

## **Influência das variáveis ambientais no aumento da incidência de Dengue em 2009: estudo de caso no município de Cáceres**

Suely Franco Siqueira Lima  
Elisabete Caria Moraes  
Gabriel Pereira

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - Inpe  
Av. dos Astronautas, 1758  
12227-010 – São José dos Campos, São Paulo - Brasil  
{suely, bete, gabriel}@dsr.inpe.br

**Resumo.** O aumento exponencial da incidência da dengue em 2009, divulgado pelo governo do Estado do Mato Grosso, identificou dezoito municípios em situação de risco de epidemia, dentre eles Cáceres. Este trabalho investiga se este aumento da taxa de incidência de casos de dengue no município de Cáceres está relacionado com oscilações ambientais significativas. Neste sentido compararam-se as variações ambientais entre os anos de 2007 e 2009, através da estimativa de dados ambientais oriundos das imagens dos satélites Land Remote Sensing Satellite (Landsat), Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM) e Earth Observation System (EOS, Terra e Aqua). As imagens do sensor Thematic Mapper (TM) do Landsat-5 foram utilizadas para delimitar as áreas vegetadas e cobertas por água num raio de 4000m (área de vôo do *Aedes aegypti*) no perímetro urbano. As temperaturas de superfície médias mensais para os horários próximos às 10:30h e 13:30h (hora local) foram extraídas do produto MOD11 proveniente dos sensores Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS), a bordo das plataformas Terra e Aqua do EOS. A pluviosidade média mensal foi obtida através do produto proveniente do TRMM (3B43). Dentre as variações ambientais, a mais significativa foi observada na temperatura máxima da superfície para o mês de Janeiro de 2009 (7°C em relação a 2007), a qual pode ter contribuído para o aumento da ocorrência de notificação de dengue. Desta forma, o uso do sensoriamento remoto contribui para a vigilância e controle da dengue.

**Palavras-chave:** dengue, sensoriamento remoto, vigilância entomológica, Pantanal.

**Abstract.** The exponential increase of the incidence of dengue in 2009, published by the state government of Mato Grosso, identified eighteen municipalities with epidemic risk, and Cáceres is included. This paper investigates if this higher rate of incidence of dengue in Cáceres is related to significant environmental oscillations. Therefore, we compared the environmental disparities between 2007 and 2009, through satellites environmental data from Land Remote Sensing Satellite (Landsat), Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM) and Earth Observation System (EOS, Earth and Aqua). The images from the Landsat 5 Thematic Mapper were used to classify the vegetated and water covered area in a 4000m radius (*Aedes aegypti* flying range) in the urban perimeter. The monthly mean surface temperatures acquired near 10:30 and 13:30 (local time) were taken from Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS) MOD11 product aboard of Terra and Aqua platforms. The average monthly rainfall was obtained through the product from the TRMM (3B43). Among the environmental variations, the most significant change was observed in the maximum surface temperature for the month of January 2009 (7°C compared to 2007), which contributed to increase in occurrence of dengue notification. Thus, the use of remote sensing contributes to dengue supervision and control.

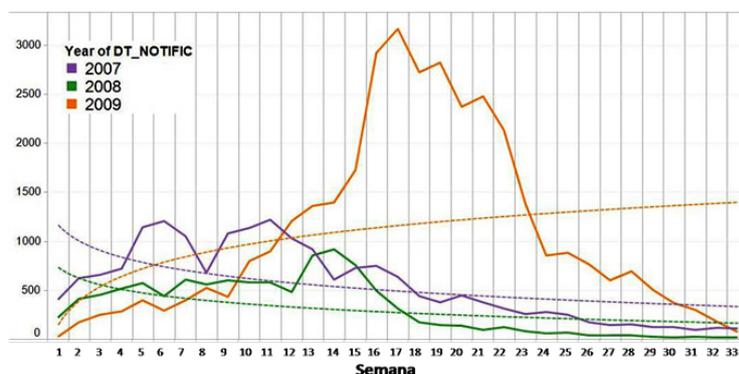
**Key-words:** dengue, remote sensing, entomological surveillance, Pantanal.

## 1. Introdução

A dengue é uma doença febril aguda, de etiologia viral e de evolução benigna na forma clássica, porém grave quando se apresenta na forma hemorrágica. É a mais importante arbovirose que afeta o homem e constitui um sério problema de saúde pública mundial. A maior incidência desta doença se manifesta especialmente nos países tropicais, onde as condições do meio ambiente favorecem o desenvolvimento e a proliferação do mosquito *Aedes aegypti*, principal vetor da dengue (SESMT, 2005).

Segundo Mendonça (2009) além dos aspectos relativos à própria mutação do vírus, diversos fatores ambientais e sociais estão associados à expansão dos vetores da dengue. Destacam-se como fatores ambientais as alterações climáticas e modificações nas paisagens e nos ecossistemas. Como fatores sociais evidenciam-se o crescimento populacional, a constituição de modos de vida, concentração e novos padrões da população, além da precariedade dos serviços de saúde pública.

Em 2009 o governo do Estado do Mato Grosso emitiu um boletim epidemiológico da dengue divulgando a mudança no perfil epidemiológico desta doença no Estado. Além de destacar os aumentos da taxa de incidência e do número de casos graves de dengue, evidenciou-se a mudança na sazonalidade desta epidemia, pois foi registrado o maior número de casos de dengue nos meses de abril e maio, diferentemente de epidemias anteriores quando o ápice ocorria nos meses de fevereiro e março (**Figura 1**). Até agosto de 2009 foram identificados 35.353 casos de dengue, sendo 1.095 considerados casos graves e 27 óbitos.



**Figura 1.** Distribuição por semana epidemiológica dos casos notificados de dengue em Mato Grosso - 2007 a 2009. Fonte: Secretaria de Estado de Saúde de Mato Grosso (2009).

Foram identificados dezoito municípios em situação de risco para esta epidemia, entre eles o município de Cáceres, objeto de estudo deste trabalho.

Medronho (2004) mostrou que o uso do Sistema de Informações Geográficas (SIG) em pesquisa na área de saúde possibilita novos métodos de manejo das informações espaciais, o que amplia a conexão entre informações ambientais e de saúde.

A grande maioria das pesquisas que utilizam as geotecnologias para o estudo da dengue emprega o SIG e as imagens de satélite para avaliar a dinâmica da distribuição espacial e temporal de suas ocorrências, como por exemplo, a modelagem espacial e temporal da doença realizada com as imagens de alta resolução para o Município de Vitória (Barreto Neto *et al.*, 2007), ou simplesmente, utilizar o SIG para a geração de mapas que espacializam os casos de dengue registrados, permitindo a compreensão entre os diferentes índices de ocorrência da doença (Leite, 2009).

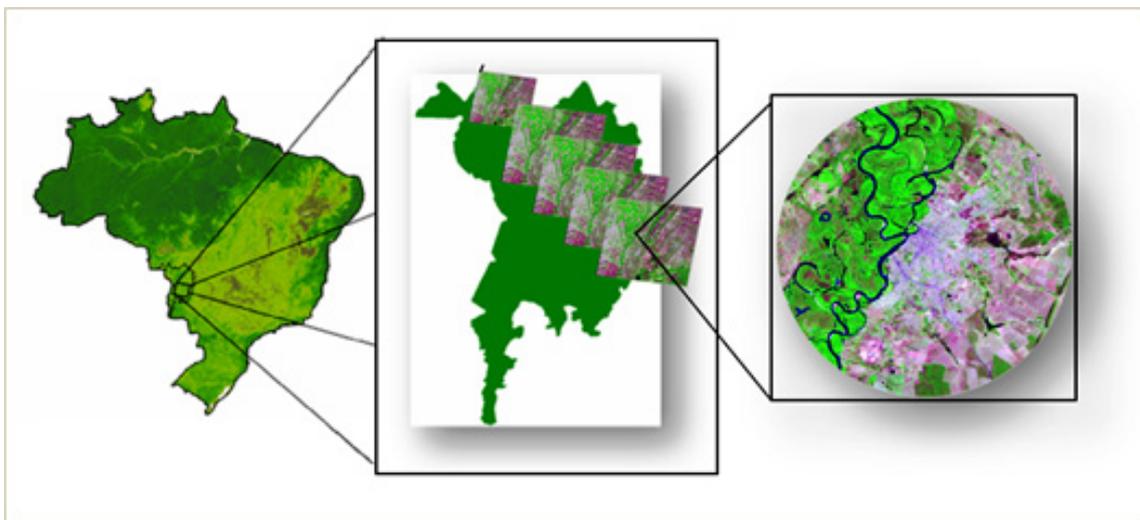
O estudo das relações causa e efeito desta doença nas regiões da bacia do Pantanal seria mais eficiente com uma visão espacializada dos fatores sociais e ambientais. As imagens de satélites permitem esta visão, bem como suprir à escassez de informações meteorológicas e ambientais de áreas extensas e de difícil acesso, como o Pantanal, de forma rápida e contínua.

## 2. Objetivo

Identificar, através de imagens de satélites, se o aumento da taxa de incidência de casos de dengue no ano de 2009 na cidade de Cáceres está relacionado com oscilações ambientais significativas e oferecer dados que contribuam com as atividades de controle da dengue.

## 3. Material e Métodos

O município de Cáceres localiza-se ao sul do Estado de Mato Grosso, na microrregião do Alto Pantanal e ocupa uma área de aproximadamente 24.400 km<sup>2</sup>, sendo 50% desta pertencente ao bioma Pantanal. O foco deste estudo é o centro urbano (16°04'13"S e 57°41'10"O) , que se situa à direita do Rio Paraguai, e seu entorno, que compõem aproximadamente 200 Km<sup>2</sup> (**Figura 2**).



**Figura 2.** Área de Estudo – Área urbana de Cáceres -MT e seu entorno  
Fonte: Imagem do satélite Landsat-5, cedida pelo Inpe.

O clima do município é predominantemente tropical apresentando características de continentalidade com marcantes diferenças entre as estações de seca e chuva. A temperatura média anual é de 22,6°C, apresentando os valores máximos e mínimos médios anuais de 26,4°C e 19,1°C, respectivamente. A precipitação média anual é de 1370 mm (Cáceres, 2010).

O estudo consistiu em analisar comparativamente algumas variações meteorológicas e ambientais existente nos anos de 2007 e 2009 através do mapeamento da vegetação e de corpos d'água, além de avaliar o índice pluviométrico e a temperatura do município.

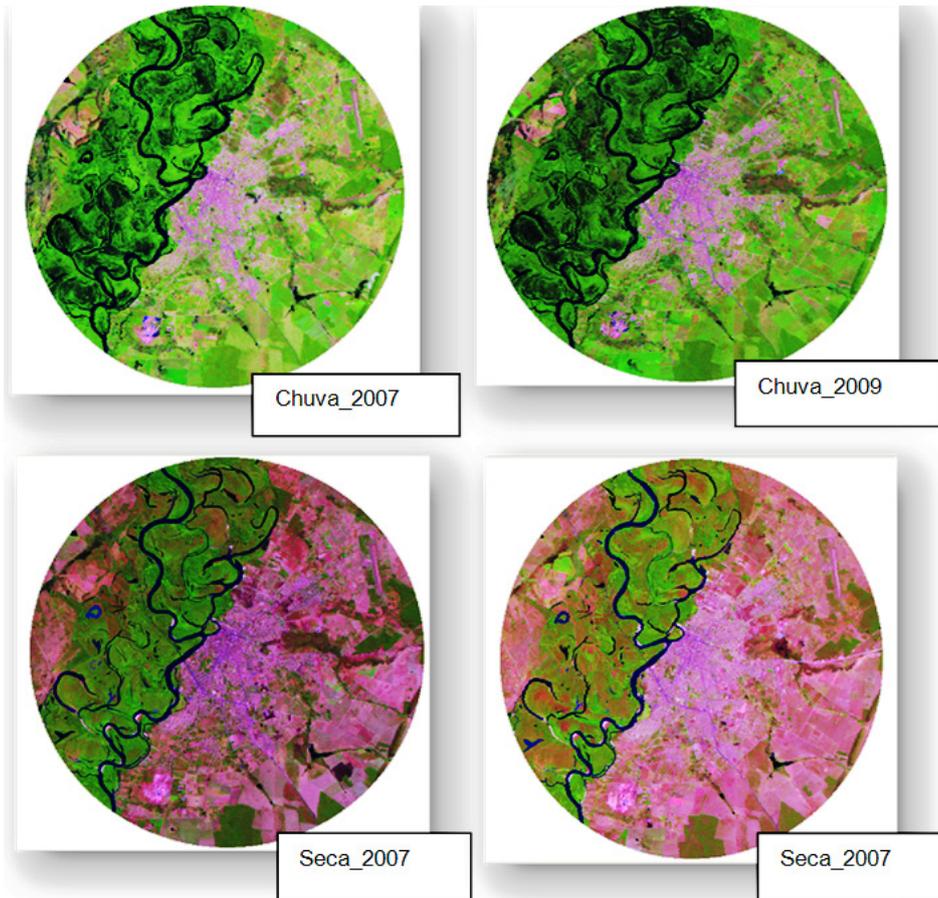
As imagens do Landsat-5 foram utilizadas para o mapeamento de dois períodos: chuvoso (dezembro-março) e seco (maio-agosto). O mapeamento foi feito sobre um recorte da área urbana, que considerou a distância de vôo do *Aedes aegypti*, pois segundo Maciel e Lourenço (2009) as fêmeas deste mosquito se dispersam em média aproximadamente 288m. Para abranger toda a área urbana e considerando as somatórias das distâncias percorridas pelas fêmeas, a área analisada apresenta um raio de aproximadamente 4.000m da região central da cidade.

Foram utilizadas imagens das regiões do espectro eletromagnético referente as faixas espectrais do vermelho, infravermelho próximo e infravermelho médio, respectivamente denominadas de bandas 3, 4 e 5 do sensor *Thematic Mapper* (TM) Landsat-5 e considerado como verdade terrestre as imagens de alta resolução, disponibilizada no *Google Earth*, para gerar os recortes do município e oito mapas temáticos com as classes "Água" e "Vegetação". Realizou-se uma classificação supervisionada por regiões a partir do algoritmo Bhattacharya implementado no programa Sistema de Processamento de Informações Georeferenciadas (SPRING). As áreas destas classes temáticas foram calculadas em km<sup>2</sup> para análise das possíveis oscilações ambientais.

Também através de imagens de satélites foram adquiridos os dados pluviométricos e de temperatura da superfície para os anos estudados. Os dados de precipitação foram obtidos do produto 3B43 proveniente do *Tropical Rainfall Measuring Mission* (TRMM), e os dados de temperatura foram obtidos do produto MODIS11A2 (a cada 8 dias) e MODIS11C3 (Mensal). Estes dados meteorológicos foram relacionados com os dados de cobertura e uso do solo para a identificação de possíveis oscilações ambientais encontradas em 2009 passíveis de influenciar o aumento da incidência de casos de dengue confirmados no município de Cáceres.

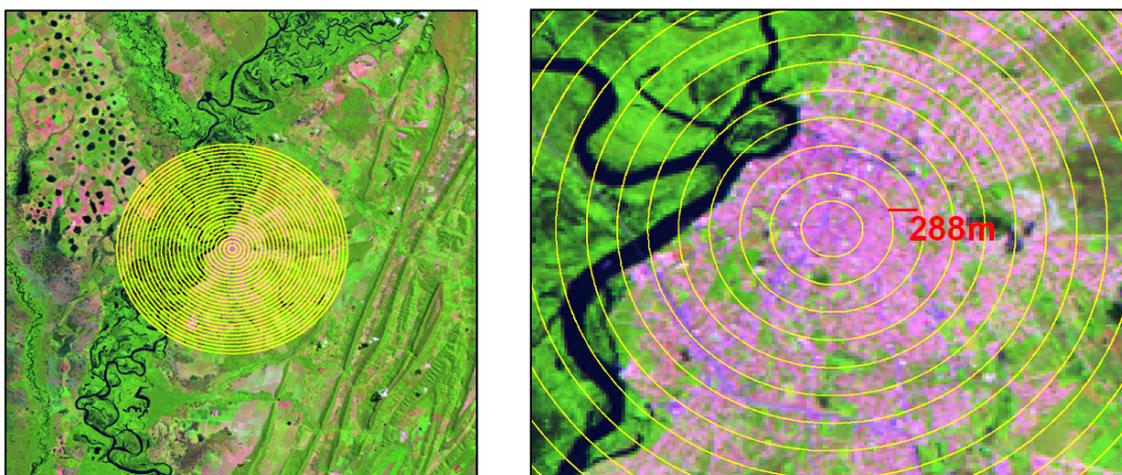
#### 4. Resultados e Discussão

Os recortes oriundos das imagens do Landsat-5 para o período seco (7/2007 e 8/2009) e para o período chuvoso (4/2007 e 4/2009) estão representados na **Figura 3**.



**Figura 3.** Recorte das imagens do Landsat-5 do município de Cáceres, MT de 2007 e 2009 do período seco e chuvoso.

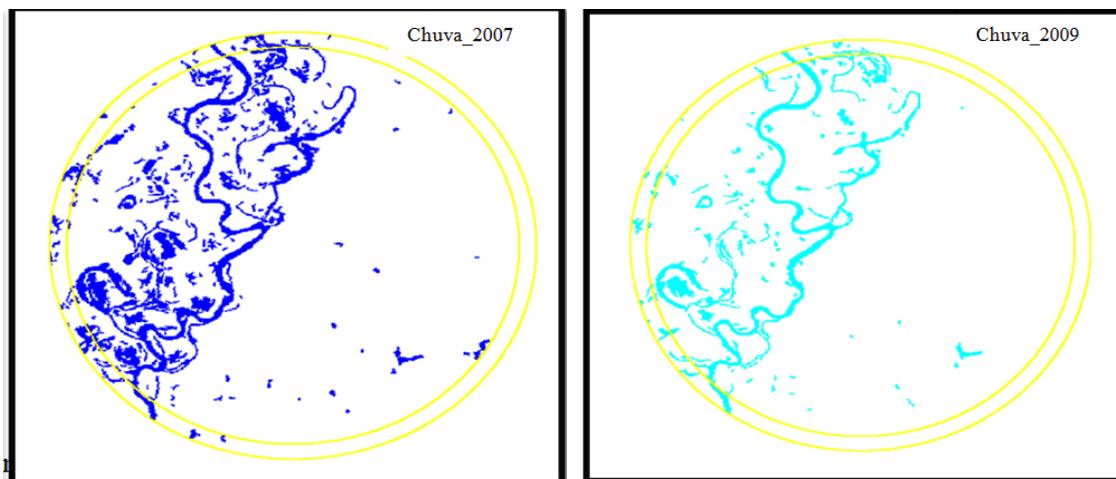
A **Figura 4** apresenta o recorte da área de estudo com o mapa de distância considerando um raio de aproximadamente 4.000m divididos em intervalos (faixas de distâncias) de 288m, tendo como ponto central a área urbana mais densa.



**Figura 4.** Mapa de distância com 288m sobre o município de Cáceres MT sobre a imagem do Landsat-5.

Usando o recorte como base, mapearam-se as superfícies cobertas por água e por vegetação nos anos e períodos definidos para o cálculo das classes temáticas. Os resultados

mostram que houve uma grande diminuição e modificação na localização de áreas cobertas por água (**Figura 5**) e pequeno aumento da área coberta por vegetação no mês em que ocorreu o ápice da ocorrência de notificação de Dengue, conforme apresentado na **Tabela 1**.



**Figura 5.** Classe temática “Água” para do município de Cáceres, MT no mês de abril.

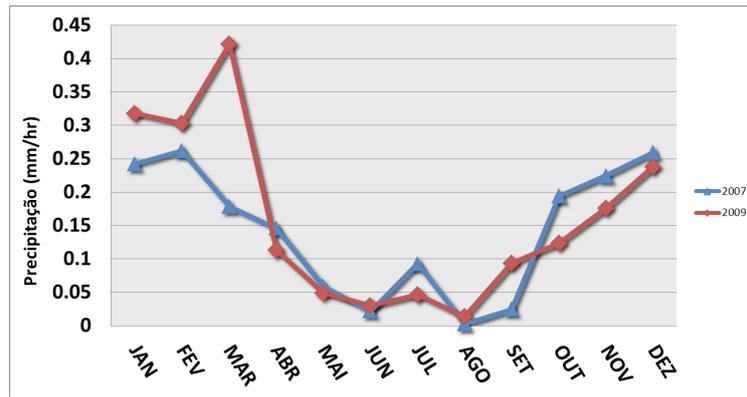
**Tabela 1.** Amostragem do município de Cáceres ocupada por Água e Vegetação.

	Período Chuvoso		Período Seco	
	04/2007	04/2009	07/2007	08/2009
Água/ Km <sup>2</sup>	20,65	12,03	9,58	8,12
Vegetação/Km <sup>2</sup>	86,20	87,33	74,34	78,30

□ Ápice da ocorrência de notificação de Dengue

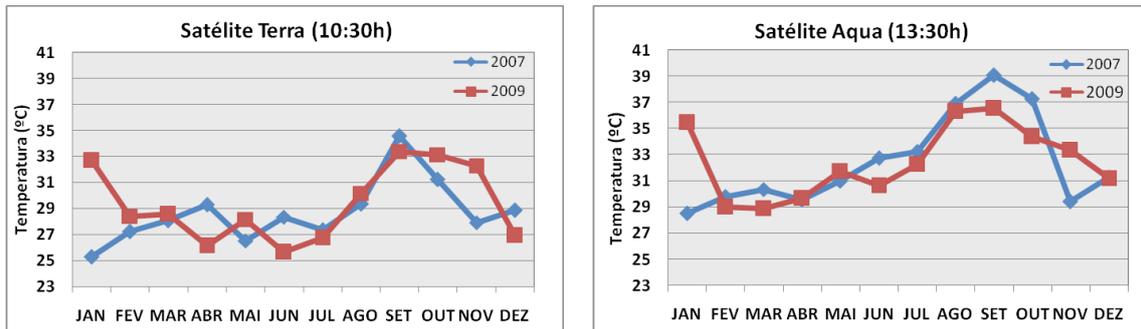
A **Figura 6** apresenta o valor médio mensal da precipitação, em que se observa um elevado aumento de 0,25 mm/hr no mês de Março de 2009 em relação ao mês correspondente de 2007. No entanto, isto não se traduziu em aumento de áreas inundadas. A análise dos dados de precipitação e de cobertura e uso do solo mostraram que apesar da precipitação em março de 2009 ser mais alta que 2007 a área total ocupada por corpos d’água em abril de 2009 foi menor do que 2007. A área de inundação da planície do Rio Paraguai não depende de chuva local, entretanto ela poderia ter influenciado na formação de lagos em áreas urbanas, mas não foi o que aconteceu. Em relação à influência destas variáveis na proliferação do *Aedes aegypti* o aumento da precipitação contribuiu para a renovação e oscilação dos corpos d’águas, condições que favorecem o período de incubação do vetor.

Mendonça (2003) verificou que a temperatura interfere na distribuição dos mosquitos, na frequência de suas picadas e no período de incubação do vírus, observando que o período de incubação do vírus varia de dez para sete dias quando a temperatura passa de 27°C para 37°C.



**Figura 6.** Precipitação de 2007 e 2009 do município de Cáceres, MT.  
Fonte: Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM)

A **Figura 7** apresenta os valores médios mensais das temperaturas de superfície para os horários próximos das 10:30h e 13:30h oriundos dos sensores MODIS, respectivamente, cujas as amplitudes foram ideais para o desenvolvimento do *vírus*. Esta figura evidenciou que a maior discrepância da temperatura entre 2007 e 2009 ocorreu no mês de Janeiro, em que a máxima temperatura foi 35,5°C, ou seja, 7°C acima da média de janeiro de 2007. Valor este superior ao valor médio máximo (26,4°C) divulgado pela Prefeitura Municipal de Cáceres em 2010. Cabe ressaltar que as máximas temperaturas da superfície e do ar ocorrem no horário próximo às 14 horas local, ou seja, próximo à passagem do satélite Aqua na região.



**Figura 7.** Média mensal da temperatura da superfície para os horários das 10:30h e 13:30h de 2007 e 2009 da área de estudo em Cáceres, MT.

Ao analisar os valores médios de oito dias da temperatura da superfície provenientes dos produtos Modis, verificou-se que os valores médios mensais apresentavam um desvio da ordem de 2°C. Desta forma, a temperatura de janeiro de 2009, próxima a 37°C, temperatura ideal para o desenvolvimento do vírus, o que pode ter contribuído para o aumento da taxa de incidência de casos de dengue.

O modelo matemático de Focks *et al.* (1995) estimou que o período de incubação extrínseco do vírus a 22°C é de 16,67 dias e a 32°C de 8,33 dias. Esta estimativa indica que as fêmeas infectadas submetidas a altas temperaturas teriam 2,64 vezes mais chances de completar o período de incubação extrínseco do que aqueles submetidos a baixas temperaturas no período chuvoso.

Considerando 7 dias o período de incubação do vírus na temperatura de 37°C, pode-se ter no mínimo quatro gerações de mosquitos o com o vírus incubado contra três gerações a 27°C. Ao considerar que o período de incubação do vírus é de 8 dias em temperatura

ideal, o período mínimo para transmissão da doença seria de 15 dias. O mosquito tem em média 45 dias de vida, portanto, a geração nascida no início de janeiro infectaria até 15 de fevereiro, e a geração nascida na segunda quinzena de janeiro infectaria até 15 de março. A discrepância de temperatura para o mês de janeiro de 2009 em relação a 2007 pode justificar o aumento na taxa de incidência de casos de dengue, bem como o aumento do número de casos graves de doença no mês de abril, o que corrobora com a mudança na sazonalidade desta epidemia. Entretanto deve-se levar em consideração que a temperatura ideal para o desenvolvimento do mosquito é de 30°C e que a 37°C, os mosquitos apresentam efeitos negativos sobre o desenvolvimento e a fecundidade do inseto.

O crescimento populacional também foi avaliado, pois é um dos fatores sociais que influenciam o aumento do número de casos da doença. Segundo o IBGE (2010) no período de 2007 a 2009 o crescimento populacional do município de Cáceres foi de 3,66% (3,58hab/Km<sup>2</sup>), aumento não significativo para justificar a situação de risco de epidemia no município em 2009.

## 5. Conclusões

As imagens orbitais permitem avaliar as alterações ambientais ocorridas nos anos de 2007 e 2009 que certamente influenciaram o período de incubação *do vírus e pode ter contribuído para o aumento na ocorrência de notificação de dengue em abril de 2009 no município de Cáceres, MT.* Na análise comparativa entre os dados ambientais verifica-se que o principal fator ambiental que pode ter influenciado o aumento da proliferação da dengue na região foi a alteração significativa na temperatura na superfície para o mês de Janeiro de 2009. A temperatura de superfície média estimada no período chuvoso de 2009 foi de 35,5°C para o horário das 13:30h, cujo valor é superior ao ano de 2007 (28,5°C para o horário das 13:30h), bem como acima da média máxima climatológica (26,4°C) divulgada pela prefeitura municipal de Cáceres em 2010.

Desta forma, este estudo evidencia que o uso do sensoriamento remoto pode ser utilizado como um aliado nas atividades de vigilância entomológica, propiciando dados que promovem um diagnóstico antecipado para análise da evolução e proliferação da doença, permitindo a realização de ações preventivas de ordem técnicas e de sensibilização da população.

## 6. Referências

- Barreto Neto, A. A.; Cometti, R.R.; Reis, J. A. T.; Bringhenti, J. R. Análise espacial aplicada na determinação de ocorrências de dengue na cidade de vitória – ES. In: 24º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, Belo Horizonte, 2007. **Anais...** ABES – Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, Belo Horizonte, 2007.
- Cáceres, MT Prefeitura Municipal. **Aspectos geográficos**. Disponível em: <<http://www.caceres.mt.gov.br/>>. Acesso em: 03 de julho de 2010.
- Focks D.A.; Daniels, E.; Haile, D.G.; Keesling, J.E. A simulation model of the epidemiology of urban dengue fever: literature analysis, model development, preliminary validation and samples of simulation results. **Am J Trop Med Hyg**, n. 53, p. 489-506, 1995.
- IBGE. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. <<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm?1>>. Acesso em: 05 de julho de 2010.
- Leite, M. E.; Abreu, K. K. R. C. Sistema de informação geográfica aplicado à distribuição do caso de dengue na microrregião de pirapora – MG. **HYGEIA, Revista Brasileira de Geografia Médica e da**

**Saúde**, v.5, n. 9, p. 63 -76, ISSN: 1980-1726,Dez/2009.

Maciel, F. R.; Lourenco O. R. Presumed unconstrained dispersal of *Aedes aegypti* in the city of Rio de Janeiro, Brazil. **Rev. Saúde Pública** [online]. 2009, vol.43, n.1, pp. 8-12. ISSN 0034-8910.

Mendonca, F. A. Aquecimento global e saúde: uma perspectiva geográfica - notas introdutórias. **Revista Terra Livre**, São Paulo, nº 20, p. 205-221, 2003

Mendonca, F. A. *et al.* Saúde pública, urbanização e dengue no Brasil. **Sociedade & Natureza**, Uberlândia, v. 21, n. 3, p. 257-269, 2009.

Medronho, R. A.; Werneck, G. L. **Técnicas de Análise Espacial em Saúde**. In: Medronho, R. A. Epidemiologia. Editora Atheneu, São Paulo, p.427-446, 2004.

Secretaria de Estado de Saúde de Mato Grosso. **Plano Estadual de Contingência de Dengue 2005-2006**. Cuiabá, Novembro de 2005.

Secretaria de Estado de Saúde de Mato Grosso. **Boletim Epidemiológico da Dengue**. nº 2, Outubro de 2009