

# AGRICULTURA DE PRECISÃO

## Boletim Temático 01

### *Agricultura de Precisão em Citros* *Mapeamento de Produtividade e Adubação em Taxas Variáveis*

**André F. Colaço<sup>1</sup>; José P. Molin<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Eng. Agrônomo, MSc, Doutorando em Engenharia de Sistemas Agrícolas (USP-ESALQ);

<sup>2</sup> Prof. Dr. Associado III, coordenador do Laboratório de Agricultura de Precisão (USP-ESALQ).

#### Quem somos?

O LAP, oficializado em 2008, é um laboratório dentro da USP-ESALQ dedicado ao estudo da Agricultura de Precisão, envolvendo infraestrutura e pessoas em torno do tema.

#### Quais os objetivos?

Oferecer infraestrutura e ambiente de trabalho para as atividades e projetos relacionados ao estudo da variabilidade espacial das lavouras e das tecnologias embarcadas nos veículos e máquinas agrícolas.

#### Onde estamos localizados?

O LAP está sediado junto ao Departamento de Engenharia de Biosistemas da USP-ESALQ, em Piracicaba-SP.

A premissa fundamental da Agricultura de Precisão (AP) é considerar que o desempenho das culturas não é uniforme nos campos de produção, seja devido a manchas de solo ou por ocorrências localizadas de doenças, pragas ou plantas daninhas. A variação desses fatores agronômicos dentro de um campo de produção é denominada como "variabilidade espacial". Considerando então a existência dessas variações, a AP propõe que as aplicações de insumos sejam direcionadas de acordo com uma demanda específica do local, ao invés de aplicados uniformemente como é feito na agricultura convencional. Essa prática é conhecida como "taxa variável de aplicação" onde, a partir do uso de tecnologias de posicionamento, automação e eletrônica embarcada, as doses de insumos são ajustadas automaticamente de acordo com um mapa de recomendação ou leituras de sensores em tempo real. O objetivo principal é o uso racional de insumos, promovendo tanto ganhos econômicos quanto ambientais.

O potencial dessa tecnologia para a hortifruticultura tem sido estudado em todo o mundo. Nesse boletim trataremos da aplicação da AP na citricultura, a cultura frutícola que certamente mais tem evoluído no desenvolvimento e adoção da AP no Brasil.

As pesquisas e atuação do LAP – Laboratório de Agricultura de Precisão USP/ESALQ

O LAP tem contribuído desde meados dos anos 2000 para o desenvolvimento da AP na citricultura. A primeira etapa de pesquisa buscou avaliar o potencial da tecnologia para a cultura, por meio do mapeamento e caracterização da variabilidade espacial existente em talhões comerciais de citros. Posteriormente, o sistema de manejo com AP foi efetivamente implantado em áreas experimentais, contemplando desde o levantamento de mapas de fertilidade e produtividade até a adubação em taxa variável.

Existe variabilidade espacial em um pomar citrícola?

Sabe-se que a AP surgiu e se desenvolveu em culturas extensivas de grãos onde é comum encontrar talhões com centenas de hectares. Em áreas extensas é de se esperar que exista variabilidade espacial, especialmente do solo, que pode levar a grandes manchas na produção. No caso dos citros, as propriedades são menores, assim como a área dos seus talhões ou "quadras"

USP ESALQ

**LAP**  
Laboratório de Agricultura de Precisão

(normalmente em torno de 20 ha). O primeiro desafio é questionar se um pomar de 20 ha pode realmente ser tratado como uma unidade de manejo uniforme ou se na verdade existem manchas de produção que demandam um manejo localizado.

A primeira pesquisa do LAP em citricultura de precisão, foi então desenvolver um método para o mapeamento da produtividade em um talhão comercial de laranja, a fim de avaliar a variabilidade espacial da produtividade. Nas culturas anuais de grãos os mapas de produtividade são gerados de forma bastante prática e confiável. Um monitor de produtividade é instalado no elevador de grãos das colhedoras, registrando a produtividade em cada coordenada ao longo das passadas da máquina pelo campo. No entanto, no caso da citricultura, como o tipo de colheita predominante ainda é o manual, um método de mapeamento de produtividade deveria ser adaptado especificamente a esse ambiente de trabalho.

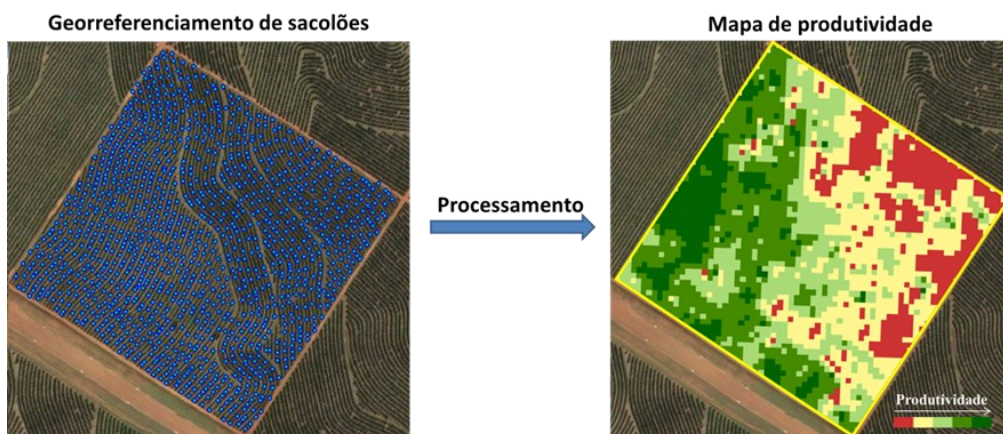
O método desenvolvido se baseou no georreferenciamento dos sacolões utilizados na colheita. Ao longo da colheita, os colhedores colocam as frutas em sacolões ou "big bags", dispostos próximos às árvores colhidas. Antes do descarregamento dos mesmos em caminhões a posição geográfica de cada sacolão é registrada por meio de um receptor GNSS (Figura 1). Após o processamento dos dados, a produtividade é mapeada revelando regiões de alta e baixa produtividade. O cálculo da produtividade se baseia na distribuição dos sacolões no campo, ou seja, onde há maior concentração de sacolões maior é a produtividade (Figura 2). Maiores detalhes sobre o método podem ser obtidos em Molin e Mascarin (2007). Além de ser eficiente em revelar variações na produtividade, o método também é de baixo custo, simples e de fácil adaptação ao cotidiano da colheita. O mapa de produ-

tividade pode ser diretamente utilizado para guiar aplicações em doses variadas (locais de alta produtividade demandam uma maior reposição de nutrientes) ou simplesmente para auxiliar no entendimento da variabilidade espacial das áreas.



*Figura1: Georreferenciamento de sacolões para mapeamento da produtividade*

Ao longo de alguns anos de pesquisa, a produtividade de diversos pomares de laranja foi mapeada. Pomares de diferentes variedades e idades normalmente apresentaram significativa variabilidade espacial da produtividade, causada por fatores de solo (Figura 3) ou doenças (Figura 4). Pode-se inferir que recomendações agrônômicas que não consideram a variabilidade dentro dos talhões estão sujeitas a maiores erros de manejo.



*Figura 2: Exemplo da geração de mapas de produtividade a partir do georreferenciamento dos sacolões na colheita*

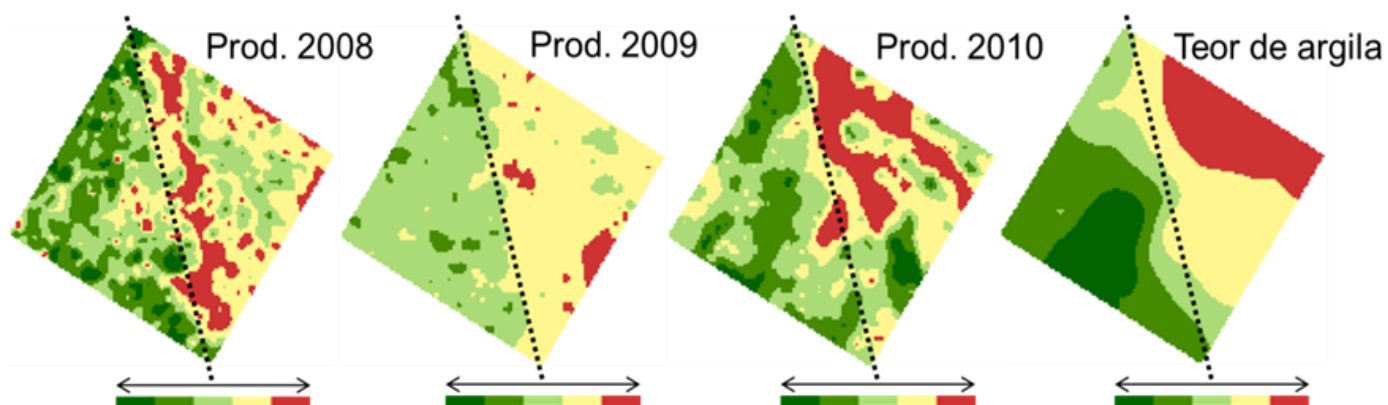


Figura 3: Mapas de produtividade em anos consecutivos em área de 25 ha e relação entre variabilidade da produtividade e textura do solo

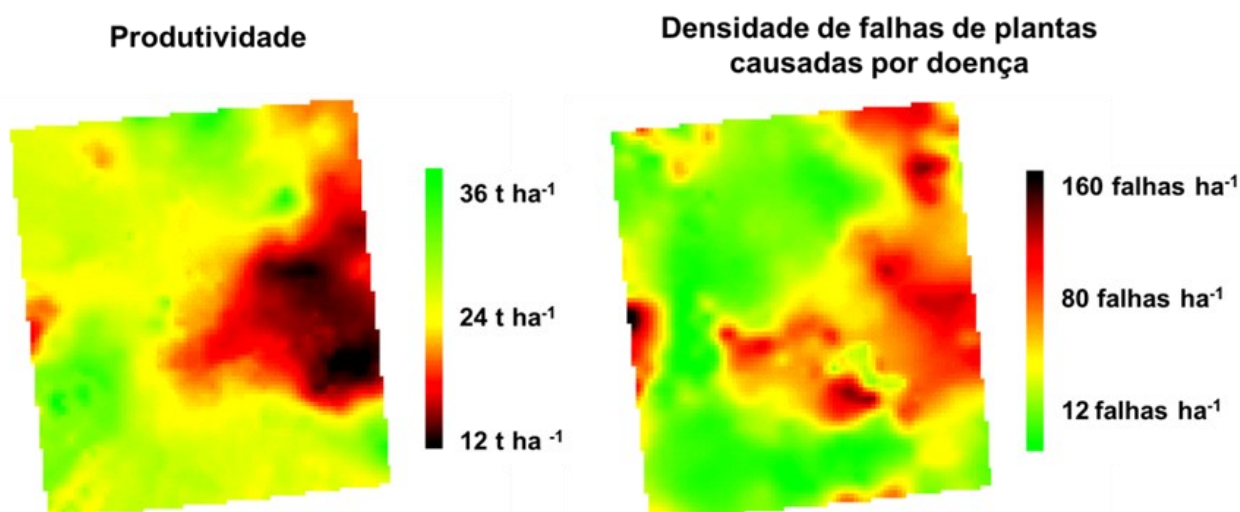


Figura 4: Relação entre variabilidade da produtividade e ocorrência de doenças (Molin et al. 2012)

### Benefícios do manejo localizado: Resultados de Pesquisa

Verificado o potencial da tecnologia para a cultura, em uma segunda etapa de pesquisa, o manejo localizado foi avaliado em um projeto de longa duração. Comparou-se a taxa variável de aplicação de fertilizantes e corretivo ao manejo convencional de aplicação em taxa fixa. Os efeitos do manejo foram medidos na produtividade, na fertilidade do solo e na nutrição das plantas ao longo de cinco anos (COLAÇO, 2013). As aplicações em taxas variáveis foram guiadas por mapas de recomendação, baseados em mapas de produtividade e da fertilidade do solo (Figura 5).

Normalmente, dois tipos de resultados são almejados ao se adotar as aplicações de fertilizantes em doses variadas: redução no uso de insumos sem que isso afete a produtividade (reduzir a aplicação em locais com excesso de

nutrientes); ou aumentar a produtividade utilizando a mesma quantidade de insumos (reduzir insumos em áreas de baixo potencial produtivo e realoca-lo em áreas de alto potencial produtivo). Nas áreas experimentais acompanhadas, de maneira geral as aplicações variadas geraram reduções no uso de nitrogênio e potássio na ordem de 30 a 40%. Pouco efeito foi observado na produtividade, porém em algumas ocasiões houve aumento em torno de 10%. Mesmo com reduções nas aplicações de fertilizantes a nutrição das plantas não foi afetada. Na fertilidade do solo, conseguiu-se equilibrar o nível de nutrientes no solo, reduzindo áreas com nível excessivo de potássio e saturação por bases (Figura 6).

## Tendências

O próximo passo da pesquisa é detalhar ainda mais o manejo. Sensores instalados em tratores que estimam instantaneamente aspectos estruturais da copa das plantas (volume, altura, densidade de folhas) podem ser utilizados para guiar taxas variáveis em tempo real – por exemplo, plantas de maior porte recebem mais insumos (volume de calda em pulverizações e fertilizantes). Esse tipo de aplicação tem se popularizado no estado da Florida (segunda maior região produtora de citros do mundo, atrás somente de São Paulo) e regiões frutícolas na Europa.

Essa abordagem, própria para culturas perenes e arbóreas, tem sido denominada como "Horticultura de Precisão". Ela se caracteriza justamente pelo fato de que o tratamento pode ser adotado planta a planta (mais detalhado do que a AP propriamente dita, onde a unidade de vari-

ação de doses é a quadricula dos mapas – algo entre 100 e 400 m<sup>2</sup>). Nesse caso as plantas são tratadas de maneira individual, de forma automatizada, a partir de leituras de sensores em tempo real.

## Tecnologias já disponíveis e desafios

A AP já atingiu um estado de maturidade e aceitação no âmbito acadêmico (início das pesquisas nos anos 1990). Na citricultura, a pesquisa em nível nacional ainda é recente, mas tem apresentado bons resultados. Os produtores ainda se encontram no início de um processo de adoção. O principal gargalo tem sido a falta de mão-de-obra qualificada, tanto de gestores que compreendam o sistema de manejo localizado, quanto de técnicos e operadores de máquinas que se adaptem à presença da tecnologia (GPS e computadores de bordo) no campo.

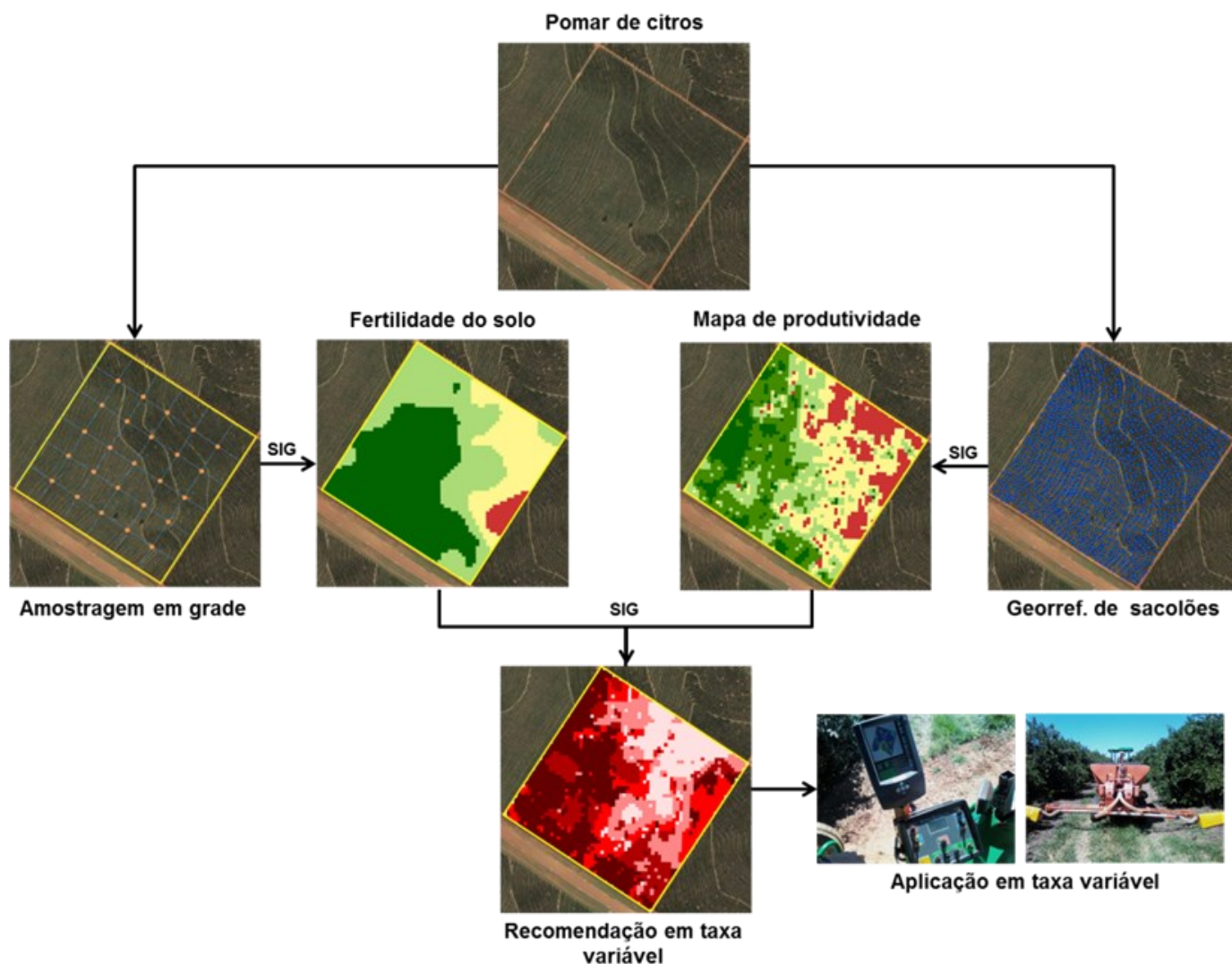


Figura 5: Geração de recomendações em taxa variável de fertilizantes a partir de mapas de fertilidade e produtividade

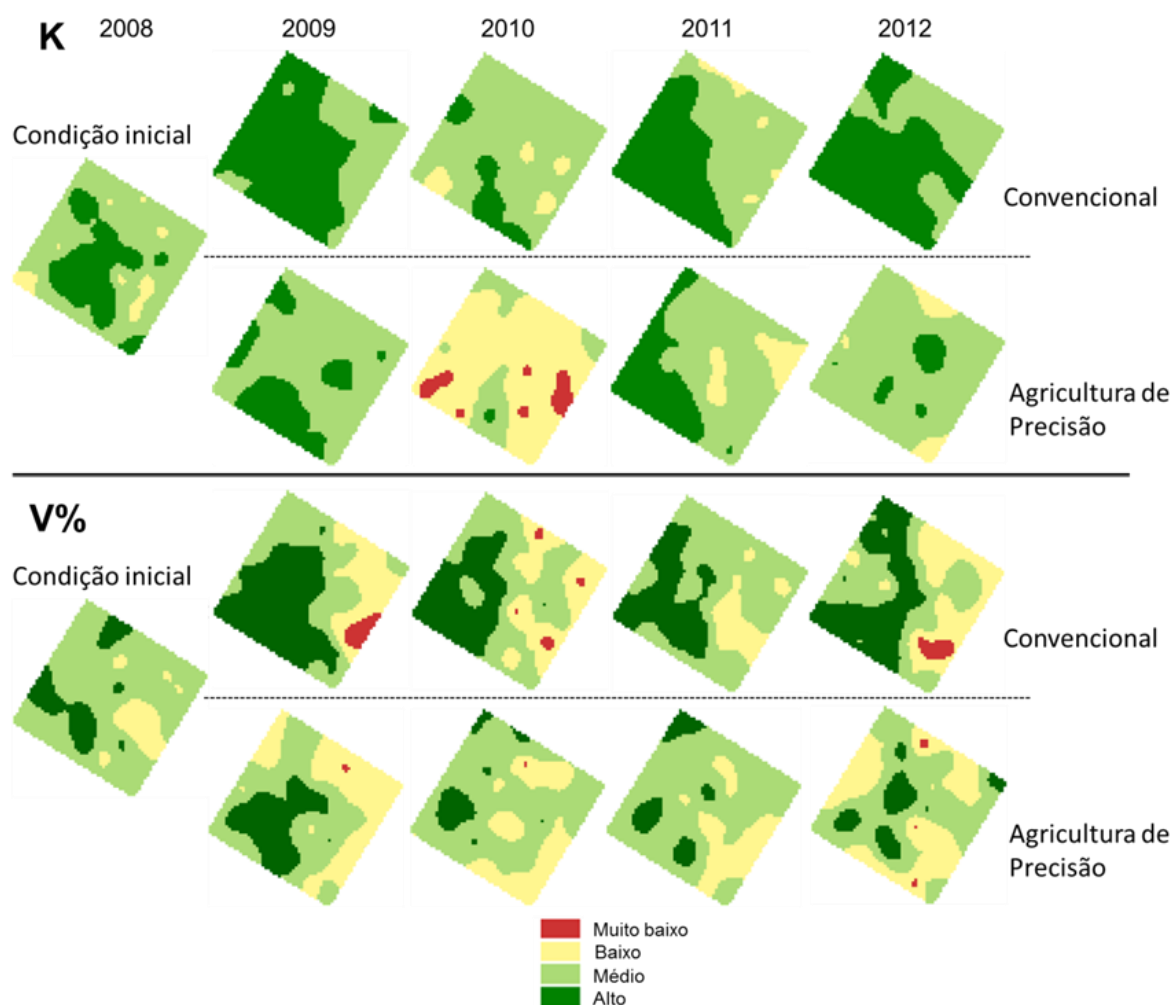


Figura 6: Redução de áreas com níveis excessivos de nutrientes no solo com aplicação de técnicas de AP

Já podemos afirmar que a tecnologia está pronta para uso. Métodos para o manejo localizado foram adaptados às condições dos nossos pomares e um pacote tecnológico já está disponível para aplicação. Algumas práticas podem inclusive serem implantadas sem muitos custos ao produtor, como por exemplo, o levantamento de mapas de produtividade e a aplicação de fertilizantes e corretivos em taxas variáveis.

MOLIN, J. P.; MASCARIN, L. M. Colheita de citros e obtenção de dados para mapeamento da produtividade. *Engenharia Agrícola*, v. 27, n. 1, p. 259-266, 2007.

MOLIN, J. P.; COLAÇO, A. F.; CARLOS, E. F.; MATTOS Jr., D. Mapping yield, soil fertility and tree gaps in an orange orchard. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v. 34, n. 4, p. 1256-1265, 2012.

COLAÇO, A. F. Efeito da adubação em doses variadas em pomares de laranjeiras ao longo de quatro safras. 2013. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Sistemas Agrícolas) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2013.

## Contato:

Laboratório de Agricultura de Precisão  
Departamento de Engenharia de Biosistemas  
Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"  
Universidade de São Paulo  
Av. Pádua Dias, 11 - CEP 13418-900  
Piracicaba - SP

Visite nosso site:  
[www.agriculturadeprecisao.org.br](http://www.agriculturadeprecisao.org.br)