%; 5% e 10%; tanto para os dias quentes, como para os dias frios. Portanto, o nível de 2,5%, relativo a dias quentes, por exemplo, caracteriza o dia cuja temperatura média do dia de referência está dentro de um intervalo representando 1% do número de dias do conjunto. Como a metodologia trabalha com um dia teórico, são calculadas as médias das características dos dias situados nestes intervalos, definindo-se, assim, os dias típicos de verão e dias típicos de inverno. Para cada dia típico, são listados os valores horários de temperatura de bulbo seco, temperatura de bulbo úmido ou umidade relativa, nebulosidade (ou radiação solar), direção e velocidade do vento. SATTLER (1989) salienta que é importante conhecer-se a data de referência de cada dia típico, para que se estimem, com precisão, os valores de radiação solar nos diferentes componentes externos da edificação. Segundo a metodologia, esta data deve ser definida pelo cálculo das declinações solares dos dias considerados na definição dos dias típicos. O tratamento dos dados climáticos propostos pelo IPT compreende basicamente duas etapas. Inicialmente, define-se, a partir do período disponível de dados, o mês caracterizado como mais quentes e mais frios denominados períodos de verão e de inverno respectivamente. A seguir, é feito, então, o tratamento detalhado dos dados, correspondentes apenas aos períodos de verão e de inverno, a partir do qual são definidos os dias típicos de projeto. AKUTSU e VITTORINO (1991) propõem dois critérios para seleção dos períodos de verão e inverno. Para determinar os períodos de verão e de inverno, pode-se adotar o seguinte critério: para o caso do verão, é identificado o mês mais quente do ano, ou seja, aquele que apresentar o maior valor para a média das temperaturas máximas diárias. Os outros meses que apresentarem, para a mesma grandeza, valores com uma diferença de até 0,5°C em relação ao mês mais quente, são selecionados como período de verão. O valor de amplitude térmica é determinado por:  $\mu = 0,10 \times (T_{max} - T_{min})$ , onde:  $T_{max}$  = média das temperaturas máximas diárias do mês mais quente e  $T_{min}$  = média das temperaturas mínimas diárias do mês mais quente. De maneira análoga, é definido o período de inverno com base no mês mais frio do ano. Os meses que apresentarem para a média das temperaturas mínimas diárias, valores com uma diferença de até 0,5°C em relação ao mês mais frio, são selecionados para o período de inverno. Para cada período considerado, os dados são tratados da seguinte forma:

i) Período de verão: são determinados os valores máximos diários da temperatura de bulbo seco (TBSmáx), os quais são ordenados, definindo-se então os níveis de frequência de ocorrência (N=1%; 2, 5%; 5% e 10%). Isto significa que, para cada valor de N, N% dos dias analisados devem apresentar valores de TBSmáx maiores ou iguais;

ii) Período de inverno: são determinados os valores mínimos diários da temperatura de bulbo seco (TBSmín), os quais são ordenados, definindo-se os níveis de frequência de ocorrência de maneira análoga ao período de verão.

iii) Para cada valor de frequência de ocorrência definido, é determinado um intervalo de 0,5°C, em torno da temperatura do dia de referência. São encontrados, então, os dias com temperaturas dentro deste intervalo e listados, para estes dias, os valores horários das grandezas: temperatura de bulbo seco, temperatura de bulbo úmido ou umidade relativa, nebulosidade (ou radiação solar), velocidade e direção do vento. Como a metodologia trabalha com um dia real, o dia típico de projeto é escolhido da seguinte forma: são efetuadas as médias das características dos dias situados dentro de cada intervalo. Neste intervalo, é procurado, então, o dia real com as características mais próximas dos valores médios, definindo-se, assim, o dia típico para cada nível. Eles são caracterizados, segundo a metodologia, pelos valores horários da temperatura de bulbo seco.

### **3 Desenvolvimento**

Utilizando o Banco de Dados informatizado da ECPM, UEM/INEMET, de leituras sinóticas, 12 h, 18 h e 24 h, do período 1983-1995, elaborou-se a Normal Climatológica e a escolha do *TRY (Test Reference Year)* ou Ano Climático de Referência. Na elaboração da Normal Climatológica do período 1983-1995, utilizaram-se os procedimentos recomendados pela OMM-Organização Mundial de Meteorologia para dados de superfície.

#### **3.1 Normal Climatológica**

Uma vez obtidas as médias mensais das variáveis acima explicitadas, foi elaborada uma média aritmética e a partir dessa, e das médias mensais, foram calculados: desvio padrão, coeficiente de variação, assimetria, curtose, mediana, valores máximos e mínimos. A Normal Climatológica do período em estudo fica sendo portanto, a média aritmética das médias mensais, conforme tabela 3.1.

#### **3.2 Ano Climático de Referência - *TRY***

O Ano Climático de Referência é o ano real que mais se aproxima da Normal Climatológica.

Tabela 3.1 - Normal Climatológica da TBS (°C), Período: 1983-1995												
ANO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
1983	24,8	24,8	23,1	22,3	20,3	15,6	19,1	19,8	18,2	21,6	22,8	23,8
1984	25,6	26,0	24,3	21,0	21,1	19,2	19,7	18,4	20,1	24,6	23,9	23,1
1985	24,8	24,5	23,7	22,7	19,3	17,0	16,8	20,5	21,9	23,9	25,4	26,2
1986	25,1	23,7	23,8	23,3	20,0	18,9	17,4	19,4	20,1	22,4	25,0	24,0
1987	24,7	23,2	24,1	23,3	17,3	16,6	20,5	18,6	20,3	22,6	24,5	24,6
1988	26,1	23,6	25,4	22,8	18,7	16,8	16,1	21,5	23,5	22,5	24,2	25,7
1989	23,0	24,0	24,1	23,0	19,2	17,4	16,7	18,4	19,5	21,8	23,4	24,5
1990	23,9	25,3	25,2	23,9	18,2	17,5	14,8	18,5	18,8	23,8	25,3	25,0
1991	24,9	24,2	23,4	22,4	19,9	18,9	17,9	20,4	22,0	23,0	24,6	24,5
1992	25,9	25,2	23,1	21,1	19,5	19,9	16,1	18,2	19,5	22,8	23,3	24,9
1993	25,1	22,8	24,4	23,2	19,5	17,1	17,3	19,4	20,5	23,5	25,1	24,6
1994	24,2	24,8	23,6	22,5	20,5	17,7	18,6	20,9	23,5	24,1	24,2	25,7
1995	24,7	24,2	24,2	21,2	19,5	19,3	20,7	23,1	21,6	21,5	24,3	24,8
NÚMERO	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13
MÉDIA	24,8	24,3	24,0	22,5	19,4	17,9	17,8	19,8	20,7	22,9	24,3	24,7

Para sua determinação é tomado como base a variável TBS (°C). O procedimento utilizado para selecionar o *TRY* é baseado na eliminação de anos de dados, os quais contém temperaturas médias mensais extremas (altas ou baixas) até permanecer um ano somente. Para isto, os meses são classificados em ordem de importância para cálculos de energia. Ou seja, são considerados mais importantes o mês mais quente e o mês mais frio, em seguida o 2º mês mais quente e o 2º mês mais frio e assim sucessivamente, montando-se uma lista de ordem de importância. A partir da lista de temperaturas mensais, o ano que contém o mês mais quente é anotado. Em seguida o ano que contém o mês mais frio, e esses anos são eliminados. Desconsiderando-se os dois anos e meses eliminados, anota-se novamente o ano que contém o mês mais quente, depois o ano que contém o mês mais frio e repete-se o processo até restar apenas um ano. Este ano é considerado o *TRY*. O *TRY* de Maringá coincidiu nos anos, 1986 e 1991. Para a escolha, foi utilizado como parâmetro o desvio padrão das diferenças da média, definindo 1991 como *TRY*.

#### 4 Resultados e Análise

Tanto na escolha da Normal Climatológica quanto na escolha do Ano Climático de Referência, foram utilizados recursos estatísticos para facilitar a interpretação do comportamento dos anos em relação a média das variáveis: TBS (Temperatura de Bulbo Seco), TBU (Temperatura de Bulbo Úmido), UMID (Umidade Relativa), Velocidade do Ar, NEB (Nebulosidade) e VISIB (Visibilidade).

## 4.1 Análise da Normal Climatológica

De acordo com a Normal Climatológica, observa-se que de modo geral as temperaturas de bulbo seco apresentam-se mais elevadas durante a maior parte do ano, tendo como período de menores temperaturas maio-setembro, ainda assim não são temperaturas características de um inverno rigoroso. A normal torna-se menos representativa durante o período de baixas temperaturas. A Normal Climatológica serve como parâmetro médio do comportamento das variáveis de interesse no desenvolvimento e simulação de projetos visando menor consumo energético. Sendo de suma importância para uma primeira análise, geral do clima da região de Maringá no período de 1983-1995.

## 4.2 Ano Climático de Referência

A partir dos dados médios mensais de TBS, foi feita uma classificação em ordem de importância para cálculo da energia, dos meses e seus respectivos anos e temperatura, segundo o critério de, em 1º lugar o mês mais quente em 2º lugar o mês mais frio, em 3º lugar o segundo mês mais quente, em 4º lugar o segundo mês mais frio, e assim por diante até completar 12 posições. Depois se repete a operação, porém invertendo-se o sentido da análise onde é mais quente passa a ser mais frio e vice-versa, visto na tabela 4.1. Para eliminação dos anos tomou-se o ano que apresentava o mês mais quente e eliminou-se esse ano, em seguida o ano que apresentava o mês mais frio. Os anos escolhidos e o médio apresentam-se na figura 4.1.

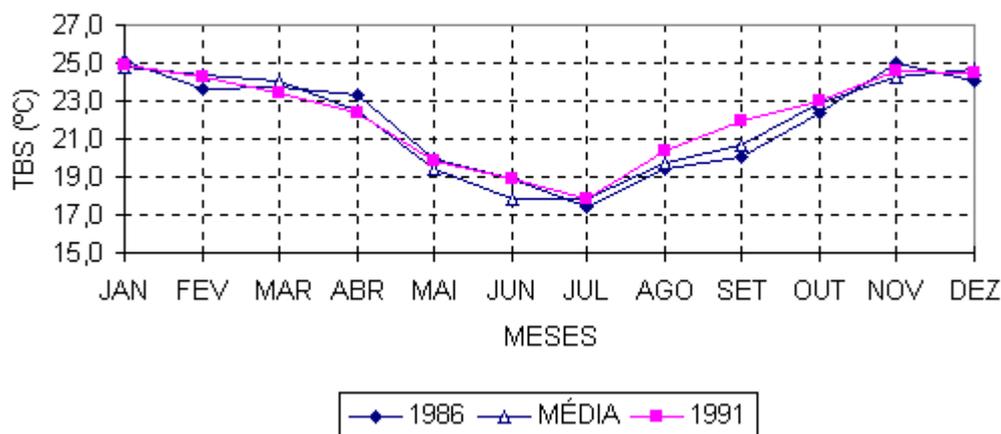


Figura 4.1 TBS (°C) Médio 1983-1995 e ANOS: 1986 e 1991

**Tabela 4.1 - Classificação de Ordem de Importância para Cálculo de Energia e Seqüência de Eliminação.**

Classificação				Seqüência de Eliminação		
Ordem Importância	Classificação	TBS (°C)	ANO	Ordem	+ Q	+ F
1	+ Q	26,20	dez/85	1	dez/85	dez/84
2	+ F	14,80	jul/90	2	jul/95	jul/90
3	+ Q	26,50	jan/88	3	jan/88	jan/89
4	+ F	15,60	jun/83	4	jun/92	jun/83
5	+ Q	26,00	fev/84	5	fev/84	fev/93
6	+ F	17,30	mai/87	6	mai/84	mai/87
7	+ Q	25,40	mar/88	7	mar/88	mar/92
8	+ F	18,20	set/83	8	set/94	set/83
9	+ Q	25,40	nov/85	9	nov/85	nov/83
10	+ F	18,20	ago/92	10	ago/95	ago/92
11	+ Q	24,60	out/84	11	out/84	out/95
12	+ F	21,00	abr/84	12	abr/90	abr/84
13	+ F	23,10	dez/84	ANO	1986	1991
14	+ Q	20,70	jul/95			
15	+ F	23,00	jan/89			
16	+ Q	19,90	jun/92			
17	+ F	22,80	fev/93			
18	+ Q	21,10	mai/84			
19	+ F	23,10	mar/92			
20	+ Q	23,50	set/94			
21	+ F	22,80	nov/83			
22	+ Q	23,10	ago/95			
23	+ F	21,50	out/95			
24	+ Q	23,90	abr/90			

Repete-se o processo para o 2º mês mais quente e o 2º mês mais frio. Continua-se o processo até restar um ano somente. Porém após as sucessivas eliminações restaram dois anos, 1986 e 1991. O Critério utilizado para escolha entre 1986 e 1991 como sendo o *TRY* foi realizar a diferença das médias mensais entre os anos e a médias mensais da Normal Climatológica. Dessa forma ficou o ano de 1991 definido como sendo o Ano Climático de Referência.

## 5 Dia Típico de Verão

Apresenta-se ilustrativamente na figura 4.2 a freqüência acumulada das TBS (°C) que constituem a base de dados para a escolha de dias típicos de verão.

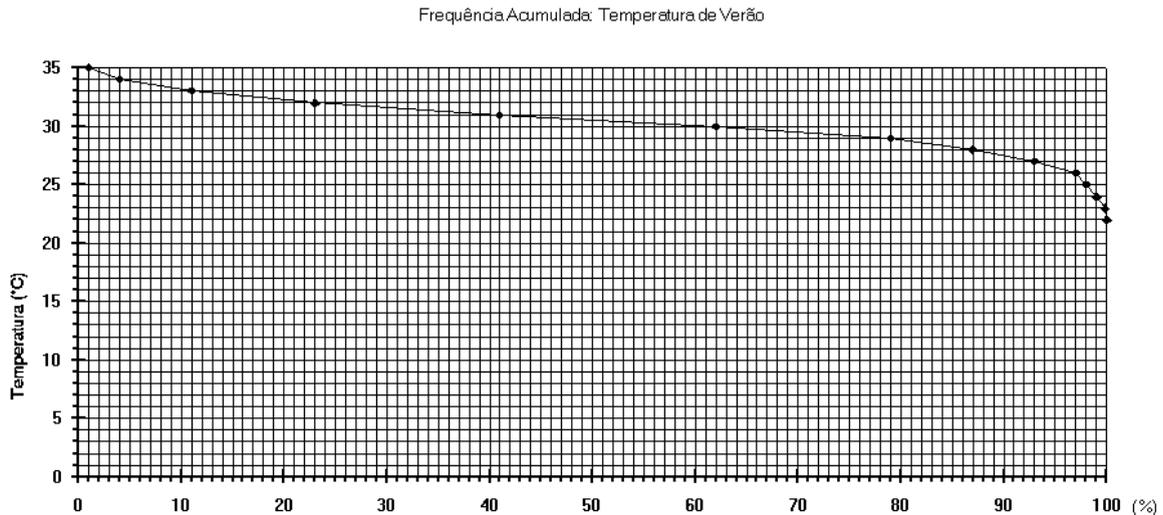


Figura 4.2 Distribuição da Frequência Acumulada das Temperaturas Máximas Diárias no Verão segundo PIETROBON (1990)

## 6 Conclusão

Definidos o *TRY* como 1991 e a Normal Climatológica do período, 1983-1995, fez-se a montagem do Banco de Dados Informatizado onde constam as leituras horárias, digitadas a partir das anotações das planilhas de 52 640 leituras horárias da ECPM UEM/INEMET. Ambos os tratamentos de dados dos dias típicos de verão e inverno e o *TRY*, estão disponíveis para arquivo de entrada dos softwares NBSLD e VisualDOE 2.6. .

## 7 Referências Bibliográficas

- AKUTSU, M. ; VITTORINO, F., (1991). **Proposta de Procedimentos para o Tratamento de Dados Climáticos.** In: Lamberts, R e Pereira, F. (Editores), I Encontro Nacional sobre Normalização Ligada ao Uso Racional de Energia e ao Conforto Térmico em Edificações, Florianópolis, p. 213.
- ASHRAE, (1985), **Weather Data and Design Conditions.** In: ASHRAE Handbook - Fundamental, New York, cap 24.
- GOULART, S. V. G., (1993). **Dados Climáticos para Avaliação de Desempenho Térmico de Edificações em Florianópolis.** Dissertação de Mestrado, UFSC Florianópolis.
- PIETROBON, C. E., **Um Processo Sistemático para a Metodologia de Projeto Arquitetônico Bioclimático; O caso de Maringá.** Dissertação de Mestrado, E.E.S.C. USP, São Carlos.
- OLGYAY, V., (1973). **Design with Climate.** Princeton University Press, New Jersey.

SATTLER, M. A., (1989). **Dias Climáticos para o Projeto Térmico de Edificações em Porto Alegre**. CIENTEC, Porto Alegre.

SATTLER, M. A., (1991). **Banco de Dados Climáticos para Porto Alegre**. In: Lamberts, R e Pereira, F. (Editores), I Encontro Nacional sobre Normalização Ligada ao Uso Racional de Energia e ao Conforto Térmico em Edificações, Florianópolis, p. 256.

STAMPER, E., (1977). **Weather Data**. ASHRAE Journal, February/77, p. 47.

SZOKOLAY, S.V., (1987). **Thermal Design of Buildings**. Raia Education Division, Austria.