

## MÉTODOS E FERRAMENTAS DE INTERPOLAÇÃO PARA GERAÇÃO DE MAPAS GEORREFERENCIADOS PARA IRRIGAÇÃO DE PRECISÃO

EDUARDO A. SPERANZA<sup>1</sup>, ANDRÉ TORRE-NETO<sup>2</sup>, EVANDRO L. L. RODRIGUES<sup>3</sup>, CÉLIA R. GREGO<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Msc. em Engenharia Elétrica, Analista de Sistemas, Laboratório de GeoTecnologias, Embrapa Informática Agropecuária, Campinas-SP, [speranza@cnpia.embrapa.br](mailto:speranza@cnpia.embrapa.br)

<sup>2</sup> Dr. em Física, Pesquisador, Embrapa Instrumentação Agropecuária, São Carlos-SP

<sup>3</sup> Dr. em Física, Prof. Doutor, Departamento de Engenharia Elétrica, EESC/USP, São Carlos-SP

<sup>4</sup> Dra. em Enga. Agrícola, Pesquisadora, Embrapa Monitoramento por Satélite, Campinas-SP



Apresentado no

Congresso Brasileiro de Agricultura de Precisão - ConBAP 2010  
27 a 29 de setembro de 2010 - Ribeirão Preto - SP, Brasil

**RESUMO:** Este trabalho teve como objetivo desenvolver um aplicativo computacional capaz de gerar mapas georreferenciados úteis para a tomada de decisão em irrigação de precisão. Para tanto, foram utilizadas as bibliotecas TerraLib e SOMCode, ambas de código aberto e escritas na linguagem C++, desenvolvidas pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) e pela Embrapa Tabuleiros Costeiros (CPATC), respectivamente. Os dados utilizados para a geração desses mapas foram obtidos por uma grade de sensores de uma unidade piloto da plataforma Irrigap, desenvolvida pela Embrapa Instrumentação Agropecuária (CNPDIÁ), dados esses referentes a medidas horárias de umidade e temperatura do solo e temperatura do ar. Diferentes métodos de interpolação foram utilizados, com o intuito de verificar qual a melhor maneira de se gerar mapas que possibilitem a visualização de áreas com o mesmo comportamento com relação às variáveis de solo e climatológicas, as chamadas zonas de manejo agrícolas. Os resultados obtidos mostraram que é possível a identificação dessas zonas, desde que sejam utilizados os algoritmos corretos para cada situação. Além disso, aplicativos para a geração de mapas temáticos utilizando dados reais podem se tornar importantes para a tomada de decisão em agricultura de precisão, proporcionando benefícios como a economia de água e energia durante o período de irrigação.

**PALAVRAS-CHAVE:** irrigação de precisão, mapas temáticos, instrumentação agropecuária

## INTEPOLATION TOOLS AND METHODS FOR GEORREFERENCED MAPS GENERATION FOR DECISION MAKING IN PRECISION IRRIGATION

**ABSTRACT:** The objective of this work was to develop a computer tool able to generate util georeferenced maps to make decision in precision irrigation. For both, TerraLib and SOMCode libraries were use, both free code and C++ language wrote, developed receptively by Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) and Embrapa Tabuleiros Costeiros (CPACT) . Data were obtained from sensor grid of a pilot unit of the Irrigap platform, developed by Embrapa Instrumentação Agropecuária (CNPDIÁ), referring to hourly measures of soil moisture and temperature and air temperature. Different interpolation methods were used, with the intention of verify the best way to generate maps to make possible the visualization of areas with the same behavior related to the soil and the climatological variables, know as management zones. Obtained results show that the identification of these zones is possible, since the correct algorithms are used for each situation. Besides that, applications developed to generate thematic maps using real data can be important for making decision in precision agriculture and to provide benefits like saving water and energy during the irrigation period.

**KEYWORDS:** precision irrigation, thematic maps, agricultural instrumentation

**INTRODUÇÃO:** A irrigação é um método importante para manutenção da disponibilidade de água na atividade agrícola, com o intuito de se obterem altos índices de qualidade e produtividade. Além disso, outros fatores devem ser considerados para justificar a sua utilização, dentre eles: a diminuição do risco da quebra de safra, melhorias na qualidade do produto final e a ampliação de safras anuais, realizando o cultivo em diferentes épocas do ano. Diante desse contexto, esforços com a criação de novas metodologias e instrumentos vem sendo realizados para melhorar o processo de irrigação em culturas que necessitam de água para manutenção da produtividade e qualidade, com o objetivo de evitar o estresse hídrico em períodos de seca, maximizando o uso eficiente da irrigação. Os mapas temáticos (CÂMARA, 1995) desempenham papel de fundamental importância no processo de tomada de decisão em agricultura de precisão. Especificamente para a irrigação de precisão, a identificação de áreas com diferentes comportamentos com relação à distribuição de água no solo é uma das principais ferramentas para auxílio nesse trabalho. A disponibilidade de sensores georreferenciados pontualmente distribuídos em campo, capazes de obter dados variáveis de umidade e temperatura em tempo real, contribui para a criação desses mapas para visualização de dados combinados. No entanto, para a geração de valores intermediários a esses pontos, técnicas de interpolação devem ser utilizadas (TORRE-NETO et. al., 2005). Além disso, o armazenamento de dados em uma base de dados espaço-temporal permite a criação de mapas em diferentes intervalos de tempo, possibilitando a visualização seqüencial do comportamento do solo (SPERANZA, et al., 2007). Esse trabalho teve como objetivo criar um aplicativo computacional para geração de mapas temáticos utilizando diferentes técnicas de interpolação e agrupamento de dados, disponíveis em bibliotecas de código livre.

**MATERIAL E MÉTODOS:** A elaboração de mapas temáticos pode ser realizada de diversas maneiras. O trabalho de FARIAS et. al. (2003), mostrou a variabilidade espacial e o potencial de produtividade em pomares de citros georreferenciados por meio de mapas temáticos gerados por metodologias de geoestatística. Já COELHO (2006), avaliou a influência conjunta da densidade amostral e do tipo de interpolador na elaboração de mapas temáticos de produtividade da soja, realizando comparações entre métodos de interpolação como a krigagem e inverso do quadrado da distância. O estudo de SCHIMALSKI et. al. (2004) gerou mapas de produtividade em cultura de milho utilizando-se cinco interpoladores distintos, resultando na criação de classes de produtividade para serem visualizadas em mapas temáticos. A grande vantagem de se utilizar a interpolação espacial em agricultura de precisão é a possibilidade de obtenção de mapas temáticos georreferenciados de boa qualidade, mesmo contando com um número limitado de amostras de dados. Esse fator contribui bastante para a redução do custo dos sistemas, no que diz respeito a equipamentos. Além disso, a geração de seqüências de mapas permite que seja observada a formação de regiões com o mesmo comportamento na linha do tempo, com relação as variáveis utilizadas. O aplicativo computacional desenvolvido nesse trabalho, denominado SGMap (Sistema para Geração de Mapas para Agricultura de Precisão), baseia-se em duas bibliotecas escritas em linguagem C++ e de código livre: a TerraLib (TERRALIB, 2010) e a SOMCode (SOMCODE, 2010). Foi também utilizada, como estudo de caso, uma base de dados disponibilizada por uma unidade piloto do sistema Irrigap (TORRE-NETO et. al., 2005), com amostras pontuais georreferenciadas de umidade e temperatura do solo e temperatura do ar medidas por sensores capacitivos em um talhão de citros de aproximadamente 25 hectares, localizado em Gavião Peixoto-SP, entre os meses de julho e setembro de 2007.

**RESULTADOS E DISCUSSÃO:** O primeiro resultado obtido no trabalho foram mapas de umidade do solo, a partir de algoritmos de interpolação e agrupamento disponibilizados pela biblioteca TerraLib, utilizando-se o algoritmo do inverso do quadrado da distância. A Figura 1 mostra um mapa contendo um desses resultados.

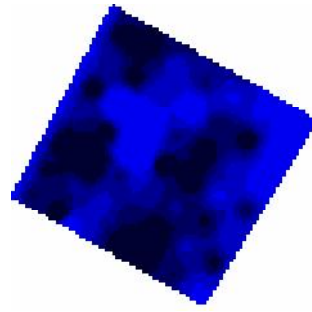


FIGURA 1. Mapa de umidade do solo obtido pelo método do inverso do quadrado da distância

As amostras utilizadas como dados de entrada correspondem a valores médios diários de umidade do solo, e o tipo de agrupamento utilizado foi o quantitativo, com cinco parcelas e precisão de duas casas decimais. Os tons de azul mais claro correspondem a valores mais baixos de umidade do solo, enquanto que os tons mais escuros, à valores mais altos. A Figura 2 mostra uma seqüência de mapas diários obtida, utilizando-se dos mesmos métodos para a obtenção do resultado da Figura 1. Pode-se observar, por meio da seqüência de mapas, que a variação de umidade do solo nas diferentes regiões é pequena de um dia para o outro.

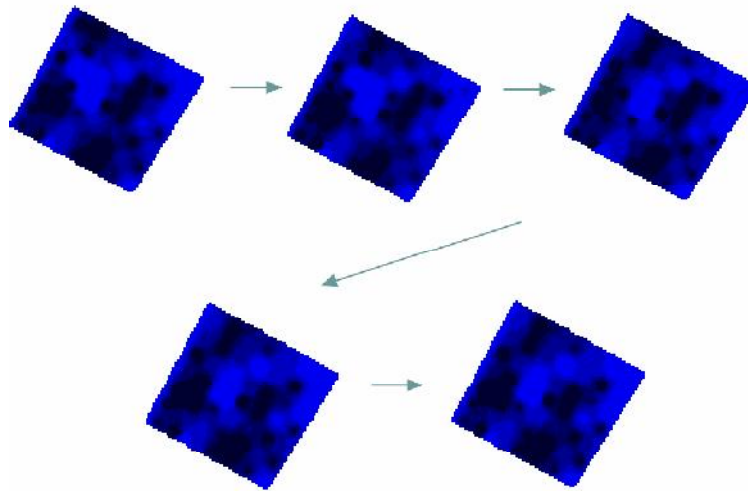


FIGURA 2. Seqüência de mapas de umidade do solo

Na seqüência, foram obtidos mapas utilizando-se uma combinação de valores médios das três variáveis com dados disponibilizados pelo plataforma Irrigap: umidade do solo, temperatura do solo e temperatura do ar. Para obtenção desses mapas, os valores obtidos para as células dos mapas interpolados de cada uma dessas variáveis são utilizados como entrada da Rede SOM, possibilitando a geração de agrupamentos que são exibidos no mapa de saída, a partir da rotulagem associada a cada uma das células. O melhor resultado utilizando-se três variáveis está representado na Figura 3, onde foram obtidos onze agrupamentos, sendo que apenas dois deles aparecem com predominantes.

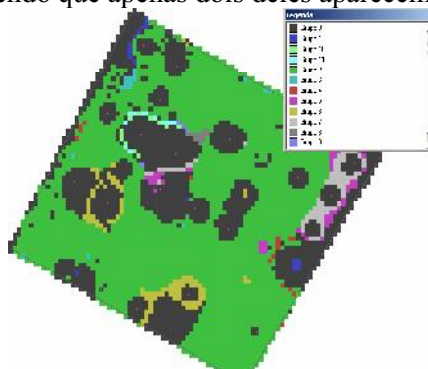


FIGURA 3. Mapa Georreferenciado gerado por SOMCode e TerraLib

Além destes resultados, posteriormente foi realizada uma análise de semi-variograma, onde foram obtidos mapas do mesmo período utilizando-se o método geoestatístico da krigagem (KRIGE, 1951). A Figura 4 exibe um mapa de umidade do solo gerado a partir da utilização desse método, também destando variabilidade espacial na área em estudo.

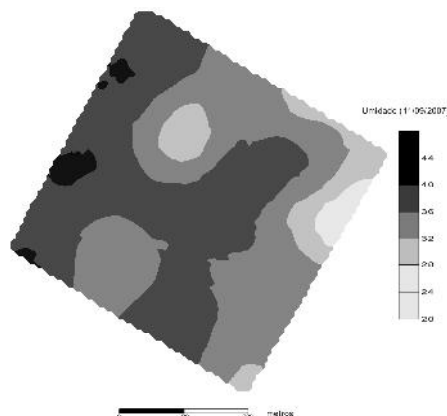


FIGURA 4 – Mapa de Umidade do Solo utilizando krigagem

**CONCLUSÕES:** O trabalho realizado possibilitou verificar que existe realmente uma tendência de agrupamento de regiões que possuem características semelhantes com relação ao comportamento das variáveis climatológicas e do solo. Além disso, esse trabalho mostrou que ferramentas como o SGMaP podem se tornar importantes para análise e tomada de decisão em agricultura de precisão, proporcionando, por exemplo, a economia de água e energia durante o período de irrigação. A comparação com a krigagem, que é o método conhecido com referência para interpolação de dados utilizando geoestatística, comprovou realmente a existência de variabilidade espacial na área em estudo.

## REFERÊNCIAS

- CÂMARA, G. **Modelos, linguagens e arquiteturas para banco de dados geográficos**. São José dos Campos, 1995. Tese (Doutorado em Geoprocessamento) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais.
- COELHO, E.C. **Influência da densidade amostral e do tipo de interpolador em mapas temáticos**. Cascavel-PR, 2006. 205 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas, Universidade Estadual do Oeste do Paraná.
- KRIGE, D.G. A statistical approach to some basic mine valuation problems on the Witwatersrand. **Journal of the Chemical, Metallurgical and Mining Society of South Africa**, dezembro de 1951. Pág. 119-139.
- SCHIMALSKI, M.B.; LOCH, C.; SIEVERS, R. Metodologia para obtenção do mapa de produtividade para o milho. In: COBRAC-CONGRESSO BRASILEIRO DE CADASTRO TÉCNICO MULTIFINALITÁRIO, 6, 2004, Florianópolis. **Anais do COBRAC 2004**. Florianópolis:UFSC, 2004.
- SOMCODE. **Biblioteca SOMCode**. Disponível em <<http://somcode.cpatc.embrapa.br>>. Acesso em 10 jan. 2010.
- SPERANZA, E.A.; LOPES, W.C; TORRE-NETO, A. Ambiente computacional para gerenciamento e controle inteligente da irrigação. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, 16, 2007, Bonito-MS. **Anais do CONBEA**. Bonito-MS:CONBEA, 2007, v. CD-ROM.
- TERRALIB. **Biblioteca TerraLib**. Disponível em: <<http://www.terralib.org>>. Acesso em: 10 mai. 2010.
- TORRE-NETO, A.; FERRAREZI, R.A ; RAZERA, D. E. ; SPERANZA, E. A. ; LOPES, W C ; LIMA, T.P.F.S; RABELLO, L. M. ; VAZ, C.M.P. Wireless sensor network for variable rate irrigation in citrus. In: FRUIT, NUT AND VEGETABLE PRODUCTION ENGINEERING SYMPOSIUM, 7th - INFORMATION & TECHNOLOGY FOR SUSTAINABLE FRUIT & VEGETABLE PRODUCTION, 7, 2005, Montpellier, França. **Anais do Frutic**, 2005. v. CD ROM.