

**COMPARAÇÕES DA TEMPERATURA E UMIDADE RELATIVA DO AR ENTRE
FRAGMENTOS FLORESTAIS NO MUNICÍPIO DE ESPÍRITO SANTO DO
PINHAL, SP – INFLUÊNCIAS DA ILHA DE CALOR**

Bruno Henrique Bibiano
Universidade de São Paulo
bruno.bibiano@usp.br

Emerson Galvani
Universidade de São Paulo
egalvani@usp.br

O CLIMA DAS CIDADES

Resumo

Há muitos estudos sobre a importância da cobertura vegetal na manutenção da qualidade climática, principalmente das grandes cidades e metrópoles. Este trabalho visa identificar o oposto, ou seja, as influências desses ambientes urbanos em fragmentos florestais, além disso, o município escolhido foi Espírito Santo do Pinhal - SP, uma cidade de pequeno porte. Para identificar a influência da malha urbana foi selecionado um Fragmento Florestal Urbano, envolto pela malha urbana, e um Fragmento Florestal Rural, envolto por pastos, que serviu como comparativo. Utilizou-se dois Dataloggers Digitais, um em cada fragmento, que mediram temperatura e umidade relativa do ar de meia em meia hora e dois mini abrigos meteorológicos para alocação dos medidores. Os dias de coleta dados foram do dia 18/03/2012 a 23/03/2012. Comparando os dados dos dois fragmentos, foi possível identificar indiretamente a ocorrência de ilha de calor noturna na malha urbana e que esta influenciou nas características térmicas e higrométricas do F. F. Urbano. A maior amplitude térmica encontrada entre os dois fragmentos foi de 2,1°C.

Abstract

There are many studies about the importance of vegetation in maintaining the quality climate, especially in large cities and metropolises. This work aims at identifying the opposite, ie, the influences of these urban environments in forest fragments, moreover, the chosen city was Espírito Santo do Pinhal - SP, a small town. To identify the influence of the urban fabric was selected a Fragment Urban Forest, surrounded by the urban fabric, and a Fragment Rural Forest, surrounded by pastures, which served as a comparison. We used two Dataloggers Digital, one in each fragment, which measured temperature and relative humidity every half hour and two mini weather shelters for allocation of meters. The days of collecting data was the day 18/03/2012 to 23/03/2012. Comparing data from two fragments, it was possible to identify indirectly the occurrence of nocturnal heat island in the urban area and that this influenced the hygrometric and thermal characteristics of the Fragment Urban Forest. The largest temperature variation found between the two fragments was 2.1°C.

Introdução

A questão ambiental vem se ressaltando cada vez mais nas grandes discussões globais, nas quais um dos temas abordados é a importância da vegetação na manutenção da qualidade climática, principalmente nas regiões urbanizadas. Durante a construção e aumento das cidades, normalmente ocorrem algumas alterações no ambiente como a retirada da cobertura vegetal, a impermeabilização do solo e a alteração da estrutura vertical do local com a construção de prédios que alteram as propriedades térmicas e hidrológicas da superfície, favorecem o aumento da temperatura e das precipitações pluviais, a redução da umidade, entre outros (AYOADE, 1996). E dependendo da intensidade destas alterações, elas podem acarretar na formação de ilhas de calor (LOMBARDO, 1985).

Mello et al. (2009), Amorim (2002), Silva et al. (2002), Barbosa et al. (2003) e Lombardo (1985) são exemplos de autores que identificaram melhora na qualidade climática e até mesmo redução da ilha de calor nos arredores de fragmentos florestais ou apenas em áreas urbanas com grande concentração de espécies arbóreas.

O presente artigo foi realizado com apoio da FAPESP (processo: 2011/22178-0) e visa identificar o oposto, ou seja, se o ambiente construído afeta as propriedades térmicas e higrométricas de fragmentos florestais, pois segundo Azevedo e Ribeiro (2003) uma mancha urbana extensa provavelmente interfere nestas propriedades diferentemente de uma área menos alterada pela ação antrópica. Nas grandes cidades é clara a alteração climática, já nas pequenas esse fato não é tão evidente, é o que sugere Monteiro (1990, p. 13) “a partir de que porte e grau hierárquico uma cidade brasileira passa a oferecer condições de geração de um “clima urbano”?”. Por este estudo ocorrer em Espírito Santo do Pinhal - SP, uma cidade considerada pequena pelo IBGE, ele apresenta certo diferencial.

Caracterização da área de estudo

O município de Espírito Santo do Pinhal - SP, localizado no interior paulista, está a uma altitude de 880m e possui clima tropical de altitude, característico por períodos chuvosos no verão, no qual a pluviosidade máxima observada é no mês de Janeiro (em torno de 260 mm), e secos no inverno, no qual a pluviosidade mínima observada é no mês de Julho (em torno de 27 mm) com a temperatura média do mês mais quente superior a 22°C¹.

¹ Fonte: CEPAGRI – Disponível em: <http://www.cpa.unicamp.br/outras-informacoes/clima-dos-municipios-paulistas.html>.

Segundo Conti e Furlan (2008), a dinâmica atmosférica da região Sudeste, na qual se insere o referido município, é controlada basicamente pela célula de Alta Pressão Subtropical do Atlântico Sul, pela célula de Baixa Pressão do Chaco/Pantanal e pelos efeitos desestabilizadores acarretados com o avanço da Frente Polar e oscilações da Zona de Convergência Intertropical.

O uso do solo do município se caracteriza por baixa urbanização, principalmente por ser uma cidade pequena e conter uma população de 41.919 habitantes numa área de 389 km², sendo que 37.254 destas pessoas vivem na zona urbana e 4.665 na zona rural (IBGE, 2010). Fora da zona urbana segundo IBGE (2011), Espírito Santo do Pinhal está na zona de transição entre a Mata Atlântica e o Cerrado. Porém, sabe-se que em grande parte do Estado, a cobertura vegetal foi substituída por plantações agrícolas, o que não difere na referida localidade.

Para melhor situação do município de Espírito Santo do Pinhal - SP, segue abaixo o mapa de localização (Figura 1).

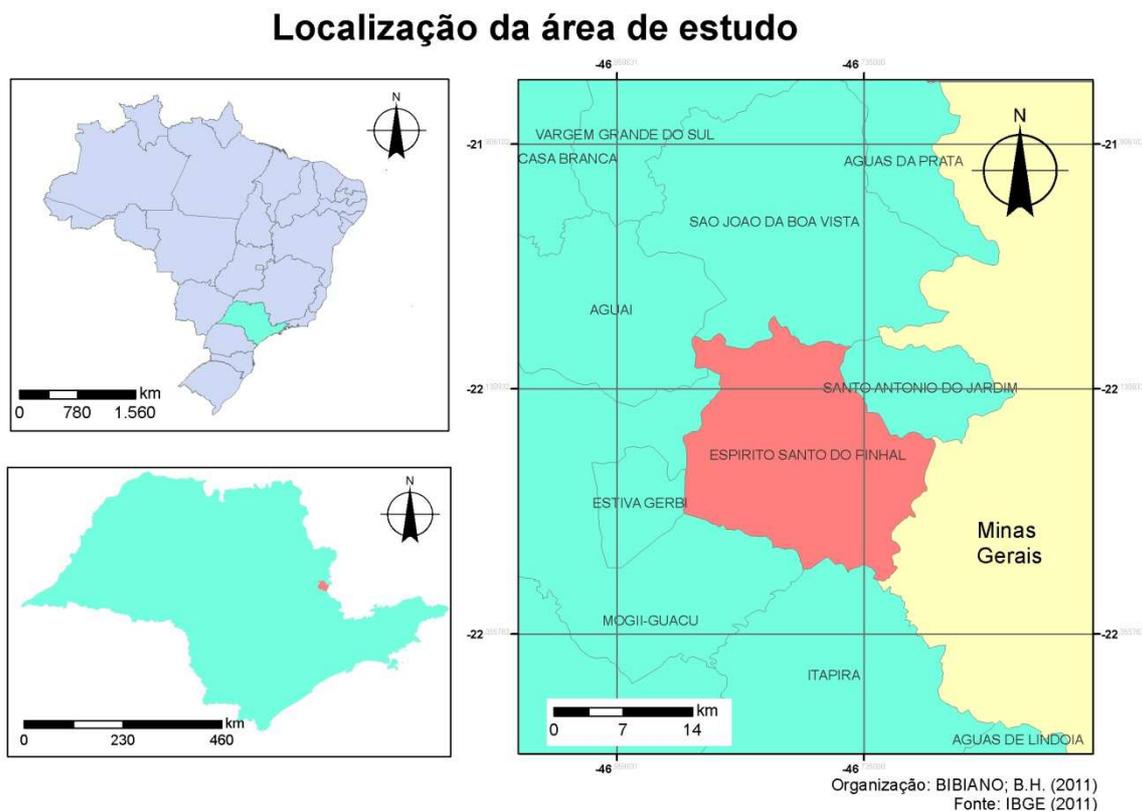


Figura 1 – Mapa de localização do município de Espírito Santo do Pinhal – SP

Além da caracterização regional, para este tipo de trabalho é necessária uma caracterização mais minuciosa, em maior escala, do local estudado, abrangendo especificamente as características dos Fragmentos.

O F. F. Urbano está localizado dentro da malha urbana do município, é de propriedade da prefeitura e recebe o nome de Bosque Beto Jardini. Ao seu lado localiza a base do Corpo de Bombeiros do município.

Segundo o Departamento de Meio Ambiente da Prefeitura de Espírito Santo do Pinhal, esse é um fragmento de Floresta Estacional Semidecidual Montana e possui aproximadamente 75 espécies como *Pseudobombax grandiflorum*, *Ceiba speciosa*, *Guazuma ulmifolia*, *Luehea divaricata*, *Allophylus edulis*, *Diatenopterix sorbifolia*, *Cupania vernalis*, *Alchornea glandulosa*, *Croton piptocalyx*, *Acacia polyphylla*, *Maclura tinctoria*, *Ficus hirsuta*. (informação pessoal)².

A área do fragmento é de aproximadamente 41.000 m² com vegetação fechada (Figura 2) e com denso dossel (altura de aproximadamente 8m), o que provavelmente impedia que a miniestação meteorológica recebesse radiação solar direta em qualquer período do dia. Esta ficou localizada a 5m da borda do fragmento, na cota altimétrica de 790m e na coordenada UTM x 7.544.633m S e y 318.516m E (Zona 23 K).



Fonte: Bruno H. Bibiano (Arquivo pessoal, fotografado em 24/03/2012)

Figura 2 - Localização da miniestação meteorológica no fragmento florestal da Malha Urbana

² Departamento de Meio Ambiente da Prefeitura de Espírito Santo do Pinhal, SP. Mensagem recebida por meioambiente@pinhal.sp.gov.br em 27 de Março de 2012.

O F. F. Rural faz parte do Clube de Campo Caco Velho e está localizado na zona rural do referido município, a vegetação local é fechada (Figura 4.3), o seu dossel atinge aproximadamente 6m de altura e segundo o Departamento de Meio Ambiente da Prefeitura de Espírito Santo do Pinhal, esse é um fragmento de Floresta Estacional Semidecidual Montana e possui aproximadamente 83 diferentes espécies vegetais, como *Ficus guaranítica*, *Calyptanthes clusiifolia*, *Solanum pseudoquina*, *Cecropia glaziovi*, *Miconia lepidota*, *Maclura tinctoria*, *Rapanea umbellata*, *Piper amalago*, *Coutarea hexandra*, *Xylopia brasiliensis*, *Jacaranda micrantha*, *Ceiba speciosa*, *Syagrus romanzoffiana* (informação pessoal)².

A miniestação meteorológica foi instalada a uma distância de 5m do limite do fragmento devido à dificuldade de penetração e principalmente para ficar numa mesma distância do limite quando comparado com o fragmento urbano, na tentativa de amenizar as diferenças da área ocupada pelos fragmentos e suas conseqüentes influências no microclima. A estação ficou instalada na cota altimétrica de 810m e na coordenada UTM x 7.546.390m S e y 317.674m E (Zona 23K) e provavelmente não recebia radiação solar direta em nenhum período do dia devido ao denso dossel.



Fonte: Bruno H. Bibiano (Arquivo pessoal, fotografado em 24/03/2012)

Figura 3 - Localização da miniestação meteorológica no Fragmento Florestal da
Zona Rural

Materiais e métodos

Apesar da diferença da área ocupada pelos fragmentos, eles apresentam características favoráveis para comparações, pois a vegetação é similar, a diferença altimétrica entre os dois é de apenas 20 m, a distância entre os pontos de medição é de aproximadamente 1,8 km, apresentando as mesmas condições de tempo meteorológico, o F. F. Urbano está totalmente cercado pela malha urbana e o F. F. Rural pela zona rural, mais precisamente por pastos nas imediações próximas.

Para a concretização deste trabalho foram utilizados dois Dataloggers Digitais modelo HT-500 para a medição de temperatura e umidade relativa do ar. Este equipamento possui uma escala de 0 a 100% para UR com precisão de +/- 3% e de -40°C a 70°C para a temperatura com precisão de +/- 1,0°C. Além disso, foram utilizados dois miniabrigos meteorológicos desenvolvidos por Armani e Galvani (2006).

As miniestações ficaram instaladas a uma altura de 1 m do solo, orientadas para o norte, de modo que os valores registrados sejam representativos das características aéreas e não das do solo, registrando a temperatura e umidade do ar de meia em meia hora durante dois dias antes até três dias depois da efeméride de Outono (de 18/03/2012 a 23/03/2012).

A metodologia de análise dos dados está baseada em uma abordagem qualitativa dos fenômenos do clima, na tentativa de identificar e caracterizar os fatos ocorridos. As análises quantitativas aparecem com menor frequência e sempre como suporte as primeiras, assim como em Mendonça (1994 apud ZAVATTINI, 2004).

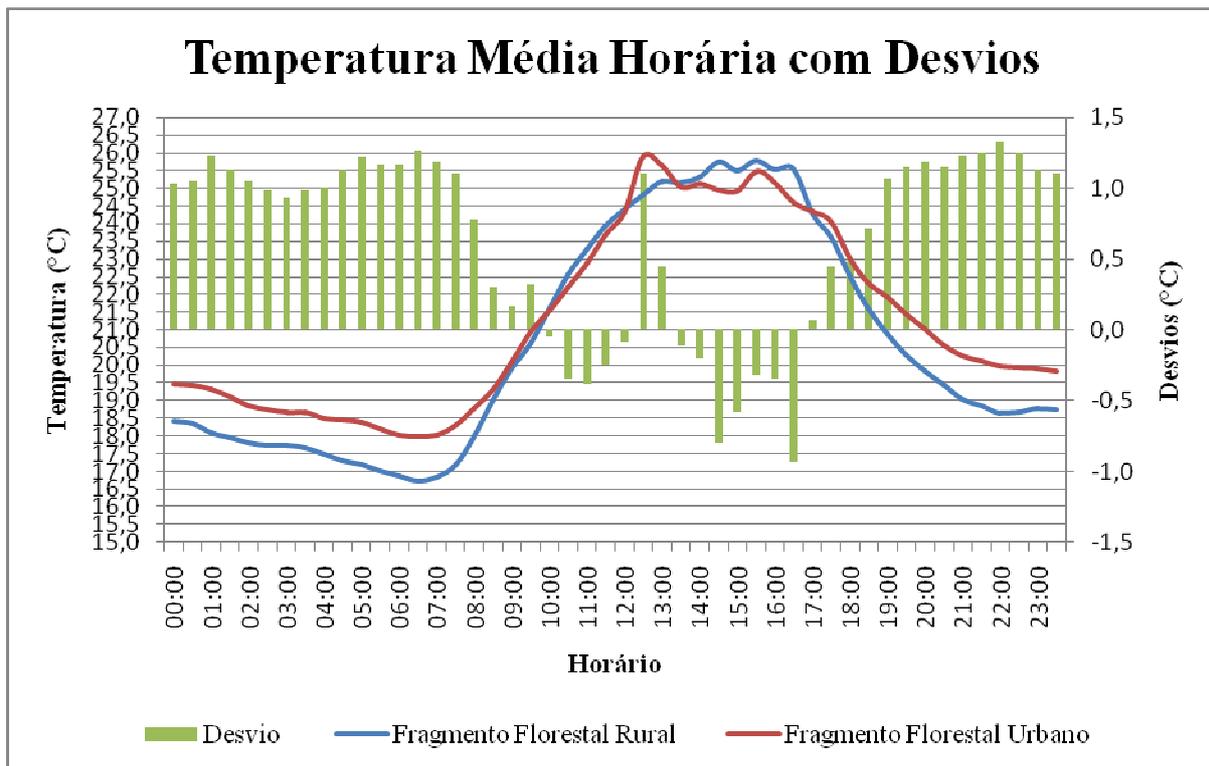
Resultados e discussão

Para a análise dos dados coletados, optou-se pela construção de gráficos com as médias horárias do período, de maneira que estes fossem os mais representativos possíveis da respectiva estação do ano. Estes gráficos representam o comportamento térmico e higrométrico de cada microclima analisado durante a pesquisa. Além disso, eles apresentam os desvios entre os dois pontos de medição, representados por colunas, ou seja, eles expressam as diferenças de dados (temperatura e umidade, dependendo do gráfico) existentes entre o F. F. Urbano em relação ao F. F. Rural.

Através da análise do gráfico das temperaturas, apresentado a seguir (Figura 4), de imediato verifica-se que as linhas não apresentam um pico agudo entre as 13h e 14h, o que reforça o fato de que as estações meteorológicas não receberam insolação direta, ou seja, estiveram sempre “protegidas” pelo dossel dos fragmentos.

A variação temporal das temperaturas em ambos os ambientes é muito similar, pois apresentam as mínimas logo após o nascer do sol e não logo antes, como seria em locais sem vegetação ou construções que bloqueiam os primeiros raios solares do amanhecer, seguido por aumento brusco nas primeiras horas do dia até atingirem um pico às 15h30min, porém o F. F. Urbano apresentou outro pico às 12h30min. E por final ocorre uma redução brusca das 16h30min até às 22h00min seguida por redução suave até logo após o nascer do sol. Dessa forma, o que se prioriza a seguir são as diferenças comparativas entre os dois fragmentos.

Figura 4 - Temperatura Média Horária do Ar dos Fragmentos Florestais
(18/03/2012 - 23/03/2012)



Nota-se que no período noturno o F. F. Urbano apresentou-se sempre mais quente, em torno de 1°C, do que o F. F. Rural fato que foi relacionado à influência da malha urbana no fragmento e sugere a existência de ilha de calor, de baixa intensidade, também na malha urbana deste município ao menos no período noturno, assim como em Silva et al. (2002), pois esta diferença apresentou-se relativamente constante e regular.

Já no período diurno, de maneira geral, não se estabeleceu nenhum padrão de maioria entre os dois fragmentos, pois houve alguns horários de maior temperatura no F. F. Urbano e outros no F. F. Rural, mas sempre valores muito próximos. Um início de padronização é observado entre às 14h00min e 16h30min, pois F. F. Rural apresentou temperaturas sutilmente maiores. Este fato pode estar relacionado às temperaturas maiores na zona rural associadas à maior incidência dos raios solares devido à ausência de construções (VIANA E AMORIM, 2008).

A maior amplitude térmica encontrada em todo o período de medição foi 2,1°C às 01h30min, no qual o F. F. Urbano apresentou 17,7°C e o F. F. Rural apresentou 15,6°C.

Com relação às variações exclusivamente temporais das umidades relativas, observando o gráfico das umidades relativas (Figura 5), ambos os ambientes apresentam comportamentos similares entre si, apresentando as máximas às 08h00min seguido por brusco decréscimo até atingirem seus mínimos entre às 15h30min e 16h30min. E por fim ocorre um brusco acréscimo até às 21h30min, seguido por acréscimo suave até logo após o nascer do sol. Assim como nas análises das temperaturas, a seguir se prioriza as análises comparativas.

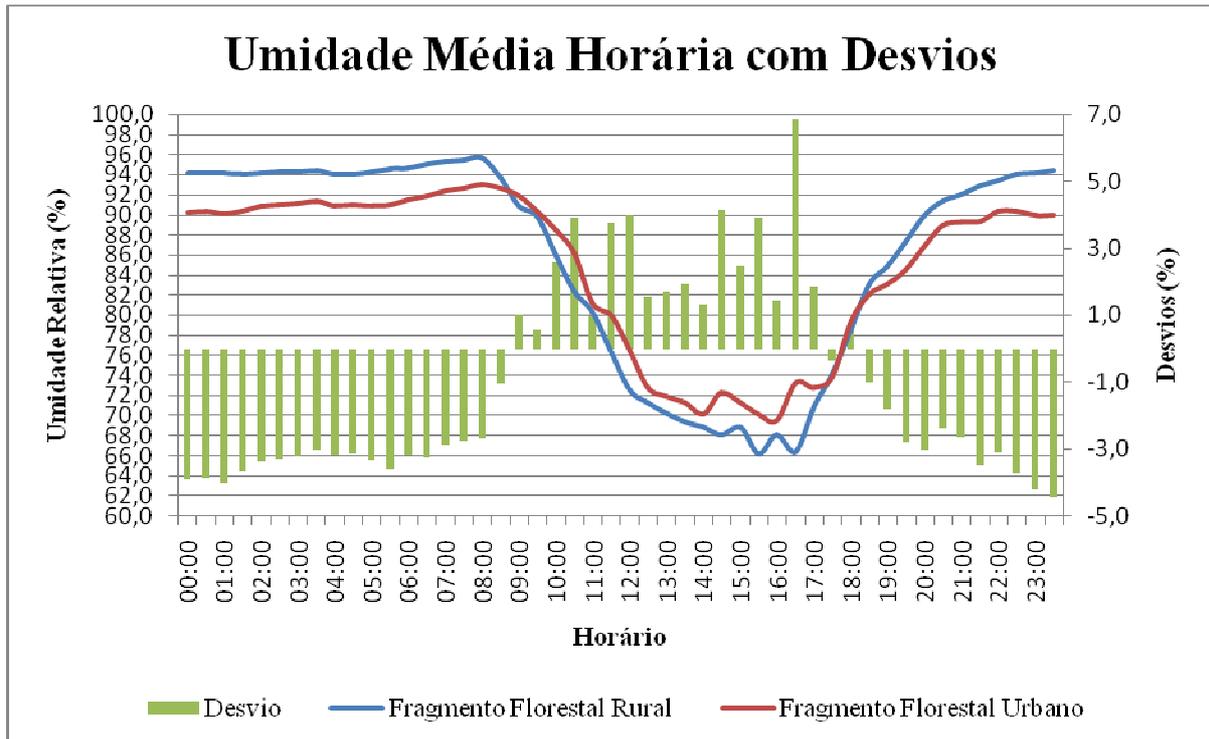
Com relação ao mesmo gráfico citado anteriormente (Figura 5), verifica-se que o F. F. Rural apresentou um padrão de maioria (em média de 3% a 4%) no período noturno em relação ao F. F. Urbano e vice versa no período diurno.

Assim, no período noturno ficou claro que as características higrométricas da malha urbana influenciaram nas mesmas características do F. F. Urbano, pois a provável ilha de calor noturna presente na malha urbana reduziu as umidades relativas noturnas.

Já no período diurno, o padrão de maioria verificado no F. F. Urbano pode ser associado ao dossel deste fragmento ser ligeiramente maior do que o fragmento presente na zona rural, pois Monteiro e Azevedo (2005) verificaram, em um caso similar, que a umidade relativa do ar, durante o dia, aumenta do dossel em direção ao solo, dessa forma, um dossel mais profundo favoreceria a manutenção das umidades relativas. Além disso, pode estar relacionado também às temperaturas maiores na zona rural associadas à maior incidência dos raios solares devido à ausência de construções (VIANA E AMORIM, 2008) e conseqüentemente a redução das umidades relativas.

A maior amplitude higrométrica encontrada no período de medição foi de 16,1% ao meio dia, no qual o F. F. Urbano apresentou 88,6% e o F. F. Rural apresentou 72,5%.

Figura 5 - Umidade Relativa Média Horária do Ar dos Fragmentos Florestais
(18/03/2012 - 23/03/2012)



Lombardo (1985) verificou que a ilha de calor existente na cidade de São Paulo é reduzida quando ocorre a passagem de uma frente fria, ou seja, um tempo meteorológico relativamente instável. Ressalta-se aqui que nos dias de coleta de dados, o tempo meteorológico estava relativamente estável, controlado pela Alta Pressão Subtropical do Atlântico Sul, o que favorece a manifestação das características microclimáticas dos ambientes, mais especificamente as características da ilha de calor.

Considerações finais

A proposta deste trabalho foi comparar os dados higrotérmicos de dois ambientes similares circundados por diferentes tipos de uso e ocupação do solo, além de tentar identificar as possíveis causas das diferenças de dados. Com os resultados obtidos, foi possível identificar indiretamente a ocorrência do fenômeno ilha de calor no município de Espírito Santo do Pinhal - SP, porém apenas no período noturno, pois o F. F. Urbano comparado com o F. F. Rural, neste mesmo período, apresentou características típicas da ocorrência deste fenômeno (redução da umidade relativa e aumento da temperatura do ar).

Assim, nota-se que o F. F. Urbano adquiriu características da malha urbana ou mais especificamente da ilha de calor, que possivelmente ocorreu com baixa intensidade, já que a maior amplitude térmica entre os dois fragmentos, verificada no período, foi de 2,1°C. Já no período diurno não ocorreu nenhum padrão de maioridade bem estabelecido entre os fragmentos, este fato pode ser

associado com a ocorrência de ilha de calor de baixa intensidade que não foi suficiente para superar as temperaturas da zona rural influenciadas pela maior incidência dos raios solares.

Essas diferenciações, apesar de bem estabelecidas no período de análise, ocorreram em condições de tempo meteorológico relativamente estável e muito provavelmente o comportamento higrotérmico destes ambientes não seria o mesmo em condições instáveis. Além disso, é importante que análises sejam feitas em outras estações do ano para, possivelmente, identificar maiores ou menores diferenciações entre os fragmentos.

Referências

AMORIM, M. C. C. T. Características do clima urbano de Presidente Prudente - SP. In SANT'ANNA NETO, J. L. **Os climas das cidades brasileiras**: São Luiz (MA), Aracaju (SE), Campo Grande (MT), Petrópolis (RJ), Sorocaba (SP), Penápolis (SP), e Presidente Prudente (SP). Presidente Prudente, 2002 (Programa de Pós Graduação em Geografia. Laboratório de Climatologia da Universidade Estadual Paulista – UNESP). p. 165-196.

ARMANI, G; GALVANI, E. Avaliação do desempenho de um abrigo meteorológico de baixo custo. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 14, p. 116-122, 2006.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CLIMATOLOGIA. Disponível em: <<http://www.geografia.fflch.usp.br/abclima>>. Acesso em 11 de abr. 2012.

AYOADE, J. O. **Introdução a climatologia para os trópicos**. São Paulo: 5ª edição, Bertrand Brasil, 1991.

AZEVEDO, T. R. e RIBEIRO, H., **O patrimônio em áreas verdes da USP e a atmosfera urbana**. In: LANNA, A. L. D. (org.) Meio Ambiente: Patrimônio Cultural, 2003.

BARBOSA, R. V. R., BARBIRATO, G. e VECCHIA, F. A. S. Vegetação urbana: análise experimental em cidade de clima quente e úmido. In: **VII Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído e III Conferência Latino-Americana Sobre Conforto e Desempenho Energético De Edificações**, Curitiba, p. 722-729, 2003. Anais. PUC – ANTAC.

CENTRO DE PESQUISAS METEOROLÓGICAS E CLIMÁTICAS APLICADAS A AGRICULTURA. Disponível em: <<http://www.cpa.unicamp.br/outras-informacoes/clima-dos-municipios-paulistas.html>>. Acesso em 19 de ago. 2011.

CONTI, J. B.; FURLAN, S. A. Geoeologia: O Clima, os Solos e a Biota. In ROSS, J. L. S. **Geografia do Brasil**. São Paulo: Edusp, 2008. Capítulo 2, p. 67-208.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Disponível em:
<<http://www.ibge.org.br>>. Acesso em 11 de abr. 2012.

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

MELLO, M. A. R.; MARTINS, N.; SANT' ANNA NETO, J. L. A influência dos materiais construtivos na produção do clima urbano. **Revista brasileira de climatologia**. Presidente Prudente, p. 27-40, Set. 2009.

MONTEIRO, C. A. de F. Por um suporte teórico e prático para estimular estudos geográficos de clima urbano no Brasil. **Revista Geosul**. Florianópolis, Ano 5, n° 9, p. 6-17, Jan/Jun. 1990.

MONTEIRO, M. B. C. A.; AZEVEDO, T. R. Comparação do perfil vertical da temperatura e da umidade relativa do ar em fragmentos de mata atlântica no interior e arredores da cidade de São Paulo, SP. **Revista Estudos Geográficos**, Rio Claro, p. 1-13, Dez. 2005.

SCIENTIFIC ELECTRONIC LIBRARY ONLINE. Disponível em:
<<http://www.scielo.com.br>> Acesso em 11 de abr. 2012.

SILVA, L. T.; TOMMASELLI, J. T. G.; AMORIM, M. C. C. T. O clima urbano de Penápolis - SP: Um episódio de inverno. In SANT' ANNA NETO, J. L. **Os climas das cidades brasileiras**: São Luiz (MA), Aracaju (SE), Campo Grande (MT), Petrópolis (RJ), Sorocaba (SP), Penápolis (SP), e Presidente Prudente (SP). Presidente Prudente, 2002 (Programa de Pós Graduação em Geografia. Laboratório de Climatologia da Universidade Estadual Paulista – UNESP). p. 145-164.

VIANA, S. C. M.; AMORIM, M. C. C. T. Caracterização do clima urbano em Teodoro Sampaio/SP: uma introdução. **Sociedade & Natureza**. Uberlândia, v. 20, p. 19-42, Dez. 2008.

ZAVATTINI, J. A. **Estudos do clima no Brasil**. Campinas: Alínea, 2004.