

**Uso de imagens LANDSAT e modelo de previsão numérica de mesoescala para detectar mudanças no uso e cobertura da terra no Vale do Paraíba do Sul e vizinhanças, Brasil.**

**Nelson Jesus Ferreira, Daniela de A. França, Saulo R. de Freitas**

**Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos**

**São José dos Campos – São Paulo, Brasil**

**nelson.ferreira@cptec.inpe.br , [saulo.freitas@cptec.inpe.br](mailto:saulo.freitas@cptec.inpe.br), [daniela.franca@cptec.inpe.br](mailto:daniela.franca@cptec.inpe.br)**

**RESUMO:** Nas últimas décadas ocorreram mudanças significantivas no uso e cobertura da terra no Vale do Paraíba do Sul e adjacências, associadas principalmente ao crescimento urbano e industrial. O objetivo deste estudo é analisar implicações climáticas causadas por essas mudanças. Foram utilizadas imagens de sensoriamento remoto e modelagem atmosférica para detectar alterações na superfície e investigar os impactos dessas mudanças na circulação local. Duas simulações foram desenvolvidas levando se em conta as características representativas da década de 2000 e de 1970. Os resultados mostram mudanças na região que possivelmente alteraram as condições atmosféricas na escala local. A principal variabilidade climática observada foi causada por lagos artificiais.

**ABSTRACT:** In the last decades a significant land use/land cover change has occurred in Paraíba do Sul valley – SP and adjacent areas, mostly due to the associated urban and industrial growth. The objective of the current study is to analyze climatic implications caused by these changes. Remote sensing and atmospheric modeling techniques were used to detect alterations in surface and to investigate the impacts of surface changes on the local atmospheric circulation. Two simulations were performed taking in account the actual and the 30 years ago surface characteristics. The results show significant changes in scenery between 1970s and 2004 and that these changes were able to modify the atmospheric conditions in a local scale. The main observed climatic variations were caused by artificial lakes.

## **1. INTRODUÇÃO**

A aceleração dos processos de urbanização e industrialização em municípios do Vale do Paraíba, SP, e vizinhanças tem intensificado as mudanças de uso e cobertura da terra nesta região nas últimas décadas. Todavia, transformações deste tipo seriam capazes de ocasionar alterações climáticas, conforme mostrado por Tarifa (1981), Chase et al. (1999) e Abreu (2000). Por outro lado, a modelagem atmosférica também pode oferecer uma importante contribuição, na medida em que esta técnica nos permite antever possíveis cenários de modificações climáticas associados à atuação antrópica. O uso de modelos numéricos tem se mostrado importante para

auxiliar a avaliação das conseqüências de mudanças provocadas pelas atividades humanas, que são muito complexas, pois permitem simular diversas situações climáticas a partir de modificações nas condições da superfície terrestre e na constituição da atmosfera (Abreu, 2000). Com o intuito de avaliar o impacto das mudanças do uso/cobertura da terra na circulação atmosférica entre as décadas de 1970 e 2000, na região que abrange parte do Vale do Paraíba este trabalho tem como objetivo avaliar o comportamento regional das principais variáveis atmosféricas utilizando-se simulações numéricas com alta resolução espacial obtidas pelo modelo atmosférico BRAMS (*Brazilian developments on the Regional Atmospheric Modeling System*) e imagens multitemporais dos sensores MSS e TM-LANDSAT.

## **2. MATERIAS E MÉTODOS**

A área escolhida para a realização da detecção de mudanças (aproximadamente 10.000 km<sup>2</sup>) está localizada no leste do estado de São Paulo entre as latitudes -22°47' e -23°40' e longitudes -46°11' e -45°16', tendo o seu tamanho um pouco aumentado no sentido leste-oeste, na etapa referente às simulações atmosféricas.

Foram utilizadas neste estudo imagens orbitais representativas das décadas de 1970 e 2000.. Optou-se pelo uso de imagens de satélites da série LANDSAT devido ao banco de dados históricos obtido pelos sensores MSS e TM nos últimos trinta anos, o qual representa uma importante fonte de informações a respeito da área de estudo. As informações obtidas das imagens classificadas (Figura 1) foram incorporadas na versão operacional do BRAMS, versão 3.2, modelo atmosférico de mesoescala disponível no CPTEC (veja [www.cptec.inpe.br/brams](http://www.cptec.inpe.br/brams)), para a realização de simulações em alta resolução sobre o Vale do Paraíba e vizinhanças, a fim de analisar com maior detalhamento o impacto atmosférico destas mudanças. Deve-se destacar que os dados originais de cobertura da superfície do modelo para esta área, com resolução espacial de 1km, eram referentes ao início da década de 1990. Desta forma, a cobertura da terra no modelo torna-se mais realística, em virtude dos dados das imagens corresponderem aos períodos de interesse e possuírem uma melhor resolução espacial.

A etapa que diz respeito à simulação atmosférica foi realizada por meio da utilização do modelo BRAMS, desenvolvido a partir da versão mais recente do modelo RAMS (Regional Atmospheric Modeling System) com várias inovações, tanto no aspecto de parametrizações quanto no numérico. Este modelo foi desenvolvido inicialmente na Universidade do Estado do Colorado, EUA, e corresponde a um modelo numérico em diferenças finitas, apropriado para simular os movimentos da atmosfera em várias escalas (Walko et al., 2000). Para a obtenção dos campos meteorológicos, o BRAMS foi configurado com três grades aninhadas. A grade maior possui espaçamento horizontal de 20 km entre os pontos de grade nas duas direções, cobrindo a região situada entre as latitudes de 25,922°S a 20,522°S e longitudes de 52,297°W a 42,693°W. Como dados de entrada do modelo, utilizaram-se: as reanálises do NCEP (*National*

*Centers for Environmental Prediction*), com resolução de 2,5° de latitude e longitude. Duas simulações foram realizadas, levando em consideração as características atuais e de trinta anos atrás do terreno. Entretanto, ambos os experimentos foram rodados com as mesmas condições atmosféricas iniciais e de contorno (agosto de 2004).

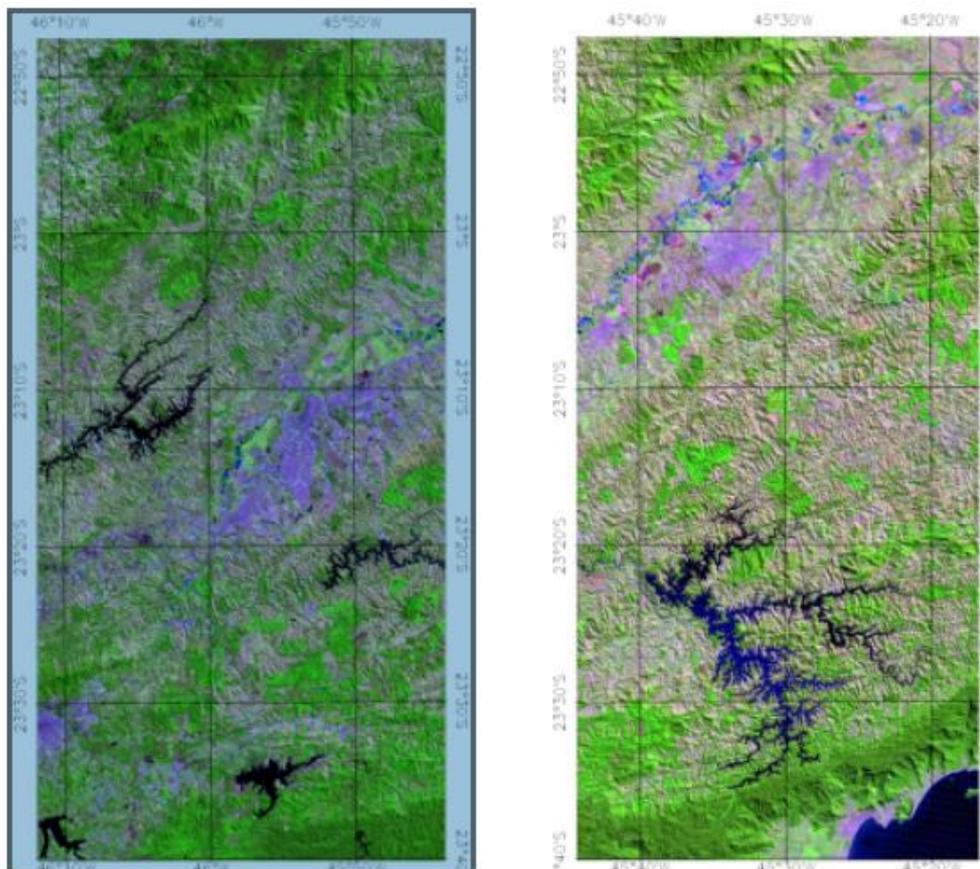


Figura 1: Imagens LANDSAT-5 de 8/9/2004 (à esquerda) e 31/7/2004 (à direita)

#### 4. RESULTADOS

As simulações atmosféricas realizadas indicam que as mudanças no uso e na cobertura da terra podem modificar as características da circulação atmosférica local. A comparação dos resultados dos dois experimentos mostra uma significativa alteração da temperatura do ar a 49 m da superfície, em especial, sobre as áreas onde houve crescimento urbano ou implantação de novos reservatórios e nas suas redondezas, conforme ilustrado nas diferenças entre as médias de temperatura das 12:00 às 18:00 (hora local) e das 00:00 às 06:00 (Figura 1). No período da tarde nota-se um aquecimento da superfície terrestre nas áreas onde houve aumento da urbanização (especialmente nas adjacências da rodovia Presidente Dutra e no litoral) e diminuição de terrenos úmidos bem como o resfriamento relativo naquelas áreas ocupadas pelos novos reservatórios. À noite, ocorre resfriamento sobre a parte central de São José dos Campos, nas proximidades da várzea do Rio Paraíba do Sul, devido à substituição de áreas úmidas por coberturas dos tipos cultura/pastagem e urbana, uma vez que essa mudança de cobertura resulta

também na alteração do calor específico da superfície que regula a sua amplitude térmica. Estas áreas possuíam maior quantidade de água no solo na década de 1970 e, conseqüentemente, maior calor específico, além do albedo mais baixo, resultando numa maior quantidade de radiação absorvida na superfície durante o dia, em relação a 2004, fazendo com que esta área permanecesse mais aquecida à noite. Por outro lado, observa-se um aquecimento nas áreas das represas de Paraibuna e Jundiá, influenciando também as áreas vizinhas. Isto se deve, sobretudo, à advecção pelos ventos dominantes que se deslocam sobre as represas transportando calor e umidade para estas localidades.

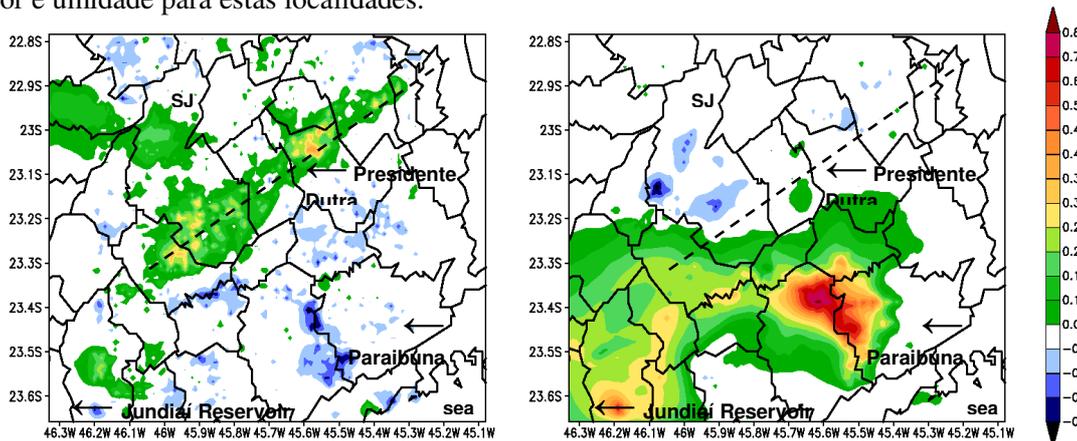


Figura 1 – Campos das diferenças entre as médias das 12:00 às 18:00, à esquerda, e das 00:00 às 06:00, à direita, hora local, da temperatura a 48,8 m da superfície, dos Experimentos com a cobertura de 2004 e 1970 realizados com o modelo BRAMS.

O crescimento da área urbana também alterou a temperatura do ar próximo à superfície, como o ocorrido na parte sul do município de São José dos Campos, por exemplo, em decorrência da substituição de uma cobertura do tipo pastagem pela urbana. Neste caso, as alterações no albedo da superfície e a diminuição do conteúdo de umidade do solo resultaram na elevação do *input* de radiação solar, enquanto que o aumento da rugosidade da superfície tornou maior a turbulência mecânica. Com relação ao campo de vento, o principal contraste refere-se ao aumento da velocidade sobre o reservatório de Paraibuna, na simulação com a cobertura da superfície de 2004, em decorrência da diminuição da rugosidade provocada pelo alagamento desta área.

A modificação da cobertura da terra fez com que as propriedades físicas das superfícies que foram transformadas em urbanas ou inundadas, em especial, se tornassem distintas das demais, resultando em diferenças entre as trocas de energia destas superfícies com a atmosfera e, conseqüentemente, entre a temperatura do ar sobre estas e a temperatura do ar acima dos terrenos vizinhos. Enquanto que, no período noturno, o aquecimento diferencial existente entre o corpo d'água e a porção continental (causado pela maior capacidade de armazenamento de calor pelo primeiro) foi responsável pela atração dos ventos próximos à superfície para a área de baixa pressão sobre o reservatório (Figura 2).

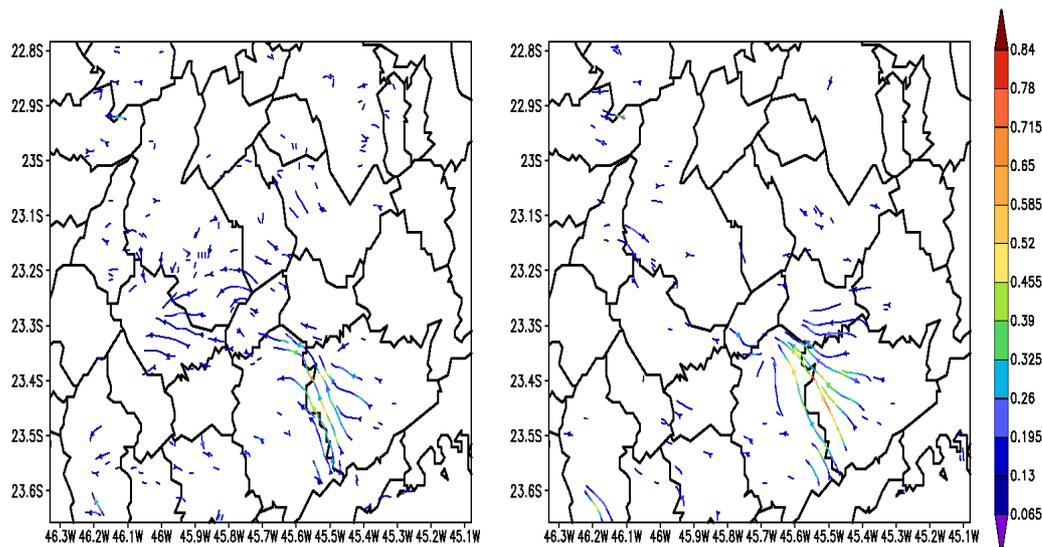


Figura 2 – Campos das diferenças entre as médias das 12:00 às 18:00, à esquerda, e das 00:00 às 06:00, à direita, do vento horizontal (m/s) a 48,8m da superfície, obtidos pelo modelo BRAMS.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O emprego das imagens classificadas dos dois períodos na etapa de simulações climáticas foi fundamental para diagnosticar o impacto climático decorrente das mudanças na paisagem. Da mesma forma, o uso do modelo BRAMS foi de grande importância para simular o comportamento da circulação atmosférica na região, já que ele reproduz bem as dinâmicas das variáveis atmosféricas, permitindo a observação de características meteorológicas particulares a cada um dos cenários distintos apresentados, um com a cobertura da superfície da década de 1970 e outro com a de 2004. As alterações observadas na circulação atmosférica sugerem, em especial, a contribuição do crescimento urbano e da implantação de reservatórios para a geração de microclimas na região.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abreu, M. L., 2000: Uso de modelos de circulação geral da atmosfera para simular o clima e a variabilidade climática. In: Neto, J.L.S.; Zavatini, J. A. (orgs.) **Variabilidade e mudanças climáticas: implicações ambientais e socioeconômicas**. Maringá: Eduem, p. 83-93.
- Chase, T. N.; R. A. Pielke; T. G. F. Kittel.; J. S. Baron; T. J. Stohlgren, 1999: Potential impacts on Colorado Rocky Mountain weather due to land use changes on the adjacent Great Plains. *Journal of Geophysical Research*, v.104, n.D14, p.16.673-16.690.
- Tarifa, J. R., 1981: A análise topo e microclimática e o trabalho de campo: o caso de São José dos Campos. **Série Climatologia**. São Paulo: USP/Inst. de Geografia, n. 11, p. 1-25.
- Walko R.; L. Band; J. Baron; Kittel F; R. .; Lammers; T. Lee; Ojima D. Ojima; R. Pielke; C. Taylor; Tague C.; C. Tremback; P. Vidale, 2000: Coupled atmosphere-biophysics-hydrology models for environmental modeling. **J. Appl. Meteorol.**, v. 39, n. 6, p. 931-944.