



**XIENCAC**  
ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO  
NO AMBIENTE CONSTRUIDO

**VIIELACAC**  
ENCONTRO LATINO AMERICANO DE CONFORTO  
NO AMBIENTE CONSTRUIDO

Búzios - RJ - 2011

## **ANÁLISE DO AMBIENTE TÉRMICO URBANO ATRAVÉS DO FATOR DE VISÃO DO CÉU: ESTUDO EM SÃO JOSÉ DOS CAMPOS, SP**

**Érica de Santana Silva (1); Lucila Chebel Labaki (2)**

(1) Arquiteta, Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil,  
erica\_santanas@yahoo.com.br

(2) Doutora, Professora do Departamento de Arquitetura e Construção,  
lucila@fec.unicamp.br

Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo  
Av. Albert Einstein, 951 - Caixa Postal: 6021 - CEP: 13083-852 - Campinas – SP, Tel.: 19 3521.2384

### **1. INTRODUÇÃO**

O crescimento desordenado do ambiente construído com um traçado urbano desfavorável à insolação, ventilação e à transferência de calor pelos materiais do entorno, ocasiona modificações nos padrões de clima das cidades. Portanto, a geometria urbana deve ser desenvolvida com base em princípios que levem em consideração características específicas locais, como topografia, padrões de vento, temperatura, umidade, insolação e obstrução do céu (OKE, 1987).

Buscando diretrizes para que o planejamento urbano gere ambientes saudáveis e confortáveis aos seus usuários, estudos são desenvolvidos baseados em diferentes metodologias e ferramentais. O fator de visão do céu (FVC) é um parâmetro frequentemente usado para descrever a geometria urbana, e apresenta resultados que validam sua estreita relação com variações climáticas urbanas como as ilhas de calor. Souza *et.al* (2010) estabeleceram uma relação entre a formação de ilhas de calor e o FVC através de análises de tendências térmicas de um bairro residencial da cidade de Bauru – SP. Comparando dados de máxima intensidade de ilha de calor noturna da região com um modelo empírico, verificaram que a temperatura urbana noturna sofre variação conforme os diferentes valores de FVC encontrados nos pontos determinados.

Alterações no balanço de radiação são geradas pela diminuição na radiação recebida em zonas sombreadas, aumento da radiação solar recebida e refletida internamente em cânions urbanos, captação e armazenamento de calor pelos materiais de construção e redução da radiação de onda longa emitida pela área urbana para a atmosfera devido às obstruções locais (OKE, 1987). A quantidade de céu visível de um determinado ponto, ou seja, o céu disponível para a dispersão de energia térmica pode ser determinado pelo fator de visão do céu que varia de 0 (zero) até 1 (um), sendo que o valor 1 corresponde a uma área sem qualquer obstáculo que se interponha entre o ponto escolhido e o céu.

O FVC pode ser determinado por métodos analíticos (geométricos), fotográficos ou computacionais, empregando teodolitos, câmeras digitais com lentes olho-de-peixe ou avaliações de banco de dados 3D da morfologia urbana.

Em 1981, Oke iniciou estudos de análise da geometria urbana por métodos analíticos trabalhando primeiramente com modelos simplificados, ou seja, edifícios isolados. No entanto, para cânions com construções irregulares e não alinhadas essa metodologia necessitaria de algumas alterações. Watson e Johnson (1984), buscando complementar tal método, propuseram cálculos que levassem em conta um desenho urbano mais complexo baseado, portanto, em azimutes ( $\gamma$ ) e ângulos de elevação dos prédios circundantes ( $\beta$ ).

A aplicação do método analítico demandava muita concentração e diversos cálculos matemáticos, assim, o advento das fotografias olho-de-peixe facilitou o cálculo do FVC. Svensson (2004) identificou e discutiu o fator de visão do céu em estudos de clima urbano através da análise de fotografias olho-de-peixe digitais. As imagens eram obtidas com uma câmera Nikon 8mm,  $f2.8$ , FOV (campo de visada) de  $180^\circ$ . Já Souza (2007) aplicou uma metodologia computacional baseada em um SIG como ferramenta para armazenamento e tratamento de mapas de análises ambientais.

Estas diferentes técnicas de aplicação do fator de visão do céu, bem como demonstração de processos metodológicos e contextuais são apresentadas de forma concisa na Tabela 1.

Tabela 1 – Diferentes métodos para estimativa do fator de visão do céu

Métodos		Aplicações	Ferramentas	Vantagens e Desvantagens
ANALÍTICO		.Cálculos manuais de fator de visão .Representações gráficas do FVC	.Modelos matemáticos .Modelos gráficos	.Complexidade .Maior demanda de tempo .Profissionais especializados .Suscetível a erros humanos
FOTOGRAFICO	Manual	.Estimativa de FVC .Análise de geometria urbana .Análise de índices de radiação .Comparações de desenho urbano e condições térmicas .Levantamento de anomalias ambientais	.Câmeras convencionais .Lentes olho-de-peixe .Sensor óptico olho-de-peixe .Análises manuais .Digitalizadores de imagens .Softwares de processamento	.Menor FOV (campo de visada) .Suscetível a erros humanos .Demorado processo de revelação da imagem .Análises manuais
	Digital	.Estimativa de FVC .Análise de geometria urbana .Análise de índices de radiação .Comparações de desenho urbano e condições térmicas .Levantamento de anomalias ambientais	.Câmeras digitais .Lentes olho-de-peixe .Softwares de processamento	.FOV (campo de visada) até 187° .Rapidez de obtenção e análise .Processamento adequado ao estudo pretendido .Automação de análises
COMPUTACIONAL		.Modelos 3D de cenas .Mapas temáticos .Simulações de situações .Rearranjos urbanos .Integração de diferentes parâmetros .Armazenamento de dados	.Imagens aéreas .GPS .SIG .Softwares de processamento de imagens e dados	.Diferentes simulações .Precisão .Rapidez .Dados em tempo real .Automação de dados .Fácil visualização dos fenômenos .Falhas em banco de dados .Limitação a condições climáticas favoráveis .Equipamentos sofisticados

Considerando assim estas análises e metodologias já desenvolvidas, a pesquisa em andamento, estuda uma micro-região de São José dos Campos - SP (latitude 23° 6' S, longitude 45° 31' W e altitude de 594m). A cidade está localizada entre São Paulo e Rio de Janeiro e, além disso, a proximidade do Porto de São Sebastião e da Serra da Mantiqueira vem consolidando São José dos Campos como um centro regional de compras e serviços do Vale do Paraíba, Litoral Norte e Sul de Minas Gerais (São José em Dados, 2008). A micro-região estudada apresenta um forte crescimento na construção de novos prédios de gabarito elevado (alguns chegando a 26 andares). Portanto, a motivação para o trabalho foi comparar o tipo de ocupação do bairro Jardim Aquarius com a do Jardim das Indústrias - bairro vizinho com predominância de residências de até 2 pavimentos.

## 2. OBJETIVO

Este artigo tem como objetivo salientar a correlação existente entre os parâmetros climáticos (variáveis de temperatura e umidade relativa do ar) e o parâmetro urbanístico denominado fator de visão do céu, demonstrando a influência do desenho urbano no microclima de uma região.

## 3. MÉTODO

A metodologia aplicada baseia-se em medições fixas das variáveis climáticas (realizadas nos períodos de verão e inverno) e análises de fotografias (obtidas com câmera acoplada à lente olho-de-peixe) de pontos determinados devido aos diferentes padrões de verticalidade dos bairros em análise.

### 3.1. Região escolhida para análise

A escolha da área baseou-se na hipótese de que, na medida em que a verticalização da área urbana se intensifica, a geometria do ambiente é modificada trazendo alterações no fator de visão do céu e consequentemente nas variáveis de temperatura e umidade relativa do ar.

Os pontos para medições e análises foram escolhidos através do levantamento de campo, análise de mapas e imagens de satélite, buscando uma distribuição que atendesse aos diferentes usos do solo, verticalidade e desenho urbano. Além disso, foram considerados critérios quanto à localização do

equipamento, melhor exposição do equipamento com relação às intempéries e radiação solar e segurança do local. Foram medidos dez pontos no bairro Jardim Aquarius (alta verticalidade) e quatro pontos no bairro Jardim das Indústrias (residencial e com baixa verticalidade).

### **3.2. Análise dos parâmetros urbanísticos**

Para a análise dos parâmetros urbanísticos foram levantadas as seguintes características urbanas:

- (a) identificação das diferentes superfícies de ocupação;
- (b) análise da geometria urbana através da relação H/W (altura edifício / largura rua) das vias;
- (c) categorias altimétricas.

A identificação das superfícies de ocupação foi realizada por meio da interpretação visual da imagem de satélite Quickbird, referente ao ano de 2008, proveniente do banco de dados da prefeitura da cidade de São José dos Campos. Já a verticalidade e a relação H/W das ruas referentes aos pontos em análise foram verificadas in loco.

Para configuração do espaço foram definidas diferentes ocupações do solo (edificações, área pavimentada, área gramada, água, árvores, asfalto e solo) e categorias altimétricas (sem construções, 1 a 2 pavimentos, 3 a 10 pavimentos, 11 a 20 pavimentos e acima de 20 pavimentos).

### **3.3. Medições dos parâmetros climáticos**

Os dados referentes à temperatura do ar e à umidade relativa foram coletados nos 14 pontos escolhidos (Jardim Aquarius e Jardim das Indústrias) simultaneamente e de forma contínua durante o período de 3 a 15 de agosto de 2010 para as análises de inverno. As medições foram realizadas através de dataloggers, marca Testo, modelo 175, com intervalos de 15 minutos. Os dados coletados foram comparados aos da estação meteorológica do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), localizada no aeroporto de São José dos Campos, fora do centro urbano do município.

Os registradores de temperatura e umidade contavam com um protetor de equipamento para medidas externas elaborado pelo Laboratório de Conforto Ambiental e Física Aplicada da Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP) e foram instalados em áreas externas, gramadas e sem cobertura, a uma altura de 1,50m do nível do solo.

### **3.4. Estimativa do Fator de Visão do Céu**

Para a análise da geometria urbana através do fator de visão do céu, adotou-se o método fotográfico com o uso da câmera fotográfica digital, marca Canon, modelo EOS 450D com lente olho-de-peixe, marca Sigma, modelo EX 4.5mm.

Para a captura das imagens, o tripé foi colocado nos eixos das vias e nos pontos de medições climáticas. Como melhores avaliações de clima urbano são alcançadas com fotografias no nível do solo (SVENSSON, 2004), a câmera, nivelada e voltada para o Norte, foi instalada a uma altura de aproximadamente 0,60m do nível do solo. As imagens foram obtidas em 16/08/2010 e 21/08/2010.

A estimativa do índice de obstrução do céu foi proveniente das análises dos levantamentos fotográficos pelo software Rayman 1.2 desenvolvido por Andreas Matzarakis (2007). As fotografias obtidas foram corrigidas em um editor de imagens para que o limite entre a área do céu e a das edificações apresentasse maior nitidez e conseqüentemente, uma melhor leitura pelo programa. Esse procedimento foi necessário devido às condições de nebulosidade dos dias da obtenção das fotos.

## **4. RESULTADOS PARCIAIS**

Analisando as medições de inverno percebe-se pouca variação de temperatura entre os bairros escolhidos. O ponto que apresentou maior temperatura média horária foi o “Vinac” com fator de visão do céu de 0,74. O ponto “Paloma” registrou a menor temperatura média horária, tendo também a menor amplitude térmica (5°C) em relação aos demais pontos que tiveram valores entre 7,5°C e 10°C. Além disso, a comparação entre as temperaturas medidas nos pontos e a estação meteorológica comprova que áreas não urbanas sofrem um resfriamento noturno mais rápido. A causa das baixas temperaturas encontradas no ponto “Paloma” (apesar de apresentar um FVC igual a 0,27) pode ser a relação H/W na área. O sombreamento proveniente dos altos

edifícios existentes ali, somado a uma pequena largura de rua estaria limitando o acesso solar no cânion urbano daquela região (Figura 1).

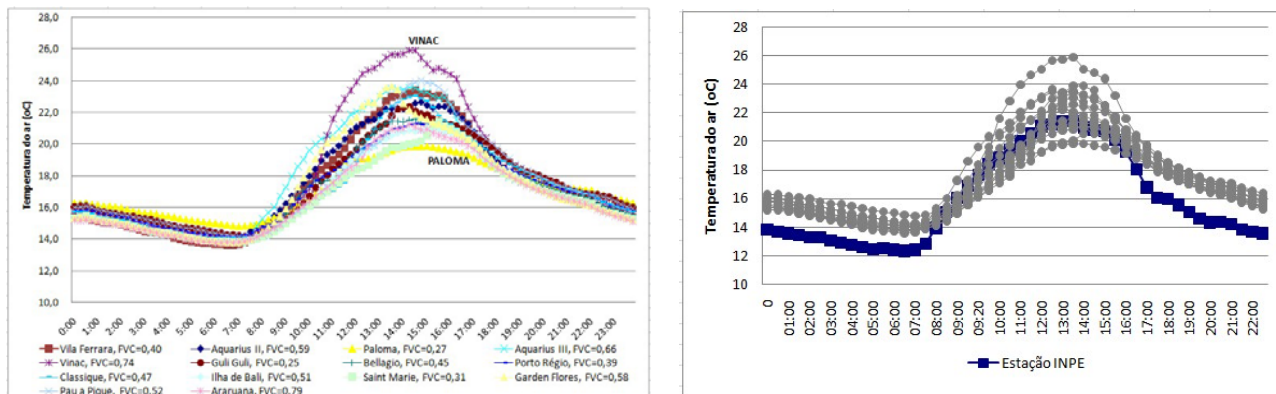


Figura 1 – Temperatura média horária dos pontos e comparação com dados da estação meteorológica do INPE para o período de inverno.

As correlações das temperaturas médias máximas e o fator de visão do céu dos pontos referentes ao bairro Jardim Aquarius foram mais significativas ( $R^2 = 0,50$ ) que as alcançadas nas temperaturas médias mínimas e as do Jardim das Indústrias.

Observa-se uma baixa correlação entre essas variáveis e novas medições estão sendo realizadas para o período de verão. Embora esta pesquisa venha analisar o comportamento térmico de uma micro-região através do fator de visão do céu, outros fatores devem ser levados em conta, como a orientação das ruas, as diferentes altitudes entre os pontos, a ventilação, a densidade construída e os materiais do entorno.

Para dar continuidade a esta pesquisa foram feitas novas medições de verão. A fim de obter resultados mais significativos pretende-se realizar análises estatísticas de todos os dados coletados e a partir daí, gerar mapas de isolinhas através do programa Surfer 8.01 buscando uma melhor representação gráfica da relação encontrada entre o fator de visão do céu e as temperaturas do ar mínimas, máximas e amplitude térmica.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- JOHNSON, G.T.; WATSON, I.D. **The determination of view-factors in urban Canyons.** Journal of Climate and Applied Meteorology, 1984.
- MATZARAKIS, A.; RUTZ, F.; MAYER, H. **Modelling radiation fluxes in simple and complex Environments - application of the RayMan model.** Int. J. Biometeorol, 2007. 51, p. 323–334.
- OKE, T. R. **Canyon geometry and the nocturnal urban heat island: comparison of scale model and field observations.** International Journal of Climatology, 1981.
- OKE, T. R. **Boundary Layer Climates.** London: Methuen & Ltd. A. Halsted Press Book, John Wiley & Sons, New York, 1987.
- PREFEITURA DE SÃO JOSÉ DOS CAMPOS. **São José em Dados: informações sobre a cidade de São José dos Campos.** São José dos Campos: PMSJC, 2008.
- SOUZA, L.C.L. de *et.al.* **Fator de visão do céu e intensidade de ilhas de calor na escala do pedestre.** Ambiente Construído, Porto Alegre, 2010. n. 4, p. 155-167.
- SOUZA, L.C.L. de. **Thermal environment as a parameter for urban planning.** Energy for Sustainable Development, 2007. 11, n. 4, p. 44-53.
- SVENSSON, M.K. **Sky-view factor analysis – implications for urban air temperature differences.** Journal Meteorol. Appl., 2004. 11, p. 201-211.