

A RELAÇÃO ENTRE ILHAS DE CALOR URBANA, OCUPAÇÃO DO SOLO E MORFOLOGIA URBANA NA CIDADE DO RECIFE

Hugo Rogério de Barros
Universidade de São Paulo
hrbarros@usp.br

Magda Adelaide Lombardo
Universidade Estadual Paulista, Rio Claro
lombardo@rc.unesp.br

O CLIMA DAS CIDADES

Resumo

A cidade do Recife possui um arquipélago de calor nas proximidades do litoral e do centro, esse apresenta temperaturas 10°C mais quente do que as verificadas na periferia e unidades de conservação municipais (BARROS *et al*, 2010). O presente artigo visa compreender a relação existente entre a ocupação do solo, morfologia urbana e a formação de ilhas de calor na cidade do Recife. Para isto, foram elaborados mapas de temperatura da superfície através de técnicas de sensoriamento remoto e mapa de unidades de forma e ocupação urbana; as duas camadas de informações foram sobrepostas em SIG de forma a expressar a relação espacial existente. Detectamos que as ilhas de calor da superfície correspondem as áreas de baixas edificações, cujo processo de ocupação foi desordenado e que possuem a presença de ZEIS (Zonas Especiais de Interesse Social) na sua constituição espacial.

Palavras Chave: Recife, Ilha de Calor Urbana, Ocupação do Solo, Morfologia Urbana.

Abstract

In the areas that are closer to downtown and the coast, Recife presents heat islands that reach temperatures ten degrees higher than those verified in the periphery and municipal conservation units (BARROS *et al*, 2010). Our aim is to comprehend the relationship established between the land use, urban morphology and heat islands formation in the city of Recife. In this intent, surface temperature maps were drawn using remote sensing techniques and maps of form units and urban occupation; the two layers of information were superimposed in GIS in order to express the existing spatial relationship. We have verified that the heat islands on the surface correspond to areas with low constructions whose occupation process had happened disorderedly and that present special zones of social interest (ZEIS) in their spatial formation.

Key Words: Recife, Urban Heat Island, Land Use, Urban Morphology.

Objetivo

O presente artigo visa compreender a relação entre a ocupação do solo, morfologia urbana e a formação de ilhas de calor urbanas na cidade do Recife, a fim de contribuir para o fortalecimento do conjunto de informações sobre o clima urbano da mesma.

Referencial Teórico Conceitual

A Ilha de Calor Urbana é o exemplo melhor documentado de uma modificação climática induzida pelo Homem (OKE, 1987), ocorre em todas as cidades e é o resultado cumulativo de modificações na cobertura do solo e na composição da atmosfera, devida ao desenvolvimento urbano e as atividades

antrópicas (ALCOFORADO *et al* , 2005). As principais causas da ilha de calor urbano da atmosfera urbana inferior são: geometria urbana, poluição do ar, emissão de calor a partir dos edifícios, tráfego e metabolismo dos organismos vivos, cobertura do solo e materiais de construção.

Um marco no estudo do fenômeno no Brasil foi o trabalho pioneiro de Lombardo (1985) no qual foram utilizadas imagens da banda termal do mapeador temático satélite *Landsat 5* (banda 6) com resolução espacial 120metros, e do sensor AVHRR (*Advanced Very High Resolution Radiometer*) do satélite NOAA (*National Oceanic and Atmosphere Administration*), com 1km de resolução para identificação de ilhas de calor na Região Metropolitana de São Paulo. Posteriormente Ribeiro (1996) demonstrou que a maior intensidade deste fenômeno para a cidade de São Paulo, pode estar relacionada com o maior risco de mortes, por doenças cardiovasculares e respiratórias, em maiores de 55 anos. O cenário descrito demonstra a importância de expandir os estudos para outras metrópoles brasileiras.

São poucas as metrópoles da região Nordeste do Brasil, as quais possuem estudos sobre seu clima realizado através de técnicas sofisticadas. A análise dos cadernos de resumos do Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica, no período de 1992 a 2008 revela que apenas 10% dos trabalhos são destinados a região (FIALHO, 2010). Tal quadro, evidencia a importância de intensificar os estudos para mesma, principalmente em temáticas que possuem relação direta com a saúde pública e a qualidade de vida da população, como as ilhas de calor urbanas.

Recife capital do estado de Pernambuco possui população de 1.533.580 habitantes e uma área de 217,8Km² (IBGE, 2010). A metrópole tem como principal característica o comércio o qual teve início no século XV, período da economia açucareira com Porto do Recife, sua função e hierarquia acompanharam o ritmo das transformações socioeconômicas do Brasil, atualmente é um dos mais importantes centros de serviços e distribuição de mercadorias da região Nordeste do país (OBSERVATÓRIO, 2006).

Apesar da sua relevância no contexto regional, os estudos sobre o clima do Recife são poucos e muito recentes. Moreira e Galvêncio (2007) realizaram a primeira detecção de ilhas de calor urbanas para a mesma, através de técnicas de sensoriamento remoto. Posteriormente Barros *et al* (2010) detectou que entre os anos de 1987 a 2007, houve uma forte regressão das áreas vegetadas e aumento das asfaltadas e concretadas, que podem estar relacionadas com um aumento populacional de 5,5% ou 235.351 habitantes no mesmo período. Como resultado ocorreu à formação de um extenso arquipélago de calor, nas áreas centrais e litorâneas com temperaturas 10°C mais quentes, quando comparadas as áreas periféricas e as unidades de conservação.

A ilha de calor urbana é um fenômeno recentemente comprovado e especializado para o Recife, seus efeitos negativos devido às características do clima regional, o qual apresenta elevadas temperaturas durante quase todo o ano, contém um grande potencial de ocasionar grandes danos à saúde pública e provocar aumento do consumo energético. Para que futuramente se possa pensar em medidas

mitigatórias e no incremento do fator climático no planejamento urbano da cidade, anteriormente é necessário compreender detalhadamente as variações, causas e efeitos da mesma.

Caracterização da Área de Estudo

A área de estudo é a cidade do Recife localizada entre Latitude 8°04'03"S -" Longitude 34°55'00"W. Possui dois domínios geomorfológicos o primeiro é o Modelado Cristalino que ocorre em pequenos eixos restritos ao extremo oeste, este tem dois subdomínios: o colinoso e os tabuleiros costeiros. O segundo é a Planície Costeira ou Flúvio Lacunar que predomina em quase todo território municipal. Seus recursos hídricos são muito abundantes, esta abrange três bacias hidrográficas são elas: Capibaribe, Beberibe e Tejupió, sendo assim é cortada pelos Rios Capibaribe e Beberibe além de outros de menor porte como o Jiquiá, Jordão e Tejupió, além de a leste ser banhada pelo Oceano Atlântico Sul.

Sua vegetação natural consiste em resquícios de Mata Atlântica e Manguezais, possui Clima tropical quente úmido com temperatura média anual de 25,4°C e amplitude de 2,8 °C. O regime de chuvas caracteriza-se por dois períodos distintos: uma estação seca ou de estiagem, que se prolonga de setembro a fevereiro (primavera-verão) e uma estação chuvosa, de março a agosto (outono-inverno). (Atlas Ambiental da Cidade do Recife 2000).

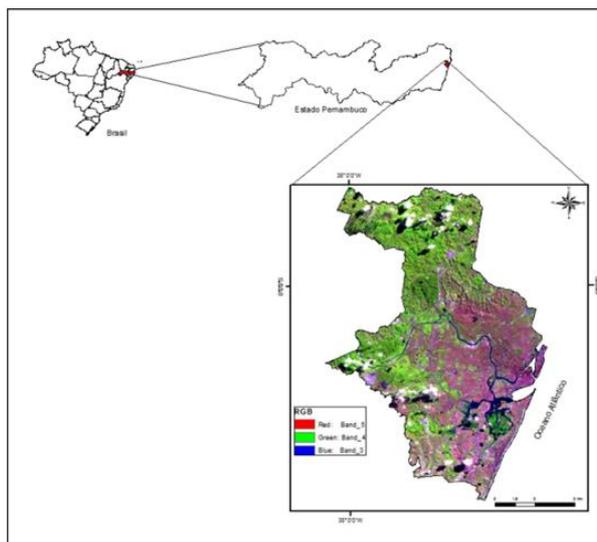


Figura 1. Mapa de localização de Recife

Metodologia

A metodologia empregada nesta pesquisa está organizada em três etapas principais, são elas: a determinação da temperatura da superfície através de técnicas de sensoriamento remoto, a definição das unidades de forma e ocupação urbana através do uso de SIG e por ultima e também executada por meio de SIG, a sobreposição das duas camadas de informações geradas anteriormente e a consulta de

dados socioeconômicos no Atlas de Desenvolvimento Humano da Cidade do Recife. Todos os procedimentos ligados a SIG foram executados no Software ArcGIS 9.3 e os de sensoriamento remoto foram procedidos no aplicativo ERDAS 9.3 (Licenças do Departamento de Geografia da USP).

Etapa 1- Temperatura da Superfície

A temperatura da superfície considera a radiância monocromática e a emissividade de cada pixel, sua estimativa é um fator importante no monitoramento das condições da vegetação e na variabilidade de mudanças bioclimáticas (LIU, 2006). Para realização do cálculo de temperatura da superfície foi utilizada uma imagem do mapeador temático satélite Landsat-5, obtida através de *download* gratuito no catálogo de imagens do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) do ponto 214, órbita 65 das 10h da manhã, com data de passagem em 28/07/2007, período do inverno.

Foi processado o empilhamento, composição, correção geométrica e recorte espacial da imagem. Para o cálculo do índice foi seguido o procedimento a baixo.

Para a obtenção da temperatura da superfície (T_s) são utilizadas a radiância espectral da banda termal $L_{\lambda,6}$ e a emissividade ϵ_{NB} , obtidas em etapas anteriores. Dessa forma, obtém-se a temperatura da superfície (K) pela seguinte expressão:

$$T_s = \frac{K_2}{\left(\epsilon \frac{K_1}{L_{\lambda,6}} + 1 \right)}$$

Onde $K_1 = 607,76 \text{ Wm}^{-2} \text{sr}^{-1} \mu\text{m}^{-1}$ e $K_2 = 1260,56 \text{ K}$ são constantes de calibração da banda termal

do Landsat 5 -T (ALLEN *et al.*, 2002; SILVA *et al.*, 2005). Após a obtenção do dado, o mesmo foi classificado em intervalos de classe de 2°C e formatado em layout de mapa.

Etapa 2- Unidades de Forma e Ocupação Urbana

Para atingir o propósito da pesquisa, um mapa de unidades de forma e ocupação urbana foi definido na escala de 1:120:000, para tal as seguintes variáveis foram adotadas: unidades geomorfológicas, forma das construções, uso e cobertura do solo. A variável ou o conjunto delas mais sobressalentes na extensão territorial definiram os limites das unidades.

Os dados de unidades geomorfológicas, rede hidrográfica e uso do solo foram adquiridos através do banco de dados do Serviço Geológico do Brasil/CPRM. Para definição das formas de construções, foi utilizada a mesma imagem do satélite Landsat-5 sensor TM da primeira etapa. Um índice de vegetação o IAF (Índice de Área Foliar) que permite avaliar a distribuição espacial e quantitativa da vegetação, foi utilizado para avaliar a cobertura vegetal.

O índice de área foliar é definido pela razão entre a área foliar de toda a vegetação por unidade de área utilizada por essa vegetação. Este índice é um indicador de biomassa de cada pixel da imagem sendo calculada por equação empírica proposta por Allen et al. (2002):

$$IAF = - \frac{\ln\left(\frac{0,69 - SAVI}{0,59}\right)}{0,91}$$

Após a definição das unidades um campo foi realizado para obtenção de fotografias das mesmas, essas foram capturas de heliportos e coberturas da zona norte e do centro da cidade.

Etapa 3. Sobreposição de Informações

As camadas de informações das ilhas de calor urbanas e das unidades de forma e ocupação urbana foram sobrepostas de forma a identificar a relação espacial existente entre ambas. Após identificar quais unidades possuíam presença de ilha de calor, dados históricos, socioeconômicos e da presença ZEIS (Zonas Especiais de Interesse Social) foram levantados no Atlas de Desenvolvimento Humano da Cidade do Recife.

Principais Questões

Na vigente pesquisa, as principais questões desenvolvidas foram: qual a resposta que as heterogêneas formas urbanas e os variados tipos de uso do solo possuem com relação à formação de ilhas de calor urbanas no caso do Recife.

Resultados Alcançados

1. Temperatura da Superfície

A distribuição espacial das temperaturas da superfície de Recife se organiza de forma a caracterizar três principais zonas (Figura 2).

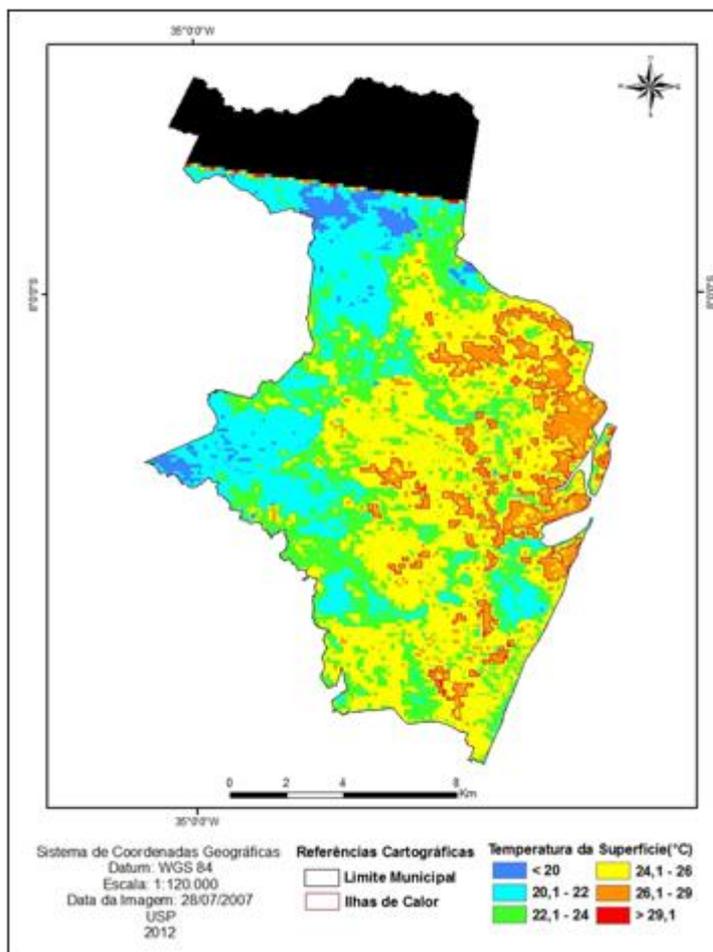


Figura 2. Mapa de Temperatura da Superfície da Cidade do Recife

A primeira zona se concentra no extremo leste próximo ao oceano Atlântico, apresenta os maiores valores de temperatura, acima de 26°C com formação de um extenso arquipélago de calor.

A segunda zona tem uma distribuição espacial bem mais abrangente, encobrendo a maior parte do território da cidade e apresenta valores intermediários de temperatura que variam entre 22 a 26°C.

A terceira zona concentrada no extremo oeste da cidade, suas temperaturas chegam a ser 9°C mais frias comparadas com as da primeira zona, caracteriza-se como uma zona propícia ao conforto térmico ambiental com amplitude térmica de <20 a 22 °C.

2. Unidades de Forma e Ocupação Urbana

O território da cidade do Recife foi dividido em um total de sete unidades, são elas: áreas verdes de tabuleiros costeiros e mares de morro, unidades de conservação municipal, áreas verdes de planície,

áreas edificadas de tabuleiros costeiros e mares de morro, cinturão de prédios, centro da cidade e áreas edificadas de planície (figura 3).

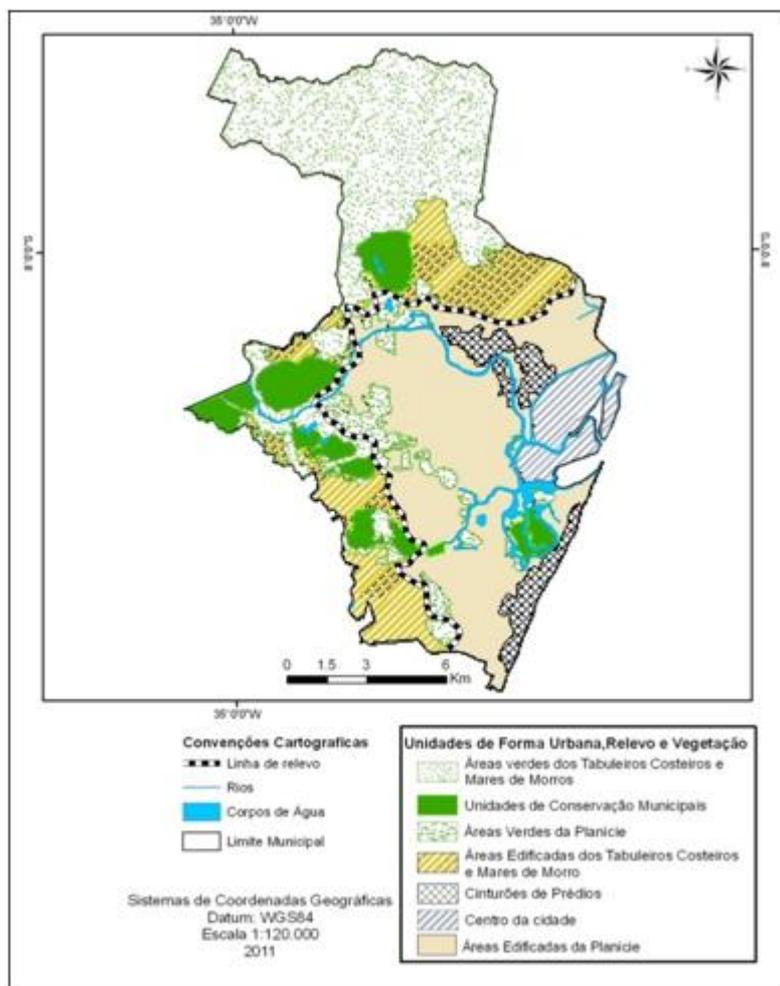


Figura 3. Mapa de Unidade de Forma e Ocupação Urbana da Cidade do Recife

2.1 Cinturões de Prédios

Os cinturões de prédios é uma unidade que se caracteriza por sua morfologia urbana diferenciada, representa aglomerações de edifícios construídos de forma desordenada sem uma padronização enquanto aos números de andares, estética e questões ambientais, estão localizados em duas áreas da cidade, um está na zona sul próximo ao Oceano Atlântico e o outro na zona norte nas proximidades do Rio Capibaribe (Figura 4).



Figura 4. Foto do Cinturão de Prédios da zona norte do Recife. Fonte: Autor, 2011

2.2 Mares de Morro

O fator geográfico do relevo e a forma como se procedeu a sua ocupação determinam a singularidade desta unidade, esta se encontra em áreas de formações geomorfológicas de tabuleiros costeiros e marres de morro, contendo grandes áreas de declive com formações de diversos vales e altitude máxima de 100m. Esta unidade se localiza nas áreas periféricas do município, compondo quase toda a periferia do mesmo (Figura 5).



Figura5. Foto das áreas edificadas dos tabuleiros costeiros e morros (bairro de casa amarela). Fonte: Autor, 2011

2.3 Áreas Edificadas de Planície

Esta zona é caracterizada pelo conjunto formado pela unidade de relevo e sua forma de ocupação, se encontra na planície flúvio-marinha do Recife, é ocupada pelas áreas de subúrbio da cidade, possui poucos edifícios com ruas e avenidas mais largas e definidas, presença de quadras e a predominância de casas residências (Figura 6). A unidade é marcada pela desigualdade social que promove uma

heterogeneidade na ocupação de seu território, na mesma são encontradas desde áreas características de ocupação de classe alta e média a favelas e ocupações irregulares nas margens dos rios.



Figura6. Foto panorâmica da zona oeste da cidade do Recife, proximidades da Av. Caxangá. Fonte: Autor, 2011.

2.4 Centro Urbano

Esta zona se diferencia por sua função espacial na cidade, como o título sugere este é o centro urbano do município o que acarreta em um uso intensivo do solo com a finalidade do comércio e oferecimento de bens de serviço, este funciona os sete dias da semana e oferece serviços como: escolas, hospitais, escritórios, clínicas e bancos. (Figura 7).



Figura7. Vista para a Av.Guararapes com construções de três séculos distintos em uma única paisagem. Fonte: Autor 2011

Relação entre Ilhas de Calor e as Unidades de Forma e Ocupação Urbana

Cinturões de Prédios

Esta unidade está dentro da zona de temperaturas intermediárias que vai de 24° a 26°C, sendo que o cinturão da zona norte apresenta predominância de valores mais baixos e os da zona sul apresenta predominância dos valores mais altos, dentro da faixa estabelecida.

Esta unidade não apresenta formação de ilhas de calor da superfície, algumas explicações podem estar relacionadas a elementos do clima regional e ao tipo de uso do solo. Os ventos alísios de nordeste, que sopram no sentido Leste-Oeste, oferece grande potencial para diminuição do calor retido na superfície dos prédios do cinturão sul, localizado as margens do Oceano Atlântico.

O cinturão da zona norte, é constituído por um conjunto de bairros residências com uma porcentagem de área verde acima da média da cidade, os mesmo possuem ruas arborizadas, áreas verdes de lazer e mata ciliar de vegetação de mangue do Rio Capibaribe, o que não caracteriza esta como uma área em potencial para apresentar problemas de conforto térmico e formação de ilhas de calor.

Áreas Edificadas dos Tabuleiros Costeiros e Mares de Morro

A unidade apresenta valores de temperaturas bastante heterogêneos, a maior parte do seu território apresenta valores baixos e bastante propícios ao conforto térmico, no entanto, esta apresenta duas áreas de exceção. A primeira localizada no extremo sul apresenta valores mais altos que chegam a 26°C, já a segunda localizada no extremo norte da unidade apresenta formação de uma extensa ilha de calor urbana.

A explicação para a presença de uma extensa ilha de calor em uma única parte da unidade pode está atrelada ao fato de que nesta área, que corresponde ao bairro de casa amarela, houve um processo de ocupação desordenado e irregular do território. Constitui o predomínio de áreas residenciais fortemente adensadas com materiais de construção de baixa qualidade, pouca presença de vegetação e grandes áreas cobertas por concretos devido a construções de muros de arrimo e pavimentação de ruas e escadarias.

Áreas edificadas da planície

A maior parte desta unidade apresentam valores intermediários de temperatura com máximas de 26°C, no entanto há duas áreas de exceção onde foram identificadas ilhas de calor com valores superiores a 26°C. A primeira está localizada na zona norte e é composta por vários bairros, dentre eles: Cajueiro, Campo Grande, Encruzilhada e Torreão. A segunda localizada na zona sul é composta pelos bairros de Pina e Brasília Formosa.

Dentre as possíveis explicações para formação de ilhas de calor nestas áreas de exceção duas aparentam correlação, a primeira é a presença de áreas densamente aglomeradas e com presença de matérias de construção de baixa qualidade como telhados de Zinco, devido à presença de Zeis (Zonas

de Especiais de Interesse Social). Exemplos delas são as Zeis Casa Amarela/Fundão Fora, Campina do Barreto – Zeis Campo Grande e Zeis Brasília Teimosa cuja renda per capita em 2000 correspondia respectivamente: R\$: 113,05 R\$: 164,63 e R\$: 161,78 (Atlas de Desenvolvimento Humano do Recife, 2005).

Centro Urbano

A unidade apresenta a formação de extenso arquipélago de calor que recobre quase toda sua extensão territorial com temperaturas superiores a 26°C. Vários fatores podem estar contribuindo para a caracterização do arquipélago de calor, a configuração espacial e o tipo de uso do solo desta unidade é bastante heterogênea, de forma que cada ilha de calor presente no conjunto possa ser ocasionada por diferentes motivos. A disposição dos prédios de diferentes séculos e consequentemente sem nem uma padronização, a escassez de espaços de lazer verde, o reduzido arboreto urbano e presença de Zeis como a do Pilar, Santo Amaro, João de Barros e Coque que utilizam materiais construtivos mais baratos nas construções de residências, são diferentes fatores que podem ser responsáveis pela formação do mesmo.

Conclusões

A pesquisa realizada nos permitiu concluir que: a formação das ilhas de calor urbanas na cidade do Recife referente aos aspectos de uso do solo e morfologia urbana, estão relacionadas a duas composições urbanas distintas.

A primeira delas é centro urbano onde há um intensivo uso do solo pelas atividades do comércio e oferecimento de serviços, nela circulam diariamente uma grande quantidade de pessoas e veículos de diversos portes, possui grandes aglomerados de edificações de variados formatos e altura, pertencentes há diferentes tempos históricos.

A segunda corresponde a algumas áreas edificadas da planície, no qual o uso do solo é estritamente residencial, no entanto as áreas dentro da unidade as quais correspondem à formação de ilhas de calor possuem uma característica, são Zonas Especiais de Interesse Social (Zeis) composta por famílias em situação de alta vulnerabilidade socioeconômica e que consequentemente constroem suas residências com matérias de baixa qualidade, o que intensifica o aumento das temperaturas.

Os resultados e conclusões deste artigo chamam a atenção para a necessidade de se realizar pesquisas em escala de detalhe, para os seguintes pontos:

A ilha de calor da camada interior urbana do centro urbano do Recife, levando em consideração fatores como ventilação, poluição atmosférica, morfologia urbana e calor antropogênico e seus efeitos no conforto térmico ambiental.

Interferências das ilhas de calor urbanas na saúde e qualidade de vida das populações residentes nas Zeis (Zonas Especiais de Interesse Social), focado nas crianças, idosos e pessoas com problemas respiratórios os quais formam o grupo de risco aos problemas advindos do stress térmico, tendo em vista que a alta vulnerabilidade socioeconômica desses moradores diminui sua capacidade adaptação.

Referências Bibliográficas

ALCOFORADO, M.J; LOPES, A.; ANDRADE, H.; VASCONCELOS, J. Orientações climáticas para o Ordenamento em Lisboa. Relatório 4. Lisboa; Ed. Centro de Estudos Geográficos da Universidade de Lisboa. 2006

Atlas ambiental da cidade do recife. Ronald Fernando Albuquerque vasconcelos, onilda gomes bezerra(org). 2000. Recife: Prefeitura da Cidade do Recife/Secretária de planejamento, urbanismo e meio ambiente, 151.: II

Atlas do Desenvolvimento Humano no Recife – 2005, <http://www.recife.pe.gov.br/pr/secplanejamento/pnud2006/downloads.htm>; acessado em 10 jun. 2011.

BARROS, H.R; GALVINCIO, J.D; LOMBARDO M.A. Interferência de Fatores Antrópicos e Fenômenos Climáticos na Mudança e Variação da Temperatura da Superfície da Cidade do Recife: Utilização de Técnicas de Sensoriamento Remoto. Cap 17. Mudanças Climáticas e Impactos Ambientais. Galvincio, J.D.(org)- Recife; Ed. Universitária da UFPE, 2010, pp. 275-290.

FIALHO, E.S. A pesquisa climatológica realizada por geógrafos. Revista brasileira de climatologia, v. 6, p. 193-212, 2010.

IBGE 2010, <http://gosnic.cidades.gov.br/src/php/frmPerfilMunicipal.php?idIBGE=261160>, acessado em 10 de setembro de 2012 às 21 horas.

LIU, W. T. H. Aplicações de sensoriamento remoto. Campo Grande – MS: UNIDERP, 2006. 908 p.

LOMBARDO ,M.A. Ilha de Calor nas Metrôpoles: O exemplo de São Paulo. São Paulo, 1985.

MOREIRA, E. B. M. ; Galvínio, J.D . Espacialização das Temperaturas à Superfície na Cidade do Recife, utilizando Imagens TM - Landsat 7. Revista de Geografia (Recife), v. 24, p. 101-115, 2007.

Observatório. Como anda a Região Metropolitana do Recife. Pag1-128.Recife-PE Setembro de 2006.

Oke, T.R. (1987) – Boundary Layer Climates. Routledge, London.

RIBEIRO, H.P. (1996). Ilha de Calor na Cidade de São Paulo: sua dinâmica e efeitos na saúde da população. Tese de livre-docência. Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo, na área de gerenciamento ambiental, São Paulo.

SILVA, B.B. da.; LOPES, G.M.; AZEVEDO, P.V. 2005. Balanço de radiação em áreas irrigadas utilizando imagens Landsat 5 – TM. Revista Brasileira de Meteorologia, 20, 243-252.