



Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Centro Nacional de Pesquisa e Desenvolvimento de Instrumentação Agropecuária
Ministério da Agricultura e do Abastecimento
Rua XV de Novembro, 1452 - Caixa Postal 741 - CEP 13560-970 - São Carlos - SP
Telefone: (16) 274 2477 - Fax: (16) 272 5958 - e-mail: postmaster@cnpdia.embrapa.br

ISSN 1413-6244

COMUNICADO TÉCNICO

N30, jul/99, p.1-6

AGRICULTURA DE PRECISÃO: FUNDAMENTOS, APLICAÇÕES E PERSPECTIVAS PARA A CULTURA DO ARROZ

Paulo Estevão Cruvinel¹
André Torre-Neto¹

O uso da agricultura de precisão vem se tornando cada vez mais freqüente nos países em desenvolvimento e desenvolvidos onde, como nos Estados Unidos e Japão, os governos vêm enfatizando a pesquisa e o desenvolvimento nesta área como uma estratégia nacional (NRC, 1997; Japanese Government, 1998). Na Europa vários países têm publicado seus resultados de aumento de produtividade com o uso da agricultura de precisão (Blackmore, 1994; Larscheid, 1996; Larscheid, 1997).

A prática da agricultura que leva em conta a variabilidade espacial e temporal das propriedades da cultura, do solo e do clima para viabilizar um adequado processo de gerenciamento da produção, em função de condições metricamente localizadas, é o que se convencionou chamar de Agricultura de Precisão (Coghlan, 1995; Plucknett & Winkelmann, 1995). O termo é recente, porém as pesquisas nessa área começaram a se expandir já em meados da década de 80 com a formulação do problema e a terminologia sobre o assunto ainda não bem definida. Considerando, entretanto, que essa área já tem cerca de duas décadas, realmente são ainda poucos os resultados expressivos em *precision farming*. É oportuno reproduzir aqui a seguinte afirmação: "Até o presente, a agricultura de precisão não pode ser completamente definida porque estamos todos procurando por seus ingredientes uma combinação adequada de instrumentos, medidas e métodos para gerenciar quantitativamente as áreas produtivas" (Nielsen et al., 1996).

A aplicação mais notória e talvez a pioneira da revolução digital na área agrícola é a automação da medição de parâmetros agrometeorológicos que passou de um processo manual rudimentar, com amostragens discretas e susceptível a diversos tipos de falhas, para um sistema de medida totalmente automatizado que oferece o registro contínuo de dados com extrema confiabilidade. Desde então, os trabalhos que se utilizam do monitoramento automático de sensores no campo têm contribuído não somente para o aumento da produtividade, mas também para a melhoria da

CT/30, CNPDIA, jul/99, p.2

¹Embrapa Instrumentação Agropecuária Caixa Postal 741 CEP 13560-970, São Carlos-SP,
cruvinel@cnpdia.embrapa.br

qualidade dos produtos agrícolas e para a preservação do meio ambiente. Em Howell et al. (1984) estações climatológicas automatizadas fornecem dados para o controle de irrigação. O controle de pragas (Hubbard et al., 1983), previsão de geadas (Curry et al., 1981) e a previsão de enchentes (Sargent, 1986) são outros exemplos de aplicações onde as estações climatológicas automatizadas estão presentes. Além dos dados climatológicos, parâmetros do solo como umidade, salinidade, pH e temperatura, bem como parâmetros das plantas, como crescimento, porcentagem de cobertura, taxa de fotossíntese e transpiração, são alguns exemplos de dados adquiridos automaticamente para diversas finalidades. Em Grismer (1992), propôs-se um modelo conceitual de uma rede de sensores integrados para o sistema solo-planta-atmosfera. Esse modelo foi criado para atender à grande demanda de dados necessários ao desenvolvimento de sistemas especialistas e modelos integrativos que auxiliam o gerenciamento da produção agrícola. Em Cockerham & Ortega (1989), uma rede de onze estações de campo foram instaladas para monitorar o potencial mátrico de água no solo, temperatura, condições do vento e o nível de reservatórios de água, a fim de controlar um sistema de irrigação e também fazer a previsão de geadas em uma estação experimental.

Como pode ser notado nos exemplos citados há uma tendência de integração de diversas fontes de dados com a finalidade de melhor gerenciar a produção agrícola. Porém, há uma questão que vem se tornando o alvo principal da automação na agricultura. Trata-se do reconhecimento cada vez maior por parte dos especialistas agrícolas que as culturas, os solos e também as pragas e doenças não devem ser manejados individualmente e de forma homogênea.

A variabilidade e o controle da produção

Os sistemas de gerenciamento da produção agrícola podem considerar a variabilidade de diversas maneiras. Uma possível classificação do controle da produção sob esse ponto de vista é a seguinte: a) *Controle homogêneo* (o campo é tratado como homogêneo e a variabilidade é simplesmente ignorada), b) *Controle automático* (leva-se em consideração a variabilidade espacial e o controle é feito automaticamente considerando as variações encontradas no campo), c) *Controle em tempo posterior* (há a separação temporal do sensoriamento e da atuação), d) *Controle espacialmente variável baseado em parâmetros múltiplos* (a separação temporal baseada em um único parâmetro pode não ser interessante devido a outras variações como as climáticas e o ciclo do nitrogênio, entre outras. Assim, o mapa de aplicação de fertilizantes pode considerar não somente o mapa da produtividade anterior, mas também da topografia, de resultados de análise do solo, de registros da utilização da terra, de sensoriamento remoto, de medidas de matéria orgânica, de medidas de nitrogênio, entre outros. A dificuldade óbvia é determinar como todos esses dados devem ser funcionalmente combinados), e) *Controle espacialmente variável baseado em parâmetros históricos* (o controle de uma operação agrícola atual pode depender de operações anteriores. Por exemplo, a aplicação de fertilizantes pode ser reduzida em função de uma alta dosagem anterior. No caso de um controle espacialmente variável pode-se considerar não somente as medidas atuais dos sensores, mas também os mapas anteriores das medidas e das saídas dos atuadores. Esse método teoricamente permite que efeitos de persistência química, do ciclo do nitrogênio, do clima, do acúmulo de nutrientes e outros processos históricos possam

CT/30, CNPDIA, jul/99, p.3

ser considerados para o controle. Neste particular, o trabalho com uma enorme quantidade de dados e as relações entre eles é ainda um desafio, sendo um campo aberto à pesquisa.

O sistema integrado para produção agrícola

Do *controle homogêneo* ao *controle espacialmente variável baseado em parâmetros históricos* nota-se uma sofisticação cada vez maior e ao mesmo tempo mais flexibilidade para se tratar a variabilidade espacial e temporal. Também há um significativo aumento dos custos envolvidos. Os avanços da instrumentação eletrônica e da informática tendem a tornar tecnologicamente viável até a mais sofisticada metodologia (Torre-Neto, 1995). Há porém, questões práticas e sócio-econômicas a serem resolvidas. De qualquer maneira, até mesmo nos países do terceiro mundo os primeiros passos já podem ser dados no sentido de se adotar a agricultura de precisão. Nos parágrafos que se seguem será apresentado um sistema integrado de controle da produção agrícola. A não ser pelos métodos de *controle homogêneo* e *controle automático*, os outros métodos envolvem o armazenamento de dados em massa com atributos espaciais. Nesse caso o caminho natural para tratamento e armazenamento desse tipo de dados é o uso de sistemas de informação geográfica (GIS) associados ao GPS para determinação da localização. A Figura 1 ilustra a idéia de um sistema integrado de controle da produção agrícola que considere a variabilidade espacial. Nesse sistema todos os dados de entrada são centralizados em um computador onde são processados para gerar os mapas de controle para os atuadores. Um sistema de comunicação de dados bidirecional via rádio fornece esses mapas ao implemento e permite que dados vindos do implemento também alimentem um computador.

Os dados de entrada devem ser processados para gerar os mapas de controle para os atuadores como, por exemplo, a taxa de aplicação de fertilizantes. Dependendo da sofisticação desejada o processamento pode exigir grande capacidade computacional. Nesse caso o computador deve ser devidamente instalado na sede ou escritório da fazenda. O software deve ter uma excelente interface com o usuário para facilitar o gerenciamento do controle espacialmente distribuído. Os dados adquiridos formam várias camadas de mapas que devem ser sobrepostas e combinadas para as tomadas de decisão. Por exemplo, o operador deve ser capaz de sobrepor o mapa da topografia com os das análises do solo e da produtividade da última colheita e com base nessa sobreposição modificar o mapa de controle da taxa de aplicação de fertilizantes. Além dessas sofisticadas ferramentas o treinamento e a experiência dos indivíduos envolvidos no processo são fundamentais, uma vez que a tomada de decisões por máquinas ainda não é totalmente confiável.

Outra ferramenta interessante é a simulação de processos como do crescimento de uma cultura para testar e aperfeiçoar o manejo. Há uma grande lacuna em modelos adequados e insuficiência de dados nessa área. Os modelos existentes na maioria das vezes requerem adaptações às condições regionais ou locais. Uma vez gerados, os mapas de controle devem ser transferidos para os atuadores, ou na forma de tabelas ou na forma de equações. Se o controle for feito em *tempo separado*, pode-se apenas transportar o meio de armazenamento para o implemento.

Entre as possíveis saídas de um sistema integrado estão a já mencionada aplicação de fertilizantes, a aplicação de pesticidas, o plantio e o preparo do solo. Em cada uma dessas operações o implemento de ser metricamente localizado e um controlador deve ajustar o ponto de operação conforme o mapa de controle tão rápido quanto possível. Tal procedimento será similar para várias operações. Geralmente trata-se do controle elétrico do sistema hidráulico ou de elementos mecânicos. O ponto de operação deve ser acompanhado através de uma realimentação para o controlador a fim de proporcionar maior segurança para o sistema e o operador.

Oportunidades de pesquisa e desenvolvimento com agricultura de precisão para o arroz irrigado

Em nível mundial a pesquisa em arroz tem buscado melhorar a eficiência de produção e qualidade. Para tanto tem havido uma necessidade constatada do manejo irrigado e um melhor entendimento do ambiente onde se encontra os processos de produção.

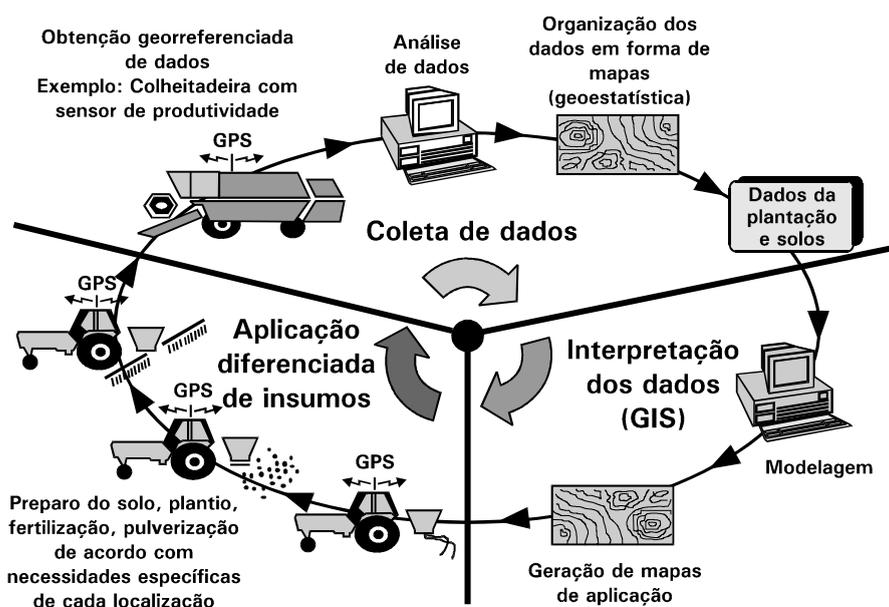


Figura 1 - Idéia básica de um sistema integrado para controle da produção agrícola que considere a variabilidade dos parâmetros do solo. As entradas consistem de dados que envolvem análises laboratoriais, dados coletados automaticamente por sensores estáticos (instalados no campo) e dinâmicos, como também dados obtidos por sensoriamento remoto. Os dados de posicionamento são fornecidos por GPS. O processamento integra sistemas GIS com técnicas de geoestatística, programas de modelamento, entre outros, para estabelecer e gerar mapas de controle.

Esses processos têm sido particularmente estimulados através do planejamento adequado do manejo do sistema água-solo-planta-atmosfera. Os trabalhos e as tendências têm apontado para os estudos sobre sustentabilidade da terra e o seu CT/30, CNPDIA, jul/99, p.5

acesso para a melhoria de produção, bem como para os atributos que garantam a qualidade dos grãos, a nutrição das plantas e o controle de pestes. Neste particular, a geração de mapas potencializam uma melhor prática em processos de adubação para a produção de arroz nos níveis da fertilização adequadas nos sítios específicos com nitrogênio orgânico, fósforo e potássio, bem como micronutrientes como ferro, zinco, entre outros. Adicionalmente, a prática da agricultura de precisão encontra perspectivas que potencializam a tomada de decisão em vários segmentos do manejo do arroz, tais como identificação da melhor prática de manejo de culturas irrigadas, adequabilidade da terra para o arroz através do mapeamento eletromagnético, projeto de irrigação para toda área da fazenda com balanço da disponibilidade de água e manejo integrado, investigação da sustentabilidade do solo sobre a plantação do arroz, determinação da qualidade do arroz no campo e previsibilidade do ponto de colheita, melhor entendimento do crescimento do arroz em resposta a mudanças nutricionais e temperatura ambiental ou no perfil do solo, melhoramento do manejo em face da presença de pestes e melhor controle da população de plantas. Em parte as grandezas a serem medidas são de longo prazo e apresentam mudanças anuais mínimas, sendo passíveis de serem medidas por amostragens e subsequente exame laboratorial. A topografia, quantidade de matéria orgânica e a constituição física dos solos são alguns exemplos. Outras grandezas são de curto prazo, como o nível de nutrientes e a umidade do solo e dos grãos. Nesse caso, devem ser preferencialmente obtidas no campo.

Os desenvolvimentos atuais têm focado os sensores e métodos para a medida do potencial de água do solo, nível de nutrientes (principalmente nitratos), nível de clorofila, crescimento vegetal, entre outros. Quanto aos sensores de produtividade, há vários modelos comerciais, porém não há plena aceitação do mercado. Esforços têm sido feitos para corrigir a influência de fatores como a umidade da cultura no momento da colheita. Curiosamente, apesar da quantidade de matéria orgânica ser considerada um parâmetro de longo prazo o seu monitoramento através de sensores tem recebido atenção especial devido ao emprego cada vez maior de herbicidas que causam o seu desequilíbrio. Uma área pouco explorada é o monitoramento de doenças e infestações que consomem água, nutrientes e bloqueiam a luz impedindo o crescimento normal das plantas.

Como a agricultura de precisão envolve um sistema integrado é evidente que as oportunidades de pesquisa e desenvolvimento dentro desse tema são bastante diversificadas. Também é certo que há aspectos sócio-econômicos específicos a serem considerados para sua adoção, sendo necessário identificar quais são os elementos prioritários em um plano de implantação de um sistema integrado de manejo sem entretanto abandonar os que não o são. Se por um lado, para haver representatividade, é necessário um grande volume de dados e séries temporais fundamentadas para a adequação de melhores previsibilidades, por outro, a coleta manual de dados pode inviabilizar essa tarefa. A aquisição automática de dados através de sensores é imprescindível. A natureza heterogênea dos processos a serem medidos (físicos, químicos e biológicos) e a agressividade do ambiente agrícola pode significar maior custo dos elementos sensores e penalizar o número de pontos amostrados. Como se pode observar a prática da agricultura de precisão traz associada uma série de desafios, exigindo a integração de profissionais de diversas áreas do conhecimento e apresentando uma série de oportunidades e ferramentas para o desenvolvimento de uma agricultura sustentável, em particular para o arroz irrigado.

CT/30, CNPDIA, jul/99, p.6v

Referências Bibliográficas

- BLACKMORE, S. Precision farming: an introduction. **Outlook on Agriculture**, Elmsford, v.23, n.4, p.275-280, 1994.
- COCKERHAM, S.T.; ORTEGA, T.R. Remote data acquisition for agricultural experiment station management. **Applied Agricultural Research**, New York, v.4, n.2, p.144-147, 1989.
- COGHLAN, A. Hi-tech farming to save the environment? **New Scientist**, London, n.23, p.25, Sept. 1995.
- CURRY, R.B.; KLINK, J.C.; HOLMAN, J.R.; SCIARINI, M.J. **Development of an automated weather station network in Ohio**. St. Joseph: ASAE, 1981. (ASAE Paper, 81-4502).
- GRISMER, M.E. Field sensor networks and automated monitoring of soil water sensors. **Soil Science**, Baltimore, v.154, n.6, p.482-489, Dec. 1992.
- HOWELL, T.A.; MEEK, D.W.; PHENE, C.J.; DAVIS, K.R.; MCCORMICK, R.L. Automated weather data collection for research on irrigation scheduling. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v.27, n.2, p.386-391, 1984.
- HUBBARD, K.G.; ROSENBERG, N.J.; NIELSEN, D.C. Automated weather data network for agriculture. **Journal of Water Resources Planning and Management**, New York, n.109, p.213-222, 1983.
- LARSCHEID, G.; BLACKMORE, B.S. Interactions between farm managers and information systems with respect to yield mapping. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON PRECISION AGRICULTURE, 3., June 1996, Minneapolis, Minnesota, Estados Unidos. **Proceedings...** [Madison]: ASA/CSSA/SSSA, [1996]. p.1153-1163.
- LARSCHEID, G.; BLACKMORE, B.S.; MOORE, M. Management decisions based on yield maps. In: EUROPEAN CONFERENCE ON PRECISION AGRICULTURE, 1., Sept. 1997, Warwick, UK. **Precision agriculture'97**. [Oxford]: BIOS Scientific, [1997]. v.2, p.895-903.
- MINISTRY OF AGRICULTURE IN JAPAN. **Statistics in the white paper for japanese agriculture**. Tokyo, 1996.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL, Washington. **Precision agriculture in the 21st century**. Washington: National Academy Press, 1997. p.149.
- NIELSEN, D.R.; WENDROTH, O.; JÜRSCHIK, P.; KÜHN, G.; HOPMANS, J.W. Precision agriculture: challenges and opportunities of instrumentation and field measurements. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE INSTRUMENTAÇÃO AGROPECUÁRIA, 1., nov. 1996, São Carlos, SP. 1996. **Anais...** São Carlos: EMBRAPA-CNPDIA, 1996.
- PLUCKNETT, D.L.; WINKELMANN, D.L. Technology for sustainable agriculture. **Scientific American**, New York, p.182-186, Sept. 1995.
- SARGENT, R.J. Telemetry for a flood prevention scheme. **Water Pollution Control**, Washington, v.85, n.2, p.153-159, 1986.
- TORRE-NETO, A. **Estudo e implementação de um sistema de monitoramento remoto de variáveis edafo-ambientais**. São Carlos: USP-IFSC, 1995. Tese Doutorado.