

AJUSTE DE DADOS REPRESENTATIVOS DE TEMPERATURA EM MEDIÇÕES MÓVEIS EM ÁREAS URBANAS

José Rubens Gonçalves de Souza; Eleonora Sad de Assis

Escola de Arquitetura da UFMG, Laboratório de Conforto Ambiental (LABCON), rua Paraíba,
697, CEP: 30130-140, Belo Horizonte, MG, Brasil, tel.: +55(31)3269-1825,
fax: +55(31)3269-1818, e-mails: jrubensgs@hotmail.com; elsad@arq.ufmg.br

RESUMO

A pesquisa do clima urbano tem sido feita freqüentemente através de medidas móveis dos parâmetros climáticos, devido à necessidade de uma amostragem mais densa de pontos no recinto urbano e à limitação do número de instrumentos de medição e de mão de obra disponível. Nesse caso, como a medição dos dados nos pontos selecionados não é simultânea, é necessário fazer uma correção das medições, já que uma variação relevante do parâmetro a medir pode ocorrer ao longo do intervalo de medição. Apresenta-se, assim, um procedimento para fazer essa correção, aplicado a um levantamento de temperatura feito na cidade de Paracatu, MG, onde foi desenvolvida uma correlação não linear entre os valores medidos e o perfil de temperatura apresentado por uma estação meteorológica próxima. Supondo que o ponto inicial apresente comportamento térmico similar ao da estação fixa, embora com temperatura diferente, pode-se estabelecer, para cada ponto, o correspondente perfil de temperatura e, portanto, o seu valor em determinado instante, para comparação com os demais. Assim, estabelecem-se as temperaturas prováveis dos diversos pontos em horário simultâneo ao do ponto selecionado como início das medições. Este procedimento aplica-se também a outras variáveis, como umidade, mantidas as considerações necessárias às hipóteses de correlações utilizadas.

ABSTRACT

The urban climate survey has been done frequently through mobile measurements of climatic parameters due to the need of a dense sampling in the urban area, limitations of the number of measurement instruments and available people. In this case, as the measurements at the selected points are not simultaneous they need to be corrected because a relevant parameter variation can occur during the measurement period. This paper presents a procedure to make this correction, applied to a temperature survey carried out in the city of Paracatu, Minas Gerais state, Brazil. A non-linear correlation was developed between the measured values and the air temperature profile from a fixed meteorological station nearby. Considering the initial point presents thermal behavior similar to the fixed station, although with a different temperature, one can establish for each point the correspondent temperature profile and therefore its value in certain moment for comparison with the others. Thus, it can be established the probable temperatures of the diverse points in simultaneous schedule to the one selected as the beginning of the measurements. This procedure is also applied to other variables, as humidity, if the correlation hypotheses can be kept.

1. INTRODUÇÃO

O método de medidas móveis de parâmetros climáticos em áreas urbanas vem sendo utilizado desde o final dos anos 1920, segundo o levantamento feito por Persson (1997), tendo-se difundido em todo o mundo em função de sua aplicação relativamente mais simples e de baixo custo operacional. Apesar disso, há muito pouca referência na literatura à correção dos dados medidos, já que uma variação relevante pode ocorrer ao longo do intervalo de medição. Mesmo documentos de referência na pesquisa do clima urbano, como Oke (2006), não mencionam o método de medidas móveis ou a correção de dados medidos.

Segundo Persson (1997), as medidas móveis podem ser feitas utilizando um veículo equipado com os instrumentos de medida, cuja altura de montagem tem variado de 0,2 a 4,0 m do solo, dependendo do tipo de variável a ser medida, sendo mais comuns as alturas entre 1,0 e 2,0 m. O tempo do percurso varia mais freqüentemente entre 1 a 3 horas, havendo trabalhos que chegam a 5 e 6 horas. A velocidade de deslocamento fica entre 30 e 50 km/h, sendo que em alguns casos o veículo pára em cada ponto de coleta de dados para a medição e em outros casos segue rodando sem parar e coletando dados continuamente.

A partir da metodologia proposta por Schmidt (1927, 1930; citados por PERSSON, 1997), a maior parte dos pesquisadores tem usado a correção linear das medidas, nos casos em que o percurso não dura muito tempo e o ambiente é relativamente homogêneo. Quando o ambiente é heterogêneo, por exemplo, com certa variação do uso e ocupação do solo e altitudes variadas, a correção não será necessariamente linear, já que taxas diferenciadas de aquecimento ou resfriamento podem estar ocorrendo no ambiente.

Assim, a resolução espacial é um dos maiores problemas na aplicação do método de medidas móveis. Tendo em vista este aspecto, e considerando a complexidade das cidades brasileiras, geralmente assentadas em sítios de relevo movimentado, chegando por vezes a diferenças de altitude relevantes¹, este trabalho apresenta um procedimento para fazer a correção não linear de dados medidos de temperatura do ar, tomando como referência uma estação fixa próxima à área de levantamento.

A complexidade dos fenômenos de transferência e balanços energéticos na atmosfera não permite a obtenção de uma equação fenomenológica geral para a dependência da temperatura local com o tempo em um ciclo diário. Optou-se ent, no presente trabalho, pelo uso de correlação polinomial empírica obtida por regressão a partir dos dados medidos em estação meteorológica próxima.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Observa-se na literatura que existem alguns tipos de correção de dados de acordo com o objetivo da investigação. Sempre que o ambiente em estudo apresente uma certa diversidade de uso e ocupação do solo, bem como de altitude, deve ser feita a correção dos dados medidos, que pode ser: (a) para a estimativa da variação dos parâmetros climáticos, em geral temperatura e umidade, em um determinado instante dentro do período de medição, permitindo, assim, a comparação entre pontos; (b) para a correção do efeito da altitude² sobre aqueles parâmetros, quando se pretende identificar a influência do uso e ocupação do solo, isolando, de certa maneira, a influência do relevo e/ou (c) para a compensação do efeito de deslocamento do ar, no caso da medição ser feita com o veículo em movimento contínuo, ou seja, o veículo não pára em pontos selecionados para a coleta de dados durante o percurso, de modo que o registro dos dados também não é discreto.

No primeiro caso, encontram-se trabalhos que aplicaram correção linear e não linear dos dados medidos. Em seu levantamento de 22 trabalhos utilizando medidas móveis na Europa e Estados Unidos, Persson (1997) identifica que 50% fizeram algum tipo de correção dos dados, porém não esclarece se linear ou não. Destes trabalhos, mais da metade coletou os dados com o veículo em movimento contínuo, o que provavelmente também demandou a compensação do movimento. Achberger e Barring (1999) mostram com certo detalhe a montagem da plataforma móvel desenvolvida por Persson, que utiliza um odômetro ligado ao sistema de aquisição de dados, bem

como a calibração dos sensores para compensar a deformação do fluxo de ar provocado pelo veículo em movimento. Essa técnica é utilizada principalmente em áreas agrícolas e florestais, onde a velocidade do veículo pode ser mantida relativamente constante.

Muitos autores de importantes trabalhos sobre o clima urbano, como Duckworth e Sandberg (1954), Oke e Hannel (1970), mencionam ter corrigido seus dados para padronizá-los a um mesmo horário, mas não esclarecem como foi feita esta correção.

Balke Stahl et al (2006) apresentaram um procedimento para a correção não linear de dados de temperatura medidos em Oporto, Portugal, através do método de medidas móveis usando um termohigrômetro digital, a partir de uma estação meteorológica automática fixa tomada como referência, da análise de cartas sinóticas e de imagens do satélite NOAA durante os períodos de medição. Após corrigidos, os dados geraram um mapa de isotermas através de interpolação pelo método de *krigagem*, que é o mais recomendado para a interpolação de dados de temperatura do ar. O procedimento desenvolve-se em três etapas, porém o trabalho não definiu com clareza as variáveis e as equações de ajuste, impossibilitando sua aplicação, enquanto o artigo não for revisto pelos autores.

No Brasil, o método de medidas móveis foi introduzido no início dos anos 1980 por Hasenack, Schmidt e Becke (1982, citados em HASENACK e BECKE, 1991). O método foi aplicado pelos autores ao estudo da distribuição noturna da temperatura em Porto Alegre, relacionando-a com o relevo, vegetação e grau de urbanização. Os autores distribuíram os pontos o mais uniformemente possível na área de estudo, mantendo uma densidade de cerca de dois pontos por km², bem como localizando-os em altitudes inferiores a 120 m para minimizar o efeito da altitude. Os dados de temperatura do ar foram interpolados para um horário comum, usando o registro de um termohigrógrafo de uma estação meteorológica fixa. A interpolação foi feita apenas para o período em que a variação da temperatura apresentou comportamento linear, calculando-se a diferença de temperatura de cada ponto em relação a da estação de referência e gerando, com estes dados, uma carta de isoanômalas.

Em Hasenack et al (2003) os autores foram mais além, considerando que o interesse estava não apenas na diferença entre a temperatura do ponto e da estação de referência, mas na estimativa mesma da temperatura no ponto, e propuseram um procedimento para a correção não linear de dados medidos. Tomaram a temperatura da estação de referência ocorrida na metade do período de observação e a ela adicionaram a diferença da temperatura observada em cada ponto, obtendo uma estimativa da variação da temperatura no período observado. A partir das temperaturas no início e final do percurso de medição, calcularam o valor da variação por minuto e considerando-se o tempo decorrido desde o início da medição, calcularam a diferença de temperatura em cada ponto.

Assis (2000) corrigiu linearmente os dados medidos em três circuitos com um total de 23 pontos sobre uma área de cerca de 25 ha, em torno da estação meteorológica padrão de Belo Horizonte (estação de Lourdes). Os circuitos tinham em comum os mesmos pontos de início e fim do percurso, sendo que cada um deles durava cerca de 20-30 minutos. A correção linear é muito simples de ser feita, bastando distribuir uniformemente a diferença entre as temperaturas medidas no início e no fim do percurso pelo número de pontos. Após a correção, as temperaturas medidas no início e no fim do percurso serão iguais.

Por fim, quando a diferença de altitude entre os pontos é de mais de 100 m, faz-se necessária a correção do efeito da altitude, quando o objetivo é identificar a influência do uso e ocupação do solo sobre a variação local de parâmetros climáticos, como a temperatura e a umidade. Assis (1990), ao estudar a distribuição de temperaturas no centro urbano de Belo Horizonte através dos dados registrados em quatro estações meteorológicas fixas, fez a correção da altitude dos pontos dessas estações para a altitude daquela tomada como referência, segundo a equação:

$$T_c = T - [(h - h_{ref}) \times 0,65]/100 \quad [\text{Eq. 01}]$$

onde: T_c é a temperatura corrigida (°C);

- T é a temperatura da estação ou ponto pesquisado (°C);
h é a altitude da estação ou ponto pesquisado (m);
h_{ref} é a altitude da estação de referência (m).

Como se observa dos trabalhos analisados, o modo de efetuar as correções dos dados de medidas móveis, principalmente a não linear, é muito variado e provavelmente deve gerar diferenças nos resultados de tratamento de uma mesma base de dados. Assim, é conveniente, a partir da análise dos procedimentos disponíveis, desenvolver um procedimento que possa ter uma aplicação mais generalizada, tratando os dados com maior precisão.

3. METODOLOGIA DESENVOLVIDA

Considerando que uma variação relevante de temperatura e umidade pode ocorrer ao longo do intervalo de medição de um determinado percurso ou circuito, principalmente no caso da medição ser feita durante o dia, foi desenvolvido um procedimento para uma correção mais precisa dos dados medidos e aplicada a um levantamento feito na cidade de Paracatu, MG.

A medição foi feita no período da manhã com tempo estável e ventos leves, em um percurso fechado (circuito) abrangendo um total de 25 pontos, onde se toma a medida inicial e a final do circuito, possibilitando a distribuição do “erro” de medição. Os pontos foram distribuídos o mais homoganeamente possível na malha urbana, abrangendo uma área de cerca de 7,6 km² (760 ha). Em vista do tamanho da área e das dificuldades de trânsito, o levantamento durou mais de duas horas, demandando a correção das medidas para um horário comum.

Para a correção, a estação meteorológica padrão da cidade foi tomada como referência, coletando-se os dados de temperatura do termohigrógrafo instalado no abrigo meteorológico correspondentes ao período do trabalho de campo. A seguir os próximos itens mostram cada etapa do procedimento.

3.1 Determinação da curva de variação da temperatura da estação de referência

Para a construção da planilha de correção dos dados medidos, foi feito o levantamento dos dados registrados na estação fixa de referência, no caso, a estação meteorológica padrão da cidade. A tabela 1 mostra os dados registrados a cada duas horas, embora o ideal seja o levantamento de dados horários ou num intervalo ainda menor, para a melhor caracterização da curva de variação do parâmetro em estudo. O período do trabalho de campo foi de 8:30 às 11:00. Observou-se que o período amostrado da estação deve ser tal que abranja o período do trabalho de campo e contenha os pontos de inflexão da curva, de modo que a linha de tendência sobre a curva obtenha o melhor ajuste possível. O gráfico da figura 1, feito no programa MS Excel®, mostra o ajuste da linha de tendência para um polinômio de ordem 5. Desse modo, é possível estimar a temperatura na estação em função do momento em que estava sendo realizada a medição em cada ponto.

Tabela 1 – Dados horários de temperatura da estação meteorológica padrão no dia do levantamento (21/05/2006)

| Hora | T (°C) |
|-------|--------|
| 6:00 | 13,0 |
| 8:00 | 18,0 |
| 10:00 | 24,0 |
| 12:00 | 25,5 |
| 14:00 | 26,0 |
| 16:00 | 24,9 |

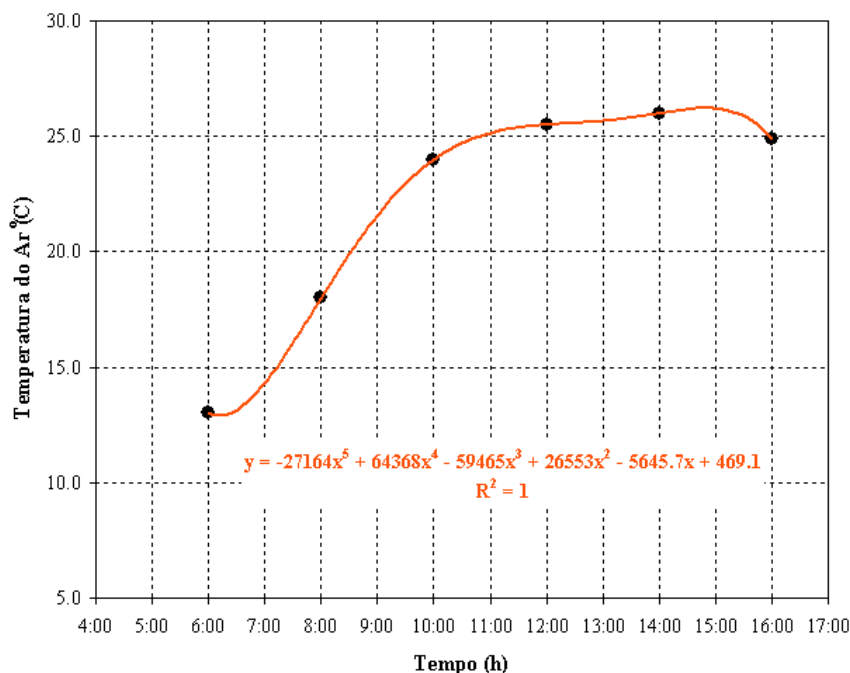


Fig. 1 – Gráfico da Tabela 1 com a linha de tendência e a equação da curva

3.2 Cálculo do desvio da temperatura medida com relação à temperatura de referência

O próximo passo é o cálculo da diferença entre as temperaturas medidas em cada ponto do circuito e a temperatura estimada da estação de referência nos instantes das medições. Partiu-se das hipóteses de que o ponto inicial apresenta comportamento térmico similar ao da estação, embora com temperatura diferente, e que, entre os dois momentos de medição no ponto, a variação de temperatura entre ele e a estação seja linear com o tempo. Como a variação de temperatura na estação não é linear *ao longo do período* do trabalho de campo, o perfil térmico do ponto inicial também não será linear, mas apresentará um desvio relativo à estação proporcional à variação do tempo. Desse modo, a diferença entre a temperatura do ponto inicial e a da estação de referência, em cada instante, pode ser dada por:

$$\Delta T = \Delta T_I + [(\Delta T_F - \Delta T_I) \times (H - H_I) / (H_F - H_I)] \quad [\text{Eq. 02}]$$

onde: ΔT é a diferença ou desvio entre a temperatura do ponto e a temperatura da estação de referência no mesmo instante (°C);

ΔT_I é a diferença ou desvio entre a temperatura medida no ponto e a temperatura da estação de referência no instante inicial (°C);

ΔT_F é a diferença ou desvio entre a temperatura medida no ponto e a temperatura da estação de referência no instante final (°C);

H é a hora (o instante) da medição no ponto;

H_I é a hora (o instante) de início da medição (o horário para o qual todas as medidas serão corrigidas);

H_F é a hora (o instante) de final da medição.

Para aplicar a eq. 02, nos horários de início e fim da medição considera-se o desvio (ΔT) apenas como a diferença entre a temperatura medida no ponto e a da estação de referência (quadros em verde na tabela 2 adiante).

3.3 Cálculo da temperatura ajustada

Para o cálculo da temperatura ajustada, soma-se à temperatura estimada da estação de referência nos horários de medição em cada ponto o valor do desvio no mesmo horário.

$$T_A = T_{REF} + \Delta T \quad [\text{Eq. 03}]$$

onde: T_A é a temperatura ajustada num determinado instante ($^{\circ}\text{C}$);

T_{REF} é a temperatura da estação de referência no mesmo instante ($^{\circ}\text{C}$).

3.4 Cálculo da variação entre a temperatura ajustada de início e as subseqüentes

O cálculo dessa variação é dado por:

$$\Delta V = T_A - T_{AI} \quad [\text{Eq. 04}]$$

onde: ΔV é a diferença entre a temperatura ajustada de início e as subseqüentes;

T_{AI} é a temperatura ajustada no instante inicial ($^{\circ}\text{C}$).

3.5 Cálculo da temperatura corrigida para a hora de início das medições

Finalmente, a temperatura medida corrigida para o horário de início será:

$$T_{COR} = T_{AI} + \Delta V \quad [\text{Eq. 05}]$$

onde: T_{COR} é a temperatura corrigida não linearmente ($^{\circ}\text{C}$);

T_{AI} é a temperatura ajustada no instante inicial ($^{\circ}\text{C}$).

A partir dessa correção, é possível estimar como a temperatura se desenvolveria em cada ponto durante o período de medição, o que também nos dá uma visão de como o ajuste é feito. Para isso, constrói-se uma planilha onde a variação horária em cada ponto é dada por:

$$T_{Hi} = E_H + \Delta T + \Delta T_i \quad [\text{Eq. 06}]$$

onde: T_{Hi} É a temperatura horária corrigida não linearmente no ponto i ($^{\circ}\text{C}$);

E_H é a equação da linha de tendência da estação, em função do tempo ($^{\circ}\text{C}$);

ΔT_i é a diferença entre a temperatura medida num ponto e a temperatura ajustada do ponto inicial, no mesmo instante ($^{\circ}\text{C}$).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A tabela 2 mostra o resultado da aplicação do procedimento descrito à base de dados levantados da cidade de Paracatu. Observa-se que, em função do período de tempo do levantamento, ocorreu uma grande variação da temperatura entre o início e o fim das medições, o que provavelmente não ocorreria se as medidas tivessem sido registradas simultaneamente.

Tabela 2 – Planilha de Correção Não Linear dos Dados Medidos em Paracatu, MG

| Dia 21/05 | Medidas no circuito | | Estação | Desvio da | Temperatura | Varição (ΔV) | T. corrigida |
|-----------|---------------------|-------------|-----------------------|------------------------|----------------------------|------------------------|--------------|
| Hora | Ponto | T (°C) | T _{REF} (°C) | Estação (ΔT) | ajustada (T _A) | para 8:35 h | p/ 08:35 h |
| 08:35 | 1 | 20.5 | 20.2 | 0.30 | 20.5 | 0.0 | 20.5 |
| 08:41 | 2 | 22.1 | 20.6 | 0.39 | 20.9 | 0.4 | 21.7 |
| 08:45 | 3 | 21.6 | 20.8 | 0.45 | 21.2 | 0.7 | 20.9 |
| 08:50 | 4 | 23.7 | 21.1 | 0.52 | 21.6 | 1.1 | 22.6 |
| 08:55 | 5 | 22.2 | 21.3 | 0.60 | 21.9 | 1.4 | 20.8 |
| 09:10 | 6 | 24.8 | 22.1 | 0.82 | 22.9 | 2.4 | 22.4 |
| 09:15 | 7 | 25.4 | 22.3 | 0.90 | 23.2 | 2.7 | 22.7 |
| 09:17 | 8 | 25.1 | 22.4 | 0.93 | 23.3 | 2.8 | 22.3 |
| 09:22 | 9 | 24.5 | 22.6 | 1.01 | 23.6 | 3.1 | 21.4 |
| 09:27 | 10 | 25.5 | 22.8 | 1.08 | 23.9 | 3.4 | 22.1 |
| 09:35 | 11 | 25.8 | 23.2 | 1.20 | 24.4 | 3.9 | 21.9 |
| 09:42 | 12 | 27.4 | 23.4 | 1.31 | 24.7 | 4.2 | 23.2 |
| 09:45 | 13 | 26.9 | 23.5 | 1.35 | 24.9 | 4.4 | 22.5 |
| 09:57 | 14 | 26.7 | 23.9 | 1.53 | 25.4 | 4.9 | 21.8 |
| 10:00 | 15 | 27.4 | 24.0 | 1.58 | 25.6 | 5.1 | 22.3 |
| 10:06 | 16 | 26.9 | 24.2 | 1.67 | 25.8 | 5.3 | 21.6 |
| 10:10 | 17 | 27.2 | 24.3 | 1.73 | 26.0 | 5.5 | 21.7 |
| 10:15 | 18 | 27.4 | 24.4 | 1.80 | 26.2 | 5.7 | 21.7 |
| 10:20 | 19 | 27.2 | 24.5 | 1.88 | 26.4 | 5.9 | 21.3 |
| 10:30 | 20 | 26.1 | 24.7 | 2.03 | 26.7 | 6.2 | 19.9 |
| 10:35 | 21 | 26.1 | 24.8 | 2.11 | 26.9 | 6.4 | 19.7 |
| 10:50 | 22 | 27.9 | 25.0 | 2.33 | 27.4 | 6.9 | 21.0 |
| 10:55 | 23 | 28.3 | 25.1 | 2.41 | 27.5 | 7.0 | 21.3 |
| 11:00 | 24 | 27.0 | 25.2 | 2.48 | 27.6 | 7.1 | 19.9 |
| 11:10 | 25 | 26.3 | 25.3 | 2.63 | 27.9 | 7.4 | 18.9 |
| 11:15 | 1 | 28.0 | 25.3 | 2.70 | 28.0 | 7.5 | 20.5 |

A variação observada da temperatura em cada ponto depois da correção dos dados é função de diferentes condições de uso e ocupação do solo e de altitude em Paracatu. Uma vez corrigidos os dados do circuito para um determinado horário, nesse caso de início das medições, pode-se plotá-los sobre o mapa da área de estudo, espacializando o resultado.

Sobre esses dados corrigidos ainda se poderia aplicar a correção de altitude, buscando observar melhor a influência da malha urbana pesquisada. Entretanto, nem sempre será esse o objetivo, pois muitas vezes é de interesse identificar também efeitos do relevo sobre a ilha de calor urbana, como em Oke e Hannel (1970), onde os autores observaram o efeito de drenagem catabática³ nos vales profundos da cidade de Hamilton, Canadá, bem como o do escarpamento Niágara, que atravessa aquela cidade, impondo uma diferença de altitude de cerca de 100 m entre a cidade baixa e a alta.

Na tabela 3 está o resultado de estimativa da variação das temperaturas ao longo do período de medição, exemplificando-se os pontos 1 (início e fim do circuito), 12 (ponto onde ocorreu a temperatura máxima no período) e 25 (ponto onde ocorreu a temperatura mínima no período), através da aplicação da eq. 06. Observa-se que as curvas de ajuste em cada ponto passam pelo valor medido no ponto, possibilitando, em princípio, fazer a correção não apenas para o horário de início das medições, mas para qualquer horário do período de medição. A figura 2 traz uma representação desta variação estimada. Como já foi comentado, a correção desenvolvida considera que há uma variação linear da temperatura entre a estação de referência e o ponto considerado, porém, ao longo do período de medição a variação não foi linear.

O procedimento é válido, portanto, dentro dos limites das hipóteses adotadas. Devido à pequena quantidade de dados empregada na análise, a metodologia proposta necessita ser convalidada

utilizando-a em outros casos similares. Nessas condições, aplica-se também a outras variáveis, como a umidade, mantidas as considerações necessárias às hipóteses de correlações utilizadas.

Tabela 3 – Planilha de Estimativa da Variação da Temperatura nos Pontos Durante o Período do Circuito

| Dia 21/05 Hora | Ponto | Desvio da Estação (ΔT) | Desvio de T_A (ΔT_i) | Variação estima com o tempo, T ($^{\circ}C$) | | |
|-------------------|-----------|-------------------------------------|-------------------------------------|--|-------------|-------------|
| | | | | Ponto 1 | Ponto 12 | Ponto 25 |
| 08:35 | 1 | 0.30 | 0.00 | 20.5 | 23.2 | 18.9 |
| 08:41 | 2 | 0.39 | 1.16 | 20.9 | 23.6 | 19.4 |
| 08:45 | 3 | 0.45 | 0.37 | 21.2 | 23.9 | 19.6 |
| 08:50 | 4 | 0.52 | 2.12 | 21.6 | 24.3 | 20.0 |
| 08:55 | 5 | 0.60 | 0.27 | 21.9 | 24.6 | 20.3 |
| 09:10 | 6 | 0.82 | 1.89 | 22.9 | 25.6 | 21.3 |
| 09:15 | 7 | 0.90 | 2.18 | 23.2 | 25.9 | 21.6 |
| 09:17 | 8 | 0.93 | 1.76 | 23.3 | 26.0 | 21.8 |
| 09:22 | 9 | 1.01 | 0.86 | 23.6 | 26.3 | 22.1 |
| 09:27 | 10 | 1.08 | 1.58 | 23.9 | 26.6 | 22.3 |
| 09:35 | 11 | 1.20 | 1.44 | 24.4 | 27.0 | 22.8 |
| 09:42 | 12 | 1.31 | 2.67 | 24.7 | 27.4 | 23.1 |
| 09:45 | 13 | 1.35 | 2.02 | 24.9 | 27.6 | 23.3 |
| 09:57 | 14 | 1.53 | 1.25 | 25.4 | 28.1 | 23.9 |
| 10:00 | 15 | 1.58 | 1.82 | 25.6 | 28.3 | 24.0 |
| 10:06 | 16 | 1.67 | 1.06 | 25.8 | 28.5 | 24.3 |
| 10:10 | 17 | 1.73 | 1.19 | 26.0 | 28.7 | 24.4 |
| 10:15 | 18 | 1.80 | 1.20 | 26.2 | 28.9 | 24.6 |
| 10:20 | 19 | 1.88 | 0.81 | 26.4 | 29.1 | 24.8 |
| 10:30 | 20 | 2.03 | -0.65 | 26.7 | 29.4 | 25.2 |
| 10:35 | 21 | 2.11 | -0.81 | 26.9 | 29.6 | 25.3 |
| 10:50 | 22 | 2.33 | 0.53 | 27.4 | 30.0 | 25.8 |
| 10:55 | 23 | 2.41 | 0.80 | 27.5 | 30.2 | 25.9 |
| 11:00 | 24 | 2.48 | -0.64 | 27.6 | 30.3 | 26.1 |
| 11:10 | 25 | 2.63 | -1.58 | 27.9 | 30.6 | 26.3 |
| 11:15 | 1 | 2.70 | 0.00 | 28.0 | 30.7 | 26.4 |

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O método de medidas móveis tem sido um procedimento útil para a coleta de variáveis do clima urbano, principalmente quando há escassez de mão de obra e/ou de instrumentação, impossibilitando a implantação de estações fixas para a coleta de dados em muitos pontos de amostragem. Contudo, o procedimento tem algumas desvantagens, tais como uma avaliação mais limitada, o confinamento dos pontos amostrais às vias de trânsito e a necessidade de fazer o mesmo percurso mais vezes para obter dados representativos (Kuttler, 1984, citado por PERSSON, 1997). Acrescente-se a essas o problema de comparar dados de pontos diferentes do percurso, já que são medidos em horários diferentes. Assim sendo, devido à grande utilização que o método vem tendo nos estudos no país, buscou-se desenvolver um novo procedimento, diante da dificuldade de acesso aos adotados para a correção de dados, pela falta de registro na literatura.

Nesse trabalho, portanto, buscou-se desenvolver um procedimento de correção não linear, através do ajuste de uma função polinomial aos dados registrados numa estação fixa de referência durante o tempo do percurso do trabalho de campo. O procedimento desenvolvido parece trazer maior precisão ao tratamento de dados medidos através do método de medidas móveis em estudos do clima urbano.

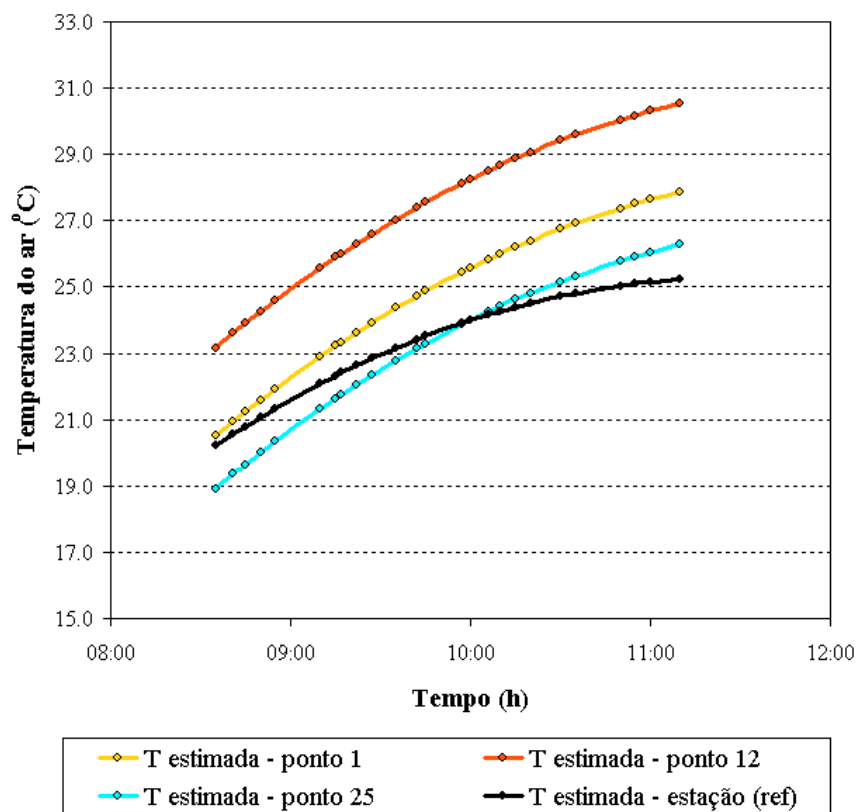


Fig. 2 – Dados estimados de temperatura em alguns pontos durante o período de trabalho de campo, a partir da correção para a hora de início das medições

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACHBERGER, C.; BÄRRING, L. (1999) "Correction of surface air temperature measurements from a mobile platform". *Agricultural and Forest Meteorology*, 98-99, p. 227-238.
- ASSIS, E. S. (2000) *Impactos da forma urbana na mudança climática: método para a previsão do comportamento térmico e melhoria de desempenho do ambiente urbano*. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo), Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- ASSIS, E. S. (1990) *Mecanismos de desenho urbano apropriados à atenuação da ilha de calor urbana: análise de desempenho de áreas verdes em clima tropical*. Dissertação (Mestrado em Arquitetura), Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.
- BALKESTAHL, L.; MONTEIRO, A.; GÓIS, J.; TAESLER, R.; QUENOL, H. (2006) "The influence of weather types on the urban heat island's magnitude and patterns at Paranhos, Oporto – a case study from November 2003 to January 2005". In: VI International Conference on Urban Climate: *Preprints...*, Göteborg, IAUC, p. 458-461.
- DUCKWORTH, F. S.; SANDBERG, J. S. (1954) "The effect of cities upon horizontal and vertical temperature gradients". *Bulletin of the American Meteorological Society*, 35, p. 198-207.
- HASENACK, H.; BECKE, V. L. (1991) "Distribuição noturna da temperatura em Porto Alegre, RS, utilizando o método de medidas móveis". In: I Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído: *Anais...*, Porto Alegre, ANTAC, p. 139-145.
- HASENACK, H.; CORDEIRO, J. L. P.; HOFMANN, G. S. (2003) *O clima da RPPN SESC Pantanal*. Relatório Técnico. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto de Biociências, Centro de Ecologia.

- OKE, T. R. (2006) *Initial Guidance to Obtain Representative Meteorological Observations at Urban Sites*. Instruments and Observing Methods: Report nr. 81, Vancouver, University of British Columbia, WMO/TD 1250.
- OKE, T. R.; HANNEL, F. G. (1970) “The form of the urban heat island in Hamilton, Canada”. In: Symposium on Urban Climates and Building Climatology: *Proceedings...*, vol. I, WMO Technical Note 108, Geneva, World Meteorological Organization, WMO 254/TP 141, p. 113-126.
- PERSSON, P. (1997) “Differential nocturnal cooling in the landscape detected by mobile measurements”. *Theoretical and Applied Climatology*, 56, p. 215-224.

AGRADECIMENTOS

Os autores gostariam de agradecer o apoio do 5º Distrito de Meteorologia (5º DISME) do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), Ministério da Agricultura, pela cessão dos dados da Estação Meteorológica de Paracatu, MG, no período do levantamento de campo.

Notas:

¹ É o caso, por exemplo, de Belo Horizonte, que tem mais de 300 m de diferença de altitude entre as cotas topográficas das áreas mais baixas e mais altas da cidade.

² Na troposfera, camada da atmosfera em contato com a superfície terrestre e que concentra cerca de $\frac{3}{4}$ da sua massa total e quase todo o seu vapor d'água, a temperatura do ar diminui com a altitude em média 6,5°C por km. Localmente, pode-se pesquisar a variação vertical de temperatura através das sondagens aerológicas, dando maior precisão ao cálculo de correção da Eq. 01.

³ Drenagem catabática é o escoamento de ar relativamente frio encosta abaixo durante a noite, provocado pela ação da gravidade.