

Ilhas de calor e *aedes aegypti*: um estudo preliminar para a cidade de Santa Bárbara d'oeste, sp – Bra, utilizando sensoriamento remoto

Azevedo, Thiago Salomão De; Tavares, Antônio Carlos; Da Silva Brum Bastos, Vanessa; Piovezan, Rafael; Von Zuben, Cláudio José y Nocentini André, Iára Regina

Resumo: O crescimento das áreas urbanas tem alterado as condições climáticas das cidades. Muitos estudos sugerem que tais modificações têm proporcionado o aquecimento do ar superficial incitando o fenômeno de ilhas de calor. As modificações no criotoclima modificam os níveis de interação entre os componentes do sistema urbano, pois permite o incremento de um ambiente sinantrópico, que favorece a proliferação de criadouros de mosquitos. A presença do *Aedes aegypti*, em áreas urbanas, tem causado muitas epidemias de dengue. Esta espécie de culicídeo é considerada o principal vetor urbano desta arbovirose. Pesquisas realizadas apontam que as populações de *Aedes aegypti*, possuem uma relação com a temperatura da superfície, pois a mesma interfere no seu ciclo de vida. O seu desenvolvimento é limitado pela temperatura, abaixo de 10° C o mosquito não sobrevive, entre 20° e 40° C, as pupas se desenvolvem para o indivíduo adulto e acima de 40 °C os adultos encontram o limite máximo térmico de sobrevivência. Mediante aos apontamentos citados acima, o objetivo deste trabalho foi verificar a influência das ilhas de calor na existência de criadouros de *Aedes aegypti*, na cidade de Santa Bárbara d'Oeste, Estado de São Paulo, Brasil. A metodologia empregada no desenvolvimento desta pesquisa foi primeiramente coligar o período em que houve a maior frequência de criadouros de mosquitos. De acordo com o levantamento do Centro de Zoonoses (CZ), da Prefeitura Municipal de Santa Bárbara d'Oeste, o período que apresentou a maior número de ocorrências foi de 3 a 9 de Agosto de 2004. Após esta identificação, a imagem Landsat 5, foi selecionada e no SIG *Spring*, foi calculada os valores das temperaturas aparentes superficiais, do núcleo urbano, através da transformação dos níveis de cinza da imagem. Em seguida foram georreferenciados os criadouros de *Aedes aegypti* e efetuadas as correlações com a temperatura aparente do ar superficial. Os resultados mostram que apesar dos registros de temperatura mínima média ser de 10,9° C, para o período estudado, a amplitude da temperatura da superfície do ar na cidade variou cidade variou entre 20° a 32° C. A frequência de criadouros de *Aedes aegypti* foi de 7.14% em locais com temperaturas superficiais entre 24° a 25° C, de 21,42 % entre 25° a 26° C, de 28,59 % entre 27° e 28° C e de 42,85 % entre 28° a 29° C. Estes resultados demonstram que a ocorrência de ilhas de calor modifica o criotoclima urbano, sustentando condições para o desenvolvimento desta espécie de mosquito, mesmo em períodos climáticos adversos.

Abstract: The growing of urbanization of urban areas has changed the climate of cities. Many studies suggest that these changes have had provided the warming of surface air and started the phenomenon of heat islands. Changes in the local climate modify the levels of interaction between the components of the urban system as it allows an increase of synanthropic environment that favors the proliferation of the mosquito breeding. The presence of the *Aedes aegypti* in urban areas has caused many outbreaks of dengue. This species of mosquitoes is considered the principal urban vector this disease. Surveys showed that populations *Aedes aegypti* have a relationship with the surface temperature, because it interferes with the life cycle. Its development is limited by temperature below 10° C were the mosquito does not survive, between 20 and 40° C, the pupae was developed for the adult and above 40° C, adults have the maximum heat survival. Through the notes mentioned above, the objective of this study was to investigate the influence of heat islands in the existence of breeding sites of *Aedes aegypti*, in Santa Barbara d'Oeste, Sao Paulo State, Brazil.

The methodology employed on this research was to gather first period when there was a higher frequency of mosquito. According to the survey of the Center for Zoonoses (CCZ), for the City of Santa Barbara d'Oeste, the period with the highest number of occurrences was 3 to 9 August 2004. After this identification, the image of Landsat 5 sensor, was selected and in the Spring GIS, we calculated the values of the surface temperatures of the urban land use, through the transformation of gray level image. They were then georeferenced breeding sites of *Aedes aegypti* and made correlations with surface air temperature. The results showed that despite the record minimum temperature average is of 10.9° C. for the period studied, the variation of the surface temperature of the air in the city ranged from 26 to 40° C. The frequency of breeding sites of *Aedes aegypti* was 12.5% in areas with surface temperatures between 30 and 32° C, 25% between 34 to 36° C and 62.5% from 32 to 34° C. These results demonstrated that the occurrence of heat islands modifies the urban climate and provides the development of this mosquito species, even in adverse climatic periods.

Palavras-Chave: Urban Heat Islands, *Aedes aegypti*, Remote Sensing, Santa Bárbara d'Oeste.

Introdução

A urbanização que se iniciou a partir da década de 1950, tem definitivamente alterado a paisagens naturais, principalmente pela alienação da população a respeito da natureza. O aumento desenfreado grandes cidades e suas crescentes interferências no meio ambiente têm as tornado cada vez menos sustentável (HAUGHTER e HUNTER, 1994).

Este crescimento tem sido constatado principalmente em países subdesenvolvidos, como é o caso da América do Sul, onde 75% da população residem nas áreas urbanas. A procura por melhor infra-estrutura, empregos, melhorias na saúde e cultura são os principais atrativos almejados pelos migrantes. Os principais fatores responsáveis por essa crescente urbanização tem sido a migração tanto da zona rural para a zona urbana, quanto de cidades menores para os grandes centros urbanos (COSTA, 1992).

Recentemente, a falta de emprego tem acelerado a busca por cidades médias, com até 500 mil habitantes. Esta migração aumenta o índice de desemprego, a periferização das cidades, a criminalidade e a falta de saneamento, devido à incapacidade das mesmas em absorver as necessidades, cada vez maiores, da população (HAUGHTER e HUNTER, 1994).

As mudanças na dinâmica populacional modificam a estrutura de áreas urbanas, suburbanas e até mesmo zonas rurais. A desorganização da prospectiva territorial aliada à ausência de planejamento urbano vem crescendo o número de áreas suscetíveis e aumentando a frequência de epidemias, pois providencia a ocorrência de um ambiente sinantrópico devido à ocorrência de diferentes tipos de criadouros (LAFFERTY, 2009 e ALI et al. 2003).

Em virtude da ampla distribuição geográfica, a dengue foi classificada, na Assembléia Mundial da Saúde, em 2005 (Resolução WHA58.3), como uma doença de preocupação internacional com implicações para a segurança de saúde devido à rápida disseminação da epidemia para além das fronteiras nacionais (WHO, 2009). Esta preocupação considerou as epidemias de dengue como um problema de saúde pública, pois os surtos epidêmicos são cada vez maiores em todo o mundo, provocando em média o acometimento de cerca de 1 milhão de indivíduos por ano, com um coeficiente de letalidade de 720 mortes a cada 100 mil indivíduos (WHO, 2009).

No Brasil, o dengue é transmitido pelo mosquito *Aedes (Stegomyia) aegypti* (Linnaeus). Esse culicídeo se utiliza de criadouros artificiais como pratos, vasos de plantas, latas, potes, frascos, matérias recicláveis, piscinas, entre outros para se reproduzir (FORATINI, 2002). A associação entre infestação do vetor e fatores humanos resulta em ciclos zoonóticos que se tornam cada vez mais importantes para a saúde pública. Nas epidemias de dengue, essa consideração é observada claramente, pois o mosquito *Aedes aegypti* vêm ampliando a sua área de ocorrência desde a sua reintrodução na década de 70. A velocidade de expansão foi tão

significativa que a partir de 1980, todos os estados do Brasil já apresentavam epidemias desta enfermidade (BRAGA e VALLE, 2007).

A principal causa da alteração dos ciclos zoonóticos está na associação do ciclo de vida do mosquito com a temperatura (YANG et al. 2009; FOLCKS et al. 1993; GADELHA e TODA, 1985). Para Fauran (1996) a temperatura da superfície interfere no seu ciclo de vida. O seu desenvolvimento é limitado pela temperatura, abaixo de 10° C o mosquito não sobrevive, entre 20° e 40° C, as pupas se desenvolvem para o indivíduo adulto e acima de 40° C os adultos encontram o limite máximo térmico de sobrevivência.

Nos espaços urbanos a influência antrópica modifica as condições climáticas urbanas, originando as ilhas de calor (LANDSBERG, 1981). Segundo Pereira e Morais (2007), as ilhas de calor são um fenômeno que associa diferentes condicionantes derivadas das ações humanas sobre o ambiente urbano, pois refere-se a uma anomalia térmica onde a temperatura da superfície do ar urbano é superior ao ar da vizinhança.

De acordo com os apontamentos de Landsberg (1981), Lombardo (1985) e Oke (1985), as ilhas de calor têm a sua origem na transformação do espaço natural em urbano. Neste sentido, a urbanização altera significativamente as superfícies de absorção térmica, devido à modificação da rugosidade superficial que interfere na dinâmica dos ventos e nas propriedades físicas e térmicas da absorção da temperatura.

Segundo Tyson et al. (1972), o clima urbano é caracterizado por ter uma temperatura que pode ser 1° ou 2° C mais elevadas do que as áreas circunvizinhas, podendo chegar, em alguns casos, a uma diferença de até 3° C, nas grandes metrópoles (Figura 1).

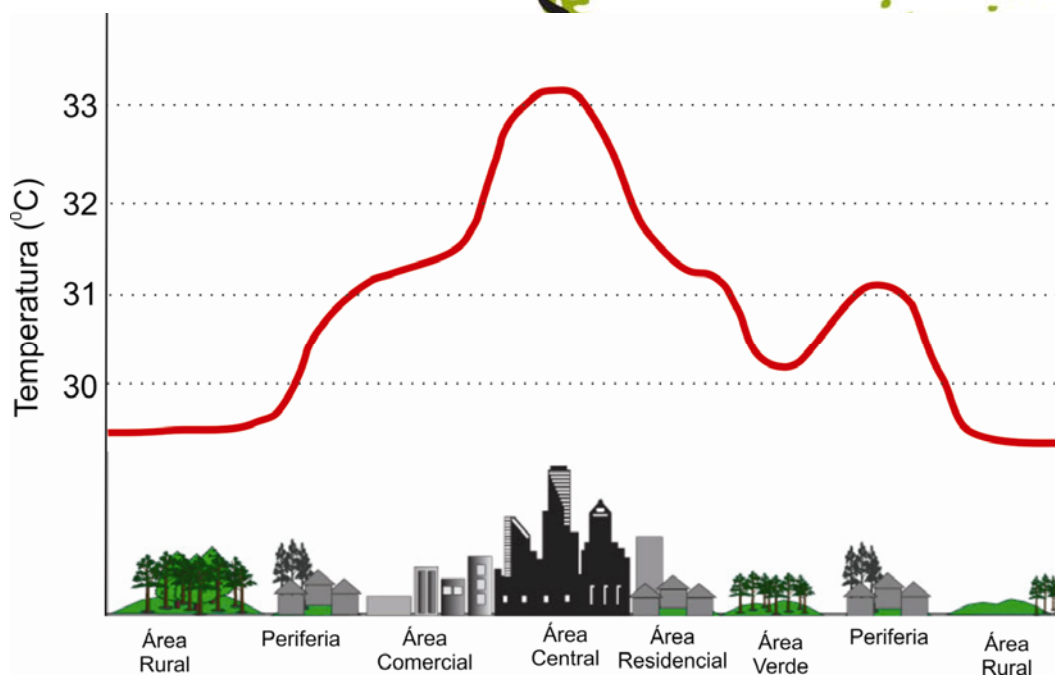


Figura 1: Ilhas de Calor Urbanas

Fonte: Adaptado de EPA (2008)

<http://www.epa.gov>

Entretanto, estudos efetuados por Lombardo (1985), na região metropolitana de São Paulo apontam que a variação da temperatura do ar da superfície apresentou uma variação positiva de até 12° C em alguns bairros paulistanos.

Desta forma, a existência do fenômeno ilha de calor, pode interferir no ciclo de vida do mosquito *Aedes aegypti*, proporcionando condições para o desenvolvimento e a ocorrência deste culicídeo, mesmo em condições adversas de temperatura.

Mediante aos apontamentos citados acima, o objetivo deste trabalho foi verificar a influência das ilhas de calor na existência de criadouros de *Aedes aegypti*, na cidade de Santa Bárbara d'Oeste, Estado de São Paulo, Brasil.

Área de Estudo

O município de Santa Bárbara d'Oeste está localizado no interior do Estado de São Paulo, a 22°45'15" de Latitude Sul e 49°22'46" de Longitude Oeste (Figura 2). Sua área total abrange 241 Km² com uma população estimada em de 190.769 habitantes (SÃO PAULO – FUNDAÇÃO SEADE, 2010). O relevo é ondulado e o clima, segundo Köppen, é classificado como tropical úmido com inverno seco (MARTINELLI, 2010).

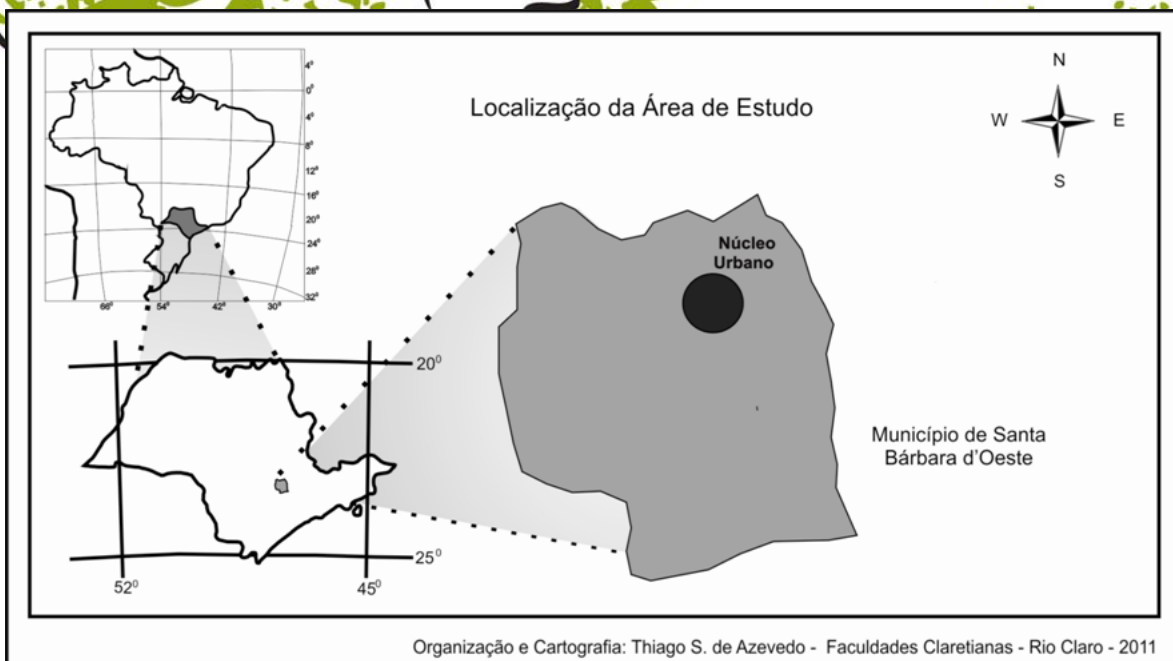


Figura 2: Localização da área de Estudo

Material e Métodos

Foram realizadas, pelos agentes de saúde do Centro de Controle de Zoonoses, da Secretaria Municipal de Saúde do Município de Santa Bárbara d'Oeste – SP, coletas de espécimes de mosquitos em residências durante o período de fevereiro de 2004 a fevereiro de 2006.

As visitas e coletas foram executadas, por toda a área urbana do município, através de uma rotina de trabalho casa-a-casa, que ocorreu em todos os dias úteis durante os horários das 8:00 as 16:00 horas. O objetivo deste procedimento foi o de encontrar os locais intradomiciliares e peridomiciliares onde existiam condições para o desenvolvimento das formas imaturas de culicídeos.

Após esta etapa foi coligado o período em que houve a maior frequência de criadouros de mosquitos. De acordo com o levantamento do Centro de Zoonoses (CCZ), da Prefeitura Municipal

de Santa Bárbara d'Oeste, o período que apresentou à maior número de ocorrências, devido ao esforço amostral empregado, foi de 3 a 9 de Agosto de 2004.

O cálculo da temperatura aparente do ar superficial para o dia 3 de agosto de 2004 foi efetuado através da imagem do satélite Landsat 5, obtida às 12 horas e 50 minutos. A imagem foi registrada e importada para um plano de informação do tipo imagem dentro do *Spring*.

A obtenção da temperatura de superfície foi efetuada através de um plano de informação do tipo MNT com a imagem do canal do infravermelho termal, respectiva a banda 6 do satélite Landsat 5, contendo uma grade numérica com os níveis de cinza correspondentes.

Para realizar esse procedimento foi necessário utilizar o suporte LEGAL (Linguagem Espacial para Geoprocessamento Algébrico) do *Software Spring*, que criou uma nova categoria MNT para que as temperaturas fossem obtidas. Os valores digitais das imagens foram lidos por um SCRIPT que converteu seus dados em temperatura da superfície.

Este procedimento foi elaborado a partir das informações contidas em Camargo (2006) que ressalta que para a obtenção da temperatura aparente é necessário efetuar a transformação do sinal digital proveniente do satélite em radiância ($W/m^2 \cdot sr \cdot \mu m$) a partir das seguintes expressões:

$$L = \{[(L_{max} - L_{min}) / (NC_{max} - NC_{min})] * (NC - NC_{min})\} + L_{min}^{(1)}$$

$$Temp (°C) = \{(K1) / \ln [K2 / L] + 1\} - 273.15^{(2)}$$

Onde:

L_{max} e L_{min} representam o valor de máxima e mínima radiância escalonadas pelo sensor;

NC_{max} é o nível de cinza máximo;

NC_{min} é o nível de cinza mínimo;

NC representa o nível de cinza de cada pixel da imagem;

$K1$ e $K2$ são constantes de calibração para a banda do infravermelho termal, 10,4 e 12,5 μm , respectivamente.

O resultado desta operação foi à compilação de um mapa da temperatura aparente do município de Santa Bárbara d'Oeste – SP. Em seguida os criadouros de *Aedes aegypti* existentes foram georreferenciados e efetuado as correlações com a temperatura aparente do ar superficial.

Resultados e Discussão

Os resultados mostram que no município de Santa Bárbara d'Oeste há a ocorrência de ilhas de calor em 04 de agosto de 2004.

Através da figura 3, pode-se observar que as temperaturas mais elevadas estão localizadas no núcleo urbano na porção nordeste do município. Na zona rural, por sua vez percebe-se que a amplitude térmica varia de aproximadamente 15° a 25° C, exceto nos distritos urbanos, localizados ao sul do município que apresentam temperaturas que variam de 25° a 27° C.

As temperaturas mais amenas (15° a 20° C) estão localizadas a noroeste do território barbarensense. Esta configuração deve-se ao fato de que nesta região existe uma grande porção de mata nativa. No centro urbano, por sua vez, as temperaturas apresentam-se mais elevadas, possuindo uma amplitude térmica que varia de 23° a 32° C.

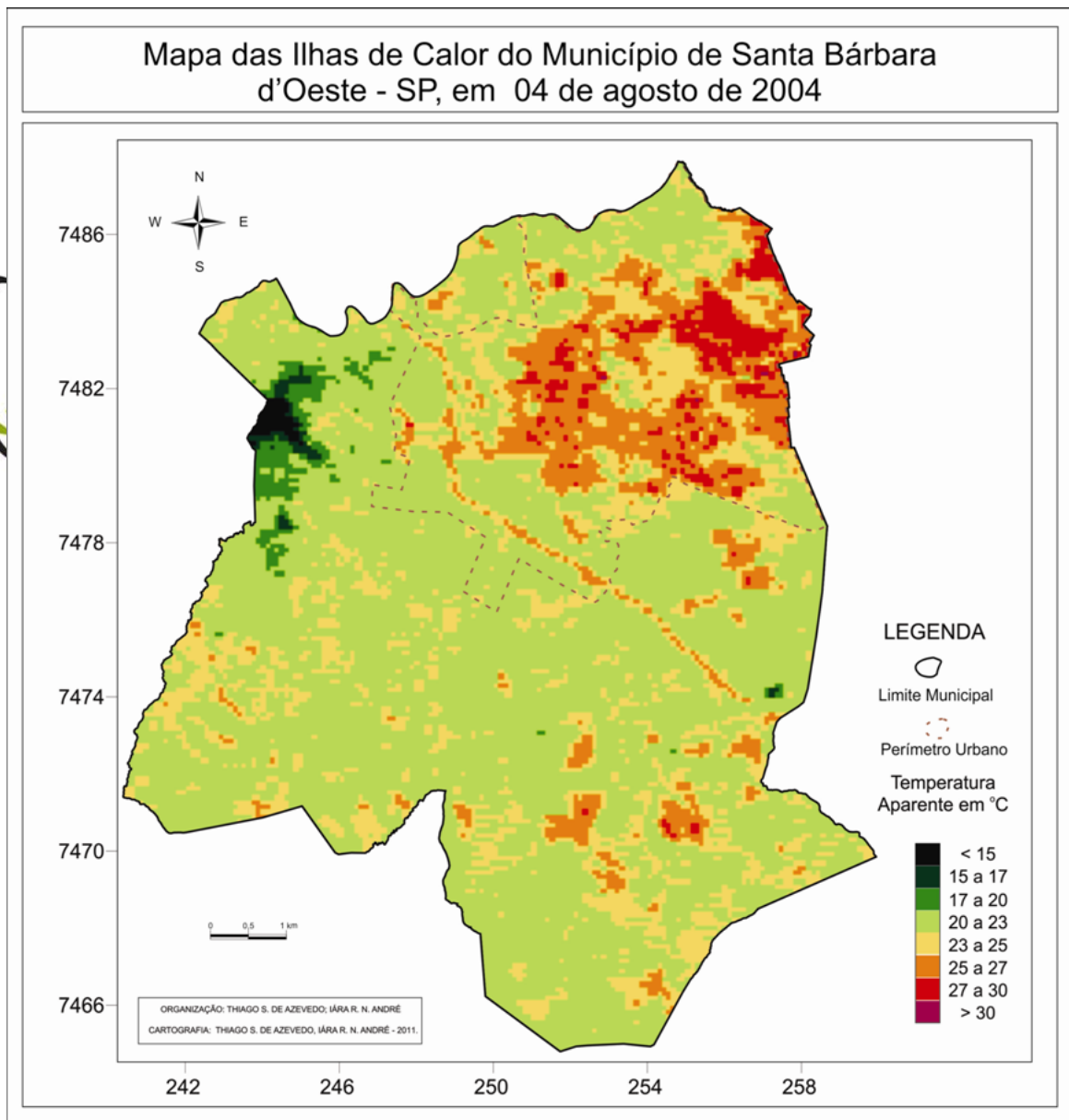


Figura 3: Mapas das Ilhas de Calor do Município de Santa Bárbara d'Oeste – SP em 04 de agosto de 2004.

Landsberg (1981) salienta que para ocorrer o fenômeno de ilhas de calor urbanas, as condições sinóticas que atuam no crioclima devem-se a atuação de um sistema de alta pressão. As figuras 4 e 5 mostram que no dia 4 de agosto de 2004 um sistema de alta pressão estava atuando em toda Região Sudeste do Brasil.

De acordo com o boletim de monitoramento e análise climática, Climanálise (CPETC/NPE, 2004), o último sistema frontal do mês de julho, continuou atuante no litoral dos Estados de São Paulo e do Rio de Janeiro, nos primeiros dias do mês de agosto, causando apenas aumento da

nebulosidade na faixa litorânea destes estados. No dia 02 de agosto, este sistema deslocou-se totalmente para o oceano.

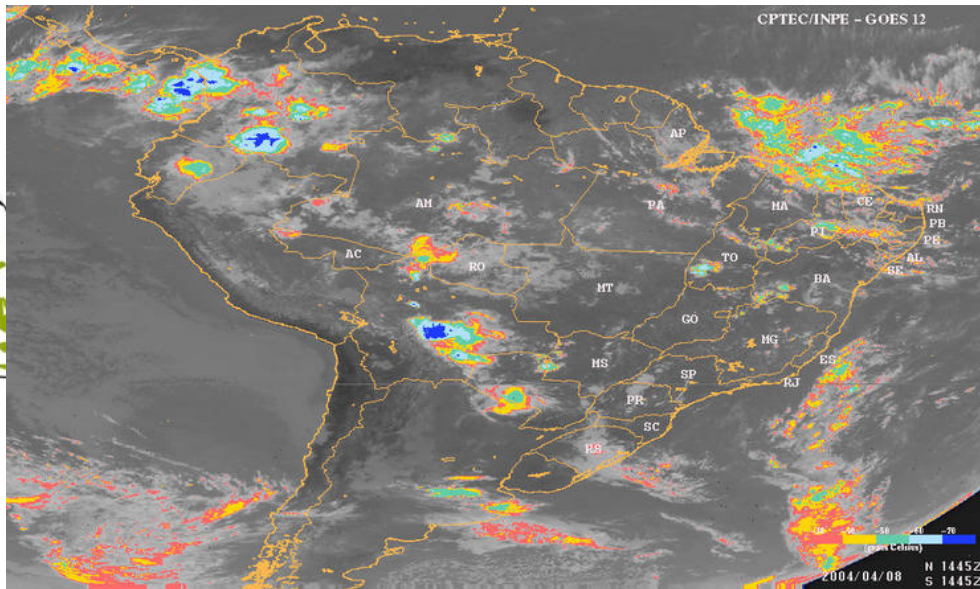


Figura 4: Imagem do Satélite GOES do Brasil em 4 de Agosto de 2004
Fonte: CPETEC/INPE (2004b)

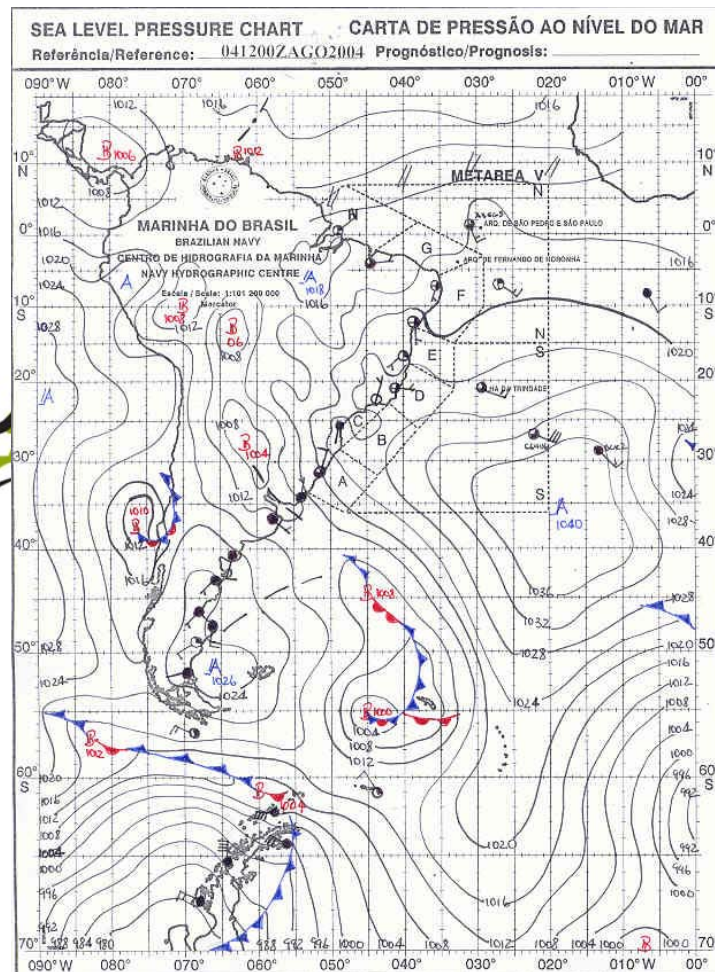


Figura 4: Carta Sinótica do dia 4 de Agosto de 2004
Fonte: DHN, Marinha Brasileira (2004)

A correlação das ilhas de calor com os criadouros de *Aedes aegypti* pode ser observado na figura 5. Os resultados mostram que apesar dos registros de temperatura mínima média ser de 10,9° C, para o período estudado, a amplitude da temperatura aparente da superfície do ar, na cidade, variou entre 20° a 32° C. A frequência de criadouros de *Aedes aegypti* foi de 7,14% em locais com temperaturas superficiais entre 24° a 25° C, de 21,42 % entre 25° a 26° C, de 28,59 % entre 27° e 28° C e de 42,85 % entre 28° a 29° C.

Estes resultados demonstram que a ocorrência de ilhas de calor modifica o microclima urbano, sustentando condições para o desenvolvimento desta espécie de mosquito, mesmo em períodos climáticos adversos.

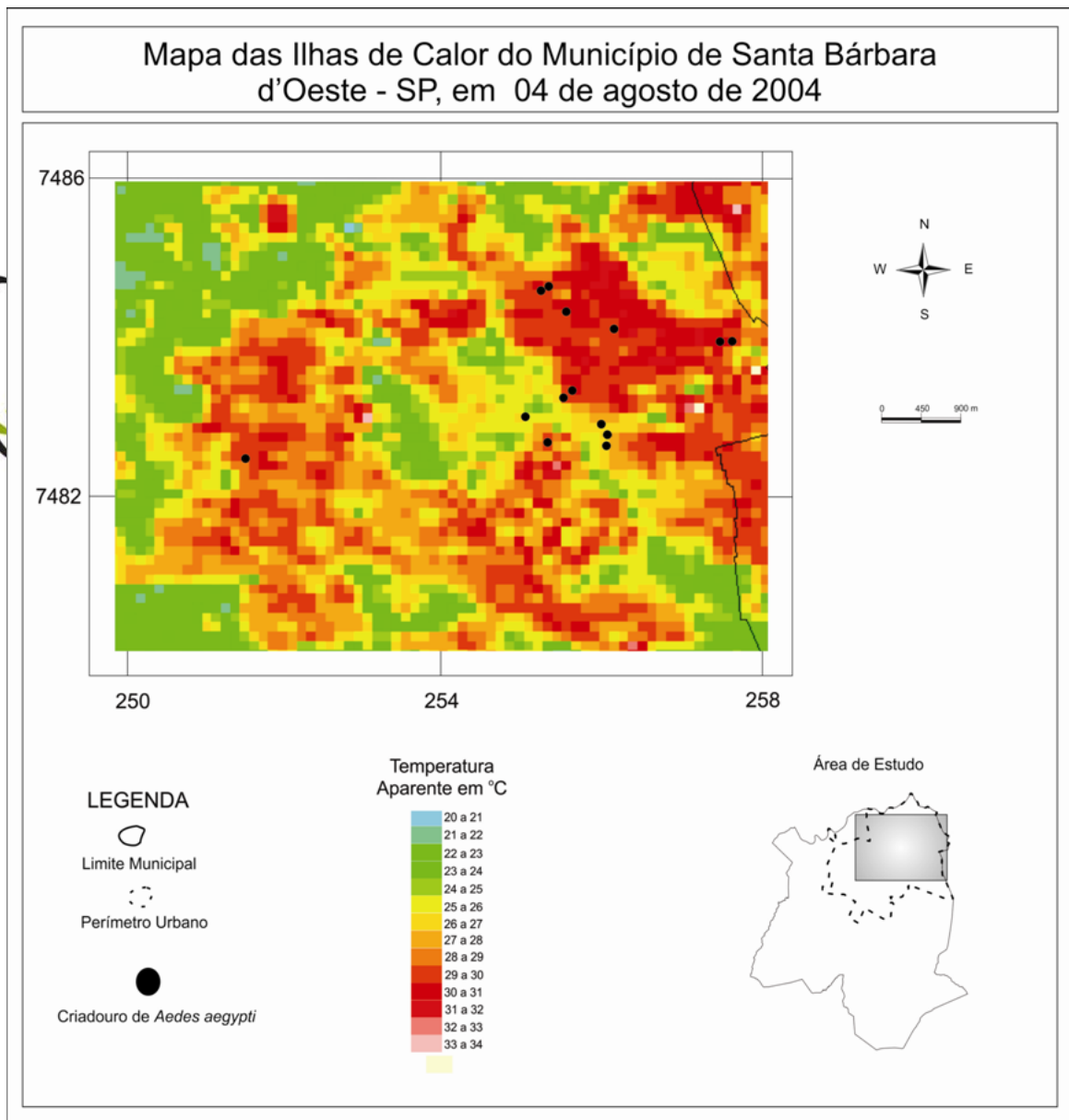


Figura 5: Mapa da Temperatura Aparente da Superfície, em 4 de Agosto de 2004, com os criadouros de *Aedes aegypti* na cidade de Santa Bárbara d'Oeste – SP.

Estes resultados corroboram com os apontamentos de Fauran (1996), que comenta que a partir de 18° C os ovos começam a eclodir e em 28° C o mosquito atinge a temperatura ótima de desenvolvimento.

Em relação os tipos de criadouros encontrados (Tabela 1), nota-se que 7,14% correspondem a pneus, 14,29% a latas, potes, frascos e outros removíveis (lona plástica, isopor, etc.), e 35,7% a tambores, tanques e barris. Fica evidente, que não há uma correlação entre os

recipientes que serviram de criadouros e a temperatura aparente da superfície, porém fica implícito que os materiais metálicos apresentam-se com as maiores temperaturas.

Tipos de Criadouros de <i>Aedes aegypti</i>	Temperatura Aparente em °C
Pneu	27,6
Vaso e Prato de Planta	24
Vaso e Prato de Planta	28
Vaso e Prato de Planta	25
Vaso e Prato de Planta	25
Vaso e Prato de Planta	27
Lata, Pote e Frasco	28,5
Lata, Pote e Frasco	27,7
Tambor, Tanque e Barril	27,6
Tambor, Tanque e Barril	28
Tambor, Tanque e Barril	28
Tambor, Tanque e Barril	28
Outros Removíveis	28
Outros Removíveis	25

Tabela 1: Tipos de Criadouros de *Aedes aegypti* e a Temperatura Aparente da Superfície, em 4 de Agosto de 2004, na cidade de Santa Bárbara d'Oeste – SP.

Considerações Finais

Os resultados apresentados acima permitem concluir que os fenômenos das ilhas de calor urbanas podem ser primordiais para o estabelecimento das condições sinantrópicas do mosquito *Aedes aegypti*. Este fenômeno tem a capacidade de alterar o crioclima urbano proporcionando habitats ideais para o desenvolvimento deste mosquito.

O uso do sensoriamento remoto na identificação das ilhas de calor e na correlação dos criadouros de dengue se mostrou muito eficiente, sendo um procedimento metodológico primordial para o estabelecimento e o controle de vetores urbanos.

Referências Bibliográficas

ALI, M. et al. Use of a geographic information system for defining spatial risk for dengue transmission in Bangladesh: role for *Aedes albopictus* in an urban outbreak. **American Journal of Medicine and Hygiene** n. 69. v. 6, 2003 p. 634-640.

I Congreso Latinoamericano de Ecología Urbana
“Desafíos y escenarios de desarrollo para las ciudades latinoamericanas”

Junio 2012

BRAGA, I. A.; VALLE, D. *Aedes aegypti*: histórico do controle no Brasil. **Epidemiologia e Serviços de Saúde**, n 16. v. 2, 2007. p.113-118.

CAMARGO, F. F. et al. Análise temporal do revestimento do solo e suas implicações na modificação do campo térmico da área urbana do município de Campo Grande/MS no período de 1988 a 2003. In: SIMPÓSIO DE GEOTECNOLOGIAS NO PANTANAL (GEOPANTANAL), 1, 2006, Campo Grande/MS. **Anais...** p. 575-584. Campo Grande/MS, 2006. 1 CD-ROM.

CPETEC/INPE Boletim de monitoramento e análise climática. Cachoeira Paulista: Climanálise. v. 19. n. 8. 2004. 38p. Disponível em: <http://climanalise.cptec.inpe.br/~rclimanl/boletim/pdf/pdf04/ago04.pdf>

CPETEC/INPE **Imagem do satélite GOES 12 do Brasil em 4 de agosto de 2004**. Divisão de Satélites e Satélites Ambientais (DSA). 2004b. Disponível em: <http://satelite.cptec.inpe.br/home/>. Acessado em: 10/05/2012.

COSTA, E. M. P. **Expansão Urbana e Organização Espacial**. Recife: Universitária, 1982. 248p.

DHN (Divisão de Hidrografia e Navegação). Marinha da República Federativa do Brasil. **Carta Sinótica do Brasil de 4 de agosto de 2004**. 2004.

EPA **United States Environmental Protection Agency**. Disponível em: <http://www.epa.gov>. Acesso: 12/05/2012.

FAURAN, P. Prévission et prevention des épidémies de dengue. **Bulletin de la Société de Pathologie Exotique**. n. 89. 1996. P. 123-127.

FOLCKS, D. A. et al. Dynamic life table model for *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae): analysis of literature and model development. **Journal of Medical Entomology**. n. 6. v. 30. 1993. P. 103-1017.

FORATTINI, O. P. **Culicidologia médica**. vol. 2. Sao Paulo: Edusp, 2002. 860p.

GADELHA, D. P.; TODA, A. T. Biologia e comportamento do *Aedes aegypti*. **Revista Brasileira de Malariologia**. N. 32. 1985. P. 29-36.

HAUGHTER, G.; HUNTER, C. **Sustainable Cities** Londres: J. Kingsley Publishers / Regional Studies Association, Bristol, Pa. 1994.

LAFFERTY, K. D. The ecology of climate change and infectious diseases. **Ecology**. n. 90. v. 4, 2009 p. 888-900.

LANDSBERG, H. E. **The urban climate**. London: Academic Press. 1981. 275p.

LOMBARDO, M. A. F. **Ilha de calor nas metrópoles: o exemplo de São Paulo**. São Paulo: Hucitec. 1994. 244p.

MARTINELLI, M. Clima do Estado de São Paulo, **Confins** 2010. Disponível em: <http://confins.revues.org/6348>; DOI : 10.4000/confins.634. Acessado em: 10/05/2012.

OKE, T. R. The heat island of the urban boundary layer: characteristics, causes and effects. In: CERMAK, J. E. et al. **Wind climate in cities**. Kluwer Academic Publishers Press. 1995. p. 81-107

I Congreso Latinoamericano de Ecología Urbana
“Desafíos y escenarios de desarrollo para las ciudades latinoamericanas”

Junio 2012

PEREIRA, P.; MORAIS, L. Clima urbano e evolução da temperatura estrival em Lisboa no Século XX: tendência, número de noites quentes e amplitude térmica diária. **Finisterra**. V. 83, 2007. P. 109-126.

SÃO PAULO – **Fundação SEADE**. Disponível em: <http://www.seade.gov.br/>. Acessado em: 10/05/2012.

TYSON, P. D. et al. Temperature structure above cities: review and preliminary findings from the Johannesburg urban heat island project. **Atmospheric Environment**. v. 6, 1972. p. 533-542.

YANG, H. M. Assessing the effects of temperature on the population of *Aedes aegypti*, the vector of dengue. **Epidemiology and Infection**, n.137. 2009. p. 1188–1202.

WORLD HEALTH ORGANIZATION Dengue: Guidelines for diagnosis, treatment, prevention and control. **World Health Organization (WHO) and the Special Programme for Research and Training in Tropical Diseases (TDR)**. 2009. 447p.

