

## PROJETO DE UM SISTEMA DE APOIO À TOMADA DE DECISÃO EM AGRICULTURA DE PRECISÃO USANDO WEB SERVICES E SISTEMAS DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA

FABIANA S. SANTANA<sup>1</sup>, ANTONIO M. SARAIVA<sup>2</sup>,  
JOSÉ P. MOLIN<sup>3</sup>, WILIAN F. COSTA<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Prof.<sup>a</sup> Doutora, Universidade Federal do ABC (UFABC), Centro de Matemática, Computação e Cognição, fabiana.santana@gmail.com.

<sup>2</sup> Prof. Titular, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (POLI/USP), Departamento de Engenharia de Computação e Sistemas Digitais, saraiva@usp.br.

<sup>3</sup> Prof. Associado, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (ESALQ/USP), Departamento de Engenharia de Biossistemas, jpmolin@usp.br.

<sup>4</sup> Pesquisador, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (POLI/USP), Departamento de Engenharia de Computação e Sistemas Digitais, wilianfc@gmail.com.

Apresentado no  
XL Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2011  
24 a 28 de julho de 2011 - Cuiabá-MT, Brasil

**RESUMO:** A Agricultura de Precisão, AP, requer o tratamento de grandes quantidades de dados e variáveis, que podem ser obtidos a partir de diversas fontes e em formatos diferentes, dificultando a construção de sistemas de informação específicos. Uma proposta para integrar novas funcionalidades a um sistema de informação utilizando a tecnologia de *web services* e arquitetura orientada a serviços, SOA, é apresentada. A solução permitirá a posterior construção de um sistema de apoio à decisão em AP, com grande capacidade de integração com outros sistemas e soluções, pois é modular em todas as suas camadas. As funcionalidades poderão ser disponibilizadas através de um portal na Internet, adequado para usuários de qualquer porte, incluindo pequenos proprietários rurais. Além disso, como muitas aplicações em AP tratam dados georreferenciados, bancos de dados geográficos e serviços específicos de Sistemas de Informação Geográfica, SIG, também devem ser integrados, obedecendo aos padrões estabelecidos pelo *Open Geospatial Consortium*. Para avaliar a solução proposta, serviços de SIG e filtragem de dados foram implementados e integrados, com resultados promissores. Da mesma forma, novos serviços poderão ser construídos e integrados, de forma transparente e praticamente ilimitada.

**PALAVRAS-CHAVE:** Agricultura de precisão, sistemas de apoio à tomada de decisão, sistemas de informação geográfica.

### A SOFTWARE INFRASTRUCTURE TO DESIGN SYSTEMS FOR DECISION-MAKING IN PRECISION FARMING USING WEB SERVICES AND GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEMS

**ABSTRACT:** Precision Agriculture, PA, requires the treatment of large amounts of data and variables, which can be obtained from various sources and in different formats, making the construction of specific information systems a complex work. A proposal to integrate new features to an information system using web services technology and service-oriented architecture, SOA, is

presented. The solution will allow the subsequent construction of a decision support system for PA, able to be integrated with other systems and solutions, because it is modular in all layers. The features may be available through an Internet portal, suitable for users of any size, including small landowners. Besides, as many applications in PA require georeferenced data, geographic databases and specific web services related to Geographic Information Systems, GIS, also must be integrated, according to the standards set by the *Open Geospatial Consortium*. In order to evaluate the proposed solution, GIS services and a data filtering application were implemented and integrated, with promising results. Likewise, new services could be built and integrated seamlessly and in a virtually unlimited quantity.

**KEYWORDS:** Precision farming, systems for decision making, geographic information systems.

## INTRODUÇÃO

A Tecnologia da Informação, TI, pode ser aplicada na Agricultura de Precisão, AP, para suportar as decisões associadas à produção agrícola (SARAIVA, 1998; BOUMA et al., 1999), pois pode ser utilizada para coletar, armazenar, processar e analisar as variáveis e os dados envolvidos em seus processos.

Para que a tomada de decisão seja ágil, recomenda-se o desenvolvimento de sistemas de informação para AP (ROBERT, 1999). Os sistemas desenvolvidos devem considerar a potencial diversidade de provedores de dados e os vários formatos em que os dados necessários podem estar armazenados nestes provedores (MURAKAMI, 2006). Portanto, a solução a ser desenvolvida deve conter recursos para integração e interoperabilidade. Em SANTANA (2009), foi proposta uma infraestrutura para a solução de um problema semelhante em biodiversidade a partir dos estudos para AP feitos por MURAKAMI (2006) e MURAKAMI (2007) e, a partir da grande similaridade encontrada entre estes problemas (SANTANA et al., 2007), foi possível estender a solução definida para AP.

Este trabalho apresenta uma solução baseada no paradigma de Arquiteturas Orientadas a Serviços (MACKENZIE, 2006) ou *Service Oriented Architecture, SOA*, com serviços computacionais disponibilizados na forma de *web services* e em tecnologias de padrões abertos para aplicações web, como as tecnologias *Java Enterprise Edition, JEE* [<http://java.sun.com/javaee/>]. Esta infraestrutura conta com um portal na Internet, onde as funcionalidades podem ser disponibilizadas. Esta solução é adequada para usuários de qualquer porte, incluindo pequenos proprietários rurais com acesso à Internet.

Esta infraestrutura realiza o tratamento de dados georreferenciados, através da integração de serviços específicos para Sistemas de Informação Geográfica, SIG, e de bancos de dados geográficos. Portanto, é possível processar imagens e dados em diferentes formatos, integrados a um mecanismo de persistência que permite o tratamento e manipulação de dados geográficos, fundamentais para AP. Os serviços de SIG estão de acordo com os padrões estabelecidos pelo *Open Geospatial Consortium, OGC*.

Para validar a solução e oferecer um serviço de interesse à comunidade, foi desenvolvida uma aplicação para filtragem de dados de produtividade de máquina, com a exibição dos mapas correspondentes e o uso de bancos de dados geográficos.

A construção de um sistema de apoio à tomada de decisão em AP depende da implementação de mais serviços especializados, como mapas de recomendação de produtividade e identificação de unidades de gerenciamento diferenciado. Toda a tecnologia utilizada nesta solução obedece a padrões estabelecidos, portanto os novos serviços podem ser integrados de forma transparente e praticamente ilimitada, o que permite que as funcionalidades do sistema de apoio à decisão possam ser estendidas, acompanhando as evoluções da tecnologia e necessidades da AP.

## MATERIAL E MÉTODOS

O uso de SOA para construir infraestruturas de software permite minimizar as dependências entre as aplicações, facilitando a sua integração e interoperabilidade (STAL, 2002) e, além disso, é importante que se mantenha o desacoplamento entre os provedores de serviços e os consumidores de serviço (clientes) dentro da infraestrutura de software (BASS et al., 2003).

SOA não exige, mas os padrões JEE e a maioria dos fabricantes de software recomenda que os serviços computacionais sejam implementados utilizando a tecnologia de *web services* (ENDREI et al., 2004). Associados a um *web service* estão a sua descrição, forma de acesso e endereço *web* em que ele se encontra. Quando utilizados *web services* do tipo SOAP, eles devem ser disponibilizados em repositórios, onde uma linguagem de descrição padronizada e conhecida como WSDL, *Web Services Description Language*, permite que sejam acessados por outros sistemas ou usuários via Internet.

Bancos de dados geográficos, também chamados de espaciais, contém funcionalidades adicionais para manipular informações espaciais vetoriais (OBE; HSU, 2009). Os bancos de dados geográficos fornecem funções específicas e índices para consulta e manipulação de dados usando linguagens como a Structured Query Language (SQL) e a maioria deles é de natureza relacional. Para esta solução, foi selecionado o PostGIS, que é uma extensão do sistema gerenciador de banco de dados objeto-relacional PostgreSQL (OBE; HSU, 2009).

Para disponibilizar os serviços geradores de mapas, é necessário utilizar uma aplicação servidora que seja capaz de prover acesso aos serviços OGC, *Web Map Server*, WMS, *Web Feature Server*, WFS e *Web Coverage Server*, WCS (OGC, 2009). O *Geoserver* (GEOSERVER, 2011) foi a opção selecionada porque permite aos usuários compartilhar e editar dados geoespaciais. A exibição dos mapas no portal foi feita através de portlets que utilizam a aplicação cliente *OpenLayers* (OPENLAYERS, 2009), que fornece as funcionalidades de visualização e manipulação dos mapas.

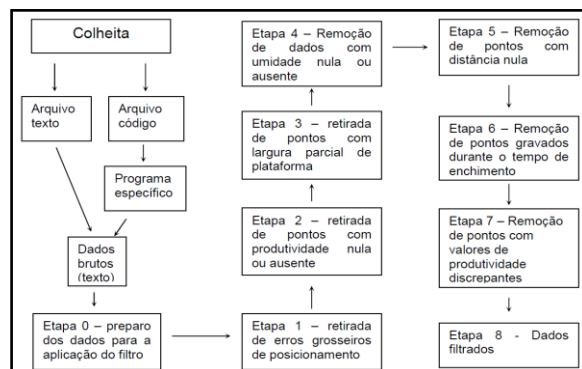
Um sistema de projeção é um modelo, ou representação, da superfície terrestre. Ele especifica uma maneira de representar a Terra através de uma aproximação matemática do planeta (elipsóides, também conhecidas como esferóides) aliado a um tipo específico de representação de coordenadas (CHAPMAN et al., 2005). O sistema de projeção utilizado para desenhar os mapas e armazenar os dados foi o EPSG:4326 (WGS84).

Para validar a solução do ponto de vista da AP, foi implementado o serviço de filtragem de dados de produtividade de máquina. Para a realização dos testes, foram utilizados dados obtidos a partir de monitores de produtividade instalados em colhedadeiras equipadas com receptores de GPS, *Global Positioning System*, e sensores de produtividade.

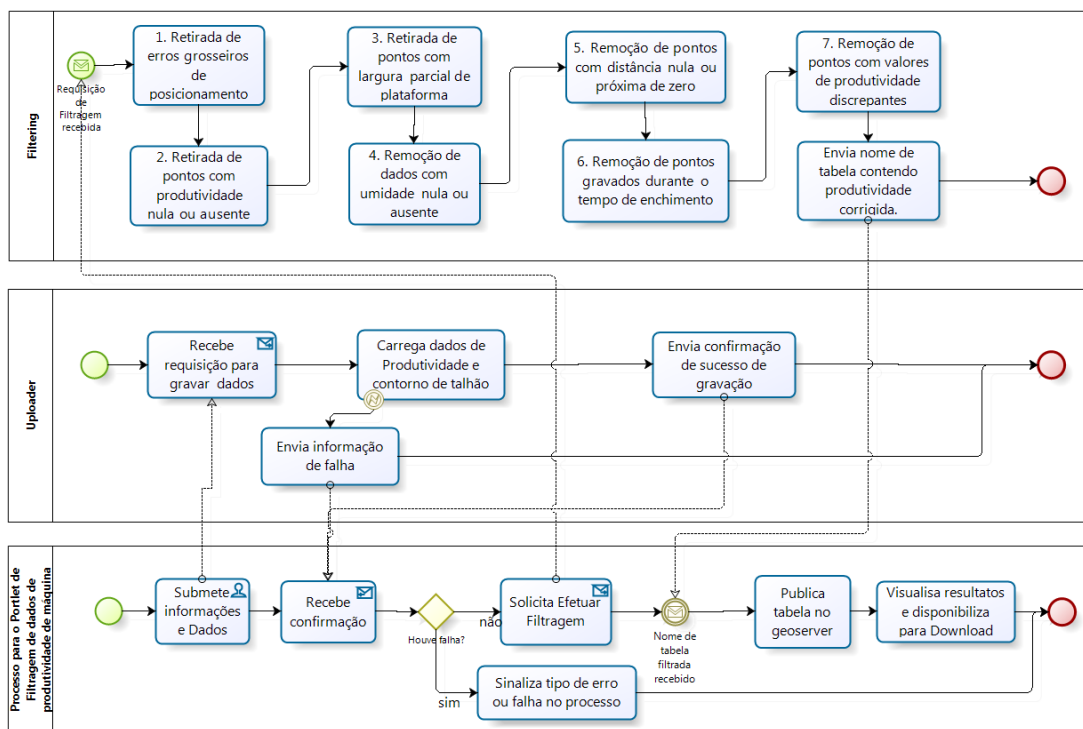
Para realizar a filtragem de dados deve-se seguir o processo estabelecido na Figura 1, que especifica a necessidade de identificação, caracterização e remoção de erros em mapas de rendimento gerados por monitores de produtividade de acordo com a metodologia definida por Menegatti e Molin (2004).

O processo completo considerando a interação do usuário com o portal é apresentado na Figura 2 em notação BPMN (OMG, 2011). Nele estão representadas a forma como o usuário interage com o serviço de filtragem para visualizar os mapas resultantes e também obter um arquivo que pode ser salvo para um pós-processamento em ferramenta escolhida pelo usuário que pode ser resumida nos seguintes passos:

- 1) Usuário faz upload de dados para servidor
- 2) Serviço de filtragem de dados é invocado passando como parâmetros o contorno e produtividade associada ao talhão.
- 3) Serviço retorna resultado que pode ser salvo como arquivo texto.
- 4) Mapas são publicados no Geoserver e ficam disponíveis para visualização do usuário.



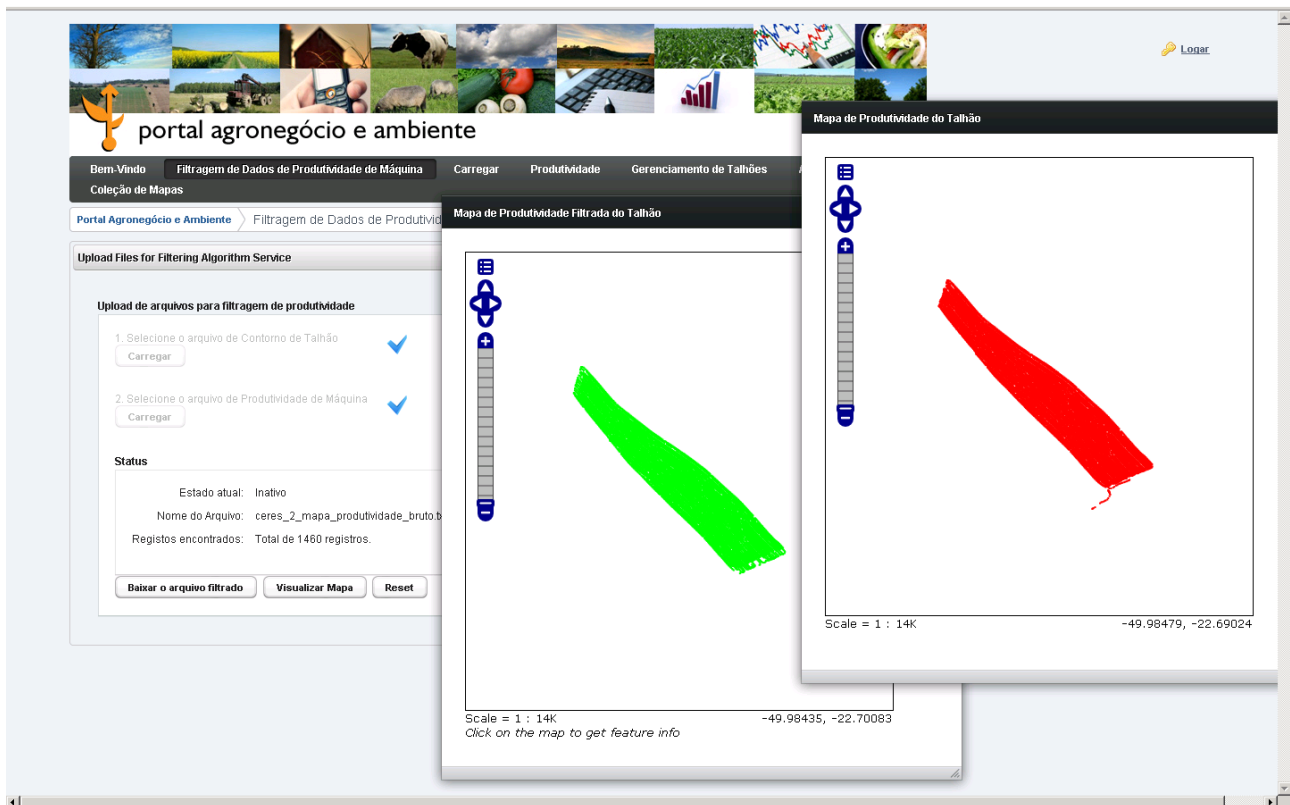
**FIGURA 1. Processo para filtragem de dados de acordo com a metodologia proposta em Menegatti e Molin (2004)**



**FIGURA 2 - Processo para Filtragem de Dados no Portal**

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Um protótipo *web* foi desenvolvido para avaliar a solução de software para o sistema de apoio à tomada de decisão e recomendação de aplicação de insumos em AP. Esta versão implementa basicamente os serviços de SIG e o portal correspondente. Este portal apresenta serviços para a visualização de mapas de dados de produtividade, com a possibilidade de sobrepor *layers* ou visualizá-los em janelas distintas. As demais funcionalidades associadas aos mapas, como zoom e exibição de pontos e seus atributos é nativamente fornecida pelo Openlayers.



**FIGURA 3. Portal e Visualização de Mapa de Produtividade Filtrado**

Pode-se observar (FIGURA 3), através dos mapas, a eficácia do serviço de filtragem de dados, uma vez que é possível inferir, mesmo visualmente, que pontos incorretos (e.g.: fora do talhão) foram removidos.

## CONCLUSÕES

Estes resultados mostram que a solução arquitetural proposta para a construção de sistemas para apoio à tomada de decisão e recomendação de insumos em AP, baseada em *web services* e serviços de SIG, é implementável e que a inclusão de diferentes serviços, baseados em diferentes tecnologias e com dados vindos de diferentes provedores, é factível. Portanto, a infraestrutura atende a demanda do problema.

Os trabalhos futuros incluem o desenvolvimento de metodologias e algoritmos para serviços mais específicos associados à gestão das lavouras sob os conceitos da agricultura de precisão. Como a infraestrutura permite, podem ser desenvolvidos e integrados quantos serviços forem necessários para equacionar devidamente os problemas de tomada de decisão e recomendação de aplicação de insumos.

## AGRADECIMENTOS

Os autores são gratos à Financiadora de Estudos e Projetos do Ministério da Ciência e Tecnologia, FINEP/MCT, pelo apoio ao projeto PROSENSAP, de nº 01.08.0566.00.

## REFERÊNCIAS

- ALUR, D.; CRUPI, J.; MALKS, D.. *Core J2EE Patterns: Best Practices and Design Strategies*. 2nd Edition. Publisher: Prentice Hall / Sun Microsystems Press. 2003.
- BASS, L.; CLEMENTS, P.; KAZMAN, R. *Software Architecture in Practice*. Second Edition, Addison-Wesley Professional. 2003.
- BOUMAA, J.; STOORVOGELA, J.; VAN ALPHENA, B.J.; BOOLTINKA, H.W.G.. *Pedology*,

- Precision Agriculture, and the Changing Paradigm of Agricultural Research*. Soil Science Society of America Journal, v.63, p.1763-1768, 1999.
- CHAPMAN, A.D.; MUÑOZ, M.E.S.; KOCH, I. *Environmental information: placing biodiversity phenomena in an ecological and environmental context*. Biodiversity Informatics. 2005. V. 2, p. 24-41.
- ENDREI, M.; ANG, J.; ARSANJANI, A.; CHUA, S.; COMTE, P.; KROGDAHL, P.; LUO, M.; NEWLING, T. *Patterns - Service-Oriented Architecture and Web Services*. IBM Redbook. 2004.
- GEOSERVER. *Geoserver open source web mapping*. <http://geoserver.org/> . Jan., 2011.
- MENEGATTI, L.A.A.; MOLIN, J.P. *Remoção de erros em mapas de produtividade via filtragem de dados brutos*. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.8, n.1, p.126-134, 2004.
- MURAKAMI, E. *Uma infraestrutura de desenvolvimento de sistemas de informação orientados a serviços distribuídos para agricultura de precisão*. 192p. Tese (Doutorado), Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.
- MURAKAMI, E., SARAIVA A.M.; JUNIOR L.C.M.R., CUGNASCA, C.E., HIRAKAWA A.R. AND CORREA, P.L.P. *An infrastructure for the development of distributed service-oriented information systems for precision agriculture*. Computers and Electronics in Agriculture, v.58, pages 37 - 48. 2007.
- MACKENZIE, C. M.; LASKEY, K.; MCCABE, F.; BROWN, P. F.; HAMILTON; METZ., R. *Oasis Reference Model for Service Oriented Architecture 1.0*. 2006. <http://docs.oasis-open.org/soa-rm/v1.0/> .
- OBE, R.O.; HSU, L.S. *PostGIS in Action*. Manning Publications. 2009. ISBN: 9781935182269.
- OGC. *Open Geospatial Consortium*. <http://www.opengeospatial.org/>. April, 2009.
- OMG. *Business Process Model and Notation (BPMN) Version 2.0*. Jan., 2011. <http://www.omg.org/spec/BPMN/2.0/> .
- OPENLAYERS. *OpenLayers free maps for the web*. <http://www.openlayers.org/> . May, 2009.
- ROBERT, P.C. *Precision Agriculture: research needs and status in the USA*. In: European Conference on Precision Agriculture, 2., Denmark. In Proceedings. SCI/Sheffield Academic Press, p.19-33, 1999.
- SANTANA, F.S.; MURAKAMI, E.; SARAIVA, A.M.; CORREA, P.L.P. *A Comparative Study between Precision Agriculture and Biodiversity Modelling Information Systems*. Proceedings of the 6th Biennial Conference of the European Federation of IT in Agriculture, EFITA. Glasgow: C. Parker, S. Skerratt, C. Park, J. Shields, v.1, p.1-6, 2007.
- SANTANA, F.S. *Uma infraestrutura orientada a serviços para a modelagem de nicho ecológico*. 141p. Tese (Doutorado), Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.
- SARAIVA, A.M. *Um modelo de objetos para sistemas abertos de informações de campo para agricultura de precisão - MOSAICo*. 1998. Tese (Doutorado) . Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo, 1998.
- STAL, M. *Web Services: Beyond Component-Based Computing*. Communications of the ACM. 2002. V. 45-10, p. 71-76.