

# **Perfil Horário da Distribuição da Freqüência das Temperaturas do Ar Durante os Solstícios de Verão e Inverno no Bairro do Maracanã, RJ.**

**Ricardo Augusto Calheiros de Miranda  
Cássia Barreto  
Mônica de Lira Pessoa  
Paulo Roberto de Souza Paiva**

## **RESUMO**

Nas últimas décadas, questionamentos sobre a influência das ações antrópicas sobre o clima tem se intensificado, devido a íntima ligação entre o processo de urbanização com a intensificação de ilhas de calor e o aquecimento global.

A partir da análise dos dados de temperatura do ar coletados na Estação Climatológica do bairro do Maracanã, instalada no Campus da Universidade do Estado do Rio de Janeiro, no período de 1991 a 2001. Foram produzidas representações gráficas dos perfis horários da distribuição das freqüências das temperaturas do ar, em relação a cada horário sinótico, durante os solstícios de verão e do inverno.

Em consonância com os resultados alcançados, se verifica que o bairro do Maracanã possui um expressivo contraste térmico entre o verão e o inverno, característico de áreas de clima tropical. Que as medias da temperatura do ar registrada oscilam entre um mínimo de  $22,3 \pm 0,7$  °C (inverno) a um máximo entorno de  $29,0 \pm 1,0$  °C (verão). Que no tocante a variabilidade horária e sazonal das temperaturas do ar que, a distribuição das freqüências temperaturas no bairro segue um modelo típico para cada horário e estação do ano. Sendo que as diferenças de padrão térmico registrado no verão (24° a 36°C) e inverno (15° a 31 °C) se associam não só a disposição dos elementos urbanos como é consequência, da atuação conjunta dos sistemas atmosféricos típicos de cada estação do ano. Muito embora se considere também que, há influência direta da relação existente entre as taxas de esfriamento e aquecimento superficial sobre a diferenciação dos padrões horários das temperaturas coletadas nesse bairro durante os solstícios de verão e inverno.

**PALAVRAS CHAVES:** Clima Urbano, Maracanã, Temperatura do Ar

**Hourly Profiles of the Frequency Distribution of Air Temperatures During the Summer and Winter Solstices in the District of Maracanã (RJ)**

## RESUM

In the last decade, questions about the influence of antropic actions about the climate have been intensify, mainly because the close relationship between the urbanization process which enhance the heat islands and the global warming.

From analyses of meteorological data recorded at climatological station localized in the Maracanã district, placed at the State University of the Rio de Janeiro, during 1991 to 2001, were produce graphic representation about the hourly frequency distributions of air temperatures, in relation to different synoptic times, during the summer and winter solstices.

In consonance with the reached results, was verified that in the district of Maracanã an expressive thermic contrast between summer and winter typical of tropical climatic areas was observed. That the recorded air temperatures varies between a minimum of  $22,3 \pm 0,7$  °C (winter) and a maximum around de  $29,0 \pm 1,0$  °C (summer). That in relation to the air temperature hourly and seasonal variability the frequency distribution in the district follows a model typical to each time and seasonal period of the year. The different thermic standards recorded during summer (24° to 36°C) and winter (15° to 31 °C) are associated not only with urban elements which are also consequence of the combined actions of the atmospheric systems typical of each climatic station and also of the straight relationship between the rates of cooling and heating which contributes to the hourly standards of temperatures registered in the district during the summer and winter solstices.

**KEY WORDS:** Urban Climate, Maracanã, Air Temperature

## Introdução

O sistema clima urbano - resultado das interações entre as atividades humanas e das características da atmosfera local - dentro de um contexto regional se constitui de uma célula de um sistema que abrange um dado espaço terrestre e a sua urbanização (Monteiro e Mendonça, 2003). Por isso a vida humana nas metrópoles, caracterizado por um contínuo processo de mudanças da paisagem natural, está tão diretamente relacionada com a interferência da ação do homem no meio urbano (Azevedo, 2001; Lawrence, 2003 e Monteiro e Mendonça, 2003).

Nesse sentido o clima se constitui numa das dimensões do meio urbano e seu estudo tem oferecido importantes contribuições ao equacionamento da questão ambiental das cidades sendo cada vez mais, uma prioridade dos poderes

públicos e tema central de investigações em diferentes áreas de interesse científico (Mendonça 2002, Steemers, 2003).

No Brasil e não diferentemente a região metropolitana da cidade do Rio de Janeiro, o processo de ocupação acelerado e desordenado do espaço urbano gerou, nas últimas décadas, sérios transtornos ambientais (Brandão, 1996 e 2000).

Nessa cidade questões atreladas ao fluxo migratório estimulado por ofertas de trabalho têm resultado num elevado índice de favelização, poluição e desconforto térmico que já ocupam posição de destaque na vida do carioca. Por isso na sua região central são, de maneira geral, mais perceptíveis os transtornos como consequência dos desconfortos térmicos. Muito embora esses transtornos já venham sendo identificados em bairros periféricos como testemunho da relação predatória entre a sociedade e a natureza (Drew, 1998; Lombardo, 1985 e Oke, 1978). Por essa razão Oke (1978) e posteriormente Monteiro e Mendonça (2003) consideram que o clima de um bairro é, usualmente, considerado como um mosaico que engloba diferentes microclimas, que se repetem com alguma regularidade ano após ano.

Segundo Parra (2001), no Mato Grosso do Sul, cerca de 90% das localidades experimentam sensações de desconforto na primavera, pelo excesso de calor, sendo que 4,4% referem-se à classe muito quente abafado, 88,6 % ao quente e somente 7% refere-se à sensação confortável. A interferência do arruamento e a existência de grandes avenidas têm relação com o efeito da canalização do vento aos longos desses logradouros, facilitando a canalização e as consequentes turbulências e redemoinhos nas esquinas. Silva et al. (1997) realizaram estudos sobre direção e velocidade do vento em Pelotas-RS e concluíram que a direção predominante do vento varia com a estação do ano; na primavera e no verão a direção predominante é Leste, no outono a direção é Sudeste e de nordeste no inverno. Nesta afirmativa também se insere Brandão (1996; 2000).

O estudo do microclima de bairros periféricos como o Maracanã a uma grande metrópole como a cidade do Rio de Janeiro, ainda é um campo pouco explorado no Brasil. Embora haja grandeza na repercussão a trabalhos dessa natureza, centrados no comportamento térmico de bairros circunvizinhos a grandes metrópoles (Lombardo, 1985 e Oke, 1978,1981).

Por essa razão escolhemos o bairro do Maracanã, palco de grandes alterações na ocupação e uso do solo e por quase não apresentar mais áreas verdes, para execução de um estudo sobre a distribuição das frequências horárias da temperatura do ar durante os meses do verão e inverno.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

### **Descrição do Bairro do Maracanã**

O Maracanã é um bairro da zona norte do Rio de Janeiro, com o segundo maior índice de desenvolvimento humano (IDH) da zona norte ( $\approx 0,95$ ). Está localizado às margens do Rio Maracanã, distante em cerca de 30 km do centro urbano da cidade do Rio de Janeiro, tem uma função eminentemente residencial embora se ofereça vários serviços públicos e de infra-estrutura na área da educação, destacando-se a Universidade do Estado do Rio de Janeiro, a Escola Técnica “*Celso Sulkow da Fonseca*” ambas alocadas no entorno do complexo esportivo Mario Filho – Maracanã. Faz limite com a Praça da Bandeira, os bairros da Tijuca, Vila Isabel, São Cristovão e o complexo de favela do morro da Mangueira. Tem uma população permanente estimada de 30.000 habitantes distribuída em aproximadamente 1,67km<sup>2</sup>, com uma área total construída de 100% compostas por ruas com grande número de imóveis, tipicamente residenciais particularmente de edifícios com gabaritos variados, uma área verde irregularmente distribuída e de trânsito intenso (Figura 1).



Figura 1 – Vista aérea do espaço urbano em que se insere o bairro do Maracanã, RJ.

### **Monitoramento Meteorológico no Maracanã**

Na busca das características horárias e estacionais das temperaturas do ar foram utilizados dados diários, no período 1991 a 2001, coletados diariamente às 09:00h, 15:00h e 21:00h, horário local, correspondendo às 12:00h, 18:00h e 24:00h do Tempo Médio de Greenwich (TMG), monitorados na Estação Climatológica “urbana” situada no Campus Universitário “Francisco Negrão de Lima” a latitude  $22^{\circ} 55' S$  e longitude  $43^{\circ} 14' W$  e 10,6 m de altitude.

A distribuição de frequência é o resumo tabular de um conjunto de dados brutos arranjados em classes onde o número de elementos pertencentes a cada classe, denominado frequência de classes é agrupado de forma a se evidenciar certas propriedades da variável em estudo. Assim sendo, calculou-se a frequência da temperatura ocorrida em cada mês do verão (janeiro a março) e inverno (junho a julho), a qual foi mostrada graficamente através de histogramas.

Para construção dos histogramas de frequência das temperaturas do ar, procurou-se conferir certa ordem aos dados tornando-os visualmente mais amigáveis. O procedimento mais comum é o de divisão por classes ou categorias, verificando-se o número de indivíduos pertencentes a cada classe.

Para tanto se identificou para cada uma das estações do ano o menor ( $L_i$ ) e o maior valor ( $L_s$ ) para o conjunto de dados amostrados. Posteriormente, definiu-se o número de classes ( $K$ ) através da expressão:

$$K = \sqrt{n} \quad (1)$$

onde:

$n$  = número de registros de dados amostrados;

Conhecido o número de classes define-se a amplitude ( $A$ ) de cada classe. Ou seja;

$$A = \frac{(L_s - L_i)}{K} \quad (2)$$

## **Resultados e Discussões**

Em consonância com Landsberg (1970; 1981), Oke (1978) e Monteiro e Mendonça (2003) o clima no ambiente urbano, corresponde a um mosaico de microclimas que refletem com alguma regularidade a forma com que o Sol ilumina a superfície terrestre durante os dias e anos.

### **Padrão Distribuição Anual das Temperaturas**

Na década de 1991 a 2001, no bairro do Maracanã, se registrou uma temperatura média anual, de 25,4°C ( $\pm 0,4^\circ\text{C}$ ) sendo o ano de 2001, o que apresentou uma maior temperatura média anual de 27,1°C, ou seja, 1,7°C superior ao registrado no ano de 1992, período em que se registrou a menor temperatura média anual (25,3°C). O que consolida uma tendência ao aumento das temperaturas máximas e mínimas mensais neste início do século quando se verificou um aumento ( $\approx 1,4^\circ\text{C}$  acima da média histórica de 7,5°C) da amplitude térmica.



Pelo apresentado na Figura 2, no bairro do Maracanã, ao longo dos meses, as temperaturas oscilam entre um mínimo de  $22,3 \pm 0,7^{\circ}\text{C}$  (inverno) a um máximo entorno de  $29,0 \pm 1,0^{\circ}\text{C}$  (verão). Essa constatação segue o padrão da região Sudeste brasileira, onde as oscilações térmicas observadas durante o ano são usualmente inferiores nos meses de maio a setembro (transição do outono para o inverno) e mais elevadas durante a transição da primavera para o verão (meses novembro a fevereiro) (Sansigolo et al, 1989). Representadas ainda, por uma amplitude térmica anual média de  $6,7^{\circ}\text{C}$  o que reflete as variações de entrada de energia solar entre solstícios e os equinócios, bem como das características dos sistemas atmosféricos atuantes em cada estação do ano sobre a região. Se no verão foram registrados padrões médios mensais das temperaturas do ar variando entre  $27^{\circ}\text{C}$  ( $\pm 0,6^{\circ}\text{C}$ ) e  $29^{\circ}\text{C}$  ( $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ ), esses foram como consequência de uma maior atuação das massas tropicais marítimas associadas a sistemas frontais. Em contrapartida, no inverno, com um aumento da participação da massa polar Atlântica e com o predomínio das massas tropicais sobre a região as temperaturas médias do ar se mantiveram entorno de  $23^{\circ}\text{C}$  ( $\pm 0,9^{\circ}\text{C}$ ). Ayoade (2002) destaca também como fatores intervenientes na amplitude térmica “a cobertura das nuvens, o teor de umidade no ar e a capacidade condutiva edificações” que predominam no local.

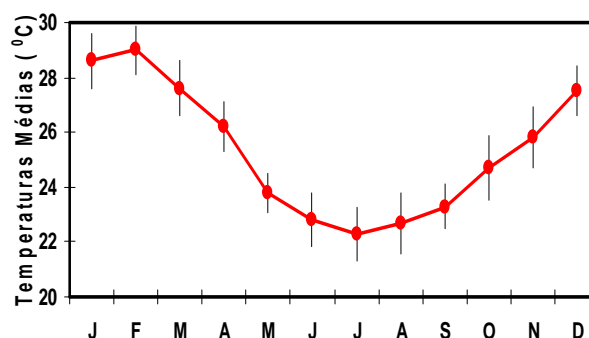


Figura 2 – Desvios padrões em relação às temperaturas médias mensais registradas no bairro do Maracanã, RJ. (Período 1991 a 2001).

### **Padrão Distribuição Horário e Sazonal das Temperaturas**

A sazonalidade é caracterizada pela posição relativa da Terra-Sol tomando-se o equador terrestre como referencial. Assim sendo, nas Figuras 3 e 4, são apresentados os padrões da distribuição da frequência das temperaturas do ar, em relação a cada um dos horários sinóticos registradas no bairro do Maracanã, RJ durante dois períodos distintos do ano: verão e inverno.

Sob tais circunstâncias a temperatura horária do ar reflete o movimento aparente do Sol em torno da Terra, onde o balanço de radiação da superfície, composto por uma entrada de energia, a radiação solar absorvida, e pela liberação de energia através da emissão efetiva terrestre (Danni-Oliveira, 1992). Ou seja, de forma geral, as temperaturas mais baixas ocorrem imediatamente ao nascer do Sol, e as mais altas duas horas após a passagem meridiana, quando a temperatura do ar coincide com os efeitos da radiação global incidente durante o período matutino (Oliveira, 1988).

Diante do exposto verificou-se que, independentemente do horário sinótico e da estação do ano, a distribuição das frequências temperaturas segue um modelo típico e sazonal para cada estação do ano, cujas faixas de temperaturas se mantiveram entre 20° e 40°C verão e entre 15° e 35°C para os meses do verão e inverno, respectivamente.

Durante os horários sinóticos do dia dos meses do verão (Figura 3) verificou-se que, 52% dos registros das temperaturas do ar monitoradas as 12 TMG se mantiveram na classe entre 28° a 32°C. Nesse horário verificou-se, uma razoável simetria na distribuição das temperaturas do ar, que se associa taxa de dissipação noturna resultante do calor acumulado no dia anterior. Após a passagem meridiana (18 TMG) o tipo de distribuição passa a ser crescente e assimétrica a partir da faixa das temperaturas superiores a 28°C. Neste horário o tipo de distribuição reflete à intensificação das atividades convectivas causadas pelo calor acumulado na estrutura urbana e pelo acúmulo de emissões gasosas, no período, provocado aumento das atividades antrópicas do período matutino. Assim sendo se observa que das temperaturas monitoradas neste horário 73% das temperaturas se concentraram na faixa entre 28° a 36°C. À noite, comandada por forte dissipação noturna do calor



acumulado durante o dia e com decrescente redução das atividades antrópicas se observa que, 86% das temperaturas monitoradas se concentram na classe das temperaturas entre 24° a 32°C.

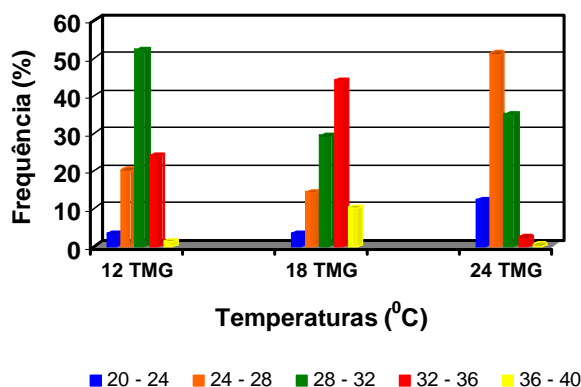


Figura 3 – Perfil horário das freqüências das temperaturas do ar em cada horário sinótico, no bairro do Maracanã (RJ), durante o solstício de verão. Período: 1991 a 2001.

Durante os horários sinóticos do dia dos meses do inverno (Figura 4) com a intensificação da penetração de massas de ar frio das altas latitudes, as temperaturas que predominam no bairro do Maracanã variam entre 15° a 35°C. Nesse período do ano, quando a Terra se mantém mais afastada do Sol, se observa que 87% das temperaturas prevalentes no período matutino (12 TMG) se concentram entre as classes de 19° a 27°C. A redução de atividades convectivas intensas resultantes do nível de radiação global incidindo sobre o local pode ser apontada como responsável pela redução da nebulosidade e consequentemente com a prevalência das temperaturas nas faixas entre 19° a 27°C. Esses processos são responsáveis pelos extremos de temperatura mínima absoluta no inverno se manter, 5°C abaixo das temperaturas mínimas absolutas registradas no verão (20°C). Durante o horário vespertino (18 TMG) detecta-se um tipo de distribuição horária das temperaturas assimetria. Neste horário, predominam 40% das temperaturas monitoradas permanecem na classe entre 23° a 27°C, muito embora se ressalte que nas classes que antecedem (19° a 23°C) e precedem (27° a 31°C) a classe de maior predominância de temperaturas não se verificou diferenças significativas do

número de ocorrência das temperaturas registradas. Finalmente durante a noite, como nos meses do verão, se observa um tipo de distribuição de freqüência das temperaturas muito similar. Em contrapartida à noite (24 TMG) se verificou que 61% das temperaturas se mantiveram na faixa entre 19° e 23°C, devido à rápida dissipação da energia térmica armazenada durante o dia pela estrutura urbana e a sua atmosfera.

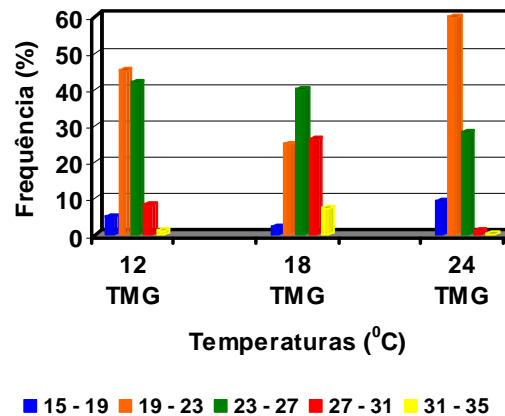


Figura 4 – Perfil horário das freqüências das temperaturas do ar em cada horário sinótico, no bairro do Maracanã (RJ), durante o solstício de verão. Período: 1991 a 2001.

## CONCLUSÕES

Que no bairro do Maracanã, durante os anos de 1991 a 2001, embora já se observe visíveis alterações dos elementos urbanos (propriedades térmicas dos materiais, pavimentação, impermeabilização, circulação de veículos e pessoas, poucas áreas verdes), já se detecta uma tendência de aumento das temperaturas médias anuais no final dessa década. Muito embora se verifique uma pequena dispersão em relação à temperatura média mensal, independentemente da estação do ano.

Que no tocante a variabilidade horária e sazonal das temperaturas registradas no bairro do Maracanã que, a distribuição das freqüências temperaturas no bairro segue um modelo típico para cada horário e estação do ano. Sendo que as diferenças de padrão térmico observadas no verão (24° a 36°C) e inverno (15° e 31°C) se associam não só a disposição dos elementos urbanos como é

conseqüência, da atuação conjunta dos sistemas atmosféricos típicos de cada estação do ano. Muito embora não se desconsidere a influência direta provocada pela relação existente entre as taxas de esfriamento e aquecimento que podem contribuir na diferenciação dos padrões horária das temperaturas coletadas nesse bairro.

## **Bibliografia**

Azevedo, T.R. Derivação antrópica do clima na região metropolitana de São Paulo abordada como função do ritmo semanal das atividades humanas. Tese de Doutorado. FFLCH, USP, São Paulo. 2001.

Ayoade, J.O. Introdução a Climatologia para os Trópicos. Ed. Bertrand Brasil. 8ª edição. Rio de Janeiro. 2002.

Brandão, A.M.P.M. O clima urbano da cidade do Rio de Janeiro. Departamento de Geografia. FFLCH/USP. Tese de Doutorado. São Paulo. 362p. 1996.

Brandão, A.M.P.M e Lucena, A.J.L. A ilha térmica e sua influência no conforto térmico na área central da cidade do Rio de Janeiro. In: VIII Simpósio brasileiro de Geografia Física Aplicada. Anais..., v.1, Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG. Belo Horizonte, 2000.

Danni-Oliveira , I. M. Considerações sobre a tendência das temperaturas de inverno e verão na cidade de Curitiba-PR. In: Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica. Resumos... Rio Claro. Universidade Estadual de São Paulo – UNESP. 1992.p.42

Drew, J. Processos interativos homem-meio ambiente. Ed. Bertrand Brasil. Rio de Janeiro. 1998.

Landsberg, H.E. Man-made climatic changes. Science. Nº 170. p.1265-1274.1970.

Landsberg ,H.E. The urban climate. Academic Press, New York.1981.185p.

Lawrence, R.J. Human ecology and its applications. Landscape and Urban Planning. Nº 65. p. 31-40. 2003.

Lombardo, M.A. Ilha de calor nas metrópoles: o exemplo de São Paulo. Ed. Hucitec. São Paulo. 1985.

Mendonça, F.A. Aspectos da problemática ambiental urbana da cidade de Curitiba/Pr e o mito da capital ecológica. GROUSP - Espaço e tempo. São Paulo. v 1, p.179-188. 2002.

Monteiro, C.A. F. e Mendonça, F. Clima Urbano. Editora Contexto. São Paulo. 192p. 2003.

Parra, M.A. Regiões bioclimáticas do Estado do Mato Grosso do Sul. IN: Anais do IX Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada. Vol I. p.103-104. 2001.

Oke, T.R. Boundary Layer Climates. A. Halsted Press. London. UK. 1978. 372p.

Oke, T.R. Boundary Layer Climates. A. Halsted Press. London. UK. 1978. 372p.

Canyon geometry and the nocturnal urban heat island: comparison of scale model and field observations. Journal of Climatology, v. 1, p. 237-254, 1981.

Oliveira, P.M.P. Cidade apropriada ao clima: a forma urbana como instrumento de controle do clima urbano. Brasília. Universidade de Brasília. 134p. 1988.

Sansigolo, C.A.; Rodrigues, R. de C. M. e Etchichury, P.C. Tendências das temperaturas médias no Brasil. In: VII Congresso Brasileiro de Climatologia. Campinas, São Paulo. V1, p. 367-371. 1989.

Silva, J.B.; Zanusso, J.T. e Silveira, D.L.M. Estudo da velocidade e direção do vento em Pelotas -RS. Revista Brasileira de Agrometeorologia. Santa Maria, V5, Nº2, p.225-237. 1997.

Stemmers, K. Energy and city density, buildings and transport. Energy and Buildings. Nº 35. p.3-14. 2003.

Artigo encaminhado para publicação em outubro de 2008.

Artigo aceito para publicação em dezembro de 2008.

ISSN 1981-9021 - Geo UERJ - Ano 10, v.2, n.18, 2º semestre de 2008.

[WWW.geouerj.uerj.br/ojs](http://WWW.geouerj.uerj.br/ojs)