

# Variação higrométrica na cidade de Curitiba - PR: análise da umidade absoluta do ar

LUCIANA LEAL\*

DANIELA BIONDI†

ANTONIO CARLOS BATISTA‡

## Resumo

A variável umidade absoluta do ar é pouco utilizada em estudos de clima urbano. Este trabalho teve como objetivo analisar a variação temporal e espacial da umidade absoluta do ar na cidade de Curitiba - PR. Para a coleta dos dados foram estabelecidos 44 pontos de monitoramento em quatro transectos na malha urbana em períodos correspondentes às quatro estações do ano. Os resultados mostraram que há variação do conteúdo de umidade na área urbana de Curitiba. A distribuição dos maiores e dos menores valores de umidade absoluta do ar variou com as estações do ano, com alguns pontos com comportamento diferenciado no verão e no inverno. De maneira geral, tanto a presença de áreas verdes como de fontes de calor antropogênico e, principalmente, a circulação de veículos foram fatores relacionados ao maior conteúdo de umidade. Por outro lado, a impermeabilização e a verticalização foram relacionadas à menor umidade.

Palavras-chave: clima urbano, umidade, dados meteorológicos.

## Abstract

The variable absolute humidity is little used in urban climate studies. This study aimed to analyze the temporal and spatial variation of absolute humidity in the urban area of the city of Curitiba. For the collection of meteorological data were established 44 monitoring points in four transects the urban mesh during periods corresponding to the four seasons. The results showed that there is variation of moisture content in the urban area of Curitiba. The distribution of the largest and smallest absolute humidity values varied with the seasons, with some points with different behavior in the summer and the winter. In general, the presence of green areas and sources of anthropogenic heat and especially the movement of vehicles, were factors associated with increased moisture content. On the other hand, sealing and verticalization were related to lower humidity.

Keywords: urban climate, absolute humidity, meteorological data.

---

\* Engenheira Florestal, Dra. pela Universidade Federal do Paraná. Analista ambiental da Divisão de Meio Ambiente e Responsabilidade Social da Copel Distribuição S.A.

† Engenheira Florestal, Dra. Professora Associada Depto Ciências Florestais. Pesquisadora Bolsista de Produtividade em Pesquisa do CNPq.

‡ Engenheiro Florestal, Dr., Professor Associado Depto Ciências Florestais. Pesquisador Bolsista de Produtividade em Pesquisa do CNPq.

## INTRODUÇÃO

A urbanização e a industrialização resultam na modificação do clima local das cidades, com a alteração da umidade local (ROOBA, 2003). As áreas urbanas são geralmente caracterizadas por menor umidade em comparação com arredores não construídos (KUTTLER et al., 2007).

Dentre as pesquisas básicas no campo da climatologia urbana, é observado um crescente interesse no comportamento da umidade dentro da atmosfera urbana (KUTTLER et al., 2007). A influência do desenvolvimento urbano na distribuição da umidade tem sido menos estudada que o fenômeno de ilhas de calor (FORTUNIAK et al., 2006). Segundo Mayer et al. (2003), embora a umidade não pertença aos parâmetros de clima urbano de primeira ordem de importância, há alguns processos que podem ser mais bem entendidos quando a umidade é levada em consideração.

O conhecimento detalhado sobre o comportamento da umidade dentro da camada urbana ao nível das coberturas não é só importante para melhor quantificar e entender a dinâmica do balanço de energia, mas também a formação da ilha de calor urbano (KUTTLER et al., 2007). Além disso, afeta as condições de conforto termal (MAYER et al., 2003), pois interfere na remoção do calor por evaporação. Quando a umidade do ar está baixa, o ar absorve a umidade da pele acelerando a evaporação da pele e seu resfriamento. Ao contrário, quando a umidade do ar está alta, parte da umidade passa para a pele, dificultando a remoção de calor por evaporação e o indivíduo passa a sentir calor (GONÇALVES, 2009).

Para Garcia (1999), é difícil precisar, mas as diferenças de umidade absoluta

contidas no ar urbano e rural não são grandes. Conforme Oke (1978), a diferença entre a umidade do ar na área urbana e rural é pequena, sendo que na área urbana o ar é mais seco durante o dia e ligeiramente mais úmido durante a noite. Na área rural, a umidade do ar é maior durante o dia devido ao processo de evapotranspiração e menor durante a noite em função do rápido resfriamento do ar. Já nas áreas urbanas, a umidade do ar é mais alta devido à baixa evapotranspiração do tecido urbano, ao vapor antropogênico e à estagnação do fluxo de ar.

Unkasevic et al. (2001) citam como fatores que afetam a distribuição da umidade na área urbana: mistura de influências da rugosidade da superfície e campos termais; redução da evapotranspiração devido a pouca vegetação, solos descobertos e extensas superfícies pavimentadas; emissão de vapor d'água de fontes industriais e transpiração; remoção do vapor d'água pela precipitação, orvalho, liquefação de aerossóis higroscópicos, superfícies materiais e reações químicas na atmosfera.

Por outro lado, áreas com baixa densidade construída, grande quantidade e distribuição de espaços verdes e a ausência de áreas industriais possibilitam efeitos climáticos mais estáveis e amenos, quando comparados a cidades com superfícies altamente impermeabilizadas (MASIERO e SOUZA, 2013). Segundo os mesmos autores, o aproveitamento do potencial eólico de determinado local, combinado com a umidade fornecida por corpos d'água ou pela vegetação, pode favorecer as condições microclimáticas de uma cidade e torná-las mais agradáveis, a depender das condições de tempo apresentadas.

De acordo com Fortuniak et al. (2006), devido às características da variação de

umidade e os erros mais altos de medição, a determinação do conteúdo de vapor d'água no ambiente urbano é mais complexa do que para a temperatura. As diferenças higrométricas em áreas urbanas são questionáveis e um dos fatores é a menor precisão de medição dos dados de umidade em comparação com a temperatura do ar.

Diferentes variáveis como umidade relativa, absoluta ou específica e pressão de vapor de água são usadas para análises das condições de umidade nas áreas urbanas (MAYER et al., 2003).

Para Ayoade (2011), dentre os índices de umidade geralmente utilizados destacam-se a umidade absoluta e a umidade relativa. A umidade absoluta é expressa em gramas por metro cúbico de ar e é a massa total de água num dado volume de ar. Já a umidade relativa, expressa na forma de porcentagem, é a razão entre o conteúdo real de umidade de uma amostra de ar e a quantidade de umidade que o mesmo volume de ar pode conservar na mesma temperatura e pressão quando saturado.

Por causa da dependência dos valores de umidade relativa da temperatura do ar, os dados sobre a umidade relativa provindos de diferentes estações não são estritamente comparáveis, a menos que tenham sido obtidos aproximadamente na mesma hora do dia e quando as temperaturas do ar não forem muito diferentes. Para comparação devem ser utilizados outros indicadores de umidade atmosférica, como a umidade absoluta, não excessivamente influenciada pela temperatura do ar (AYOADE, 2011).

Os resultados referentes ao comportamento da umidade absoluta no ambiente urbano ainda são escassos (MASIERO e SOUZA, 2013). Nos principais trabalhos de clima urbano realizados na cidade de Curitiba (ROSSI, 2004; DUMKE, 2007; LEAL,

2012; SCHMITZ, 2014) foram analisados apenas dados de umidade relativa do ar.

Para conhecer a variação higrométrica na malha urbana de Curitiba, este trabalho teve como objetivo analisar a variação temporal e espacial da umidade absoluta do ar.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Área de estudo

O município de Curitiba - PR, capital do Estado do Paraná, localizado na região sul do Brasil, ocupa o espaço geográfico de 432,17 km<sup>2</sup> de área, na latitude 25°25'40"S e longitude 49°16'23"W (Marco Zero da Praça Tiradentes). A extensão do município é de 20 km de leste a oeste e de 35 km de norte a sul.

Curitiba possui altitude média de 934,6 m acima do nível do mar, sendo que o ponto mais elevado está ao norte do município, correspondendo à cota de 1.021 m no Bairro Lamenha Pequena, dando-lhe uma feição topográfica relativamente acidentada, composta por declividades mais acentuadas. Ao sul do município encontra-se a situação de mais baixo terço, com cota de 864,90 m, localizada no bairro do Caximba, na cabeceira do Rio Iguaçu (IPPUC, 2016).

O município localiza-se à margem direita e a Leste da Bacia Hidrográfica do Rio Iguaçu. Os principais rios de Curitiba que constituem as seis bacias hidrográficas do município são: Rio Atuba, Rio Belém, Rio Barigui, Rio Passaúna, Ribeirão dos Padi-lhas e Rio Iguaçu (IPPUC, 2016).

Pela classificação de Köppen, Curitiba localiza-se em região climática do tipo Cfb, com clima temperado (ou subtropical)

úmido, mesotérmico, sem estação seca, com verões frescos e invernos com geadas frequentes e ocasional precipitação de neve (IPPUC, 2016).

As médias térmicas variam de 12,9°C, no mês mais frio, a 22,5°C, no mês mais quente, com temperatura média de 16,4°C e as precipitações médias anuais atingem 1600 mm (MENDONÇA e DANNI-OLIVEIRA, 2007). Curitiba pode ser considerada uma cidade úmida e fria, com grande amplitude térmica diária e anual e tempo frequentemente instável (MENDONÇA, 2001).

### **Procedimentos metodológicos**

Os dados utilizados neste trabalho fazem parte do projeto de pesquisa “Caracterização do microclima de florestas urbanas da cidade de Curitiba – PR”, com coleta de dados de temperatura e umidade do ar, incluindo a variável umidade absoluta do ar.

Os dados foram coletados em 44 pontos de monitoramento com instalação de mini-abrigos meteorológicos em locais fixos em quatro transectos na malha urbana, cruzando um ponto central na Praça

Tiradentes (marco zero da cidade), estabelecendo-se 15 pontos no transecto norte-sul, 10 pontos no transecto leste-oeste, 12 pontos no transecto sudoeste-nordeste e 10 pontos no transecto noroeste-sudeste.

Na escolha dos locais de instalação dos mini-abrigos meteorológicos foram considerados os critérios de padronização, fácil acesso e segurança durante os períodos de coleta de dados. Os mini-abrigos foram instalados ao longo das ruas no topo das hastes dos sinaleiros e placas de sinalização (semipórticos), o que atenderia aos critérios elencados, com a autorização da Urbanização de Curitiba S.A. - URBS para uso das estruturas urbanas de responsabilidade deste órgão.

Os locais dos pontos de monitoramento, inicialmente distribuídos em um mapa, nos cruzamentos entre ruas, foram definidos em campo de acordo com a presença de sinaleiros e placas de sinalização. Na escolha dos pontos evitou-se estruturas muito próximas a árvores ou obstrução de construções, como prédios e paredes. Os pontos estabelecidos são apresentados na Tabela 1 e Figura 1.

**Tabela 1:** Localização dos pontos de monitoramento na cidade de Curitiba - PR.

Nº	Localização	Nº	Localização
P1	Praça Tiradentes (Centro)	P23	R. Dep. Néo Martins c/ R. Benjamim Antonio Ansai (Fanny)
P2	R. Visconde de Nácar c/ R. Emiliano Perneta (Centro)	P24	R. Francisco Derosso c/ R. Cel. Luiz José dos Santos (Xaxim)
P3	R. André de Barros c/ R. Barão do Rio Branco (Centro)	P25	R. Odemir Silveira c/ R. Omar Raymundo Piecheth (Xaxim)
P4	R. Luis Leão c/ R. Conselheiro Araújo (Centro)	P26	R. Isaac Ferreira da Cruz c/ R. Levy Buqueira (Sítio Cercado)
P5	R. Inácio Lustosa c/ R. João Manoel (São Francisco)	P27	R. Tijucas do Sul n° 1859 (Sítio Cercado)
P6	Av. Ver. Toaldo Túlio c/ Av. Três Marias (São Braz)	P28	R. Nicola Pelanda n° 4921 (Umbará)
P7	R. Prof. Pedro Viriato Parigot de Souza c/ R. Rosa Kaint Nadolny (Santo Inácio)	P29	R. Fredolin Wolf c/ R. Saturnino de Miranda (Lamenha Pequena)
P8	R. Cândido Hartmann c/ R. Padre Ladislau Kula (Santo Inácio)	P30	R. José Valle n° 1180 (São João)
P9	R. Euclides da Cunha c/ R. Padre Agostinho (Bigorriho)	P31	R. Jacarezinho c/ R. Solimões (Vista Alegre)
P10	R. Fernando Moreira c/ R. Desembargador Motta (Mercês)	P32	R. Guabirota c/ R. Imaculada Conceição (Prado Velho)
P11	R. Ubaldino do Amaral c/ R. Visconde de Guarapuava (Alto da Rua XV)	P33	Av. Comendador Franco c/ R. Santo Inácio de Loyola (Guabirota)
P12	Av. Mal. Humberto de A. C. Branco c/ R. Vitor Ferreira do Amaral (Cristo Rei)	P34	R. Salgado Filho c/ R. João Antonio Prosdócimo (Jardim das Américas)
P13	R. Vitor Ferreira do Amaral c/ Linha Verde (Tarumã)	P35	R. Velci Bolívar Grandó c/ R. Amauri Mauad Gueiros (Uberaba)
P14	R. Vitor Ferreira do Amaral c/ R. Brasília de Lara (Capão da Imbuia)	P36	R. Raul Pompéia c/ R. Ludovico Kaminski (Cidade Industrial de Curitiba - CIC)
P15	Av. Anita Garibaldi c/ R. Rolando Salin Zappa Mansur (Cachoeira)	P37	R. Raul Pompéia c/ R. João Debimski (Fazendinha)
P16	Av. Anita Garibaldi c/ R. Flávio Dallegrave (Barreirinha)	P38	R. Carlos Klemtz n° 310 (Portão)
P17	R. João Gava c/ R. Antonio Krainiski (Abranches)	P39	R. Curupatis c/ R. Ulisses Vieira (Santa Quitéria)
P18	R. Mateus Leme n° 3238 (São Lourenço)	P40	Av. Sete de Setembro c/ R. Castro Alves (Batel)
P19	R. Dep. Mário de Barros c/ R. Raul Viana (Centro Cívico)	P41	R. Jaime Balão c/ R. Nossa Senhora da Luz (Hugo Lange)
P20	R. Brasília Itiberê c/ R. Brigadeiro Franco (Rebouças)	P42	Av. Prefeito Erasto Gaertner c/ R. Marcelino Nogueira (Bacacheri)
P21	Av. Presidente Kennedy c/ R. Minas Gerais (Guaira)	P43	Av. Monteiro Tourinho c/ R. Max Rosemann (Tingui)
P22	R. Wenceslau Braz c/ R. Camilo Castelo Branco (Lindóia)	P44	R. Estrada das Olarias c/ R. Arnaldo W. Gaensli (Santa Cândida)

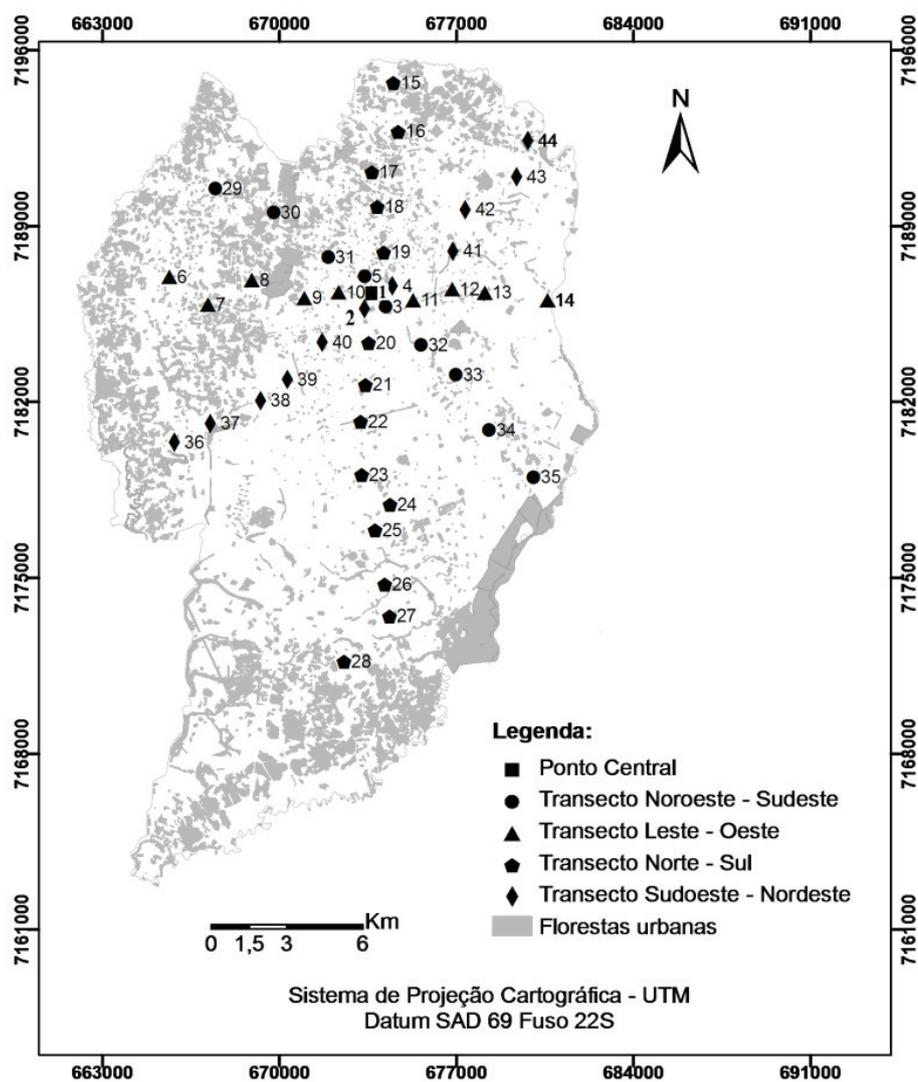


Figura 1: Localização dos pontos de monitoramento na cidade de Curitiba - PR.

Os equipamentos foram instalados nas hastes dos sinaleiros ou placas de sinalização a uma altura média de quatro metros do solo. Segundo *World Meteorological Organization* (2008), há flexibilidade para coletar dados meteorológicos em áreas urbanas em alturas maiores (3 a 5 m) daquelas coletadas na altura padrão (1,25 a 2,00 m), sem necessidade de correção de dados, tendo maior cobertura “*footprints*” e localizando o sensor em área de difícil alcance, prevenindo danos por vandalismo, além de

assegurar maior diluição do calor de exaustão de veículos e reduzir a contaminação pela poeira.

Os dados de umidade absoluta do ar, em  $\text{g/m}^3$  (gramas por metro cúbico de ar), foram coletados com registradores modelo Hobo®, marca Onset. Em campo os registradores foram colocados em mini-abrigos meteorológicos, ajustados ao tamanho do sensor, confeccionados com uma seção de tubo de PVC revestida externamente com papel alumínio.

A coleta de dados foi realizada em quatro campanhas, cada uma com duração de 22 dias e em intervalos de 15 minutos, em períodos correspondentes às estações do ano em 2011: verão (07 a 28 de fevereiro), outono (09 a 30 de maio), inverno (04 a 25 de agosto) e primavera (03 a 24 de novembro).

Com os dados coletados foi calculada a média do período e as diferenças higrométricas entre os pontos de monitoramento, separadamente para cada transecto e para todos os 44 pontos em conjunto. Foram analisados os pontos de menor e maior umidade em números absolutos e as médias, em cada estação do ano, foram avaliadas pelo teste de F e comparadas pelo teste de Duncan a 5% de significância.

Os resultados foram analisados a partir da caracterização qualitativa dos pontos de monitoramento por meio de informações bibliográficas, cartográficas e dados adicionais obtidos *in loco*, considerando-se um raio de 500 m de cada mini-abrigo meteorológico instalado, conforme Oke (2007).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Variação higrométrica no transecto norte-sul

Os valores de umidade absoluta do ar média e a intensidade das diferenças higrométricas entre os pontos de monitoramento variaram de acordo com as estações do ano (Tabela 2). Os maiores valores de umidade (acima de  $15,1 \text{ g/m}^3$ ) e a maior diferença higrométrica entre os pontos de monitoramento ( $1,4 \text{ g/m}^3$ ) ocorreram no verão, indicando maior conteúdo de umidade na atmosfera neste período. Este foi o período de coleta que abrangeu maior número de dias com ocorrência de precipitação (60% dos dias monitorados), principalmente chuvas localizadas no final da tarde. Segundo Danni-Oliveira (1999), isto é característico desta estação do ano.

**Tabela 2:** Umidade absoluta do ar média ( $\text{g/m}^3$ ) no transecto norte-sul na cidade de Curitiba nos períodos correspondentes as estações do ano.

Estação do ano	P15	P16	P17	P18	P19	P1	P20	P21	P22	P23	P24	P25	P26	P27	P28	Dif. Higr.
Verão	15,2 ±1,2 a	15,5 ±1,3 a	15,4 ±1,3 a	15,7 ±1,3 a	15,3 ±1,3 a	15,3 ±1,5 a	16,2 ±1,8 ab	15,8 ±1,4 a	15,2 ±2,8 a	15,1 ±1,3 a	15,4 ±1,4 a	15,4 ±1,6 a	15,5 ±1,3 a	16,6 ±2,3 b	15,5 ±1,4 a	1,4
Outono	9,9 ±1,8 a	10,2 ±1,9 a	10,2 ±1,9 a	10,3 ±1,9 a	10,0 ±1,8 a	10,1 ±1,8 a	10,2 ±1,8 a	10,4 ±1,9 a	10,5 ±1,9 a	10,0 ±1,8 a	10,1 ±1,8 a	9,9 ±1,8 a	10,2 ±1,8 a	10,0 ±1,8 a	10,0 ±1,8 a	0,6
Inverno	9,1± 2,2 a	9,9 ±2,4 a	9,6 ±2,2 a	9,8 ±2,3 a	9,4 ±2,2 a	9,8 ±2,3 a	9,6 ±2,3 a	9,4 ±2,3 a	9,8 ±2,3 a	9,3 ±2,2 a	9,4 ±2,2 a	9,3 ±2,2 a	9,5 ±2,2 a	9,4 ±2,2 a	9,4 ±2,2 a	0,8
Primavera	10,7 ±1,9 a	11,0 ±1,9 a	11,0 ±2,0 a	11,2 ±2,0 a	10,8 ±1,9 a	10,9 ±2,1 a	11,0 ±2,0 a	11,2 ±1,9 a	11,3 ±1,9 a	10,7 ±1,8 a	10,8 ±1,9 a	10,5± 1,9 a	10,9 ±1,9 a	10,7 ±1,9 a	10,7 ±1,9 a	0,8

Em que: Médias seguidas pela mesma letra na linha (estação do ano) não diferem estatisticamente a 5% de significância pelo teste de Duncan.

No inverno foram obtidos os menores valores de umidade absoluta (9,1 a 9,8 g/m<sup>3</sup>), período em que apenas 36% dos dias monitorados ocorreu precipitação. Conforme Danni-Oliveira (1999), para Curitiba o mês de agosto é comumente o mês mais seco no que se refere a quantidade de chuvas.

A umidade absoluta sofre grande variação em função do lugar e da estação do ano, alcançando maiores graus no verão do que no inverno (CARVALHO, 2001). De acordo com Jáuregui e Tejeda (1997), é esperado obter uma marcante variação sazonal de valores de umidade, com maiores valores na estação chuvosa. Durante períodos de chuva, a atmosfera urbana é mais úmida devido ao aumento da evaporação pelas superfícies aquecidas. Os contrastes são pequenos ou insignificantes em períodos de seca, quando a evapotranspiração é reduzida, principalmente pelo prevailecimento de maior fluxo de calor sensível sobre a cidade e os seus arredores rurais.

Ao comparar os pontos de monitoramento, somente no verão ocorreu diferença estatística significativa entre os valores de umidade absoluta do ar, no qual o ponto P27 (R. Tijucas do Sul n° 1859 – Sítio Cercado), com o maior valor da umidade absoluta do ar média (16,6 g/m<sup>3</sup>), diferiu estatisticamente dos demais, exceto do ponto P20 (R. Brasília Itiberê c/ R. Brigadeiro Franco - Rebouças), com 16,2 g/m<sup>3</sup>.

O ponto P27 está localizado em Setor Especial de Habitação de Interesse Social – SEHIS, referente ao conjunto habitacional com tamanho de lote reduzido. O ponto ficava próximo de canteiro central com áreas contínuas cobertas com gramado. Nas outras estações do ano o maior valor de umidade absoluta não ocorreu neste ponto. O ponto P20 está localizado em Zona

Residencial de Média-alta (ZR-4) e Média densidade (ZR-3), com grande circulação de veículos.

Nas outras estações do ano, embora não tenham sido encontradas diferenças estatísticas significativas, ao se comparar os valores foram observados aspectos interessantes.

Nos períodos correspondentes ao outono e a primavera o ponto P22 (R. Wenceslau Braz c/ R. Camilo Castelo Branco - Lindóia) destacou-se pelos maiores valores de umidade absoluta do ar média. Este ponto localiza-se junto ao Eixo de Animação Arnaldo Faivro Buzzato, com área de 103.200 m<sup>2</sup>, com canteiro gramado e arborização com espécie de grande porte, *Tipuana tipu* (Benth.) Kuntze (tipuana). Isto demonstra o efeito positivo desta categoria de floresta urbana na região, que embora apresente, muitas vezes, menor área ocupada com vegetação arbórea do que os parques e bosques, ainda assim influencia o microclima urbano.

O ponto P16 (Av. Anita Garibaldi c/ R. Flávio Dallegrave - Barreirinha), localizado em Zona Residencial de Baixa Densidade (ZR-2), com remanescentes florestais ao norte do ponto e próximo ao Parque Municipal da Barreirinha, apresentou o maior valor de umidade no período correspondente ao inverno.

Já o ponto P25 (R. Odemir Silveira c/ R. Omar Raymundo Piecheth - Xaxim), também em Zona Residencial de Baixa Densidade (ZR-2), mas na região sul da cidade, destacou-se pelos menores valores de umidade absoluta do ar média nos períodos do outono e da primavera, enquanto no inverno foi o ponto P15 (Av. Anita Garibaldi c/ R. Rolando Salin Zappa Mansur - Cachoeira), no limite norte do transecto em análise, em Zona Residencial de Ocupação

Controlada – ZR-OC, cuja taxa mínima de permeabilidade do solo é de 50%. Estes pontos também estavam entre os valores mais baixos nas outras estações do ano.

Ao observar os valores de umidade absoluta do ar média no transecto norte-sul, verifica-se regularidade do comportamento nos períodos do outono e da primavera. No inverno foram verificadas diferenças nos pontos P1 (Praça Tiradentes – Centro), na região central, e P17 (R. João Gava c/ R. Antonio Krainiski - Abranches), localizado próximo aos parques municipais São Lourenço e das Pedreiras. No período correspondente ao verão, no entanto, verificou-se comportamento diferenciado nas regiões central e sul.

De maneira geral, os menores valores numéricos de umidade absoluta foram encontrados nos pontos extremos e na porção sul do transecto.

### Varição higrométrica no transecto leste-oeste

As diferenças higrométricas no transecto leste-oeste variaram de  $0,3 \text{ g/m}^3$  (outono) a  $0,6 \text{ g/m}^3$  (inverno e primavera) (Tabela 3). Isto mostra pequenas diferenças de conteúdo umidade entre os pontos de monitoramento deste transecto e diferenças higrométricas semelhantes entre as estações do ano.

**Tabela 3:** Umidade absoluta do ar média ( $\text{g/m}^3$ ) no transecto leste-oeste na cidade de Curitiba nos períodos correspondentes as estações do ano.

Estação do ano	P6	P7	P8	P9	P10	P1	P11	P12	P13	P14	Diferença higrométrica
Verão	15,4 $\pm 1,4$	15,5 $\pm 1,3$	15,4 $\pm 1,3$	15,3 $\pm 1,3$	15,2 $\pm 1,4$	15,3 $\pm 1,5$	15,3 $\pm 1,3$	15,0 $\pm 1,3$	15,2 $\pm 1,4$	15,5 $\pm 1,4$	0,5
	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	
Outono	10,1 $\pm 1,8$	10,2 $\pm 1,8$	10,2 $\pm 1,8$	10,1 $\pm 1,8$	9,9 $\pm 1,8$	10,1 $\pm 1,8$	10,2 $\pm 1,8$	9,9 $\pm 1,8$	10,1 $\pm 1,8$	10,2 $\pm 1,8$	0,3
	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	
Inverno	9,4 $\pm 2,2$	9,6 $\pm 2,2$	9,5 $\pm 2,2$	9,5 $\pm 2,2$	9,2 $\pm 2,2$	9,8 $\pm 2,3$	9,5 $\pm 2,2$	9,1 $\pm 2,2$	9,5 $\pm 2,2$	9,6 $\pm 2,2$	0,6
	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	
Primavera	10,9 $\pm 2,0$	11,0 $\pm 1,9$	11,0 $\pm 1,9$	10,9 $\pm 2,0$	10,5 $\pm 1,9$	10,9 $\pm 2,1$	10,9 $\pm 1,9$	10,4 $\pm 1,9$	10,8 $\pm 2,0$	11,0 $\pm 1,9$	0,6
	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	

Em que: Médias seguidas pela mesma letra na linha (estação do ano) não diferem estatisticamente a 5% de significância pelo teste de Duncan.

O ponto P14 (R. Vitor Ferreira do Amaral c/ R. Brasília de Lara - Capão da Imbuia), no extremo do transecto, destacou-se pelos maiores valores de umidade absoluta do ar nos períodos correspondentes ao verão, outono e primavera (Tabela 3). Este ponto está localizado na área limítrofe, na di-

visa com o município de Pinhais, onde há a continuidade da área urbana, porém nas proximidades há terrenos não ocupados.

No inverno foi o ponto P1 (Praça Tiradentes – Centro), ponto comum entre todos os transectos, localizado em área central consolidada, que apresentou o maior

valor de umidade absoluta do ar média. Isto pode estar relacionado com as emissões antropogênicas, maiores nesta estação do ano (GARTLAND, 2010). Segundo Holmer e Eliasson (1999), um dos fatores responsáveis pelas variações de diferenças de umidade são as emissões antropogênicas de vapor. Armani et al. (2008) relacionaram o aumento de vapor de água na atmosfera urbana de São Paulo com a dinâmica e o funcionamento da cidade, principalmente da queima de combustíveis fósseis, pois toda a combustão gera como produto a água.

Outro ponto que destacou-se pela maior umidade absoluta foi o ponto P7 (R. Prof. Pedro Viriato Parigot de Souza c/ R. Rosa Kaint Nadolny - Santo Inácio), local com alta circulação de veículos.

Nos pontos P10 (R. Fernando Moreira c/ R. Desembargador Motta - Mercês) e P12 (Av. Mal. Humberto de A. C. Branco c/ R. Vitor Ferreira do Amaral - Cristo Rei) foi verificada redução da umidade em relação aos pontos próximos. Embora o ponto P10 (R. Fernando Moreira c/ R. Desem-

bargador Motta - Mercês) esteja localizado na Rua Fernando Moreira, que ladeia um canal arborizado (Córrego do Bigorriho) e está ao lado da Praça 29 de Março e vários jardinetes (área pequena, menor que 2500 m<sup>2</sup>, com presença de pouca vegetação herbácea e/ou arbórea), a alta impermeabilização da região (em zona residencial de média-alta densidade), inclusive nestas áreas verdes, deve contribuir para o menor valor de umidade absoluta do ar. O ponto P12 (Av. Mal. Humberto de A. C. Branco c/ R. Vitor Ferreira do Amaral - Cristo Rei) está localizado em zona residencial de média densidade.

#### Variação higrométrica no transecto sudoeste-nordeste

No transecto sudoeste-nordeste as maiores diferenças higrométricas também foram verificadas no período correspondente ao verão, de 1,1 g/m<sup>3</sup> (Tabela 4), com diferenças estatísticas significativas entre os pontos de monitoramento neste período.

**Tabela 4:** Umidade absoluta do ar média (g/m<sup>3</sup>) no transecto sudoeste-nordeste na cidade de Curitiba nos períodos correspondentes as estações do ano.

Estação do ano	P36	P37	P38	P39	P40	P2	P1	P4	P41	P42	P43	P44	Diferença higrométrica
Verão	15,9 ±2,3	15,4 ±1,4	15,7 ±1,5	15,2 ±1,4	14,8 ±1,3	14,9 ±1,2	15,3 ±1,5	15,3 ±1,4	15,6 ±1,4	15,5 ±1,5	15,9 ±1,9	15,5 ±1,4	1,1
	d	bc	bc	ab	a	ab	abc	abc	bc	bc	d	bc	
Outono	9,8 ±1,8	10,1 ±1,8	10,3 ±2,8	10,0 ±1,8	9,9 ±1,7	10,0 ±1,8	10,1 ±1,8	10,2 ±1,8	10,3 ±1,8	10,2 ±1,8	10,0 ±1,8	10,2 ±1,8	0,5
	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	
Inverno	9,3 ±2,2	9,4 ±2,2	9,6 ±2,2	9,4 ±2,2	9,2 ±2,2	9,4 ±2,3	9,8 ±2,3	9,6 ±2,3	9,6 ±2,3	9,6 ±2,2	9,4 ±2,2	9,5 ±2,2	0,6
	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	
Primavera	10,6 ±1,9	10,8 ±2,0	11,1 ±1,9	10,7 ±2,0	10,5 ±1,9	10,6 ±1,9	10,9 ±2,1	11,1 ±1,9	11,2 ±1,9	11,0 ±1,9	10,7 ±1,9	11,0 ±1,9	0,6
	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	

Em que: Médias seguidas pela mesma letra na linha (estação do ano) não diferem estatisticamente a 5% de significância pelo teste de Duncan.

No verão os pontos P43 (Av. Monteiro Tourinho c/ R. Max Rosemann - Tingui) e P36 (R. Raul Pompéia c/ R. Ludovico Kaminski - CIC) apresentaram o maior valor de umidade absoluta média ( $15,9 \text{ g/m}^3$ ) diferindo estatisticamente dos demais. Porém, nas outras estações do ano estes mesmos locais ficaram entre os pontos de menor valor de umidade em números absolutos (Tabela 3), sem diferir estatisticamente. A diferença de comportamento também foi verificada no ponto P37 (R. Raul Pompéia c/ R. João Debimski - Fazendinha), próximo do Parque Municipal Cambuí.

Alcoforado e Matzarakis (2010), em compilação sobre as características microclimáticas esperadas nas cidades de latitude média em comparação com as áreas rurais próximas, citaram a umidade do ar como variável. De acordo com Varejão-Silva (2000), o teor de umidade do ar pode variar de modo acentuado, tanto no espaço, como no tempo. Em determinado local, a variação temporal depende da circulação da atmosfera, da localização relativa das fontes e sumidouros de vapor d'água, do suprimento de energia solar, dentre outros.

Ao analisar os números absolutos, verificou-se que o ponto P41 (R. Jaime Balão c/ R. Nossa Senhora da Luz - Hugo Lange), localizado próximo a praças com canteiro gramado e árvores, destacou-se pelos maiores valores de umidade nos períodos correspondentes ao outono, inverno e primavera. E na porção sudoeste do transecto, o ponto P38 (R. Carlos Klemtz - Portão), próximo ao Bosque da Fazendinha, também destacou-se pela maior umidade em relação aos pontos próximos.

Ainda no período correspondente ao verão, os menores valores de umidade ocorreram nos pontos P40 (Av. Sete de Setembro c/ R. Castro Alves - Batel), sem di-

ferir estatisticamente dos pontos próximos - P2 (R. Visconde de Nácar c/ R. Emiliano Pernetá - Centro), P1 (Praça Tiradentes - Centro), P4 (R. Luis Leão c/ R. Conselheiro Araújo Centro) e P39 (R. Curupatis c/ R. Ulisses Vieira - Santa Quitéria). O ponto P40 está em área verticalizada, com os eixos estruturais de transporte e a alta densidade das edificações; os pontos P1, P2 e P4 na região central, com grande número de edificações e ausência de áreas permeáveis e grande concentração de atividades humanas, como serviços e meios de transporte (carros e ônibus) e o ponto P39 em zona residencial de média densidade.

Também Cox (2009) verificou menores valores de umidade absoluta na cidade de Várzea Grande - MT nas áreas de alta densidade urbana, impermeabilização completa do solo e arborização escassa. Conforme Masiero e Souza (2013), a alta taxa de impermeabilização do solo favorece a rápida evaporação e contribui para que a retenção da umidade no ambiente urbano seja reduzida.

### **Varição higrométrica no transecto noroeste-sudeste**

No transecto noroeste-sudeste as diferenças higrométricas variaram de  $0,9 \text{ g/m}^3$  (outono) a  $1,1 \text{ g/m}^3$  (verão e primavera) (Tabela 5). Foram encontradas diferenças estatísticas significativas no conteúdo de umidade entre os pontos de monitoramento nos períodos correspondentes ao verão e a primavera.

No período do verão, o ponto P32 (R. Guabirotuba c/ R. Imaculada Conceição - Prado Velho) diferiu estatisticamente dos demais, apresentando o menor valor de umidade absoluta do ar ( $14,5 \text{ g/m}^3$ ), o que não se repetiu nas outras estações do ano.

Em números absolutos, os menores valores nas outras estações do ano foram encontrados no ponto P29 (R. Fredolin Wolf c/ R. Saturnino de Miranda - Lamenha Pequena), em Zona Residencial de Baixa Densidade (ZR-2), no extremo do transecto, em

região que concentra maior quantidade de cobertura vegetal e com relevo mais movimentado. No verão este local não apresentou redução no conteúdo de umidade em comparação com os pontos próximos.

**Tabela 5:** Umidade absoluta do ar média ( $g/m^3$ ) no transecto noroeste-sudeste na cidade de Curitiba nos períodos correspondentes as estações do ano.

Estação do ano	P29	P30	P31	P5	P1	P3	P32	P33	P34	P35	Diferença higrométrica
Verão	15,2	15,2	15,3	15,4	15,3	15,1	14,5	15,4	15,3	15,6	1,1
	±1,6	±1,3	±1,3	±1,4	±1,5	±1,6	±1,8	±1,4	±1,4	±1,4	
	b	b	b	b	b	b	a	b	b	b	
Outono	9,4	9,9	10,1	10,2	10,1	10,0	10,1	10,2	10,0	10,3	0,9
	±1,8	±1,8	±1,8	±1,9	±1,8	±1,8	±1,8	±1,8	±1,8	±1,8	
	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	
Inverno	8,8	9,3	9,4	9,5	9,8	9,4	9,4	9,6	9,4	9,7	1,0
	±2,1	±2,2	±2,2	±2,3	±2,3	±2,3	±2,2	±2,3	±2,2	±2,3	
	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	
Primavera	10,0	10,8	11,0	10,9	10,9	10,8	10,8	11,0	10,7	11,1	1,1
	±1,8	±1,9	±1,9	±2,0	±2,1	±2,0	±1,9	±1,9	±1,9	±1,8	
	ab	ab	b	ab	ab	ab	ab	b	ab	b	

Em que: Médias seguidas pela mesma letra na linha (estação do ano) não diferem estatisticamente a 5% de significância pelo teste de Duncan.

No período correspondente a primavera, os pontos P31 (R. Jacarezinho c/ R. Solimões - Vista Alegre), P33 (Av. Comendador Franco c/ R. Santo Inácio de Loyola - Guabirota) e P35 (R. Velci Bolívar Grandó c/ R. Amauri Mauad Gueiros - Uberaba) diferiram estatisticamente dos demais.

O ponto P31 está localizado em áreas residenciais de baixa densidade de ocupação, o ponto P33 em média densidade de ocupação e o ponto P35 em um dos extremos deste transecto, próximo ao município de São José dos Pinhais. A maior umidade no P35 era esperado, visto a sua

localização em relação à bacia hidrográfica do rio Iguaçu. O ponto está localizado cerca de 1.000 m da Área de Proteção Ambiental - APA do Iguaçu, da qual integra o Parque Municipal Iguaçu, maior parque da cidade implantado para preservar os fundos de vale do Rio Iguaçu, com 14 km de extensão e área de aproximadamente 569 mil  $m^2$  (PREFEITURA MUNICIPAL DE CURITIBA, 2016).

Segundo Masiero e Souza (2013), a combinação do conteúdo de água no ar fornecido por corpos d'água com o potencial eólico pode favorecer significativamente as condições microclimáticas de uma área

urbana. Os autores destacam que a ação do vento sobre a massa d'água pode influenciar seu entorno imediato, umidificando o ar urbano, chegando a alcançar até 1.000 m aproximadamente, dependendo das características topográficas. Como Curitiba tem ventos predominantes no sentido noroeste (DANNI-OLIVEIRA, 1999), isto deve contribuir para a maior umidade no local.

### Varição higrométrica entre os 44 pontos de monitoramento

Na cidade de Curitiba, além das diferenças de temperatura e umidade relativa do ar, como já demonstrado em outros trabalhos (ROSSI, 2004; DUMKE, 2007; LEAL, 2012; SCHMITZ, 2014), pelo levantamento realizado também foi verificada alternância de áreas de maior e de menor umidade absoluta do ar.

Ao analisar os 44 pontos de monitoramento em conjunto, as diferenças higrométricas foram de 2,1 g/m<sup>3</sup> (verão), de 1,4 g/m<sup>3</sup> (primavera) e de 1,1 g/m<sup>3</sup> (outono e inverno) (Tabela 6). O fato de terem poucos estudos publicados de clima urbano com análise de dados de umidade absoluta do ar dificulta comparação sobre a magnitude das diferenças encontradas. Cox (2009), em comparação de três locais com diferentes tipologias de ocupação urbana na cidade de Várzea Grande – MT, encontrou diferenças de umidade absoluta de 0,58 g/m<sup>3</sup> (estação seca) a 2,5 g/m<sup>3</sup> (estação chuvosa). Barbosa (2005) em nove pontos de monitoramento na cidade de Maceió - AL e Duarte (2010) em 13 pontos de medição em João Pessoa - PB citaram que não encontraram diferenças consideráveis de valores de umidade absoluta do ar em comparação de locais com e sem vegetação.

**Tabela 6:** Valores extremos de umidade absoluta do ar média (g/m<sup>3</sup>) e diferenças higrométricas observadas entre 44 pontos de monitoramento na cidade de Curitiba nos períodos correspondentes as estações do ano.

Estação do ano	Valor máximo (g/m <sup>3</sup> )	Valor mínimo (g/m <sup>3</sup> )	Diferença higrométrica (g/m <sup>3</sup> )
Verão	16,6 (P27)	14,5 (P32)	2,1
Outono	10,5 (P22)	9,4 (P29)	1,1
Inverno	9,9 (P16)	8,8 (P29)	1,1
Primavera	11,3 (P22)	9,9 (P29)	1,4

A maior umidade absoluta média foi de 16,6 g/m<sup>3</sup> (verão) e a menor de 8,8 g/m<sup>3</sup> (inverno), quantidade quase duas vezes maior. Conforme Duarte (2010), em função das estações do ano, a umidade absoluta do ar geralmente aumenta na estação quente e diminui na estação fria.

Os locais de maior valor de umidade absoluta do ar média foram os pontos P27 (R.

Tijucas do Sul n° 1859 - Sítio Cercado) no verão e P22 (R. Wenceslau Braz c/ R. Camilo Castelo Branco - Lindóia) no outono e na primavera e o P16 (Av. Anita Garibaldi c/ R. Flávio Dallegrove - Barreirinha) no inverno.

O ponto P29 (R. Fredolin Wolf c/ R. Saturnino de Miranda - Lamenha Pequena) destacou-se como o de menor umidade

absoluta nos períodos do outono, inverno e primavera, enquanto o ponto P32 (R. Guabirota c/ R. Imaculada Conceição - Prado Velho), apresentou menor umidade no verão.

Na comparação de médias entre todos os pontos de monitoramento não foi verificada diferença estatística significativa para os valores obtidos no outono, inverno e primavera. Para o período do verão, o ponto P27 (16,6 m<sup>3</sup> - grupo c) diferiu estatisticamente dos pontos P21 (15,8 g/m<sup>3</sup> - grupo b) e P36 (15,9 m<sup>3</sup> - grupo b) e também do P32 (14,5 g/m<sup>3</sup> - grupo a) e demais pontos (grupo ab).

## CONCLUSÃO

Os resultados mostraram que há variação do conteúdo de umidade na área urbana de Curitiba. Os maiores valores de umidade absoluta do ar média e de diferenças higrométricas ocorreram no verão, estação em que foi encontrada diferença estatística significativa entre os valores de umidade absoluta do ar entre os pontos de monitoramento. A distribuição dos maiores e dos menores valores de umidade absoluta do ar variou com as estações do ano, com alguns pontos com comportamento diferenciado no verão e no inverno.

De maneira geral, tanto a presença de áreas verdes como de fontes de calor antropogênico, principalmente a circulação de veículos, foram fatores relacionados ao maior conteúdo de umidade. Por outro lado, a impermeabilização e a verticalização foram relacionadas à menor umidade.

Mostra-se interessante a inclusão da variável umidade absoluta do ar em próximos estudos de clima urbano na cidade

de Curitiba para melhor entendimento do seu comportamento, fatores envolvidos e intensidade de diferenças higrométricas.

## Agradecimentos

À Fundação Araucária de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Paraná pelo financiamento dessa pesquisa. E à URBS - Urbanização de Curitiba S.A. pela permissão da instalação dos mini-abrigos meteorológicos nas estruturas urbanas.

## REFERÊNCIAS

- ALCOFORADO, M. J.; MATZARAKIS, A. Planning with urban climate in different climatic zones. **Geographicalia**, v. 57, p. 5-39, 2010.
- ARMANI, G.; FUNARI, F. L.; SALUM, S. T. Ocorrência do orvalho na cidade de São Paulo. **Revista do Instituto Geológico**, v. 29, n. 1/2, p. 41-48, 2008.
- AYOADE, J. O. **Introdução à climatologia para os Trópicos**. 16. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2011. 332 p.
- BARBOSA. Áreas verdes e qualidade térmica em ambientes urbanos: estudo de microclimas de Maceió – AL. Dissertação (Mestrado em Ciências da Engenharia Ambiental) - Universidade de São Paulo. São Carlos, 2005.
- CARVALHO, M. M. C. **Clima urbano e vegetação: estudo analítico e prospectivo do Parque das Dunas em Natal**. 288 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal, 2001.

- COX, E. P. **Interação entre clima e superfície urbanizada**: o caso da cidade de Várzea Grande - MT. 142 f. Dissertação (Mestrado em Física e Meio Ambiente) - Universidade Federal de Mato Grosso. Cuiabá, 2008.
- DANNI-OLIVEIRA, I. M. Aspectos climáticos de Curitiba – PR. Uma contribuição para o ensino médio. *Ra'ega*, v. 3, n. 3, p. 229-253, 1999.
- DUARTE, M. L. F. **Comportamento microclimático urbano**: Estudo de caso em um recorte urbano em João Pessoa – PB. 140 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Universidade Federal da Paraíba. João Pessoa, 2010.
- DUMKE, E. M. S. **Clima urbano / conforto térmico e condições de vida na cidade – uma perspectiva a partir do aglomerado urbano da região metropolitana de Curitiba (AU-RMC)**. 417 f. Tese (Doutorado em Meio Ambiente e Desenvolvimento) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2007.
- FORTUNIAK, K.; KLYSIK, K.; WIBIG, J. Urban-rural contrasts of meteorological parameters in Lodz. *Theor. Appl. Climatol.*, v. 84, p. 91-101, 2006.
- GARCIA, M. C. M. **Climatologia urbana**. Barcelona: Universidade de Barcelona. 1999. 97p.
- GARTLAND, L. **Ilhas de calor**: como mitigar zonas de calor em áreas urbanas. São Paulo: Oficina de Textos, 2010.
- GONÇALVES, C. E. C. **Ruas confortáveis, ruas com vida: proposição de diretrizes de desenho urbano bioclimático para vias públicas**. Av. Juscelino Kubitschek, Palmas – TO. 137 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de Brasília, Brasília, 2009.
- HOLMER B.; ELIASSON, I. Urban-rural vapour pressure differences and their role in the development of urban heat islands. *International Journal of Climatology*, v. 19, p. 989-1009, 1999.
- INSTITUTO DE PESQUISA E PLANEJAMENTO URBANO DE CURITIBA - IPPUC. **Curitiba em dados**. Disponível em: <[http://ippucnet.ippuc.org.br/bancodedados/curitibaemdados/curitiba\\_em\\_dados\\_pesquisa.asp](http://ippucnet.ippuc.org.br/bancodedados/curitibaemdados/curitiba_em_dados_pesquisa.asp)> Acesso em: 12 janeiro 2016.
- JÁUREGUI, E.; TEJEDA, A. Urban-Rural humidity contrasts in Mexico City. *International Journal of Climatology*, v. 17, p.187-196, 1997.
- KUTTLER, W.; WEBER, S.; SCHONNEFELD, J.; HESSELSCHWERDT, A. Urban/rural atmospheric water vapour pressure differences and urban moisture excess in Krefeld, Germany. *International Journal of Climatology*, v. 27, p. 2005-2015, 2007.
- LEAL, L. **A influência da vegetação no clima urbano da cidade de Curitiba** – PR. 172 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2012.
- MASIERO, E.; SOUZA, L. C. L. Variação de umidade absoluta e temperatura do ar intraurbano nos arredores de um

- corpo d'água. **Ambiente Construído**, v. 13, n. 4, p. 25-39, 2013.
- MAYER, H.; MATZARAKIS, A., IZIO-MON, M. G. Spatio-temporal variability of moisture conditions within the Urban Canopy Layer. **Theor. Appl. Climatol.**, v. 76, p. 165-179, 2003.
- MENDONÇA, F. A. **Clima e criminalidade**: ensaio analítico da correlação entre a temperatura do ar e a incidência de criminalidade urbana. Curitiba: UFPR, 2001.
- MENDONÇA, F. A.; DANNI-OLIVEIRA, I. M. **Climatologia**: noções básicas e climas do Brasil. v. 1. São Paulo: Oficina de Texto, 2007. 206 p.
- OKE, T. R. **Boundary layer climates**. London: Methuen, 1978. 372 p.
- OKE, T. R. Siting and exposure of meteorological instruments at urban sites. In: BORREGO, C.; NORMAN, A. **Air pollution modeling and its application XVII**. New York: Springer, 2007. p. 615-631.
- PREFEITURA MUNICIPAL DE CURITIBA. **Parques e Bosques**: Parque Iguazu / Zoológico. Disponível em: <<http://www.curitiba.pr.gov.br/conteudo/parques-e-bosques-parque-iguacu/313>>. Acesso em: 12 janeiro 2016.
- ROBAA, S. M. Urban-suburban / rural differences over Greater Cairo, Egypt. **Atmosfera**, p. 157-171, 2003.
- ROSSI, F. A. **Análise da influência da ocupação do solo na variação de temperatura em diferentes localidades da cidade de Curitiba**. 166 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia) – Centro Federal de Educação Tecnológica do Paraná, Curitiba, 2004.
- SCHMITZ, L. K. **Reestruturação urbana e conforto térmico em Curitiba/PR: diagnóstico, modelagem e cenários**. 298 f. Tese (Doutorado em Geografia), Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2014.
- UNKAŠEVIĆ, M., JOVANOVIĆ, O., POPOVIĆ, T. Urban-suburb/rural vapour pressure and relative humidity differences at fixed hours over the area of Belgrade city. **Theor Appl. Climatol**, v. 68, p. 67-73, 2001.
- VAREJÃO-SILVA, M. A. **Meteorologia e climatologia**. Brasília: Instituto Nacional de Meteorologia, 2000.
- WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION. **Guide to meteorological instruments and methods of observation**. 7.nd. Geneva: WMO, 2008. Disponível em: <[http://www.wmo.int/pages/prog/www/IMOP/publications/CIMO-Guide/CIMO\\_Guide-7th\\_Edition-2008.html](http://www.wmo.int/pages/prog/www/IMOP/publications/CIMO-Guide/CIMO_Guide-7th_Edition-2008.html)> Acesso em: 31 julho 2009.