

# Análise das possibilidades e tendências do uso das tecnologias da informação e comunicação em Agricultura de Precisão

Leonardo Ribeiro Queirós\*<sup>1</sup>, Ariovaldo Luchiari Junior\*<sup>2</sup>, João Camargo Neto\*<sup>3</sup>,  
Sílvia Maria Fonseca Silveira Massruhá\*<sup>4</sup>, Ricardo Yassushi Inamasu\*<sup>5</sup>,  
Eduardo Antonio Speranza\*<sup>6</sup>, Silvio Roberto Medeiros Evangelista\*<sup>7</sup>

<sup>1</sup>Analista Dr., Embrapa Informática Agropecuária

<sup>2</sup>Pesquisador Dr., Embrapa Informática Agropecuária

<sup>3</sup>Analista Dr., Embrapa Informática Agropecuária

<sup>4</sup>Pesquisadora Dra., Embrapa Informática Agropecuária

<sup>5</sup>Pesquisador Dr., Embrapa Instrumentação Agropecuária

<sup>6</sup>Analista doutorando em Ciência da Computação, Embrapa Informática Agropecuária

<sup>7</sup>Analista Dr., Embrapa Informática Agropecuária

\*E-mails: [leonardo.queiros@embrapa.br](mailto:leonardo.queiros@embrapa.br), [ariovaldo.luchiari@embrapa.br](mailto:ariovaldo.luchiari@embrapa.br), [joao.camargo@embrapa.br](mailto:joao.camargo@embrapa.br),  
[silvia.masshura@embrapa.br](mailto:silvia.masshura@embrapa.br), [ricardo.inamasu@embrapa.br](mailto:ricardo.inamasu@embrapa.br), [eduardo.speranza@embrapa.br](mailto:eduardo.speranza@embrapa.br),  
[silvio.evangelista@embrapa.br](mailto:silvio.evangelista@embrapa.br)

**Resumo:** A Agricultura de Precisão (AP) tem em sua concepção a emergência de novas combinações agrotecnológicas baseadas no desenvolvimento e aplicação das tecnologias da informação e comunicação na agricultura. As Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC's) são definidas pela Agência dos Estados Unidos para Cooperação Internacional-USAID como sendo: a combinação de hardware, software e os instrumentos de produção que permitem troca, processamento e manejo da informação e do conhecimento. Então, de acordo com a USAID, as TIC's incluem tecnologias e métodos para armazenar, manejar e processar informação (e.g. computadores, softwares, livros, dispositivos móveis, livrarias digitais e não digitais) e para comunicar a informação (e.g. correio, correio eletrônico, rádio, televisão, telefones, celulares, pagers, internet, etc). Devido à combinação de agrotecnologias com as tecnologias da informação e da comunicação, a Agricultura de Precisão é vista atualmente como uma das formas mais eficientes e eficazes de se garantir a produção de alimentos para atender as necessidades alimentares de nove bilhões de habitantes da terra em 2050, com a garantia da qualidade do produto e dos recursos naturais bióticos e abióticos. Este capítulo analisa o estado da arte e as tendências futuras das Tecnologias da Informação e Comunicação no contexto da Agricultura de Precisão. Serão abordados os seguintes temas: Padrões para Integração de Equipamentos Agrícolas, Sistemas de Informação e na Automação de Processos e Operações Agrícolas; Computação Ubíqua e em Nuvem; Aplicações Geoespaciais; Sistemas de Suporte a Decisão; Processos Produtivos Agrícolas - Protocolos e Normas de Produção.

**Palavras-chave:** Agricultura de Precisão, Tecnologia da Informação e Comunicação, Computação em Nuvem e Ubíqua, ISOBUS, Sistemas de Suporte a Decisão, Protocolo de Produção.

## *Analysis of the Possibilities and Future Trends in the Use of Information and Communication Technologies in Precision Agriculture*

*Precision Agriculture (PA) has embedded in its conception news agro-technological combinations based on the use of the Information and Communication Technologies. In this chapter the USAID's definition of information and communication technology will be used, i.e., "the combination of hardware, software, and the means of production that enable the exchange, processing, and management of information and knowledge". ICTs thus include technologies and methods for storing, managing, and processing information (e.g., computers, software, books, mobile devices, tablets, androids, digital and non-digital libraries) and for communicating information (e.g., mail and email, radio and*



television, telephones, cell phones, pagers, instant messaging, “the web,” etc.) Due the combination of agricultural, information and communication technologies, Precision Agriculture has been seen as the most effective and efficient form of agricultural production able to feed 9 billion people in 2050, while maintaining the safety and quality of the product in harmony with the biotic and non-biotic natural resources. This Chapter analyses the state-of-the art and future trends of ICT’s within the context of Precision Agriculture. The following themes will be covered: Standards for the Integration Agricultural Machinery, Information Systems and Automation of Agricultural Processes and Operations; Ubiquitous and Cloud Computing; Geo-spatial Applications; Decision Support Systems; The Role of AP and TIC’s in Attending Agricultural Production Standards, Safety and Traceability.

*Precision Agriculture, Information and Communications Technologies, Cloud and Ubiquitous Computing; ISOBUS, Decision Support Systems, Agricultural Production Protocols.*

## 1. Introdução

A agricultura convencional, principalmente com a produção em larga escala, fez com que a gestão da lavoura intuitiva, que tratava as diferenças do campo, fosse dissimulada. As novas tecnologias, como GNSS e Sistemas de Informação, trouxe a viabilidade operacional para tratar essas diferenças, inovando a nossa lavoura.

A AP, por ter inserido em sua concepção a emergência de novas combinações agrotecnológicas, baseadas no desenvolvimento e na aplicação das tecnologias da informação e comunicação (TIC’s) na agricultura, com possibilidades de ganhos econômicos e benefícios ambientais, vem ganhando popularidade mundial (WOLF; WOOD 1997). Essa nova forma de produção agrícola tem atraído, desde o início de sua adoção, o interesse de formuladores de políticas públicas de pesquisa, de ensino e de desenvolvimento econômico e social; das indústrias de telecomunicações e informática; da mídia; das instituições de crédito e seguro rural; e também dos setores tradicionais do agronegócio - indústrias de insumos, máquinas e processamento –(WOLF; WOOD, 1997) (SCHEPERS; SHANAHAN; LUCHIARI JÚNIOR, 2000). Atualmente é vista como uma das formas mais eficientes e eficazes de garantir a produção de alimentos para atender as necessidades alimentares de nove bilhões de habitantes da terra em 2050.

Uma vez que a agricultura de precisão tem se beneficiado da utilização das tecnologias da informação e comunicação na agricultura, é importante lembrar que as TIC’s são definidas, pela Agência dos Estados Unidos para Cooperação Internacional - USAID, como sendo: a combinação

de hardware, software e os instrumentos de produção que permitam a troca, o processamento e o manejo da informação e do conhecimento. De acordo com a USAID, as TIC’s incluem tecnologias e métodos para armazenar, manejar e processar informação (e.g. computadores, softwares, livros, PDAs, tablets, androides, livrarias digitais e não digitais) e para comunicar a informação (e.g. correio, correio eletrônico, rádio, televisão, telefones, celulares, pagers, internet, etc. Nesse contexto, as TIC’s aqui são vistas como desempenhando as seguintes funções (RUSTEN; RAMIREZ, 2003) :1 - que o conhecimento tecnológico é um componente importante para o desenvolvimento do setor agrícola; 2- que as TIC’s aceleram o desenvolvimento do setor por organizar e facilitar a organização e a transferência do conhecimento entre os atores que atuam no setor e 3 - que as organizações terão um papel fundamental na identificação de necessidades de métodos adequados de manejo e de tomada de decisões e na identificação de novas necessidades tecnológicas para que o uso das TIC’s em AP seja mais eficaz, eficiente e mais fácil de ser usado. Este capítulo analisa o estado da arte e tendências futuras das Tecnologias da Informação e Comunicação no contexto da Agricultura de Precisão. Serão abordados os seguintes temas: Padrões para Integração de Equipamentos Agrícolas, Sistemas de Informação e na Automação de Processos e Operações Agrícolas; Computação Ubíqua e em Nuvem; Aplicações Geoespaciais, Sistemas de Suporte a Decisão, Uso TIC em Processos Produtivos Agrícolas - Protocolos e Normas de Produção, Uso de Padrões para Integração de TIC em Equipamentos Agrícolas e Uso de TIC’s na Automação de Processos e Operações Agrícolas.

## 2. Uso de Padrões para Integração de TIC em Equipamentos Agrícolas

Nas últimas décadas, a Agricultura de Precisão tem se beneficiado com a automação de máquinas e implementos agrícolas por meio do uso de sistemas eletrônicos embarcados compostos por programas de computadores e dispositivos eletrônicos e de hardwares. No início, os fabricantes desses sistemas se preocupavam com a confiabilidade, facilidade de instalação e de uso. O problema é que pouca atenção foi dada para que esses sistemas fossem facilmente integrados com outros disponíveis produzidos por outros fabricantes (HASSALL, 2010). Dessa forma, inúmeros sistemas foram disponibilizados para o mercado com protocolos proprietários de comunicação, de forma que não havia compartilhamento de informação entre eles. Além disso, cada sistema demandava um terminal para interação do usuário operador da máquina com suas funcionalidades de controle, de forma que dentro da máquina agrícola, instrumentada com esses sistemas, existiam vários terminais e um grande emaranhado de cabos, que contribuíam para um ambiente não otimizado e complexo de interação homem-máquina.

Para suprir essa necessidade de integração dos diferentes sistemas eletrônicos embarcados, padrões de redes de comunicação têm sido desenvolvidos. Destaca-se o esforço entre diversos países, coordenado por Forças Tarefas da Europa e dos Estados Unidos, para a geração e aplicação de uma norma internacional denominada ISO 11783, também conhecida industrialmente por ISOBUS, para tratar essa falta de interoperabilidade. Ela é baseada no protocolo de comunicação digital serial “Controller Area Network” e segundo Saraiva e Cugnasca (2006) especifica uma rede serial para comunicação e controle de veículos agrícolas, como tratores e seus implementos, de modo a tornar disponível uma padronização para sistemas embarcados em máquinas e equipamentos agrícolas. Essa padronização permite o uso de apenas um terminal para reconhecer, monitorar e gerenciar automaticamente os implementos, compatíveis como o padrão ISOBUS, conectados ao trator (SOUZA et al., 2011).

Para a Agricultural Industry Electronics Foundation - AEF (AGRICULTURAL..., 2013) - uma organização internacional composta por mais

de 150 empresas, associações e organizações - os fabricantes de equipamentos agrícolas em todo o mundo elegeram ISOBUS como o protocolo universal para comunicação eletrônica entre implementos, tratores e computadores. A AEF tem mantido um banco de dados acessível pela Web com os equipamentos compatíveis com o ISOBUS e funcionalidades que permitem selecionar uma combinação de equipamentos e verificar a compatibilidade entre as funções oferecidas. Segundo a Força Tarefa ISOBUS Brasil - FIT Brasil - o emprego de sistemas eletrônicos embarcados em máquinas agrícolas em consonância com essa norma tem sido restrito a produtos importados. Porém, o grupo do FIT Brasil tem buscado criar competência no País por meio de domínio das tecnologias envolvidas e divulgar o benefício do padrão (FORÇA..., 2013).

A tendência é que os sistemas eletrônicos embarcados em máquinas agrícolas estejam em consonância com essa norma e cada vez mais presentes na área agrícola.

## 3. Uso de Padrões em TIC para Armazenamento de Dados, Intercâmbio e Interoperabilidade entre Sistemas de Informação

A imensa quantidade de dados digitais produzidos pelo uso de tecnologias da AP está armazenada em diferentes formatos e padrões de arquivos, em diferentes sistemas de informação, sem muita atenção para a documentação mínima de informações que facilitam a recuperação e entendimento desses dados. O problema se torna mais visível quando é necessário reutilizar esses dados ou integrar diferentes sistemas de informação para uma análise mais apurada, a qual, muitas vezes, é inviabilizada pela falta de descrição do procedimento usado na coleta dos dados, falta de unidade de medida ou até mesmo impossibilidade de identificar a qual variável um conjunto de medidas está associado.

Assim como o problema de integração de equipamentos agrícolas tem sido resolvido com os esforços direcionados ao ISOBUS, é preciso caminhar na mesma direção para padronização de armazenamento de dados e arquitetura de sistemas de informação distribuídos que permitam

a integração desses dados, de forma simples e transparente. O projeto europeu FutureFarm (<http://www.futurefarm.eu/>) produziu uma especificação para um sistema de informação de gestão agrícola com atenção para essas questões. Nessa especificação, todos os dados devem ser documentados e armazenados na linguagem padronizada para troca de dados agroXML e a arquitetura distribuída deve ser a arquitetura SOA (*Service-Oriented Architecture*) (BLACKMORE; APOSTOLIDI, 2011). Nos Estados Unidos a AgGateway, uma organização sem fins lucrativos que tem por visão ser reconhecida internacionalmente por promover o uso das TIC's na Agricultura de Precisão, lançou o projeto 'padronizando o intercâmbio de dados da AP (SPADE)'. O projeto visa atender as demandas dos produtores no sentido de tornar mais amigável o uso de equipamentos e aplicativos em AP (AGGATEWAY,2013).

No Brasil, a Rede de Agricultura de Precisão da Embrapa - Rede AP - atenta à necessidade de adoção de padrões para armazenamento e intercâmbio de dados e informações, e de uma arquitetura orientada a serviços que permita a interoperabilidade entre sistemas, mantendo a memória, a preservação, a recuperação e o intercâmbio com qualidade dos dados produzidos pelas unidades pilotos, desenvolveu um repositório de recursos de informação (<https://www.redeap.cnptia.embrapa.br>) que usa o perfil de metadados 'Perfil de Metadados Geoespaciais do Brasil' - versão homologada em 2009 pelo Comitê de Planejamento da Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais (CONCAR) - para catalogar os dados geoespaciais e com arquitetura que permite a integração e interoperabilidade de aplicações. Na Figura 1a, é mostrada a estrutura banco de dados e sua integração com a camada de aplicação. Os recursos de informação digitais suporta os formatos - shapefile, raster, txt, doc,xls, jpg e pdf - e estão associados a elementos de metadados. Já a camada de aplicação é composta pela integração de ferramentas de softwares livre - banco de dados PostgreSQL, WebGIS i3Geo e o aplicativo para catalogação de dados geoespaciais GeoNetwork - e de conversores de dados dos equipamentos de sensoriamento usados pela Rede AP, com a função de realizar a interface com os usuários. Na Figura 1b, são ilustrados

os elementos de metadados selecionados, customizados, criados e em uso, para a catalogação de dados geográficos e não geográficos (somente tabulares). Nesse diagrama, os elementos de metadados foram agrupados numa generalização e especialização. A generalização do diagrama representa os elementos de metadados que devem ser preenchidos, independente do tipo de dado ser tabular ou geográfico (CDG). Já a especialização expressa os elementos de metadados que devam ser preenchidos somente para o tipo CDG. Vale ressaltar que dois novos elementos foram criados dentro da Seção Identificação do 'Perfil de Metadados Geoespaciais do Brasil': "Observação" para contemplar qualquer observação ou necessidade de documentação que por ventura não possa ser expressa pelos demais elementos de metadados selecionados; e "Responsável pela Catalogação" para identificar o autor de documentação dos metadados. Com relação ao elemento "Observação", a ideia é analisar a frequência de necessidade de uso desse descritor para, posteriormente, eleger ou criar novas seções ou elementos para atender as especificidades de documentação do projeto AP (QUEIROS et al., 2011). O grande avanço conseguido pelo projeto é permitir a obtenção de séries históricas espaciais e temporais de lavouras, sendo elemento chave não só para alimentar as novas necessidades de pesquisa, mas também para rastreabilidade e comparação entre sistemas que adotaram a AP. Considerando que o repositório da Rede AP e seus resultados permitiram o estabelecimento de padrões adequados para operacionalizar, armazenar, recuperar, intercambiar e interoperar os dados e informações obtidas nas unidades pilotos, de forma quantitativa e qualitativa, ele permitirá também que essa experiência seja extrapolada para o manejo de propriedades agrícolas. Esse repositório foi concebido para atender necessidades futuras de organização e tratamento de informação.

#### 4. Computação Ubíqua

O avanço dos sistemas embarcados aliado ao custo decrescente de equipamentos digitais tem sido fecundo para realização de constantes investimentos em infraestrutura de telecomunicações em todo

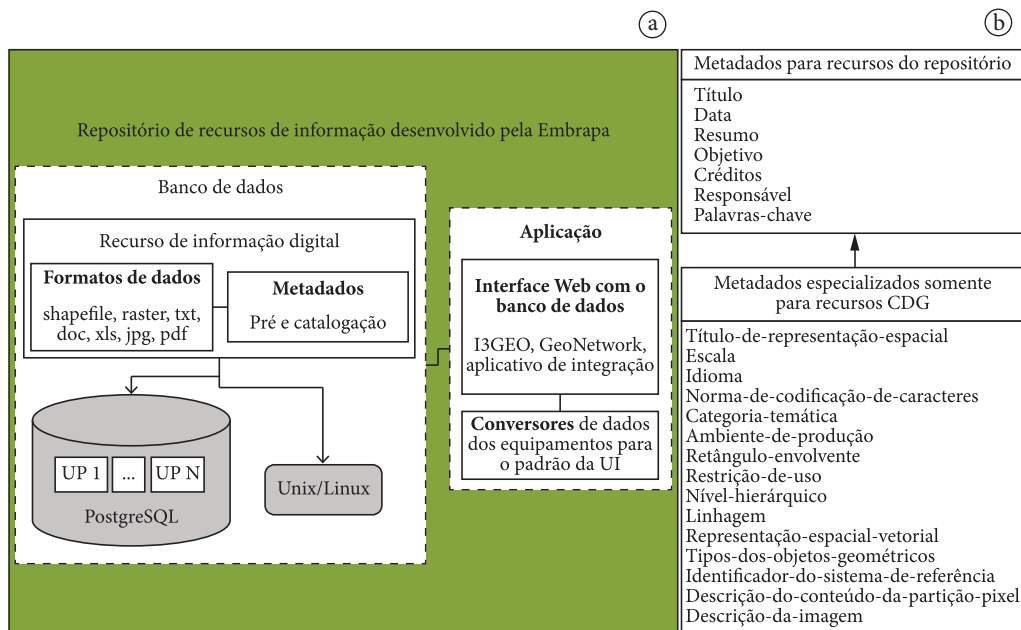


Figura 1. Repositório de recursos de informação desenvolvido pela Embrapa.

mundo (BALLANTYNE; MARU; PORCARI, 2010). Equipamentos como celulares, tablets, computadores pessoais - cada vez mais presentes no dia a dia das pessoas - conectados à Internet traz uma grande oportunidade de conectividade entre a ciência, produtores e demais atores relacionados ao contexto da Agricultura. Essa conectividade é facilitada quanto mais simples, autônomos e imperceptíveis forem os sistemas embarcados e equipamentos associados. A busca por não notoriedade da presença de computadores entre humanos, por meio da simplicidade de operação e maximização do funcionamento autônomo, tem sido conhecida por computação ubíqua. Torre Neto (2009) aponta como concepção da computação ubíqua a fusão dos computadores com o ambiente, a ponto de tornarem-se invisíveis para os usuários.

As tecnologias da AP tem se beneficiado dessa conectividade, em especial conectividades por meio de redes sem fio, e da computação ubíqua, nas quais sensores, redes de sensores, atuadores e sistemas de controle podem coletar dados, processá-los, realizar atuação e encaminhar informações para um computador servidor na sede da fazenda ou diretamente para algum serviço de nuvem disponível, conforme abordado na seção 'Computação em Nuvem', de forma autônoma e em tempo real. Como exemplo, a

tecnologia de piloto automático, amplamente difundida na AP, permite que um veículo agrícola trafegue pela lavoura sem intervenção humana - sendo a coleta de informação dos sensores do motor, direção, localização espacial entre outros e a atuação na direção realizada de forma transparente e automática. Ainda nesse exemplo, o agricultor poderia monitorar em tempo real a rota realizada por meio de um aplicativo instalado em um tablet em qualquer lugar do mundo (HEST, 2013). Esses equipamentos, por atuarem de forma transparente, auxiliam o produtor a reduzir os erros e, portanto, reduz a variabilidade espacial antrópica e natural do campo.

No Brasil, a Rede de Agricultura de Precisão da Embrapa, tem abordado o monitoramento de controle de processos na agropecuária através do uso das inovadoras tecnologias de rede de sensores sem fio e da computação ubíqua, por meio das seguintes atividades de pesquisa: (i) a irrigação espacialmente diferenciada; (ii) a pulverização de precisão; (iii) o mapeamento da fertilidade do solo; (iv) a rastreabilidade animal e vegetal e (v) as mudanças climáticas e os problemas fitossanitários (TORRE NETO, 2009).

A conectividade tem se tornando cada vez mais pervasiva e móvel e mais dispositivos estão se tornando capazes de realizar múltiplas operações (BALLANTYNE; MARU; PORCARI, 2010)

em consonância com a computação ubíqua, de forma a ser uma tendência consolidada e cada vez mais refletida nas tecnologias da AP que serão produzidas no futuro.

## 5. Computação em nuvem

A geração de dados, em alta resolução, contínua e, muitas vezes, em tempo real, por meio do uso de tecnologias da AP ou por grandes bancos de dados públicos, disponíveis na Internet, com informações agrícolas em macro-escala, necessárias para a gestão das principais operações de cultivo - preparo do solo, semeadura, adubação, irrigação, pulverização e colheita - tem demandado uma crescente capacidade de armazenamento e processamento computacional que extrapola a capacidade de computadores pessoais alocados numa fazenda, trazendo à AP os desafios associados às pesquisas em Big Data. Soma-se, ainda, a necessidade do uso de procedimentos computacionais inerentes a um 'Data Center' para realizar o backup dos dados, instalação de programas de processamento, manutenção de rede cabeada ou sem fio para a transmissão, manutenção da rede elétrica, atualização de sistemas operacionais, entre outros que exigem uma dedicação integral de profissional com habilitação em TI e investimentos em hardware e software. Outra questão é que os produtores não têm recursos para manter seu próprio departamento de TI (WELTE et al. 2013).

Diante dessa realidade, muitas empresas ativas mundialmente no provimento de soluções para a AP têm oferecido serviços baseados na computação em nuvens que encapsulam toda a infraestrutura e gestão computacional de um Data Center e as oferecem como serviços disponíveis para acesso por meio da Internet (HEST, 2013) e (BALLANTYNE; MARU; PORCARI, 2010). A computação em nuvens provê serviços de acordo com três categorias distintas (KEPES, 2013): infraestrutura como serviço - servidores, rede, máquinas virtuais, armazenamento, balanceamento de carga, entre outros; plataforma como um serviço - banco de dados, ambiente de execução, servidor web, ferramentas de desenvolvimento, entre outros; e software como serviço disponibilizado para usuários finais e acessíveis pela Web - navegadores de Internet, aplicações para dispositivos móveis,

sistemas embarcados em máquinas agrícolas, sistemas de suporte a decisão, e-mail, sistemas de informações geográficas, entre outros. Ballantyne, Maru e Porcari (2010) explica que já existem serviços que permitem ao usuário ter centenas ou milhares de computadores a sua disposição e ainda pagar por eles, por hora ou minuto, sem a necessidade de aquisição ou administração do hardware; a computação nas nuvens elimina a barreira de capacidade de processamento e os custos são bem menores, mesmo diante da queda de preço de hardware, uma vez que os custos de um 'Data Center' pode ser compartilhado entre vários usuários.

Como relatado por Hest (2013), algumas empresas já oferecem soluções nas nuvens, na qual equipamentos agrícolas estão conectados por rede sem fio e as informações são disponibilizadas em tempo real e acessíveis por navegadores de Internet ou por aplicativos instalados em dispositivos móveis. É possível, ainda, contar com informações processadas na nuvem por sistemas de suporte a decisão de maneira eficiente.

Trata-se de um grande atrativo a utilização de softwares sem que esses estejam instalados no computador e não ter que mantê-los ou se preocupar com infraestrutura e plataforma computacional, porém, algumas desvantagens são observadas: A falta de conectividade com a nuvem (Internet ou nuvens configuradas) pode comprometer a execução e a visualização das informações mantidas pelos sistemas associados; e o estabelecimento de uma clara política de propriedade e acesso aos dados armazenados na nuvem.

Um serviço brasileiro disponível para uso na AP não foi encontrado para avaliação de seu uso no país, porém, há softwares proprietários que se baseiam nas nuvens traduzidos para a língua portuguesa e que já estão disponíveis para uso. Com relação aos serviços de infraestrutura e plataforma existem empresas de propósitos gerais que tem oferecido serviços no país.

Uma vez que exista largura de banda suficiente para suportar a transferência de dados, e, as questões de política de propriedade e acesso aos dados armazenados estejam regulamentadas e bem asseguradas, o fornecimento e uso de serviços agrícolas nas nuvens para a AP tende a aumentar fortemente nos próximos anos.

## 6. Aplicações Geoespaciais

A principal hipótese para a adoção das tecnologias de Agricultura de Precisão é a existência da variabilidade espacial no campo. Dentre as várias tecnologias atualmente disponíveis para mapear esta variabilidade encontra-se o imageamento aéreo. Essa tecnologia traz embutida a característica espacial na qual cada pixel da imagem corresponde a uma amostragem espectral de uma região única no solo. Esse imageamento pode ser realizado por satélites orbitais, balões, aviões tripulados e, atualmente, pelos veículos autônomos não tripulados - VANT. Independente da tecnologia utilizada na obtenção das imagens, o objetivo final é correlacionar a características do objeto em estudo, no caso planta, solo e resíduo com reflectância espectral e temperaturas emitidas por esses objetos e registradas nas bandas espectrais das imagens.

Um dos primeiros estudos utilizando imageamento por satélite foi realizado com imagens do satélite Landsat 1, lançado em 23 de julho de 1972. Esse estudo teve como objetivo examinar as diferenças na vegetação no período da primavera e do verão na região das Grandes Planícies dos Estados Unidos correlacionando e quantificando as características biofísica da vegetação com as respostas espectrais. Como resultado desse estudo várias relações entre as bandas espectrais (índices) foram estudadas, sendo que o mais bem sucedido e utilizado até os dias de hoje é o NDVI (Índice de Vegetação por Diferença Normalizada). Esse índice tem sido usado em sensoriamento remoto para quantificar e monitorar o vigor das plantas, cobertura vegetal e produção de biomassa.

O estudo realizado por Moran, Inoue e Barnes (1997) descrevem as oportunidades na utilização de bandas espectrais e índices obtidos das imagens multispectrais em agricultura de precisão, tais como; utilização de imagens multispectrais adquiridas no período anterior a colheita para mapeamento de produtividade, do solo nu ou completamente coberta por vegetação para mapear variabilidade espectral e durante o crescimento da cultura, para monitorar variabilidade das condições da mesma.

Nessa linha de pesquisa outros estudos têm sido realizados utilizando estes índices obtidos

das imagens multispectrais para detectar, georreferenciar e mapear regiões de variabilidade (LUCHIARI JUNIOR et al., 2011) causadas por doenças, deficiência nutricional, stress hídrico que refletem diretamente no vigor da planta, causando um declínio na produção de biomassa; e para mapear níveis de nitrogênio nas plantas que correlacionam resposta espectral com elevados níveis de clorofila e altas taxas de fotossínteses. Dentre esses índices podemos destacar o de vegetação de diferença normalizada na faixa do verde (GNDVI- Green Normalized Difference Vegetation Index) (SHANAHAN et al., 2001) e o de vegetação ajustado do solo - SAVI, (HUETE, 1988; RONDEAUX; STEVEN; BARET, 1996; BARET; GUYOT; MAJOR, 1998).

Recentemente vem crescendo a utilização de imagens multiespectrais adquiridas pelos Veículos Autônomos não Tripulados - VANT - pelas instituições de pesquisas e serviços de imageamento disponíveis no mercado por companhias privadas. As vantagens da utilização dessa tecnologia são: aquisição de imagens multiespectrais com alta resolução espacial; custo de obtenção inferior a imagens de satélites ou fotos aéreas; aquisição de imagem a qualquer instante; permitir aquisição em tempo nublado por ser possível realizar voos abaixo da altura das nuvens; capacidade de execução de trabalhos repetitivos e perigosos em locais de difícil acesso.

O uso de imagens, por estar diretamente relacionado à automação dos processos e de operações agrícolas; por poder ser usado em pequenas e grandes áreas, e em culturas de alto valor agregado como horticultura, e por seu custo estar em declínio é visto como uma tendência futura em expansão. Entretanto, algumas limitações terão que ser superadas, tais como: capacitação técnica de usuários; seguro para sobrevoos; legislação de uso e quebra de paradigmas tecnológicos.

## 7. Sistemas de Suporte a Decisão

Ao longo dos anos a Embrapa desenvolveu diversos sistemas especialistas que visam atender a demanda de certos nichos e entidades relacionadas ao negócio agrícola. Dentre eles é possível destacar os sistemas para: monitoramento

agrometeorológico ([www.agritempo.gov.br](http://www.agritempo.gov.br)); diagnose virtual de doenças de plantas (<http://www.diagnose.cnptia.embrapa.br>); previsão de safra de soja; recomendação para adubação; e o WebAgritec.

O WebAgritec é um sistema computacional de acesso e utilização via Web (<http://www.agritec.cnptia.embrapa.br/>) que agrega e torna disponíveis informações geradas pela pesquisa e permitem ao usuário planejar e conduzir a cultura plantada com as melhores práticas e material genético disponível. Sua finalidade é auxiliar os profissionais ligados ao setor agropecuário na tomada de decisões, para tanto, o sistema conta com 7 módulos (Zoneamento, Cultivar, Adubação, Previsão, Monitoramento, Diagnóstico, Videoteca), que orientam o Usuário desde o planejamento até a condução da cultura. Esses 7 módulos permitem uma visão geral do sistema produtivo.

Embora o resultado final alcançado, nesse primeiro protótipo do WebAgritec, tenha sido satisfatório, tanto do ponto de vista de arquitetura como da aplicação, novas tecnologias de computação móvel são avanços que devem ser contemplados em ações futuras no escopo da Agricultura de Precisão. Tendo em vista que as tecnologias da AP geram uma vasta gama de informações que estão dispersas e não estão sendo diretamente utilizadas no suporte à tomada de decisões do setor produtivo agrícola. Diante desse cenário, fica evidente a necessidade do desenvolvimento de infraestruturas que agreguem o conhecimento tecnológico e tácito gerado pela Agricultura de Precisão que suportem a tomada de decisão, em tempo real, e que facilitem a transferência e capacitação tecnológica, via web e dispositivos móveis, com o propósito de beneficiar os agricultores, os agentes da extensão e assistência técnica pública e privada, agências de fomento, de crédito, etc.

## **8. Uso de TIC's em Processos Produtivos Agrícolas - Protocolos e Normas de Produção**

A Agricultura de Precisão utiliza GPS (Sistema de posicionamento global), GIS (Sistema de informações geográficas), instrumentos e sensores

para medidas ou detecção de parâmetros ou de alvos de interesse no agroecossistema (solo, planta, insetos, doenças, etc.), de mapas de colheita, de métodos quantitativos e da mecatrônica. O uso desses conceitos e instrumentos permitem: i) utilizar mapas de colheita e variabilidades no solo e no clima, para diagnosticar as causas das variabilidades, espacial e temporal, quer sejam natural ou induzidas pelo homem, e analisar seus efeitos nas produtividades, ii) aplicar localizadamente os insumos em quantidades variáveis e em tempos específicos quer por taxa variada ou por zonas de manejo, e iii) controlar o manejo das culturas para que os níveis de produtividade pré-estabelecidos sejam atingidos iv) monitorar para que as práticas agrícolas estejam em harmonia com o meio ambiente e v) certificar-se de que os produtos obtidos sejam seguros.

Quando as tecnologias da Agricultura de Precisão são combinadas com as TIC's, é possível de se obter, armazenar e processar informações que permitam ações de comando e controle da forma de produção. Assim, é possível atender, analisar, monitorar e rastrear a conformidade da produção com os requisitos de vários protocolos e normas, tais como: da Produção Integrada e da Produção Orgânica, do Ministério da Agricultura, da Pecuária e Abastecimento, do GLOBALG.A.P. da Europa, das Produções Étnicas, do Contrato de Produção de Alimentos Funcionais, entre outros.

Entretanto, o uso dessa forma de produção no Brasil não tem sido tão intenso. Furlaneto e Manzano (2010) citam o sucesso do uso de técnicas da agricultura na produção integrada e no processo de rastreabilidade do pêssego.

Em relação ao futuro, o uso de tecnologias e processos da agricultura de precisão para atender protocolos de certificação e rastreabilidade da produção é, ainda, uma incerteza crítica. Entretanto, o repositório concebido na Rede AP, pode transformar numa tendência consolidada com incremento do seu uso, por facilitar a organização e armazenamento de informações requeridas nas análises de conformidade constantes nos protocolos e normas de produção. Consequentemente permitirá que os produtores conquistem novos mercados com garantia de melhores preços, devido à certificação da qualidade, segurança e origem dos produtos.



## 9. Uso de TIC's na Automação de Processos e Operações Agrícolas

A integração entre aquisição de dados obtidos por sensores ou por coletas georreferenciadas, TIC's, sistemas de suporte a decisão e de navegação são requisitos para o processo de automação agrícola. Para aplicação desse processo, é necessário que dados e informações obtidas por redes de sensores sem fio ou que dados espaciais e temporais dos agro-ecossistemas sejam tratados por padrões de representação e comunicação (agroXML, ISOBUS entre outros) entre sistemas numa arquitetura computacional distribuída como o SOA. Devido à vasta quantidade de dados e informações obtidas, o processamento e análise em infraestruturas de alto desempenho computacional como a computação em nuvens, grid, processamento paralelo entre outros, é necessário para o desenvolvimento de um sistema de informação de gestão agrícola automatizado que seja robusto e confiável.

A Figura 2 exemplifica o sistema de produção e os processos que nele ocorrem. Informações

georreferenciadas dos atributos do solo (características físicas, químicas e biológicas) são coletadas, transmitidas e analisadas para que sejam estabelecidas as capacidades produtivas de áreas do terreno; em função dessa análise informações são transmitidas às máquinas e aos equipamentos para a aplicação automatizada de corretivos e fertilizantes em taxas variáveis. Em seguida ocorre a operação de semeadura/ou plantio (mudas) automatizada com a utilização de plantas adequadas às diferentes capacidades produtivas do terreno, i.e., para explorar a máxima capacidade produtiva do solo. Posteriormente ocorrem as operações de manejo da cultura. Os estresses bióticos (patógenos, insetos e plantas daninhas) e abióticos (deficiências hídricas e nutricionais) podem ser determinados e georreferenciados pela utilização de sensores remotos (por satélite, avião, Vant). Todas essas informações são armazenadas e transmitidas numa linguagem padrão de intercâmbio, e.g. AgroXML, para uma central para serem processadas (computação em nuvens, grid, paralela entre outros) e analisadas por um sistema específico de decisão, que encaminhará as decisões, em conformidade com o padrão ISOBUS,



Figura 2. Ilustração das fases do sistema de produção e os processos que nele ocorrem.

para as máquinas equipadas com sistema de direção automática e equipamentos, que realizarão as operações de aplicação georreferenciadas em taxas variáveis de insumos (água, fertilizantes, defensivos, agentes de controle biológico, etc). O ciclo é iniciado novamente após a colheita, com a utilização de sensores de produtividade e/ou de qualidade (conteúdo de proteína, óleo ou outro parâmetro) cujos dados são enviados à central de processamento para a obtenção de mapas.

No mundo esses sistemas são utilizados para pequenas áreas de produção, como no Japão, Estados Unidos e na Europa. No Brasil são aplicados partes desse processo, como o piloto automático para operações de plantio.

Salienta-se que o repositório desenvolvido pela Rede AP terá um papel importante na organização do conhecimento científico e tecnológico que facilitará a coleta, transmissão, processamento e análise de dados para tomada de decisão e automação de operações agrícolas, visto que foi construído para atender requisitos de intercâmbio e interoperabilidade entre máquinas, equipamentos agrícolas e sistemas embarcados utilizados nos processos de automação.

Uma vez que a automação é uma tendência consolidada com evolução e expansão de seu uso, a Embrapa está criando um portfólio para definir necessidades de pesquisa e de inovação para consolidar, em bases científicas, os processos de automação agrícola.

## **10. Conectando Ciência e Tecnologia com a Extensão Rural, Agentes dos Setores Produtivos e Formuladores de Políticas Públicas**

Bongiovanni e Lowenberg-Deboer (2001) definem AP como sendo: 'o monitoramento e controle eletrônico aplicado a coleta e ao processamento de uma base de dados e de informações para suporte a decisão na alocação espacial e temporal de insumos'. Portanto, baseados nessa definição e em tópicos citados em Ballantyne, Maru e Porcari (2010), faremos considerações sobre tendências futuras e quanto as formas de geração, transferência e uso das inovações tecnológicas. Será considerada a evolução das TIC's e das tecnologias de AP nos diversos setores

envolvidos nas cadeias produtivas. Os avanços no desenvolvimento de hardware, software, formas de conectividade, volume de informações coletadas, processadas e disponibilizadas já estão transformando os métodos de promover inovações. O processo linear da transferência das tecnologias e conhecimentos originados da pesquisa para os produtores através da extensão, já vem sendo operacionalizado num processo de transferência em redes de conhecimentos e de informações.

As tendências futuras que indicam uma evolução e crescimento do uso das TIC's, nos temas de Computação Ubíqua e em Nuvens, Aplicações Geoespaciais, Sistemas de Suporte a Decisão, Processos e Equipamentos Agrícolas, Padronização de Dados e Automação já estão permitindo o acesso às informações e aos conhecimentos originados de fontes pluralísticas com diferentes formatos que estão sendo utilizados pelos usuários (GAKURU; WINTERS; STEPMAN, 2009; GANDHI et al., 2009). Isto significa que, não somente o conhecimento gerado pelas instituições de pesquisas vem sendo utilizado, mas também o conhecimento tácito obtido por produtores, provedores de serviço e extensionistas está sendo utilizado nas inovações. A grande maioria das inovações já está sendo transferida de modo ubíquo, ou seja, o usuário está acessando um volume enorme de informações e tendo que ter alguma forma de filtragem, para selecionar as tecnologias e conhecimentos mais relevantes para sua situação.

Considerando as mudanças ocorridas na sociedade, devido aos impactos das novas Tecnologias de Informação e de Comunicação, exigem da Embrapa novos procedimentos. A forma como foi concebido e desenvolvido o repositório da Rede AP, permitirá a organização das informações e dos conhecimentos existentes e será um instrumento efetivo e eficaz de transferência tecnológica, contribuindo para acelerar o desenvolvimento do processo de disseminação e adoção das tecnologias da Agricultura de Precisão.

Em função do quadro atual e das tendências futuras os formuladores de políticas públicas devem considerar o valor das TIC's no desenvolvimento do setor agrícola, políticas que propiciem o acompanhamento da dinâmica da

evolução das TIC's como a participação contínua em programas de treinamento, capacitação dos pesquisadores, extensionistas, produtores e outros atores. Ações dessa natureza contribuirão para o uso pleno de suas capacidades de gerar, transferir, compartilhar dados, informações e conhecimentos, para o efetivo desenvolvimento do setor agrícola. Também é esperado que ocorram mudanças culturais para que assim culminem em transformações em direção a novos padrões tecnológicos de produção.

## Agradecimentos

Agradecemos à Rede AP pelo apoio e oportunidade para a redação desse capítulo.

## Referências

AGGATEWAY. **SPADE Project**. Washington. Disponível em: <<http://www.aggateway.org/eConnectivity/Projects/CurrentOngoing/SPADE.aspx>>. Acesso em: 11 jul. 2013.

AGRICULTURAL INDUSTRY ELECTRONICS FOUNDATION. **O que é a AEF**. Disponível em: <<http://www.aef-online.org/pt/o-que-e-a-aef.html>>. Acesso em: 24 jun. 2013.

BALLANTYNE, P.; MARU, A.; PORCARI, E. M. Information and communication technologies: opportunities to mobilize agricultural science for development. **Crop Science**, v. 50, p. S-63-S69, 2010. <http://dx.doi.org/10.2135/cropsci2009.09.0527>

BARET, F.; GUYOT, G.; MAJOR, D. J. TSAVI: a vegetation index which minimizes soil brightness effects on LAI and APAR estimation. In: CANADIAN SYMPOSIUM OF REMOTE SENSING, 10., 1990, Washington. **Proceedings...** New York: The Institute of Electrical and Electronics Engineers, 1990. p. 1355-1358.

BLACKMORE, S.; APOSTOLIDI, K. **FutureFarm**: integration of farm management information systems to support real-time management decisions and compliance of standards. European Union: FP7, 2011. (Project Final Report). Disponível em: <[http://www.futurefarm.eu/system/files/FFD8.9\\_Final\\_Report\\_4.1\\_Final.pdf](http://www.futurefarm.eu/system/files/FFD8.9_Final_Report_4.1_Final.pdf)>. Acesso em: 22 jun. 2013.

BONGIOVANNI, R.; LOWENBERG-DEBOER, J. Precision agriculture: economics of nitrogen management in corn using site-specific crop response estimates from a spatial regression model. In: AMERICAN AGRICULTURAL ECONOMISTS ASSOCIATION ANNUAL MEETING, 2001, Chicago. **Proceedings...**

FURLANETO, F. B.; MANZANO, L. M. **Agricultura de precisão e a rastreabilidade de produtos agrícolas**. Infobibos, 2010. Disponível em: <[http://www.infobibos.com/Artigos/2010\\_2/AgriculturaPrecisao/](http://www.infobibos.com/Artigos/2010_2/AgriculturaPrecisao/)>. Acesso em: 2 jul. 2013.

GAKURU, M.; WINTERS, K.; STEPMAN, F. **Inventory of innovative farmer advisory services using ICTs**. Forum for Agricultural Research in Africa, 2009. p. 1-66.

GANDHI, R.; VEERARAGHAVAN, R.; TOYAMA, K.; RAMPRASAD, V. Digital green: Participatory video and mediated instruction for agricultural extension. **Information Technologies & International Development**, v. 5, n. 1. p. 1-15, 2009.

HASSALL, J. **Future trends in precision agriculture: a look into the future of agricultural equipment**. Nuffield Australia, 2010. p. 1-36.

HEST, D. **Capitalizing on the cloud: wireless connectivity in agriculture will make big gains in 2013**. Onsite, 2013. Disponível em: <<https://www.onsiteag.com/news/capitalizing-on-the-cloud-wireless-connectivity-in-agriculture-will-make-big-gains-in-2013-21.html>>. Acesso em: 1 jul. 2013.

HUETE, A. R. A soil-adjusted vegetation index (SAVI). **Remote Sensing of Environment**, v. 25, n. 3, p. 295-309, 1988. [http://dx.doi.org/10.1016/0034-4257\(88\)90106-X](http://dx.doi.org/10.1016/0034-4257(88)90106-X)

ISOBUS. **Força Tarefa ISOBus**. Disponível em: <[http://www.isobus.org.br/index.php?option=com\\_content&view=article&id=50&Itemid=37](http://www.isobus.org.br/index.php?option=com_content&view=article&id=50&Itemid=37)>. Acesso em: 24 jun. 2013.

KEPES, B. **Understanding The Cloud Computing**: Stack SaaS, Paas, IaaS, CloudU. Disponível em: <[http://broadcast.rackspace.com/hosting\\_knowledge/whitepapers/Understanding-the-Cloud-Computing-Stack.pdf](http://broadcast.rackspace.com/hosting_knowledge/whitepapers/Understanding-the-Cloud-Computing-Stack.pdf)>. Acesso em: 2 jul. 2013.

LUCHIARI JUNIOR, A.; BORGHI, E.; AVANZI, J. C.; FREITAS, A. A.; BORTOLON, L.; BORTOLON, E. S. O.; INAMASU, R. Y. Zonas de manejo: teoria e prática. In: INAMASU, R. Y.; NAIME, J. M.; RESENDE, A. V.; BASSOI, L. H.; BERNARDI, A. C. (Ed.). **Agricultura de precisão: um novo olhar**. São Carlos: Embrapa Instrumentação, 2011. p. 60-64.

MORAN, M. S.; INOUE, Y.; BARNES, E. M. Opportunities and limitations for image-based remote sensing in precision crop management. **Remote Sensing of Environment**, v. 61, n. 3, p. 319-346, 1997. [http://dx.doi.org/10.1016/S0034-4257\(97\)00045-X](http://dx.doi.org/10.1016/S0034-4257(97)00045-X)

QUEIROS, L. R.; SPERANZA, E. A.; BETTIOL, G. M.; FILIPPINI ALBA, J. M.; BERNARDI, A. C. C.; INAMASU, R. Y.; GREGO, C. R.; RABELLO, L. M. **Gestão de recursos de informação em agricultura de precisão**. Campinas: Embrapa Informática Agropecuária, 2011. 41 p. (Embrapa Informática Agropecuária. Documentos, 112). Disponível em: <<http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/handle/doc/903343>>. Acesso em: 10 jun. 2013.

RONDEAUX, G.; STEVEN, M.; BARET, F. Optimization of soil-adjusted vegetation indices. **Remote Sensing of Environment**, v. 55, p. 95-107, 1996. [http://dx.doi.org/10.1016/0034-4257\(95\)00186-7](http://dx.doi.org/10.1016/0034-4257(95)00186-7)

- RUSTEN, E.; RAMIREZ, S. **Future direction in agriculture and Information and Communication Technologies (ICTs) at USAID**. Academy for Educational Development, 2003. Disponível em: <[http://www.winrock.org/agriculture/files/ag\\_ict.pdf](http://www.winrock.org/agriculture/files/ag_ict.pdf)>. Acesso em: 11 jul. 2013.
- SARAIVA, A. M.; CUGNASCA, C. E. Redes de comunicação serial em máquinas agrícolas: uma revisão. **Revista Brasileira de Agroinformática**, v. 8, p. 17-35, 2006.
- SCHEPERS, J. S.; SHANAHAN, J. F.; LUCHIARI JÚNIOR, A. Precision agriculture as a tool for sustainability. In: BALÁZS, E.; GALANTE, E.; LINCH, J. M.; SCHEPERS, J. S.; TOUTANT, J. P.; WERNER, D.; WERRY, P. A. T. J. (Ed.). **Biological resource management: connecting science and policy**. Berlin: Springer, 2000. p. 129-138. [http://dx.doi.org/10.1007/978-3-662-04033-1\\_10](http://dx.doi.org/10.1007/978-3-662-04033-1_10)
- SHANAHAN, J. F.; SCHEPERS, J. S.; FRANCIS, D. D.; VARVEL, G. E.; WILHELM, W. W.; TRINGE, J. M.; SCHLEMMER, M. S.; MAJOR, D. J. Use of remote sensing imagery to estimate corn grain yield. **Agronomy Journal**, v. 93, p. 583-589, 2001. <http://dx.doi.org/10.2134/agronj2001.933583x>
- SOUSA, R. V.; LOPES, W. C.; PEREIRA, R. R. D.; INAMASU, R. Y. Estudo dos elementos mínimos para projeto de sistemas embarcados compatíveis para máquinas e implementos agrícolas. In: INAMASU, R. Y.; NAIME, J. M.; RESENDE, A. V.; BASSOI, L. H.; BERNARDI, A. C. (Ed.). **Agricultura de precisão: um novo olhar**. São Carlos: Embrapa Instrumentação, 2011. p. 126-131.
- TORRE NETO, A. **Rede de sensores sem fio e computação ubíqua na agropecuária**. São Carlos: Embrapa Instrumentação Agropecuária, 2009. 18 p. (Embrapa Instrumentação Agropecuária. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 31). Disponível em: <<http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/handle/doc/658283>>. Acesso em: 22 jun. 2013.
- WELTE, J.; AULT, A.; BOWMAN, C.; LAYTON, A.; NOEL, S.; KROGMEIER, J.; BUCKMASTER, D. **Autogenic mobile computing technologies in agriculture: applications and sensor networking for smart phones and tablets**. St. Joseph: American Society of Agricultural and Biological Engineers, 2013. <http://dx.doi.org/10.13031/aim.20131579954>
- WOLF, S. A.; WOOD, S. D. Precision Farming: environmental legitimization, commodification of information, and industrial coordination. **Rural Sociology**, v. 62, n. 2, p. 180-206, 1997. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1549-0831.1997.tb00650.x>