

# **USO DA GEOESTATÍSTICA NO MAPEAMENTO DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO DO ESTADO DE MINAS GERAIS E ESTIMATIVA DA VARIAÇÃO DO CONSUMO DE ÁGUA POR PIVÔ CENTRAL NO MUNICÍPIO DE UNAÍ-MG, ENTRE 1998 E 2008.**

Lidiane Aparecida Borges<sup>1</sup>, Rafael Menezes Pereira<sup>2</sup>, Elizabeth Ferreira<sup>3</sup>, Antonio Augusto Aguilar Dantas<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Engenheira Agrícola, Mestranda em Engenharia Agrícola – Engenharia de Água e Solo - Departamento de engenharia/DEG-Universidade Federal de Lavras/UFLA-Cx.P.3037-37200-00, lilienagri@uol.com.br;

<sup>2</sup> 4º módulo de Agronomia- bolsista PIBIC/FAPEMIG, Universidade Federal de Lavras/UFLA-Cx.P.3037-37200-00, rpmenezes@yahoo.com.br;

<sup>3</sup> Professor, DEG/UFLA/LAVRAS - Brazil- Departamento de engenharia/DEG-Universidade Federal de Lavras/UFLA-Cx.P.3037-37200-00, behf@ufla.br, auau@ufla.br.

Apresentado no XVI Congresso Brasileiro de Agrometeorologia – 22 a 25 de Setembro de 2009 - GranDarrell Minas Hotel, Eventos e Convenções - Belo Horizonte, MG

**RESUMO:** O aumento da demanda de água para a irrigação tem sido objeto de constante preocupação dos órgãos de gestão dos recursos hídricos. Os objetivos deste trabalho foram determinar, via imagens orbitais, a variação da área irrigada por pivôs-centrais no município de Unaí – MG, entre os anos de 1998 e 2008 e, em seguida, estimar a demanda hídrica desse sistema, com base na evapotranspiração média do município. Utilizando imagens de satélite e ferramentas de geoprocessamento, foram determinadas as áreas irrigadas por pivô-central. O consumo de água dessas áreas irrigadas foi estimado com base na evapotranspiração média do município, a qual foi obtida pelo mapeamento da evapotranspiração, para todo o estado de Minas Gerais, por meio da geoestatística, e utilizando dados das normais climatológicas (1961-1990), de 32 estações do estado de Minas Gerais. Entre 1998 e 2008, o número de pivôs-centrais no município de Unaí – MG passou de 196 para 393, a área irrigada de 18277 ha para 36268 ha e o consumo de água de 20,1 para 39,9 milhões de m<sup>3</sup> ano<sup>-1</sup>, indicando que a demanda para a irrigação tem crescido de forma acelerada.

**PALAVRAS-CHAVE:** geoestatística, geoprocessamento, recursos hídricos.

## **USE OF GEOSTATISTICS TO MAP THE EVAPOTRANSPIRATION IN MINAS GERAIS STATE AND ESTIMATIVE VARIATION IN THE WATER DEMAND FOR IRRIGATION BY CENTER PIVOT IN MUNICÍPIO DE UNAÍ- MG, BETWEEN 1998 AND 2008**

**ABSTRACT:** The increase in the water demand for irrigation is a matter of concern of water resources management institutions. The objectives of this work were to determine, via orbital images, the variation of the irrigated area by center pivot in the no município de Unaí – MG, in the period between 1998 and 2008, in order to estimate the water demand by these systems of irrigation, evapotranspiration based on the average of the city. Using satellite images and GIS tools, the center pivot irrigated areas were determined and the water consumption by the main irrigated crops in this region was estimated using average evapotranspiration in the city, which was obtained by mapping of evapotranspiration for the entire state of Minas Gerais, by geostatistics, and used

annual normal historical series from 32 climatologic stations in this state. In the period between 1998 and 2008, the number of center pivots in the no município de Unaí – MG increased from 196 to 393 and the corresponding irrigated area changed from 18.277 to 36.268 ha; consequently, the consumption of water increased from 20.1 to 39,9 million m<sup>3</sup> year<sup>-1</sup>. indicating the demand of water for irrigation has been growing in a higher rate.

**KEYWORDS:** geostatistics, GIS, water resources.

**INTRODUÇÃO:** A crescente demanda brasileira e mundial por alimentos, principalmente grãos, está ocasionando um aumento a cada ano nas áreas cultivadas no Brasil, que é um país privilegiado por grande quantidade de rios, o que favorece a exploração por sistemas de irrigação. Para que seja possível uma adequada gestão desses recursos, o conhecimento sobre a oferta e a demanda hídrica é fundamental. No que se refere à demanda por recursos hídricos, o desenvolvimento das atividades antrópicas tem influência direta sobre esses valores, que podem ser alterados abruptamente, com a simples introdução de uma nova indústria ou área irrigada na bacia. Esse fato fortalece a idéia de que estudos para o conhecimento da demanda por recursos hídricos devem ser atualizados com maior frequência (Sano et.al.). A característica circular das áreas irrigadas por pivô-central, cuja extensão varia, em geral, de 10 a 120 ha, permite a delimitação rápida e precisa desses equipamentos de irrigação nas imagens orbitais, como por exemplo, os satélites LANDSAT (norte-americano, com resolução espacial de 30 m), SPOT (francês, com o sensor de resolução espacial de 20 m) e o CBERS (sino-brasileiro, com o sensor de resolução espacial de 20 m). Diante do exposto, como forma de gerar dados e informações que contribuam para a adequada gestão dos recursos hídricos, os objetivos deste trabalho foram determinar, via imagens orbitais, a variação da área irrigada por pivôs-centrais no município de Unaí – MG, entre os anos de 1998 e 2008 e, em seguida, estimar a demanda hídrica desse sistema, com base na evapotranspiração média do município.

**MATERIAIS E MÉTODOS:** O município de Unaí, possui uma área de 8.464 km<sup>2</sup> e está localizado na região noroeste do estado de MG (Figura 1) entre as coordenadas 15°36' e 17°03' S, 46°11'e 47°24' WGr. As imagens utilizadas nesse trabalho provém dos satélites Landsat\_5\_TM do ano de 1998 e do satélite CBERS\_2B\_CCD do ano de 2008. Essas imagens foram disponibilizadas pela Divisão de Geração de Imagens do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). As Imagens CBERS foram georreferenciadas automaticamente pelo software ENVI a partir do mosaico da NASA S-22-15-2000. As imagens Landsat georreferenciadas a partir das imagens CBERS usando ferramenta do software ENVI coletando em média 40 pontos na imagem referência (Sano et.al.). Foram necessárias 4 imagens CBERS para compor o município de Unaí sendo as órbitas ponto 155/119, 156/118, 156/119, 157/118 e 3 imagens Landsat com as órbitas ponto 220/71, 220/72, 221/71. As marcações dos pivôs centrais foram feitas utilizando-se uma ferramenta de traçado elipse, pois esta forma representa melhor essa característica exclusiva desse sistema de irrigação. Os vetores em forma de elipse, que representavam os pivôs centrais, foram exportados para formato ROI - REGION OF INTEREST, para que se extraísse o número total de pivôs e a área, de forma geral e individual. O vetor representando o limite do município de Unaí foi disponibilizado pelo IGAM – Instituto Mineiro de Gestão das Águas. Já que para

compor o município foram usadas mais de uma imagem, fez-se um mosaico, tanto Landsat quanto CBERS.

Para mapeamento da evapotranspiração, foram utilizadas, séries históricas normais anuais de evapotranspiração do tanque classe A, para 32 estações climatológicas presentes no estado de Minas Gerais. Os dados estão disponíveis nas Normais Climatológicas de Minas Gerais (1961 a 1990). A dependência espacial das variáveis foi analisada por meio de ajustes de semivariogramas (Vieira *et al.*, 1983) e interpolação por krigagem. Para analisar o grau da dependência espacial do atributo em estudo, utilizou-se a classificação de Cambardella *et al.* (1994), em que são considerados de dependência espacial:

- Forte: os semivariogramas com efeito pepita menor ou igual a 25% do patamar

$$\left( \frac{C_o}{C_o + C} \leq 0,25 \right);$$

- Moderada: quando o efeito pepita está entre 25 e 75 % do patamar  $\left( 0,25 \leq \frac{C_o}{C_o + C} \leq 0,75 \right);$

- Fraca: quando o efeito pepita for maior ou igual a 75 % do patamar  $\left( \frac{C_o}{C_o + C} \geq 0,75 \right).$

O ajuste dos modelos de semivariogramas foi escolhido em função dos mínimos quadrados ponderados. Após o ajuste dos semivariogramas, foi realizada a interpolação dos dados por krigagem ordinária, de forma a possibilitar visualizar padrões de distribuição espacial das variáveis.

O georeferenciamento da imagem foi realizado com base nas informações georeferenciadas dos municípios tais como coordenadas planas e polígonos indicando as fronteiras foram obtidas a partir do Programa Integrado de Uso da Tecnologia de Geoprocessamento pelos Órgãos do Estado de Minas Gerais (GEOMINAS, 2007). Para a realização da análise geoestatística e para a plotagem do mapa foi utilizado sistema computacional estatístico R (Development Core Team, 2006) através de sua biblioteca geoR (Ribeiro & Diggle, 2001). O mapa de krigagem produzido encontra-se na Projeção Albers Conica Igual Área (unidades em metros), com Datum Horizontal SAD 69. Com base nas áreas irrigadas por pivô central e na evapotranspiração média, obtida pelo mapeamento da evapotranspiração para o estado de Minas Gerais, estimou-se para o município de Unaí MG o consumo total de água gasto por esse sistema de irrigação nos anos de 1998 e 2008.

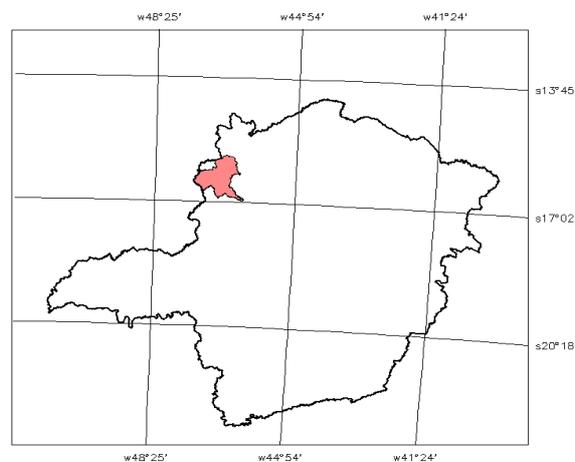


Figura 1. Localização do município de Unaí-MG

**RESULTADOS E DISCUSSÕES:** Para o ano de 1998 foram delimitados 196 pivôs (Figura 2a), totalizando um área de 182.770.000,00 m<sup>2</sup> ou 18.277,00 ha. Nesta data o menor pivô irriga 22 ha e o maior irriga 163 ha. Já para o ano de 2008 foram delimitados 393 pivôs(Figura 2b). A área total irrigada é de 362.680.000,000 m<sup>2</sup> ou 36.268,00 ha. Em 2008, o menor e o maior pivô irrigam respectivamente 14 e 170 hectares. Neste estudo verificou-se o aumento de 17.991,00 ha da área irrigada de 1998 para 2008, correspondendo ao aumento de 197 sistemas. A área irrigada por esses sistemas correspondeu a 2,16% e 4,28% da área do município de Unaí, nos anos de 1998 e 2008 respectivamente.

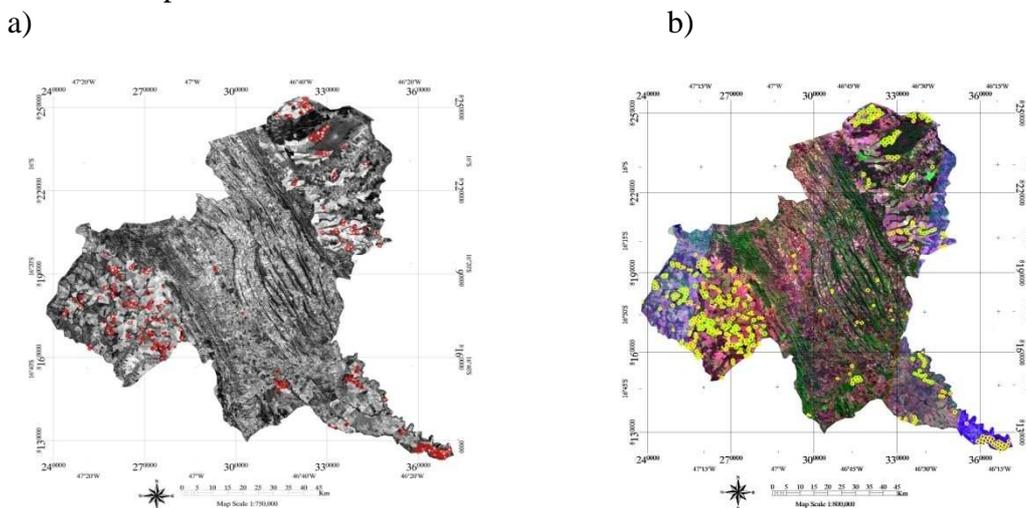


Figura 2. Mapa dos pivôs centrais instalados do Município de Unaí MG em 1998 (a) e 2008(b).

Já na Figuras 3, encontra-se o mapa de krigagem produzido para evapotranspiração anual em Minas Gerais, o qual foi gerado utilizando-se o melhor modelo de semivariograma que foi o exponencial que apresentou grau de dependência forte de acordo com a classificação de Cambardella *et al.* (1994). A evapotranspiração está apresentada em escala de cores, com legenda em milímetros (mm). Observa-se que as maiores lâminas evapotranspiradas foram verificadas na porção norte do estado (divisa com o estado da Bahia). A região sudeste apresenta uma grande faixa onde a evapotranspiração é bem inferior à que ocorre no restante do estado. A amplitude de variação da evapotranspiração em todo o estado foi de 60 a 180 mm.

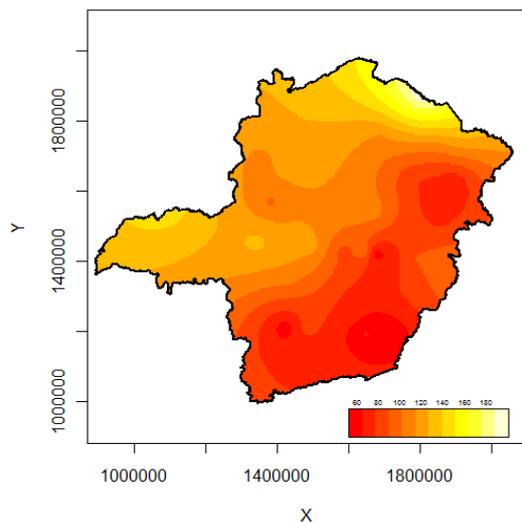


Figura 3 – Mapas da Evapotranspiração no estado de Minas Gerais

Pela figura acima verifica-se que a evapotranspiração média para o município de Unaí, é de 110 mm. Baseado nesse valor e nas áreas totais de 18277 ha e 36268 ha respectivamente em 1998 e 2008, irrigadas por pivô central no município de Unaí, o consumo de água gasto por esse sistema foi de  $20,1 \times 10^3 \text{ m}^3$  e de  $39,9 \times 10^3 \text{ m}^3$  por ano, respectivamente para os anos de 1998 e 2008. Portanto, houve incremento de  $9,8 \times 10^3 \text{ m}^3$ , o que representa um aumento de 50,4% no consumo de água para a irrigação por pivô-central, no município de Unaí MG, entre os anos de 1998 e 2008.

**CONCLUSÃO:** No período de 1998 a 2008, houve aumento no número de equipamentos, na área irrigada e no consumo de água para irrigação por pivô-central, no município de Unaí MG. O consumo de água para irrigação por pivô-central, tem crescido de forma acelerada.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRASIL. MINISTERIO DA AGRICULTURA E REFORMA AGRARIA. Normais climatológicas: 1961 - 1990. Brasília: MARA, 1992 84 p.

CAMBARDELLA, C.A.; MOORMAN, T.B.; NOVAK, J.M.; PARKIN, T.B.; KARLEN, D.L.; TURCO, R.F.; KONOPKA, A.E. Field scale variability of soil properties in Central Iowa soils. Soil Science Society of America Journal, Madison, v.58, n.5, p.1501-1511, 1994.

Divisão de Geração de Imagens do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) no site <<http://www.dgi.inpe.br>>.

GEOMINAS (2007) *Programa Integrado de Uso da Tecnologia de Geoprocessamento pelos Órgãos do Estado de Minas Gerais*. Informações sobre Divisão Político-Administrativa - 853 municípios. Disponível em: <<http://www.geominas.mg.gov.br/>> [acesso em 11 janeiro. 2009].

IGAM (2009). Instituto Mineiro de Gestão das Águas. Disponível em: <<http://www.igam.mg.gov.br>> [Acesso em 15 maio de 2009].

RIBEIRO JR., P.J. and DIGGLE, P.J. (2001) geoR: A package for geostatistical analysis. R-NEWS Vol 1, No 2. ISSN 1609-3631.

SANO, E.E; LIMA, J.E.F.W.; SILVA, E.M.; OLIVEIRA, E.C. *Estimativa da variação na demanda de água para irrigação por pivô-central no Distrito Federal entre 1992 e 2002*. Eng. Agríc., Jaboticabal, v.25, n.2, p.508-515, 2005.

VIEIRA, S.R.; HATFIELD, T.L.; NIELSEN, D.R. & BIGGAR, J.W. Geostatistical theory and application to variability of some agronomical properties. Hilgardia, 51:1-75, 1983.