

**Plataforma Tecnológica
para Irrigação de Precisão
em Citricultura**



ISSN 1678-0434

Dezembro, 2007

*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Instrumentação Agropecuária
Ministério da Agricultura e do Abastecimento*

Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 21

Plataforma Tecnológica para Irrigação de Precisão em Citricultura

André Torre Neto
Ladislau Marcelino Rabello
Carlos Manoel Pedro Vaz

Embrapa Instrumentação Agropecuária
São Carlos, SP
2007

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Instrumentação Agropecuária

Rua XV de Novembro, 1452
Caixa Postal 741
CEP 13560-970 - São Carlos-SP
Fone: (16) 3374 2477
Fax: (16) 3372 5958
www.cnpdia.embrapa.br
E-mail: sac@cnpdia.embrapa.br

Comitê de Publicações da Unidade

Presidente: Dr. Carlos Manoel Pedro Vaz
Membros: Dra. Débora Marcondes Bastos Pereira Milori,
Dr. João de Mendonça Naime,
Dr. Washington Luiz de Barros Melo
Valéria de Fátima Cardoso
Membro Suplente: Dr. Paulo Sérgio de Paula Herrmann Junior

Supervisor editorial: Dr. Victor Bertucci Neto
Normalização bibliográfica: Valéria de Fátima Cardoso
Tratamento de ilustrações: Valentim Monzane
Capa foto montagem: André Torre Neto
Editoração eletrônica: Valentim Monzane

1ª edição

1ª impressão (2007): tiragem 300

Todos os direitos reservados.

**A reprodução não-autorizada desta publicação, no todo ou em parte,
constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).**

**CIP-Brasil. Catalogação-na-publicação.
Embrapa Instrumentação Agropecuária**

T689p Torre Neto, André

Plataforma tecnológica para irrigação de precisão em citricultura. /
André Torre Neto, Ladislau Marcelino Rabello e Carlos Manoel Pedro Vaz. -
São Carlos: Embrapa Instrumentação Agropecuária, 2007.

10 p. - (Embrapa Instrumentação Agropecuária. Boletim de Pesquisa e
Desenvolvimento, ISSN 1678-0434; 21)

1. Rede sem fio. 2. Sensores. 3. Agricultura de precisão. 4. Citricultura.
5. Instrumentação. I. Rabello, Ladislau Marcelino. II. Vaz, Carlos Manoel
Pedro. III. Título. IV. Série.

CDD 21 ED 681.763

© Embrapa 2007

Sumário

Resumo	4
Abstract	5
Introdução	6
Materiais e Métodos	6
Resultados e Discussão	8
Conclusões	10
Referências	10

Plataforma Tecnológica para Irrigação de Precisão em Citricultura

André Torre Neto¹

Ladislau Marcelino Rabello²

Carlos Manoel Pedro Vaz³

Resumo

O Estado de São Paulo possui uma das áreas mais importantes de produção de citros do mundo. A maior parte dessa área não é irrigada. Devido principalmente às recentes propagações de novas doenças, como a morte súbita, este cenário está mudando. O Fundecitrus, Fundo de Defesa da Citricultura, identificou uma expansão dos pomares irrigados de 1,5%, em 1999, para 10,2%, em 2003. Por essa razão, métodos de conservação de fontes de água devem ser desenvolvidos. Neste trabalho, é apresentado o desenvolvimento de uma instrumentação fixa sem fio (rede de sensores e atuadores inteligentes) e as ferramentas computacionais necessárias para a irrigação de culturas perenes de forma espacialmente diferenciada. A cultura alvo primária é a citricultura. Trata-se de uma pesquisa em andamento e somente os aspectos tecnológicos são apresentados.

PALAVRAS CHAVE: irrigação de precisão, rede de sensores sem fio, mapeamento de umidade no solo.

¹Eng. Elétrico, Dr., Embrapa Instrumentação Agropecuária, C.P. 741, CEP 13560-970, São Carlos, SP, andre@cnpdia.embrapa.br

²Eng. Elétrico, Dr., Embrapa Instrumentação Agropecuária, C.P. 741, CEP 13560-970, São Carlos, SP, rabello@cnpdia.embrapa.br

³Físico, Dr., Embrapa Instrumentação Agropecuária, C.P. 741, CEP 13560-970, São Carlos, SP, vaz@cnpdia.embrapa.br

Wireless Sensor Network for Variable Rate Irrigation in Citrus

André Torre Neto
Ladislau Marcelino Rabello
Carlos Manoel Pedro Vaz

Abstract

Sao Paulo State has the most important citrus production area in the world. Most of it is not irrigated. Due to recent spreading of some new diseases, like sudden death, this scenario is changing. The Fundecitrus institute, Fund for Citrus Plant Protection, identified an increasing of irrigated groves from 1.5% in 1999 to 10.2% in 2003. Therefore, water source conservation methods must be developed. In the present paper we present the development of a wireless fixed instrumentation (intelligent sensor and actuator network) and the related software tools to irrigate perennial crops site-specifically. Citrus crop production is our first goal. This is ongoing research and only technological aspects are presented.

KEYWORDS: precision irrigation, wireless sensor network, soil moisture mapping.

Introdução

O gerenciamento espacialmente diferenciado da produção agrícola, mais conhecido como agricultura de precisão, tem sido largamente estudado e desenvolvido para o uso eficiente dos insumos e a redução dos impactos ambientais por eles causados. A maioria das pesquisas e desenvolvimentos comerciais sobre o tema tem sido concentrada em fertilização e aplicação de pesticidas a taxa variada (SCHÜLLER, 1997). Entretanto, muitos pesquisadores e agricultores estão convencidos da importância da disponibilidade de água na determinação de padrões espaciais nos mapas de produtividade. Assim, existem importantes pesquisas sobre a irrigação variável como em Fraise et al. (1995) e Sadler et al. (1996). Esses são trabalhos com pivô central ou sistemas móveis lineares. Alguns esforços com taxa variável para irrigação localizada que é o tipo de irrigação predominante na citricultura e culturas similares foram conduzidos por Torre-Neto et. al (2001) na Florida, EUA. Neste trabalho é apresentado o desenvolvimento de uma plataforma tecnológica para irrigação de precisão baseada em rede de sensores e atuadores sem fio proposta para viabilizar técnica e economicamente a irrigação de precisão em culturas perenes idealizada por Torre-Neto (2001). Além dos resultados em laboratório, será descrita a implementação de uma unidade piloto de 25 hectares. O sistema foi projetado para ter baixo custo, ser confiável e compatível com as práticas de produção de citros e de outras culturas perenes, tal como café.

Material e Métodos

Foi desenvolvido um sistema próprio de redes de sensores sem fio adequado para monitoramento remoto e controle na área agrícola. O sistema é constituído por Nós sensores e atuadores, uma ou mais Estações de Campo (EC), uma Estação Base e um Kit de Instalação. A Fig. 1 mostra a arquitetura do sistema. Cada Estação de Campo cobre uma área de 100 hectares. Para a área em estudo, isso significa mais que uma Estação de Campo por fazenda (em torno de 10). O principal elemento da Estação Base é um computador localizado na sede da fazenda. Até agora, quatro circuitos eletrônicos e nove módulos de programação foram desenvolvidos.

Os Nós sensores e atuadores desenvolvidos até o momento estão concentrados na irrigação a taxa variável por micro-aspersão baseados nos parâmetros do solo. Existe um Nó sensor que mede a umidade e a temperatura do solo numa profundidade específica e um Nó atuador controla válvulas solenóides do tipo "latching", que são válvulas que são acionadas por um pulso de voltagem em sua solenóide, ficando ativa após o termino do pulso e desativando com outro pulso de voltagem, . Eles foram desenvolvidos segundo as seguintes premissas:

- Os Nós sensores devem ser distribuídos em uma grade fixa padrão, com espaçamento de 50 metros entre eles, e posicionados sob a copa;

- Os Nós sensores devem ser alimentados por baterias não recarregáveis que devem durar ao menos seis meses;
- Os Nós atuadores devem ser alimentados por baterias recarregáveis associadas a painéis solares (ao contrário dos nós sensores, estes devem ser posicionados para receber luz direta do sol);
- Todos os nós devem ser resistentes a produtos agroquímicos;
- A instalação dos nós deve ser o mais simples possível, dispensando pessoal especializado;
- O preço da unidade do Nó deve ficar em torno de US\$ 50.

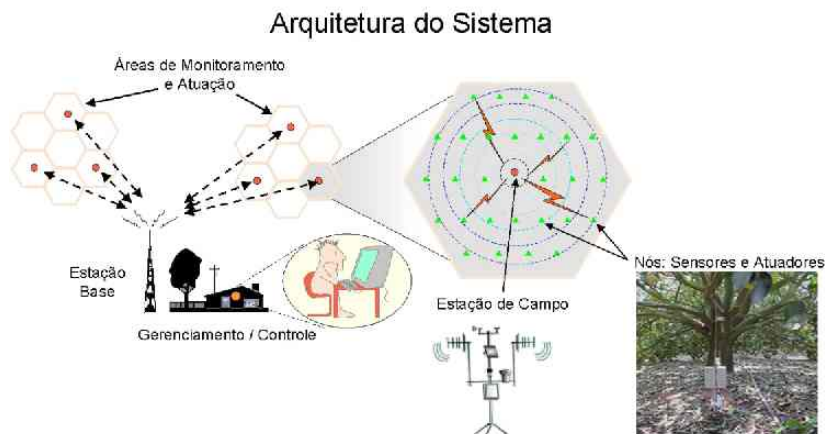


Fig. 1 - Arquitetura do Sistema de Irrigação de precisão, Irrigap

Nó Sensor

O Nó sensor possui em sua montagem um sensor capacitivo de umidade do solo, um sensor de temperatura do ar (circuito integrado LM35), uma caixa de alumínio com uma antena de 6dBi de ganho instalada na parte superior, e no interior da caixa acondicionado o hardware desenvolvido. Nele é encontrado um microcontrolador (PIC16F88 da Microchip) para condicionamento dos sinais, um transceptor (DR-3000) para a comunicação digital via rádio frequência, além de outros componentes discretos. Optou-se pela escolha de componentes com tecnologia *nanowatt*, priorizando a economia de energia.

Nó Atuador de Válvulas

O Nó Atuador tem hardware, software e construção similares ao Nó Sensor. A principal diferença é a placa filha que tem um circuito de interfaceamento para válvulas solenóides do tipo *Latching* e medidores de fluxo. Uma ponte-H foi usada para acionar a válvula solenóide de dois fios e um filtro conectado aos

pinos de entrada do microcontrolador para conexão do medidor de fluxo. Diferentemente do Nó sensor, esse Nó é alimentado com um conjunto de quatro baterias NiCd de 1.2V@800mAh associadas a um painel solar fotovoltaico de 1 Watt. O ciclo de funcionamento, o intervalo de aquisição e a comunicação de dados do Nó atuador são os mesmos do Nó Sensor.

Estações de Campo

As Estações de Campo são os coletores de dados da rede de sensores sem fio. Sua prioridade é receber, processar e armazenar dados de campo temporariamente até que um pedido de dados seja feito pela Estação Base. Elas também executam a função de atuar sobre as válvulas e supervisionar as programações de irrigação agendadas pelo operador na Estação Base. Outra função importante executada pela Estação de Campo é manter o roteamento da rede de sensores sem fio. Cada Estação de Campo possui um sinal de rádio com cobertura de aproximadamente 100 hectares, o que significa 400 Nós sensores espaçados 50m entre si.

Estação Base

A Estação Base é usada para centralizar todas as operações do sistema, e é composta por um computador pessoal e um ponto de acesso WLAN, *Wireless Local Area Network*, conectada a uma antena omni direcional externa, que realiza a comunicação com as Estações de Campo.

Foi criada uma base de dados espaço-temporal e um software de gerenciamento com funcionalidades de Sistemas de Informações Geográficas (SIG), utilizando a biblioteca TerraLib, desenvolvida pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), para ajudar na tomada de decisão da irrigação de precisão.

Kit Instalação

O Kit Instalação consiste de um computador de mão PDA, *Personal Digital Assistant*, e programas criados para auxiliar nas atividades de instalação e manutenção do Irrigap em campo. Possui também um circuito *driver* para comunicação via rádio com os Nós e ainda pode ser utilizado com um GPS no padrão *Bluetooth*. O conjunto proporciona a coleta de dados geográficos e alfanuméricos, acesso às configurações e funções dos Nós e navegação para localizar pontos de instalação e dispositivos já instalados.

Resultados e Discussão

Uma unidade piloto de 25 hectares foi instalada e colocada em operação para avaliação da operabilidade do sistema em condições de campo. Foi selecionado um pomar de laranjas de 10 anos com árvores em torno de 3 m de altura. Em janeiro de 2006 foram instalados 25 Nós sensores e uma Estação de Campo e a

partir de julho de 2007 a rede foi expandida para 64 Nós. O sistema foi programado para aquisição de dados a cada 15 minutos, e transmissão dos dados à Estação de Campo a cada hora. A Figura 2 mostra um mapa de umidade do solo obtido pela interpolação de dados de 25 sensores em um momento arbitrário. Várias dificuldades operacionais foram resolvidas e pretende-se a expansão da instalação para 100 futuros Nós sensores, cobrindo a totalidade dessa unidade piloto. O sistema mostra-se viável para o mapeamento da umidade do solo em tempo real.

Os próximos passos incluem a obtenção de seqüências temporais de mapas de umidade do solo. O resultado esperado pela análise destes mapas é ter a área dividida em cinco ou mais zonas de manejo com diferentes necessidades hídricas. Essas zonas poderão refletir a variabilidade espacial para a combinação de diferentes fatores como: textura do solo, topologia do solo e necessidades individuais de cada árvore. O sistema de irrigação será modificado para irrigar conforme estas zonas de manejo. Para cada zona será endereçado um Nó atuador sobre válvula solenóide *latching*, estabelecendo-se enlaces de controle individuais. O ponto de ajuste de cada enlace será comparado com a média de umidade do solo na zona, obtida pelos Nós sensores nela contidos. O consumo da água será avaliado por um medidor de fluxo automático (hidrômetro automatizado) na linha hidráulica de entrada da área e comparado ao consumo de áreas similares com automação convencional.

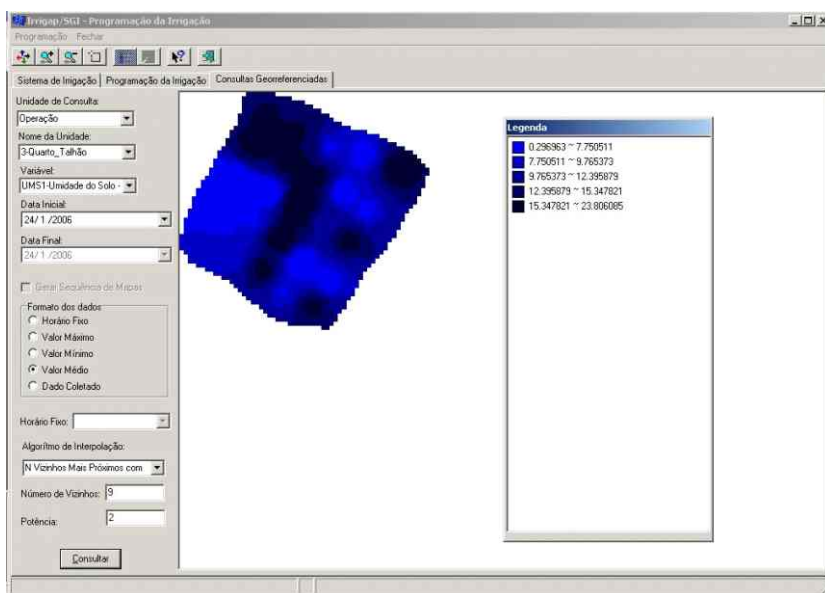


Fig 2 - Mapa de Umidade do Solo obtido com matriz de 5 x 5 Nós sensores.

Conclusões

Neste trabalho foi desenvolvido um sistema automatizado para controle espacialmente diferenciado da irrigação localizada. O sistema foi construído com o maior grau de nacionalização possível e permite mapear a umidade e a temperatura do solo, acionar remotamente válvulas solenóides do tipo *latching* e executar programas de irrigação de acordo com a necessidade específica de diferentes zonas de manejo. Os vários componentes foram testados em uma unidade piloto e se mostraram robustos e confiáveis para as condições de campo. O sistema ainda deverá ser avaliado quanto à economia de água.

Referências

- FRAISSE, C. W.; HEERMANN, D. F.; DUKE, H. R. Simulation of variable water application with linear-move irrigation systems. **Transactions of the ASAE** v. 38, n. 5, p. 1371-1376, 1995.
- SADLER, E. J.; CAMP, C. R.; EVANS, D. E.; USREY, L. J. Irrigation system for coastal plain soils. In: PRECISION Agriculture: Proceedings of the 3rd International Conference. Minneapolis: [S. n.], 1996. v. 1. p. 827-834.
- SCHÜELLER, J. K. Technology for precision agriculture. In: EUROPEAN Conference on Precision Agriculture. [S. L.: s. n.], 1997. v. 1. p. 33-44.
- TORRE-NETO, A.; SCHÜELLER, J. K.; HAMAN, D. Z. Automated System for Variable Rate Microsprinkler Irrigation in Citrus: A Demonstration Unit. In: PROCEEDINGS THIRD EUROPEAN CONFERENCE ON PRECISION AGRICULTURE, 2001, Montpellier, France. [S. l.: s. n.], 2001. p. 725-730. 1 CD-ROM.



Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

Embrapa Instrumentação Agropecuária

Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

Rua XV de Novembro, 1452 - Caixa Postal 741 - CEP 13560-970 - São Carlos - SP

Telefone: (16) 3374 2477 - Fax: (16) 3372 5958

www.cnpdia.embrapa.br - sac@cnpdia.embrapa.br

**Ministério da
Agricultura, Pecuária
e Abastecimento**

