



XIENCAC
ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO
NO AMBIENTE CONSTRUÍDO

VIIELACAC
ENCONTRO LATINO AMERICANO DE CONFORTO
NO AMBIENTE CONSTRUÍDO

Búzios - RJ - 2011

ANÁLISE DA INTERFERÊNCIA DA COBERTURA VERDE NA TEMPERATURA E UMIDADE RELATIVA DO AR NO ENTORNO DE UMA EDIFICAÇÃO - ESTUDO DE CASO EM PROTÓTIPO NO MUNICÍPIO DE CUIABÁ,MT.

**Karyna de Andrade Carvalho Rosseti(1); Marta Cristina de Jesus Albuquerque Nogueira(2);
Fernanda Miguel Franco(3); José de Souza Nogueira(4).**

- (1) Arquiteta, Doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Física Ambiental, karyna.rosseti@gmail.com
(2) Doutora, Coordenadora do Grupo de Pesquisa em Tecnologia e Arquitetura Ambiental, Professora do Programa de Pós-Graduação em Física Ambiental, mcjanp@gmail.com
(3) Arquiteta, Doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Física Ambiental, fermifran@yahoo.com.br
(4) Doutor, Coordenador do Programa de Pós-Graduação em Física Ambiental, nogueira@ufmt.br
Universidade Federal de Mato Grosso, Instituto de Física, Departamento de Física, Programa de pós-graduação em Física Ambiental, Cuiabá-MT, 78000-000 Tel.:(65)36158739

RESUMO

Este estudo tem por objetivo geral avaliar a interferência da cobertura vegetada no micro clima do ambiente construído, analisando seu potencial na modificação dos valores de temperatura e umidade relativa do ar no entorno de uma edificação. Para isso foram utilizados dois protótipos, desenvolvidos em alvenaria de tijolo de oito furos com reboco e cobertura de fibrocimento, no qual em um foi instalada a cobertura vegetada e no outro foi mantida a cobertura original como elemento de controle. Os protótipos foram monitorado durante 15 dias consecutivos da estação de verão e do inverno. Foram coletados simultaneamente dados de umidade relativa e temperatura do ar no entorno próximo aos protótipos e em um local afastado, ambos apresentando as mesmas características morfológicas. A partir dos resultados encontrados concluiu-se que os efeitos da cobertura verde no microclima do local estudado estão intimamente associados a presença de água na cobertura, sendo necessário o estudo de outras espécies vegetais e outros substratos que sejam capazes de manter a cobertura úmida por um maior intervalo de tempo.

Palavras chave: Conforto térmico; Cobertura Vegetada; Estudo de caso; Microclima, Protótipo.

ABSTRACT

This work aims to develop and evaluate the influence of plant cover in the micro climate of a building in which it was installed, analyzing their potential in modifying the temperature and relative humidity of the surroundings of the building. For this purpose a prototype was chose, constructed of brick and cement, finished with plaster and roofed with fibre cement, where was installed an extensive green roof. The prototypes were monitored for 15 summer days and 15 winter days. External temperature and air humidity data was collected close to the prototype as well as external temperatures and air humidity data in a location away, both exhibited the same morphological characteristics. Results indicated that the effects of extensive green roof on microclimate are intimately associated with the presence of water on the roof. It is necessary to study other plants and other substrates that are able to retain moisture for a longer period of time.

Keywords: Thermal comfort; Vegetated roof; Case study; Microclimate, Prototype.

1. INTRODUÇÃO

Desde o início da existência humana o homem tem a intenção de alterar o seu microclima, protegendo-se das condições climáticas extremas. Mesmo nas primeiras evidências de casas neolíticas ficam claras as transformações do ambiente natural para se adaptar as necessidades humanas (BENEVOLO, 1980).

Com a Revolução Industrial, a ação antrópica começou a tomar proporções jamais vistas, caracterizada pela rápida e significativa expansão dos espaços urbanos (ALEXANDRI ; JONES, 2008).

A urbanização altera as propriedades térmicas do solo, provoca mudanças no balanço de energia na superfície, na circulação do ar atmosférico, gera uma grande quantidade de calor residual das ações humanas e leva a uma série de mudanças no ecossistema urbano (HUANGA et al, 2009).

Essas mudanças têm um efeito direto sobre o clima local das cidades, especialmente as partes centrais mais adensadas, causando um aumento significativo da temperatura do ar e outras alterações conhecidas como os efeitos de ilha de calor. Isso pode resultar em desagradáveis condições climáticas locais e até mesmo colocar em perigo a saúde humana, especialmente para as cidades com climas quentes (KOPPE et al, 2004; WHITE et al, 2001).

Na maioria dos espaços urbanos grande parte da vegetação existentes está concentrada em parques ou espaços de recreio. Apesar de os parques conseguirem diminuir as temperaturas na sua proximidade (DIMOUDI ; NIKOLOPOULOU, 2000; BRUSE ; FLEER, 1998; GIRIDHARAM ; GANASAN ; LAU , 2004), eles são termicamente incapazes de afetar os espaços com adensamento construtivo onde as pessoas vivem, trabalham e passam a maior parte de sua vida. Os telhados verdes são uma importante ferramenta de planejamento que pode ser usada para ajudar os centros urbanos face às alterações climáticas e melhorar a qualidade de vida nas cidades.

Brownlie (1990) descreve um telhado jardim como “uma área de plantações ornamentais geralmente com um substrato natural, isolado do solo por uma estrutura feita pelo homem, de pelo menos uma andar”.

Os telhados verdes têm demonstrado vários benefícios ambientais em várias escalas. Na escala individual pode resultar em um aumento da vida útil do telhado (KOSAREO ; RIES, 2007), um isolamento térmico que conduz a uma redução de gastos com resfriamento no verão e com aquecimento no inverno (SAILOR, 2008) e uma atenuação dos níveis de ruído dentro e fora do ambiente construído (VAN RENTERGHEM ; BOTTELDOOREN , 2009). Os telhados verdes podem melhorar o ambiente local, fornecendo habitat para a biodiversidade (BRENNEISEN, 2006), podem reduzir os fluxos de águas pluviais (VANWOERT et al., 2005; CARTER ; JACKSON, 2007) e melhorar a qualidade do escoamento da água do telhado (BERNDTSSON ; EMILSSON ; BENGTTSSON , 2006), além de não interferir no desenho urbano, não necessitando de espaço adicional uma vez que já fazem parte do edifício.

Em larga escala ainda podem reduzir o efeito de ilha de calor urbano (UHI), através do resfriamento devido ao aumento da evapotranspiração, reduzindo assim o consumo de energia e as emissões de dióxido de carbono (SKINNER, 2006; ALEXANDRI ; JONES, 2008). Eles também podem sequestrar carbono (GETTER ; ROWE ; ROBERTSON , 2009).

Nas duas últimas décadas tem havido uma expansão significativa da utilização dos telhados verdes na Europa Ocidental e América do Norte, principalmente através da conversão de edifícios existentes (OBERNDORFER et al., 2007). No entanto, esta expansão tem sido largamente restrita às regiões temperadas do hemisfério norte. Em regiões que não estão familiarizadas com telhados verdes, como o Brasil, continuam a existir muitas barreiras potenciais à sua adoção mais generalizada.

As barreiras incluem a falta de normas, custos elevados pela falta de mão de obra especializada, e a falta de pesquisas relevantes e confiáveis para fornecer confiança nos benefícios econômicos e ambientais dos telhados verdes (DUNNETT, 2006; PANTALONE ; BURTON, 2006). A última barreira é particularmente relevante para países como o Brasil, e se trata do fato de o clima ser muito diferente das regiões temperadas do hemisfério norte, onde os telhados verdes são mais comuns. Baseando-se nas pesquisas desenvolvidas no hemisfério norte, a experiência e a tecnologia são problemáticas devido as diferenças significativas na precipitação, temperatura, substratos disponíveis e vegetação adequada em relação ao hemisfério sul. Isso pode apresentar níveis inaceitáveis de riscos e gastos desnecessários para o desenvolvimento de projetos considerando telhados verdes.

2. OBJETIVO

Este estudo tem por objetivo geral desenvolver uma cobertura verde no Campus da Universidade Federal de Mato Grosso, analisar as suas restrições de adaptação ao clima local e avaliar a interferência desta cobertura no micro clima do ambiente construído no qual ela se insere. Desta forma será possível analisar seu potencial na modificação dos valores de temperatura e umidade relativa do ar no entorno da edificação.

3. MÉTODO

3.1. Escolha do local de experimento

A metodologia adotada para a realização desta pesquisa caracterizou-se primeiramente pela escolha do local para a instalação das telhas vegetadas. Eram necessários dois protótipos nos quais em um seriam colocadas as telhas vegetadas e o outro caracterizaria um elemento de controle, no qual seria mantida a cobertura original. Os protótipos precisavam ter dimensões próximas de 5m² para poder viabilizar a instalação da cobertura, visto que a execução da telha se processaria de forma artesanal.

Levantamentos realizados dentro do campus da UFMT levantaram quatro possíveis locais de instalação da cobertura, como ilustrado na figura 01. Tais edificações são utilizadas pela instituição como abrigos para as bombas de sucção das cisternas, responsáveis pelo abastecimento de água da Universidade.

Um estudo das condicionantes gerais do entorno e das interferências naturais quanto a disponibilidade de vento e de insolação nos diversos horários do dia levaram a escolha de dois protótipos, dos quatro selecionados previamente. A escolha fundamentou-se no fato de esses dois abrigos estarem construídos próximos um do outro, o que caracteriza uma mesma realidade de entorno. Além disso eles têm as mesmas dimensões, com uma área de cobertura de aproximadamente 5m² (Figura 01).



Figura 01 –Protótipos selecionados no campus da UFMT (painel esquerdo) e a planta baixa (unidades em metros) dos protótipos (painel da direita).

Definido o local de instalação da cobertura e suas dimensões foi possível determinar a quantidade de telhas a serem confeccionadas.

3.2. Confeção das telhas de concreto

Para a execução das placas de concreto foi necessário inicialmente um projeto detalhado das fôrmas de molde, visto que a confecção foi feita de forma artesanal.

Foram utilizados caibros e ripas de madeira para a estrutura da fôrma e placas de compensado foram responsáveis pelos fechamentos. Para as cavidades de plantio foram utilizados cubos de isopor que eram destruídos após a cura do concreto, os elementos de madeira eram todos reutilizados nas concretagens subsequentes.

O concreto utilizado substituíra, em sua composição, as britas por flocos de isopor (EPS). Realizou-se um teste utilizando três diferentes traços de forma a determinar o mais adequado em relação a resistência e peso. Foram avaliadas as densidades de 600kg/m³, 800kg/m³ e 1000kg/m³.

Com ralação a resistência, os três traços apresentaram resultados satisfatórios, não cedendo nem

trincando quando submetidos aos movimentos que caracterizariam sua instalação sobre a cobertura. No entanto o peso foi o fator determinante para a escolha do traço, visto que o traço de 600kg/m³ de densidade nominal apresentou aproximadamente metade do peso do traço de 1000kg/m³. O traço utilizado buscou uma Densidade Nominal de 700kg/m³, com um peso de 7kg aproximadamente.

O concreto foi preparado no laboratório de construção civil da Universidade de Cuiabá, utilizando uma betoneira. Na mistura foram utilizados cimento, areia, EPS, água e adesivo (cola), nas proporções determinadas pelo traço requerido. O concreto era retirado da fôrma depois de 48 horas do início da cura. Foram confeccionadas um total de 22 telhas de concreto (Figura 02).



Figura 02 – Placas de concreto para suportar a vegetação.

3.3. Jardinagem

Depois de concluídas as telhas elas foram encaminhadas ao plantio. Nesta etapa foram feitos testes de escoamento da água e resistência a altos graus de umidade. Mostrou-se necessário a execução de um furo no fundo de cada cavidade da telha, para permitir um melhor escoamento da água que ficasse retida na terra.

Foi realizado um método de plantio simples, a terra recebeu um adubo totalmente natural, com pedaços de madeira, palha de arroz e vegetal seco, para garantir melhor leveza. As plantas utilizadas foram a *Alternanthera* sp (Periquito vermelho e Periquito prata) *Cuphea* sp (Erica) (Figura 03).



Figura 03 – Telha após processo de jardinagem.

As mudas foram previamente plantadas nas telhas e observadas durante alguns dias. Depois de verificada adaptação da muda ao novo meio, as telhas foram levadas ao protótipo e instaladas.

Antes de receber as telhas a cobertura foi revestida com uma lona impermeabilizante. Não foi necessário um sistema de drenagem pelo fato de a cobertura possuir um beiral para onde toda a água era escoada. Juntamente foi instalado um sistema de irrigação a base de mangueiras perfuradas conectadas a uma torneira localizada a alguns metros do protótipo. A irrigação possibilitava condições ideais de umidade mesmo quando não ocorriam precipitações.

3.4 Coleta de dados

O protótipo foi monitorado durante 15 dias consecutivos da estação do verão e do inverno, no período compreendido entre os dias 05 e 20 de fevereiro (verão) e 06 e 20 de julho (inverno), no ano de 2009. As medições se iniciavam às 8h e finalizavam às 18h de cada dia. Foram coletados simultaneamente dados de umidade relativa e temperatura do ar no entorno próximo ao protótipo, com aproximadamente 1,5m de distância, e em um local afastado, com as mesmas características morfológicas, localizado em frente ao bloco de Pós Graduação em Física Ambiental (PGFA). (Figura 04)

Foi instalada no local uma Estação Meteorológica modelo Vantage Pro 2 Plus, da marca Davis Instruments, de forma a registrar todas as variáveis que poderiam interferir no desempenho da cobertura, como radiação solar, precipitação e velocidade do vento. Os dados da estação eram armazenados em um receptor e descarregados ao final de cada dia de medição.

Os dados coletados foram analisados no programa estatístico SPSS de forma a comparar as variáveis encontradas nos dois locais. As curvas apresentadas nos gráficos se caracterizam pelas médias horárias dos 15 dias de medições.

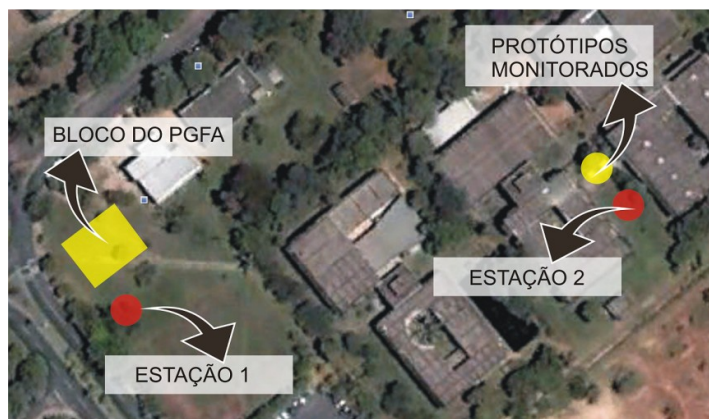


Figura 04 Localização dos protótipos monitorados, do bloco do PGFA e das estações 1 e 2

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Temperatura média do ar

A temperatura do ar nos dois locais estudados apresenta diferença altamente significativa quando relacionada a estação do ano. No entanto não sofre interferência significativa do local e da relação entre o local e a estação do ano

Quando analisamos o gráfico da temperatura do ar pelo tempo, verificamos na estação do Inverno uma variação no comportamento da temperatura do ar dos dois locais estudados. Na proximidade da cobertura verde, durante a manhã, a temperatura do ar chega a se apresentar 2,26°C inferior a temperatura encontrada no PGFA. (Figura 05b) Em contrapartida, durante a tarde o quadro se inverte, podendo ser verificada uma diferença de 2,60°C entre a temperatura dos dois locais, sendo a encontrada próxima a cobertura verde mais elevada que a do bloco do PGFA.

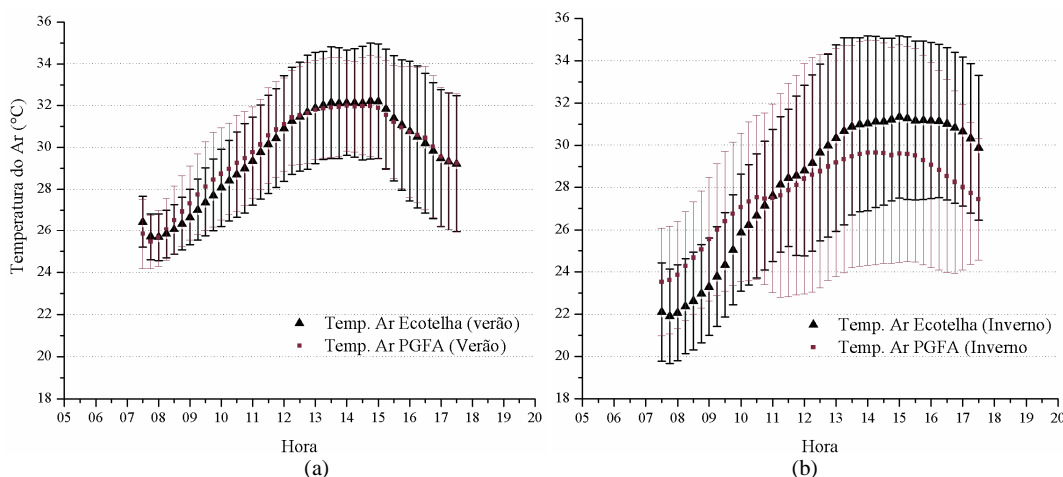


Figura 05 Gráfico da Temperatura média do ar nas proximidades da cobertura verde e no bloco do PGFA na estação do verão (à esquerda) e na estação do inverno (à direita).

Na estação do verão não é possível verificar uma diferença muito acentuada entre a temperatura do ar das duas localidades. A maior diferença se dá durante a manhã, podendo ser observadas temperaturas nas proximidades da cobertura verde 0,75°C inferiores às encontradas no bloco do PGFA. (Figura 05a)

4.2 Umidade relativa do ar

A umidade relativa do ar apresenta diferença altamente significativa tanto quando relacionada a estação do ano quanto ao local e a relação entre o local e a estação do ano.

No gráfico da umidade relativa do ar pelo tempo verificamos, assim como na temperatura média do ar, na estação do inverno, diferenças mais significativas entre as umidades encontradas nos dois

locais monitorados. Em praticamente todos os horários do dia a umidade encontrada nas proximidades da cobertura verde encontram-se inferiores as encontradas no bloco do PGFA, chegando a ser observada uma diferença de 12,3% entre as umidades das duas localidades. (Figura 06b)

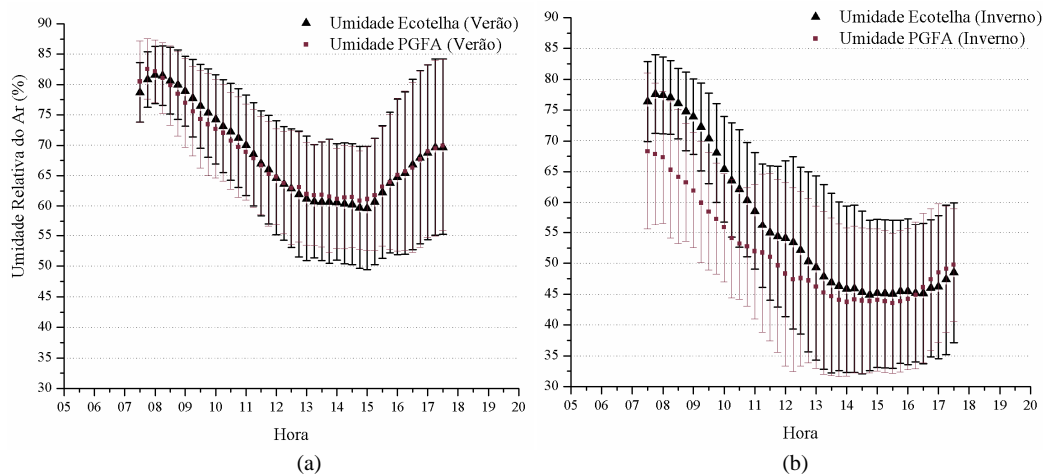


Figura 06 Gráfico da Temperatura média do ar nas proximidades da cobertura verde e no bloco do PGFA na estação do verão (à esquerda) e na estação do inverno (à direita).

Na estação do verão não é possível verificar uma diferença muito acentuada entre a umidade relativa média do ar das duas localidades. As maiores umidades oscilam durante todo o dia entre as duas localidades, o que dificulta a obtenção de qualquer conclusão sobre a interferência da cobertura verde na umidade do ar neste período. (Figura 06a)

A diferença confirmada do teste de variância entre o comportamento da umidade relativa nas duas localidades pode ser facilmente verificada no gráfico da estação do inverno. E o fato de essa característica não poder ser verificada no verão justifica a interação encontrada entre a umidade relativa e a relação da estação do ano com a localidade.

4.3 Discussões

Levando em consideração as características da estação do inverno no clima local pode-se compreender os resultados encontrados. Segundo a classificação de Koppen, o clima de Cuiabá é do tipo AW, também denominado Tropical semi-úmido, possui quatro a cinco meses secos e duas estações bem definidas, uma seca (outono-inverno) e uma chuvosa (primavera-verão).

Percebe-se que, no período seco, caracterizado pelo inverno, a instalação da cobertura verde criou condições para elevar a umidade relativa a valores próximos aos encontrados na estação chuvosa. Considerando a escassez de água disponível na atmosfera no período do inverno, toda a água utilizada na irrigação do telhado era absorvida rapidamente pelo ar elevando sua umidade relativa. No entanto à medida que os níveis de água na telha iam diminuindo, a umidade do ar também diminuía até se igualar a encontrada em localidades afastadas da cobertura.

No verão, como o ar já se encontrava com umidade elevada, a água presente na telha não causava grandes efeitos na umidade do entorno, fazendo com que as duas localidades estudadas apresentassem valores semelhantes em todos os horários do dia.

A redução na temperatura do ar, verificada no período matutino na estação seca, se deve justamente à evapotranspiração da vegetação existente na cobertura. Quase toda a água tomada pela planta é perdida através da transpiração e uma fração menor é usada pela planta para seu metabolismo. Juntos, esses processos são referidos como evapotranspiração, ela esfria o ar, usando o calor presente do ar para evaporar a água disponível no meio (SIMPSON ; MCPHERSON, 2001; MITCHELL et al, 2007).

As conseqüências deste processo são justamente um aumento na umidade relativa do ar pela evaporação da água, e uma redução na temperatura do ar pela captura da energia térmica do meio, necessária para promover a mudança de fase da água.

Segundo Moffat e Schiller (1981), o mecanismo mais importante de contribuição para a redução das altas temperaturas nas cidades pela vegetação é a evaporação. Quando a quantidade de energia que

uma planta precisa para lidar com o elevado grau de probabilidade de evaporação excede a que é fornecida pela radiação solar, a planta utiliza-se do calor da atmosfera, causando a redução da temperatura do ar (JONES, 1992).

5. CONCLUSÃO

A partir dos resultados encontrados pode-se concluir que:

- i. Para a manutenção da vegetação estudada no clima local são necessárias irrigações diárias principalmente nos períodos de estiagem;
- ii. Os efeitos da cobertura verde no microclima estão intimamente associados a presença de água na cobertura, utilizada no processo de evapotranspiração.
- iii. A presença da cobertura verde é capaz de otimizar as condições de conforto térmico no entorno da construção, elevando os níveis de umidade relativa e reduzindo a temperatura do ar, nas estações secas;
- iv. Na estação úmida não se verificam interferências significativas da cobertura no microclima do entorno.

Recomenda-se o estudo de outras espécies vegetais e outros substratos que sejam capazes de manter a cobertura úmida por um maior intervalo de tempo. Além disso, verifica-se a necessidade de se ampliar o experimento de forma a abranger uma edificação com condições reais de ocupação humana, buscando assim quantificar as interferências que a colocação de um telhado verde provoca no micro clima da área construída e do local no qual esta construção se insere.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALEXANDRI, E.; JONES, P. Temperature decreases in an urban canyon due to green walls and green roofs in diverse climates. **Building and Environment**, 43 (4), pp. 480-493, 2008.
- BENEVOLO, L. **The history of the city**, Scholar Press, London, 1980.
- BERNDTSSON, J.C.; EMILSSON, T.; BENGTSSON, L. The influence of extensive vegetated roofs on runoff water quality, **Science of the Total Environment** 355, pp. 48-63, 2006.
- BRENNEISEN, S. Space for urban wildlife: designing green roofs as habitats in Switzerland, **Urban Habitats** 4, pp. 27-36, 2006.
- BROWNLIE, I. Principles of public international law, 4 ed., New York, 748 p., 1990.
- BRUSE, M.; FLEER, H. Simulating surface-plant-air interactions inside urban environments with a three dimensional numerical model, **Environmental Modelling and Software** 13, pp. 373-384, 1998.
- CARTER, T.; JACKSON, C.R. Vegetated roofs for stormwater management at multiple spatial scales, **Landscape and Urban Planning** 80, pp. 84-94, 2007.
- DIMOUDI, A.; NIKOLOPOULOU, M. **Vegetation in the urban environment: microclimatic analysis and benefits**, PRECIS project, the European Commission, Directorate General XII, Joule III, contract JOR3-CT97-0192. Centre for Renewable Energy Sources, Pikerion, 2000.
- DUNNETT, N. Review of green roof plants. In: **The Green Roof Infrastructure Monitor**. North America Inc. v. 9. No 1. Department of Landscape, University of Sheffield, 2007.
- GETTER, K.L., ROWE, D.B., ROBERTSON, G.P., CREGG, B.M. and ANDRESEN, J.A. (2009) Carbon sequestration potential of extensive green roofs, **Environmental Science and Technology** 43, pp. 7564-7570, 2006.
- GIRIDHARAM, R.; GANASAN, S.; LAU, S.S.Y. Daytime urban heat island in high-rise and high-density residential developments in Hong Kong, **Energy and Buildings** 36, pp. 525-534, 2004.
- HUANGA, S.; TANIGUCHI, M.; YAMANOC, M.; WANGD, C. Detecting urbanization effects on surface and subsurface thermal environment. **Human Impacts on Urban Subsurface Environments**, 407(9), pp. 3142-3152, 2009. In: Santamouris, M., Editor, **Energy and climate in the urban built environment**, James & James, London, 2001.
- JONES, H.G. **Plants and microclimate**, Cambridge University Press, Cambridge, 1992.
- KOPPE, C.; KOVATS, S.; JENDRITZKY, G.; MENNE, B. **Health and global environmental change; heat-waves: risks and responses**, series no. 2, energy, environment and sustainable development, World Health Organization, Copenhagen., 2004.
- KOSAREO, L.; RIES, R. Comparative environmental life cycle assessment of green roofs, **Building and Environment** 42, pp. 2606-2613, 2007.
- MITCHELL, V.G.; CLEUGH, H.A.; GRIMMOND, C.S.B.; XU, J. Linking urban water balance and energy balance models to analyse urban design options, **Hydrological Processes** 22 (16), pp. 2891-2900, 2007.
- MOFFAT, A.S.; SCHILER, M. **Landscape design that saves energy New York**, William Morrow and Company, Inc, New York, 1981.
- OBERNDORFER, E.; LUNDHOLM, J.; BASS, B.; COFFMAN, R.R.; DOSHI, H.; DUNNETT, N.; GAFFIN, S.; KOHLER, M.; LIU, K.K.Y.; ROWE, B. Green roofs as urban ecosystems: ecological structures, functions, and services, **Bioscience** 57, pp. 823-833, 2007.

- PANTALONE, J.; BURTON, L.Z. Making green roofs happen in Toronto. In: **Proceedings of the Fourth Annual Greening Rooftops for Sustainable Communities Conference**, Awards and Trade Show. The Cardinal Group, Toronto, Boston, 2006.
- SAILOR, D.J. A green roof model for building energy simulation programs, **Energy and Buildings** 40, pp. 1466–1478, 2008.
- SIMPSON, J.R., MCPHERSON, E.G. Tree planting to optimize energy and CO2 benefits. In: C. Kollin, Editor, **Investing in Natural Capital**, Proceedings of the 2001 National Urban Forest Conference, Washington D.C.: 5-8, 2001.
- SKINNER, C.J. Urban density, **Meteorology and Rooftops Urban Policy and Research** 24, pp. 355–367, 2006.
- VAN RENTERGHEM, T.; BOTTELDOOREN, D. Reducing the acoustical facade load from road traffic with green roofs, **Building and Environment** 44, pp. 1081–1087, 2009.
- VANWOERT, N.D.; ROWE, D.B.; ANDRESEN, J.A.; RUGH, C.L.; FERNANDEZ, R.T.; XIAO, L. Green roof stormwater retention: effects of roof surface, slope, and media depth, **Journal of Environmental Quality** 34, pp. 1036–1044, 2005.
- WHITE, K. S. et al. Technical summary, climate change 2001: impacts, adaptation and vulnerability. In: MCCARTHY, J.J.; CANZIANI, O.F.; LEARY, N.A.; DOKKEN, D.J.; WHITE, K.S. Editors, **Climate change 2001: impacts, adaptation and vulnerability**, United Nations' Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) Cambridge University Press, Cambridge, pp. 19–73, 2001.