

Geração de mapas georreferenciados para visualização de dados de campo para auxílio na tomada de decisão em irrigação de precisão

Eduardo Antonio Speranza
speranza@cnptia.embrapa.br

Embrapa Informática
 Agropecuária

Evandro Luis Linhari Rodrigues
evandro@sc.usp.br

Escola de Engenharia de São
 Carlos - EESC/USP

André Torre Neto
andre@cnptia.embrapa.br

Embrapa Instrumentação
 Agropecuária

Abstract

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 (CNPDIA), 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.

1. Introduction

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 [2] 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. O sensoriamento remoto também tem sido investigado como uma possível alternativa para geração de mapas com variabilidade espacial na agricultura, fazendo com que o processamento de imagens torne-se uma ferramenta importante para a determinação de zonas de manejo.

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 [15]. 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 sequencial do comportamento do solo [13].

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. Além disso, mostrou a importância da geração de mapas para tomada de decisão em agricultura de precisão, de onde podem ser extraídas informações

visuais importantes para decidir quando e onde realizar a atuação em um determinado período de tempo.

2. Materiais e Métodos

A elaboração de mapas temáticos pode ser realizada de diversas maneiras. O trabalho de [5], 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 [3], 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 [8] 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. O trabalho de [1], avaliou imagens obtidas por meio de videografia aérea digital multiespectral, quanto ao seu potencial na estimativa da produtividade de culturas de grãos e na geração de zonas de manejo agrícola. Em [4], foram utilizadas metodologias de processamento de imagens digitais na avaliação de raízes e as exigências quanto à sua aplicabilidade em comparação aos métodos de avaliação convencionais. Um dos resultados desse trabalho foi a verificação dos efeitos da variabilidade espacial da distribuição de raízes no solo.

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. No contexto de processamento de imagens georreferenciadas, a tecnologia do sensoriamento remoto tem sido utilizada para uma grande variedade de aplicações, que vão desde a avaliação do estado nutricional e hídrico em plantas até a detecção de plantas daninhas e insetos. O sensoriamento remoto oferece uma rápida e eficiente maneira para acessar a variabilidade espacial e temporal dentro de uma área em uma propriedade [10]. Além disso, tecnologias de sensoriamento remoto têm sido desenvolvidas com o objetivo de fornecer informações sobre propriedades do solo, diferenças entre tipos de estresses abióticos das plantas e estimar produção relativa de culturas [11].

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 [14] e a SOMCode [12]. A TerraLib é uma biblioteca para construção de Sistemas de Informação Geográfica (SIG) desenvolvida pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), com código fonte em C++, o que facilitou a integração com o sistema desenvolvido nesse trabalho. A SOMCode, desenvolvida pela Embrapa Tabuleiros Costeiros, também possui código fonte desenvolvido em C++, além de já possuir um módulo de integração com a TerraLib.

Foi também utilizada, como estudo de caso, uma base de dados espaço-temporal disponibilizada por uma unidade piloto do sistema Irrigap [15], 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. Por ser espaço temporal, essa base de dados armazena tanto dados tabulares, quanto coordenadas geográficas. Para facilitar o armazenamento desses dados e consequentemente, sua recuperação, foi utilizado o Sistema Gerenciador de Banco de Dados (SGBD) PostgreSQL, com sua extensão espacial PostGIS. Esse SGBD foi escolhido devido ao fato de, além de ser de código livre, possuir desempenho semelhante aos concorrentes de mercado com licenças de alto custo. Outra vantagem é a integração total com a biblioteca TerraLib, amplamente utilizada nesse trabalho. A Figura 1 exibe a integração entre o SGMaP, banco de dados e bibliotecas externas.

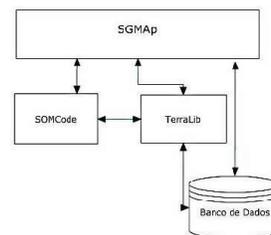


Figura 1. Integração entre o SGMaP, banco de dados e bibliotecas externas

3. 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 2 mostra um mapa contendo um desses resultados.

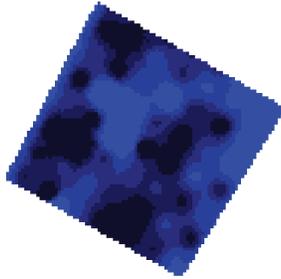


Figura 2. Mapa de umidade do solo obtido pelo método do inverso do quadrado da distância

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 claro correspondem a valores mais baixos de umidade do solo, enquanto que os tons mais escuros, a valores mais altos. A Figura 3 mostra uma seqüência de mapas diários obtida, utilizando-se dos mesmos métodos para a obtenção do resultado da Figura 2. 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.

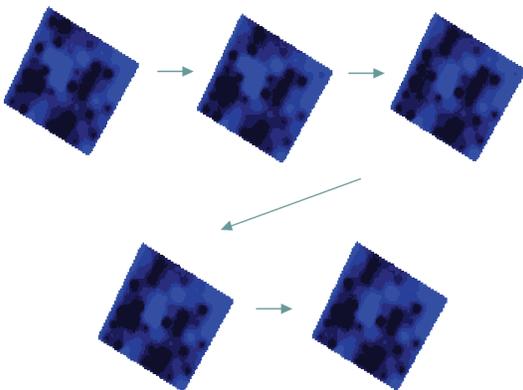


Figura 3. Seqüência de mapas de umidade do solo

Na seqüência, foram obtidos mapas utilizando-se uma combinação de valores médios das três variáveis com dados disponibilizados pela 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 4, onde foram obtidos onze agrupamentos, sendo que apenas dois deles aparecem com predominantes.

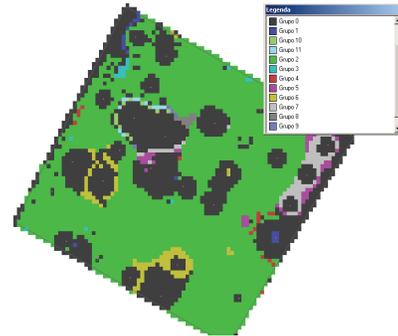


Figura 4. Mapa Georreferenciado gerado por SOMCode e TerraLib

Uma análise dos mapas de umidade do solo permitiu que se identificasse a necessidade do tratamento de efeito de borda para a obtenção de melhores resultados. Os “efeitos de borda” são erros gerados durante o processo de interpolação, em valores muito próximos ao limite delimitado para a região de interesse. Esse efeito ocorre porque o processo de interpolação calcula os valores de cada célula de saída com base nas menores distâncias dos pontos amostrais, e quando a célula está próxima ao limite, tende a se basear em valores de amostras internas, aumentando consideravelmente a variação nessas regiões [7].

O algoritmo utilizado pelo SGMap realiza o tratamento desse problema considerando no processo de interpolação pontos localizados na região externa à região de interesse, sendo estes com valores reais ou simulados quando não existem.

A Figura 5 exibe lado a lado um mapa de umidade do solo com o tratamento do “efeito de borda” (a) e outro sem esse tratamento (b).

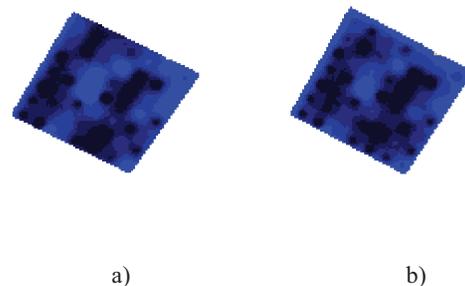


Figura 5. Tratamento do efeito de borda

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 [6]. A Figura 6 exibe um mapa

de umidade do solo gerado a partir da utilização desse método, também detectando variabilidade espacial na área em estudo.

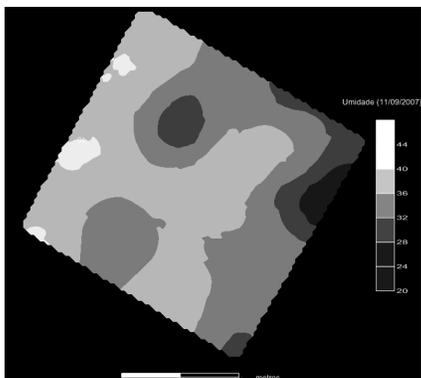


Figura 6 – Mapa de Umidade do Solo utilizando krigagem

4. 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. Deve-se destacar também a importância de se utilizar técnicas corretas para a geração de mapas em cada caso, de forma a facilitar a interpretação visual que será realizada pelos usuários do sistema.

A comparação com a krigagem, que é o método conhecido como referência para interpolação de dados utilizando geoestatística, comprovou realmente a existência de variabilidade espacial na área em estudo. A utilização de imagens de satélite para a determinação de zonas de manejo agrícolas por meio de sensoriamento remoto é uma estratégia que pode ser adotada para trabalhos futuros, com o objetivo de se obterem resultados comparativos com os métodos avaliados nesse trabalho.

5. Referências

- [1] ARAÚJO, C.P.; VETTORAZZI, C.A.; MOLIN, J.P. Estimativa de produtividade e determinação de zonas de manejo, em cultivos de grãos, por meio de videografia aérea multispectral. *Acta Scientiarum (UEM)*, Maringá, v.27, n.3, p. 437-444, 2005.
- [2] 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.
- [3] 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.
- [4] FANTE JR., L.; REICHARDT, K.; JORGE, L.A.C; BACCHI, O.O.S. Distribuição do Sistema Radicular de uma cultura de aveia forrageira
- [5] FARIAS, P.R.S.; NOCITI, L.A.S; BARBOSA, J.C.; PERECIN, D. Agricultura de Precisão: mapeamento da produtividade em pomares cítricos usando geoestatística. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v. 25, n.2, p.235-241, 2003.
- [6] 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.
- [7] NAMHEE, K. Optimal biological carbon sequestration region considered with water availability in North Carolina. 2008, 46p. Dissertação (Mestrado em Administração Ambiental) – Nicholas School of Environment and Earth Sciences of Duke University, Durham, NC, EUA.
- [8] 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.
- [9] SCHLEMMER, M. R.; MAJOR, D. J. Use of remote sensing imagery to estimate corn yield. *Agronomy Journal*, Madison, v. 93, p. 583-589, 2001.
- [10] SCHEPERS, J. S. Pratical applications of remote sensing. In: INFORMATION AGRICULTURE CONFERENCE, 2001, Indianapolis. InfoAg 2001: proceedings. Norcross: Potash & Phosphate Institute, 2001. CD-ROM.
- [11] SHANAHAN, J. F.; SCHEPERS, J. S.; FRANCIS, D. D.; VARVEL, G. E.; WILHELM, W. W.; TRINGE, J. S. SCHELEMMER, M.R; MAJOR, D.J. 2001. Use of remote sensing imagery to estimate corn grain yield. *Agron. J.* 93:583-589.
- [12] SOMCODE. Biblioteca SOMCode. Disponível em <<http://somcode.cpatc.embrapa.br>>. Acesso em 10 jan. 2010.
- [13] 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.

- [14] TERRALIB. Biblioteca TerraLib. Disponível em: <<http://www.terralib.org>>. Acesso em: 10 mai. 2010.
- [15] 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.