

## ILHA DE CALOR E CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA

**OLIVEIRA, Alinne Prado (1); SOUZA, Léa Cristina Lucas (2)**

- (1) Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – UNESP. Av. Luiz Edmundo C. Coube, 14-01, CEP: 17033-360, Bauru – SP, tel: (14) 3103-6059  
email: [alinnepo@ig.com.br](mailto:alinnepo@ig.com.br)
- (2) Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – UNESP. Av. Luiz Edmundo C. Coube, 14-01, CEP: 17033-360, Bauru – SP, tel: (14) 3103-6059  
email: [leacrist@faac.unesp.br](mailto:leacrist@faac.unesp.br)

### RESUMO

Com o rápido processo de urbanização, o adensamento construtivo das cidades é uma das principais causas da formação das ilhas de calor nos centros urbanos. O aumento de temperaturas urbanas, intrínseco ao fenômeno, pode intensificar o uso de aparelhos elétricos para amenizar o desconforto térmico humano. Essa pesquisa visa estudar a interferência das ilhas de calor no consumo de energia elétrica de um bairro predominantemente residencial, na cidade de Bauru - São Paulo. A metodologia baseou-se em levantamentos térmicos para 40 pontos de referência na área de estudo e na determinação de seus respectivos Fatores de Visão do Céu (FVC). Foram identificadas as diferenças entre as temperaturas do ar naqueles pontos e de uma área externa à cidade. A aplicação de um questionário junto ao usuário e o levantamento do consumo de energia elétrica através da Companhia Paulista de Força e Luz (CPFL) permitiu estabelecer um perfil de consumo do usuário. Os dados foram armazenados em um Sistema de Informações Geográficas, possibilitando a criação de mapas temáticos. Os resultados revelam que o baixo índice de FVC, juntamente com a maior formação de ilhas de calor e o nível de renda dos moradores, ocasiona um padrão mais alto de consumo de energia elétrica.

### ABSTRACT

Due to the fast urbanization process, urban densification is one of the main causes of urban heat islands. The rise of urban temperatures resulting from the phenomena can intensify the use of electrical appliances to reduce human thermal discomfort. Thus, this research aims to study the heat islands interference on the electrical energy consumption of a residential neighbourhood in the Brazilian city of Bauru. The methodology was based on a thermal survey of 40 reference points in the study area and the determination of sky view factors (SVF). Air temperature differences between those points and a reference station at the outskirts of the city were identified. A questionnaire was applied to households using electrical energy and their consumption data were collected by means of the Companhia Paulista de Força e Luz (CPFL), allowing the identification of user's consumption patterns. All data were stored in a Geographical Information System (GIS), so that thematic maps of relevant outcomes could be developed. These results show that low SVF values factor, together with heat islands development and the income level of the inhabitants lead to patterns of high electrical energy consumption.

## 1. INTRODUÇÃO

As edificações (geometria urbana) interferem na quantidade de radiação solar que atinge a estrutura urbana, podendo reduzir esse acesso em áreas da cidade. Por outro lado, as edificações, com suas superfícies, funcionam como um espaço de armazenamento de calor, aumentando a temperatura do ar de seu entorno. Além disso, o pequeno espaçamento entre edificações, pode representar menor possibilidade de renovação do ar intra-urbano. Esse processo, por muitas vezes, resulta em um aumento da temperatura do ar nas cidades, levando ao desenvolvimento de ilhas de calor.

Fenômeno hoje já bastante estudado, as ilhas de calor, segundo SANTAMOURIS (2001), apesar de poderem reduzir o consumo de energia para aquecimento, podem também aumentar a carga térmica necessária para resfriamento dos edifícios. Isso leva, portanto, ao alto consumo de energia, provocado pelo uso de aparelhos destinados a amenizar o desconforto térmico humano.

Segundo MASCARÓ (2004), o local de maior concentração de energia, seja esta consumida ou desperdiçada, é a cidade. A necessidade de consumo energético na obtenção de um conforto ambiental apropriado não se deve apenas a um problema decorrente das condições climáticas, mas muitas vezes, ao desconforto gerado por uma organização espacial urbana e arquitetônica não compatível com o meio.

SOUZA, LEME e PEDROTTI (2005), através do PROJETO CEU (Consumo de Energia Urbano), estudando a cidade de Bauru, demonstra existir uma relação entre a geometria urbana, a temperatura do ar e o perfil do usuário. Naquela pesquisa, apesar de ser relatada uma tendência de ocorrer maiores temperaturas médias do ar em locais sujeitos a menor visibilidade do céu, destaca-se a necessidade de ampliação da coleta de dados para aquela área de estudo.

Dando continuidade a mais uma etapa daquele projeto, esse trabalho procura relacionar o fenômeno da ilha de calor no clima urbano com o consumo de energia elétrica dos edifícios inseridos na geometria da cidade. Busca-se verificar as relações espaciais urbanas através do Fator de Visão do Céu (FVC) e os consequentes padrões de consumo energético de um bairro residencial.

## 2. ÁREA DE ESTUDO E METODOLOGIA

A área de estudo é representada por um bairro residencial da cidade de Bauru (coordenadas 22°15' e 22°24' de latitude sul, 48°57' e 49°08' de longitude oeste e entre 500 e 630 m de altitude). Trata-se de uma área que vem sofrendo intenso processo de verticalização e apresenta grande variação nas alturas das construções (Figura 1). Nela foram determinados 40 pontos de referência, para os quais foram calculados valores de FVC e registradas temperaturas do ar.

Para cálculo e representação do FVC, foi utilizada a extensão 3DSkyView, desenvolvida por SOUZA, RODRIGUES e MENDES (2003), o que permitiu a delimitação automática entre o céu visível e as barreiras construtivas existentes. (Figuras 2, 3 e 4). Aquela extensão utiliza-se de um Sistema de Informações Geográficas (SIG) para que possa ser executada.

A coleta de dados de temperaturas do ar foi realizada através de data-loggers do tipo HOBO® H8 Pro/Temp/External Temp H08-031-08, fixados em postes de iluminação nos 40 pontos de estudo. Paralelamente, dados de temperaturas do ar das áreas externas à cidade (zona rural) - disponibilizadas em tempo real on-line pelo IPMet (Instituto de Pesquisas Meteorológicas) - foram registrados para que as diferenças térmicas entre campo e cidade pudessem ser identificadas e detectada a formação de ilhas de calor no bairro. Os dados foram coletados no período de verão de 2006.

Para o levantamento energético, primeiramente, foram sistematizadas em tabelas as informações obtidas na CPFL (Companhia Paulista de Força e Luz) sobre o consumo de energia elétrica por consumidor, em cada um dos transformadores correspondentes aos 40 pontos específicos. Após essa etapa, foi montado um questionário, buscando-se complementar as informações através dos padrões de consumo do morador. O questionário incorporou questões como: número de moradores, idade, renda familiar e equipamentos eletro-eletrônicos. Um total de amostras de 5% (cerca de 195 formulários) das habitações do bairro foi entrevistada, entre residências térreas e edifícios multifamiliares

Todos os dados foram armazenados no ArcView SIG e utilizada ainda sua extensão 3DAnalyst para criação de alguns mapas em 3 dimensões, facilitando, dessa maneira, a comparação entre os diversos dados e a obtenção dos resultados.

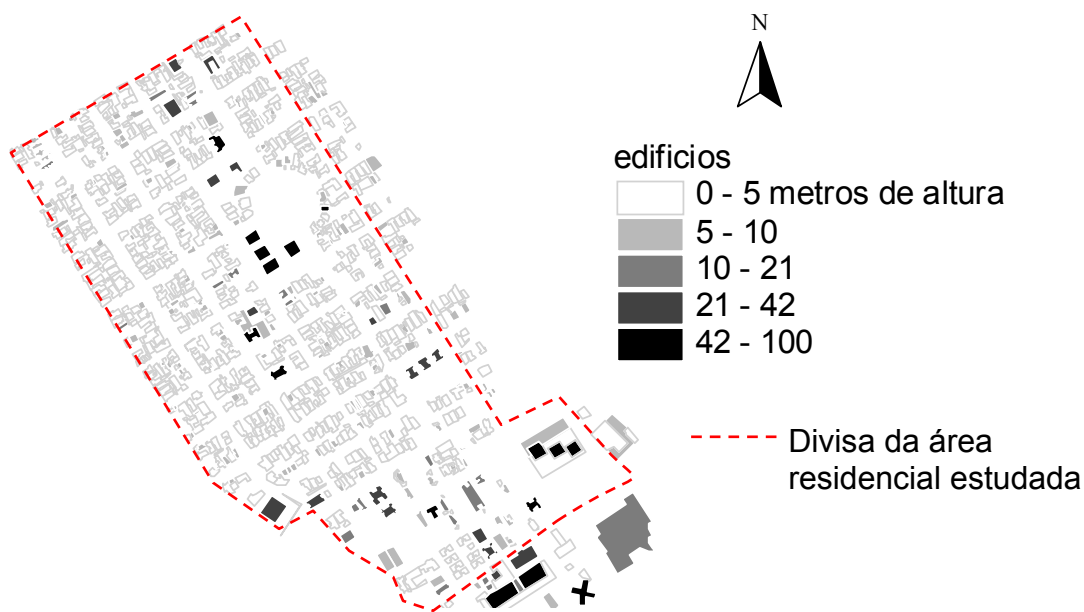


Figura 1 – Área de estudo classificada pelas alturas de suas edificações



Figura 2 -Simulação de Fator de Visão do Céu no 3DSkyView – Fonte: SOUZA, RODRIGUES e MENDES (2003).

Figuras 3 e 4 -Exemplo do levantamento realizado em cada ponto de estudo: Foto do local, representação e cálculo do FVC no 3DSkyView (no caso ponto 1B – 0,73).

#### 4. RESULTADOS E ANÁLISES

Por meio do perfil do usuário alcançado, pôde ser verificado que, apesar do ar condicionado ser um dos maiores consumidores de uma residência, 81% das casas entrevistadas não possuem aparelhos de ar condicionado. No entanto, a geladeira é o aparelho presente em 100% dos casos.

O consumo médio encontrado na região (Figura 6) demonstra que 31% das residências apresentam gasto de 100-200 kwh/mês, 24% de 200-300 kwh/mês e 13% de 300-400 kwh/mês, com ocorrência de alguns casos de taxas de consumo alta.

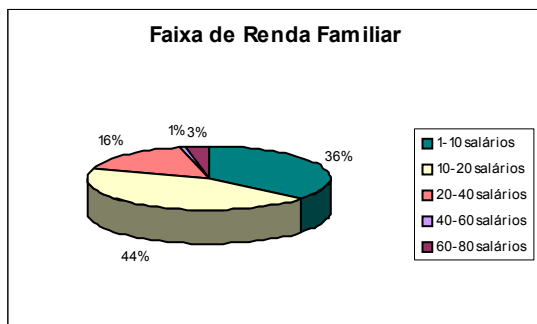


Figura 5 – Gráfico de renda familiar

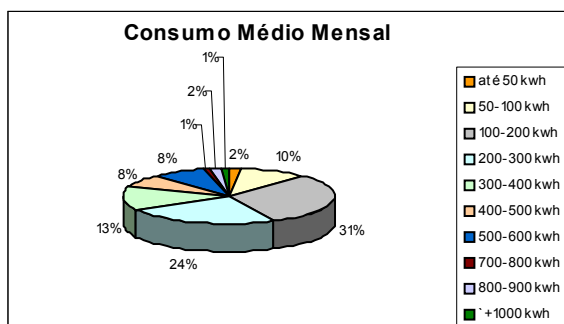


Figura 6 – Gráfico de consumo mensal

Quanto aos dados de renda familiar (Figura 5), é importante ressaltar que a área em estudo se trata de um bairro de médio para alto padrão, e que muitas famílias – por debitarem automaticamente em suas contas – não conhecem seus reais gastos com energia elétrica. Durante as entrevistas ficou claro que, muitas vezes, a população ainda apresenta a falta de preocupação com a questão energética, e conseqüentemente, com a questão ambiental. A população entrevistada possui um poder aquisitivo que varia de 1 a 50 salários mínimos.

Nos mapas apresentados nas Figuras 7 e 8, verifica-se nítida semelhança entre o padrão de renda familiar e o de consumo médio mensal. Regiões de maior consumo de energia são praticamente as mesmas em que se localizam as famílias de maior poder aquisitivo. Comparando-se o mapa de consumo com o de número de moradores (Figuras 8 e 9), a quantidade de pessoas que mora numa mesma residência não é fator de influência significativa no consumo da moradia, mas sim os seus hábitos e renda. A Figura 9, indicando a média do número de moradores por habitação na região, demonstra que, apesar de existirem áreas com maior concentração de moradores que coincidem com o maior consumo de energia, também ocorrem áreas com essa mesma concentração de pessoas que não correspondem a áreas de maior consumo energético. O mapa do número médio de moradores por habitação tende à melhor sobreposição com o mapa de renda mensal, do que diretamente com o consumo de energia.

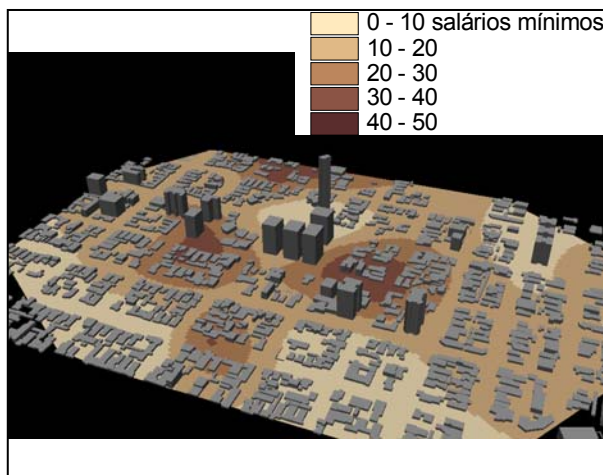


Figura 7 -Visualização em 3D da renda mensal das famílias do bairro, em salários mínimos

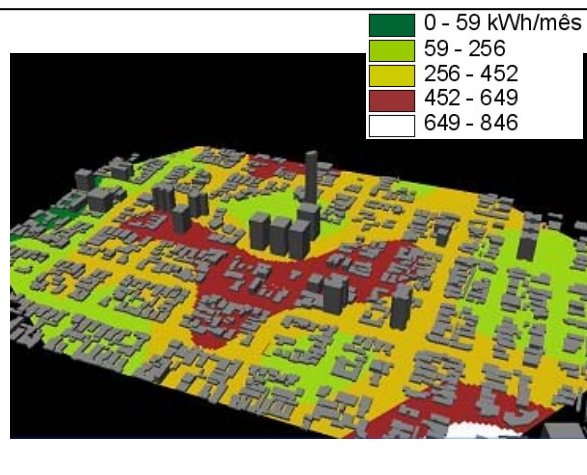


Figura 8 -Visualização em 3D do consumo médio mensal das habitações

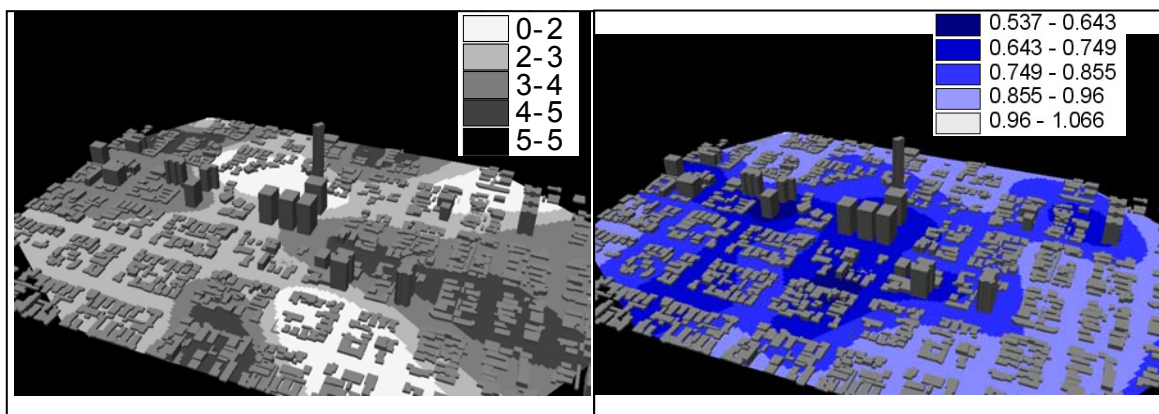


Figura 9 - Visualização em 3D do número de moradores nas habitações

Figura 10 - Visualização em 3D do Fator de Visão do Céu

Quanto à geometria urbana (Figura 10), os principais pontos de baixo FVC do bairro foram encontrados em áreas com a característica de grande consumidor. A verticalização e a densidade construtiva nesses pontos mostraram-se causadores de menores amplitudes térmicas (Figura 11 e 12), isso por dificultarem tanto o aquecimento quanto a dissipação de calor das superfícies, provocando as ilhas de calor. Esses fatores nesses pontos geram desconfortos, seja pelo excesso de sombreamento, seja pelo armazenamento de calor e emissão por ondas longas pelas superfícies diversas dos edifícios.

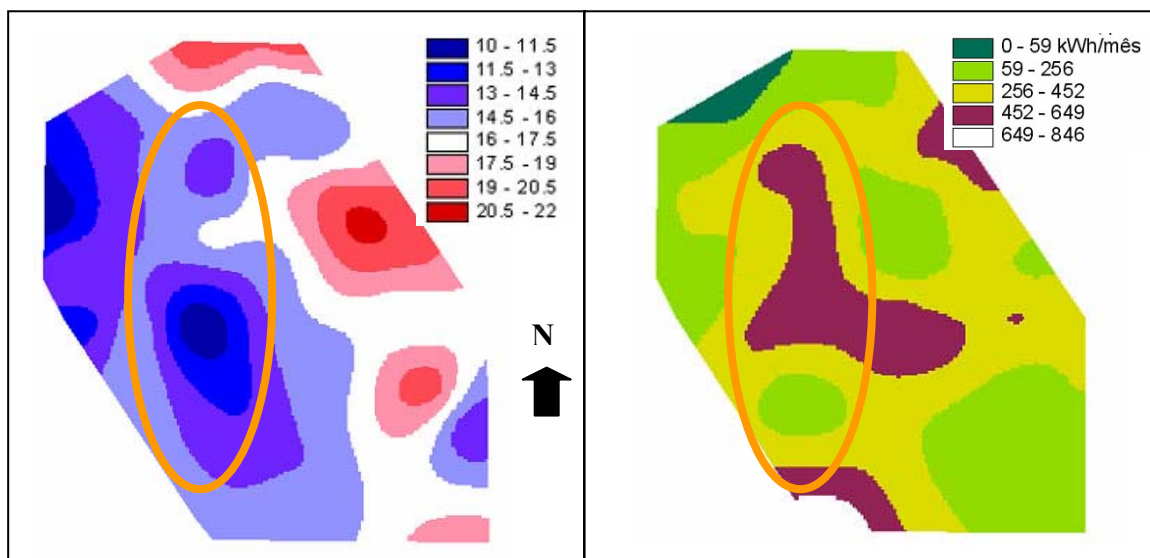


Figura 11- Representação da amplitude térmica da superfície no bairro, indicando as áreas que apresentaram menores valores

Figura 12 - Representação do consumo médio dos moradores do bairro, indicando a região oeste como a que apresentou maiores gastos com energia elétrica

É exatamente nesse item que aqui se destaca um aspecto importante do estudo, se diferenciando dos primeiros resultados encontrados por SOUZA, LEME e PEDROTTI (2005). Anteriormente, não se podia perceber que as menores amplitudes térmicas na área de estudo, localizadas a oeste, mostraram-se também como pontos de alto consumo de energia elétrica. A ampliação da coleta de dados e a utilização do ambiente SIG permitiram o desenvolvimento de mapas temáticos, que colaboram na melhor visualização e distribuição espacial dos fatores estudados, levando a uma análise mais detalhada.

A formação de ilhas de calor<sup>1</sup>, analisada através das diferenças térmicas entre a área rural e os pontos de referências, aponta que o horário das 19h representou o de maior expansão da mancha da ilha para os dias analisados. O mapa das diferenças médias encontradas para aquele horário é apresentado na figura 13. Nele observa-se que, apesar da distribuição e forma espacial da ilha de calor não ser coincidente com a mancha de maior consumo (anteriormente apresentado na figura 12), ainda assim, existe uma tendência de maior consumo na região em que se manifesta o maior armazenamento de calor, ou seja, toda a área oeste do mapa.

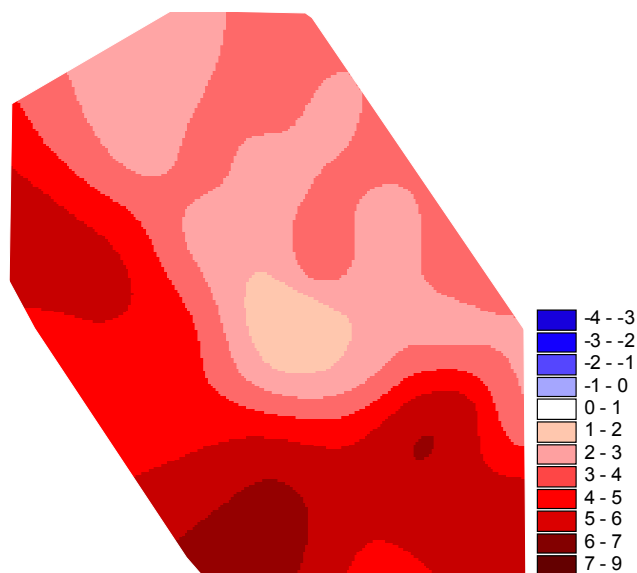


Figura 13 – Formação de ilhas de calor para o horário das 19h no verão

A análise revela a tendência de que as más condições de conforto ocasionadas por um baixo índice de FVC, somado às boas condições financeiras da população moradora, ocasiona no bairro um padrão mais alto de consumo de energia elétrica.

Foi observado que as áreas mais verticalizadas do bairro são habitadas, em sua grande maioria, por moradores de maior poder aquisitivo, diagnosticando-se que a especulação imobiliária na construção de prédios na região está voltada para a classe média-alta. Acredita-se que pelo grande processo de verticalização que vem sofrendo o bairro, mecanismos de controle urbano deveriam ser acionados para minimizar esse processo e assim evitar o maior consumo de energia elétrica.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Todos os levantamentos realizados nesta pesquisa foram de grande importância para que se avaliasse da maneira mais abrangente possível, as características reais do bairro em estudo.

A utilização de um SIG – ArcView 3.2 – como ferramenta fundamental neste trabalho também demonstrou a funcionalidade (entre elas a agilidade e a diminuição de custos) que esta tecnologia pode colocar à disposição do planejamento urbano, pela sua capacidade de armazenar diversos tipos de dados e representá-los no espaço.

Após a correlação entre todos os mapas gerados, pôde ser constatado que os principais pontos que apresentaram tanto os maiores (região sudoeste) quanto os menores (região noroeste) índices de FVC também mostraram ser os representantes dos mais altos índices de consumo de energia no bairro. Ambas as regiões localizam-se no quadrante oeste do bairro que, apresentou-se como a área de maior

<sup>1</sup> Outros artigos ligados ao Projeto CEU e apresentados neste mesmo congresso podem esclarecer outros aspectos do fenômeno da ilha de calor

formação das ilhas de calor. É uma área de maior adensamento construtivo, que dificulta a dispersão do calor acumulado durante o dia e que vêm, portanto, causando maiores consumos de energia elétrica pela população moradora.

O diagnóstico de que, as áreas que demonstraram maior consumo também apresentaram maior poder aquisitivo estão localizadas, principalmente, nos pontos mais verticalizados (a noroeste com índice baixo de FVC), destaca uma atual tendência imobiliária na construção de prédios para a classe média/alta nesta região do bairro.

Uma vez detectado que, um baixo índice de FVC aliado à formação de ilha de calor no local, sobre uma população moradora com boas condições financeiras está ocasionando um alto consumo de energia, sugere-se que seja evitada a construção de edifícios na região noroeste, devido às más condições de conforto natural.

Na percepção de que o conforto natural do ambiente urbano está sendo prejudicado pela geometria, na formação de ilhas de calor e no aumento dos gastos com energia elétrica, reafirma-se a importância da continuidade de estudos como estes, a fim de que o uso racional da energia elétrica seja incentivado desde a aplicação em projetos de edificações até nos hábitos de seus usuários.

## AGRADECIMENTOS

As autoras agradecem ao CNPq, FAPESP e FUNDUNESP, pelos auxílios concedidos em diversas etapas do Projeto CEU.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

MASCARÓ, L. *Ambiência Urbana / Urban Environment*. Masquatro Editora. Porto Alegre, 2004.

SANTAMOURIS, M.; PAPANIKOLAOU, N.; LIVADA, I.; KORONAKIS, I.; GEORGAKIS, C.; ARGIRIOU, A. and ASSIMAKOPOULOS, D.N., 2001: On the impact of urban climate on the energy consumption of buildings. *Solar Energy*, 70(3): 201-216

SOUZA, L.C.L.; LEME, F. T; PEDROTTI, F.S. Relações entre o fator de visão do céu, a temperatura urbana e o consumo de energia elétrica. In: *IV Congreso Latinoamericano COTEDI - Confort y Eficiencia Energética en la Arquitectura*, 2005, Cidade do México, Universidade Autónoma Metropolitana, 2005. México.

SOUZA, L. C. L; RODRIGUES, D.S; MENDES, J.F.G. A 3D-GIS extension for sky view factors assessment in urban environment, *Proc. of the 8<sup>th</sup> International Conference on Computers in Urban Planning and Urban Management*, Sendai, 27-29 May, 2003: Japan.