

Agricultura de precisão em fruticultura

Luís Henrique Bassoi¹, Alberto Miele², Carlos Reisser Júnior³, Luciano Gebler⁴, Carlos Alberto Flores⁵, José Maria Filippini Alba³, Célia Regina Grego⁶, Viviane Santos Silva Terra⁷, Luís Carlos Timm⁸, Patricia dos Santos Nascimento⁹

¹Embrapa Semiárido, Dr., BR 428 Km 152, CEP 56302-970, Petrolina, PE

²Embrapa Uva e Vinho, Dr., Rua Livramento, 515, CEP 95700-000, Bento Gonçalves, RS

³Embrapa Clima Temperado, Dr., BR 392, Km 78, CEP 96010-971, Pelotas, RS

⁴Embrapa Uva e Vinho, Dr., BR 285, Km 4, Vacaria, RS

⁵Embrapa Clima Temperado, M. Sc., BR 392, Km 78, CEP 96010-971, Pelotas, RS

⁶Embrapa Monitoramento, Dr., Av. Soldado Passarinho, 303, CEP 13070-115, Campinas, SP

⁷Instituto Federal Sul-rio-grandense, Campus Pelotas-Visconde da Graça, Av. Dr. Ildelfonso Simões Lopes, 2791, CEP 96060-290, Pelotas, RS

⁸FAEM/UFPel, Depto. Engenharia Rural, Dr, Campus Universitário s/n, CEP 96001-970, Capão do Leão, RS

⁹FCA UNESP Depto. Engenharia Rural, Dr, Rua José Barbosa de Barros, 1780, CEP 18610-307, Botucatu, SP

*E-mails: luis.bassoi@embrapa.br, alberto.miele@embrapa.br, carlos.reisser@embrapa.br, jose.filippini@embrapa.br, luciano.gebler@embrapa.br, carlos.flores@embrapa.br, celia.grego@embrapa.br, vssterra@yahoo.com.br, lcartimm@yahoo.com.br, patyysn@yahoo.com

Resumo: Os sistemas de produção atualmente existentes na fruticultura brasileira caracterizam-se pela execução de diversas práticas agrícolas durante o ciclo da cultura, tendo como preocupação a quantidade e a qualidade da produção, e a rentabilidade da atividade agrícola. Nesse contexto, cria-se uma oportunidade para a aplicação de agricultura de precisão, como forma de auxiliar a gestão do sistema de produção e a tomada de decisão pelo produtor. Nesse capítulo, são apresentados quatro estudos de caso em que a realização de procedimentos e o uso de ferramentas, característicos de agricultura de precisão, permitem aos produtores e técnicos a compreensão da variabilidade de atributos do solo e da planta e de suas relações, bem como o estabelecimento de zonas homogêneas de atributos que podem ser utilizadas como zonas de manejo.

Palavras-chave: uva, pêssigo, maçã, geoestatística, análise multivariada, sensor

Precision agriculture in fruit crops

Abstract: Fruit cropping systems currently existing in Brazil are characterized by the use of various agricultural practices throughout the growing season, with concerns to quantity and quality of production, and profitability of agriculture. In this context, an opportunity for the application of precision agriculture shows up as a way to assist the management of the cropping system and decision-making by the grower. In this chapter, we present four case studies in which the performing of procedures and the use of tools typically from precision agriculture allow growers and technicians the understanding of the variability of soil and plant attributes, their relations, and the establishment of homogeneous zones that can be used as management zones.

Keywords: grape, peach, apple, geostatistics, multivariate analysis, sensor

1. Introdução

A agricultura de precisão (AP) pode ser definida como uma estratégia na qual o agricultor pode variar o uso de insumos e as práticas de cultivo de acordo com a variabilidade do solo e da cultura em uma área agrícola. A AP pode envolver coleta e compilação de dados, planejamento de gestão e procedimentos que contribuam para um melhor entendimento e manejo dos recursos naturais, de modo que o uso de insumos e a realização de práticas agrícolas sejam mais eficientes. Ainda, a AP pode se valer do uso intenso de informações, para entender a variação dos recursos naturais em uma área, associado com os aspectos da produção. Essas considerações levam à pelo menos três elementos importantes para a adoção da AP de modo satisfatório: informação, tecnologia e gerenciamento (SRINIVASAN, 2009).

A tecnologia da informação (TI) diz respeito à aquisição, registro e comunicação de informação, e diferentes maneiras de aplicá-las nas mais variadas tomadas de decisão de um sistema de produção agrícola, bem como a possibilidade de automação de determinadas operações, também fazem parte do conceito de AP (COX, 2002).

O sistema de produção agrícola é baseado na aplicação de diversas práticas tendo como referência uma unidade de produção de pequena escala, a parcela, onde geralmente são feitos levantamentos e registros de informações agrônômicas e ambientais, para variadas áreas da Ciência aplicadas à agricultura. No entanto, devido a crescente complexidade envolvendo um sistema de produção, incluindo abordagens de ordem sócio-econômica, ambiental e de saúde humana, os fatores externos passaram a ser considerados, pois podem influenciar o que ocorre em uma parcela de produção. Os sistemas de produção de frutas são um exemplo típico dessa situação. Como as pessoas, em geral, consomem uma fruta individualmente, há uma forte preocupação pelo produtor com a grande variabilidade existente em uma mesma planta ou árvore, e isso diz respeito a fatores internos da parcela. Mas por outro lado, a variabilidade existente entre as plantas ou árvores está relacionada a fatores externos. Por muitos anos, o foco dos produtores era maior para a produtividade que a qualidade, o que fez com que a variação da produção na planta e entre

plantas fosse ignorada. Atualmente, a variabilidade da qualidade da fruta em uma mesma planta e entre plantas é considerada. Assim, a parcela de produção deve levar em conta fatores internos e externos, e a agricultura de precisão pode auxiliar nessa abordagem (NESME et al., 2010).

Para reduzir o impacto ambiental e financeiro das atuais práticas de produção agrícola, é necessário um redirecionamento na tecnologia agrícola para criar estratégias de gestão mais sustentáveis, e que preservem, a longo prazo, a produtividade das terras utilizadas em pequenas, médias e grandes explorações agrícolas. Tecnologias como a agricultura de precisão, biotecnologia, software de apoio à decisão, melhoramento de plantas e práticas de gestão da paisagem, se redirecionadas, e juntamente com o conhecimento das interações e dos mecanismos que ocorrem dentro dos vários componentes de um agroecossistema, podem ser melhoradas e utilizadas como parte de uma abordagem holística e de uma estratégia de gestão sustentável. No entanto, e especificamente à agricultura de precisão, as tecnologias atuais baseiam-se em estratégias baseadas na adição de insumos ao sistema de produção. A abordagem múltipla em solo, pragas, doenças, fisiologia, etc., juntamente com o desenvolvimento de sensores para as medidas referentes a cada um deles, podem compor o redirecionamento da agricultura de precisão para o manejo integrado e sustentável de um agroecossistema (RAINS; OLSON; LEWIS, 2011).

No caso da viticultura, a aplicação da AP iniciou-se na Austrália (Bramley & Proffitt, 1999) e Estados Unidos (Wample et al., 1999), mas desenvolve-se em países vitivinícolas da Europa e América do Sul. As tecnologias de AP proporcionam condições para melhorar a habilidade de se manejar o vinhedo, considerando-se que há variabilidade espacial do solo que, com frequência, ocorre em espaços diminutos. Para atingir esse objetivo, há equipamentos que proporcionam aos vitivinicultores oportunidade de direcionar a produção de uva e de vinho de acordo com o desempenho do vinhedo para harmonizar sua produtividade e a qualidade da uva e causar o menor impacto negativo ao meio ambiente (BRAMLEY et al., 2001).

As tecnologias utilizadas fundamentam-se em vários aspectos, especialmente em sensores

e monitores de produção, sensores locais e remotos, sistema de posicionamento global (GPS), equipamentos e maquinaria para aplicação de insumos com taxa variável, sistema de informação geográfica (SIG) e sistemas para interpretação e análise de dados (ARNÓ et al., 2009). Ainda segundo esses autores, as pesquisas realizadas com tecnologias de AP visam principalmente a quantificar e avaliar a variabilidade espacial do solo, a determinação de zonas de manejo baseadas em análises e interpretação dessa variabilidade, o desenvolvimento de tecnologias para a utilização de aplicação de insumos por taxa variável e avaliação das oportunidades para o manejo do vinhedo em área específica.

Até o momento, é incipiente a utilização de tecnologias de AP na fruticultura por produtores brasileiros. Assim, nesse capítulo, apresenta-se uma discussão da adoção da AP em alguns sistemas de produção de espécies frutíferas no Brasil, com base em alguns procedimentos factíveis de utilização pelo produtor agrícola.

2. Aplicação de agricultura de precisão na produção de uva de mesa

Em uma área de produção comercial de uva apirêncica, cv. Thompson Seedless, localizada em Petrolina, PE, constituída por diversas parcelas de produção, produtor e técnicos vinham observando ao longo dos anos diferenças ou variabilidade em algumas dessas parcelas. Em uma delas, com 3,2 ha, parte da área apresenta uma drenagem mais lenta, a qual trazia consequências no manejo da cultura, particularmente quando se desejava interromper ou diminuir o fornecimento de água pela irrigação, para controle de vigor vegetativo e aumento do teor de sólidos solúveis nas bagas durante a maturação do fruto. Quatro válvulas derivavam a água de irrigação para essa área, sendo uma para cada 10 fileiras de plantas. A diferença entre datas de poda de produção das plantas nas fileiras do início e do final da área total faz com que os estádios fenológicos da videira nesses pontos ocorram com considerável diferença de dias, devido ao rápido desenvolvimento da videira graças à alta disponibilidade de radiação solar e insolação no Semiárido. Assim, foi escolhida

a metade da área (1,6 ha) para a avaliação do uso da AP, pois as plantas foram podadas em um intervalo de três dias, o que confere maior uniformidade à fenologia da cultura, bem como pelo fato da aplicação de água pelo sistema de irrigação ser efetuado em duas válvulas de irrigação (NASCIMENTO, 2013).

O sistema de irrigação localizada dispunha de um difusor de vazão de 30 L.h⁻¹, espaçado em 5 m entre fileiras e 2,5 m na fileira e entre duas videiras. Por iniciativa do próprio produtor, foram instalados registros de linha nas mangueiras de polietileno de cada fileira, entre as videiras 22 e 23 e 62 e 63, para que a aplicação de água pudesse ser dividida em três partes ou terços de cada área correspondente a 10 fileiras (Figura 1). Assim, procedeu-se à irrigação de modo diferenciado na área em questão, por meio do fechamento dos registros, fazendo com que um ou dois terços da área fossem irrigados ao invés de toda a área em determinados momentos do ciclo de produção em que isso era desejado, para evitar um maior acúmulo de água no solo. Criou-se assim, e de modo instintivo, uma oportunidade de uso da AP (NASCIMENTO, 2013).

2.1. Determinação das zonas de manejo do solo

A caracterização dos atributos físico-hídricos do solo (textura, densidade e retenção de água no solo a 0,2 e 0,4 m de profundidade) foi realizada em laboratório, por meio de coleta de amostras em quatro transeções na área total de 3,2 ha (uma por válvula de derivação), no sentido das fileiras de plantas, pois o monitoramento da água do solo na zona radicular da cultura é, nesse caso, um critério a ser adotado para o manejo de irrigação nessa área. O solo da área, Neossolo Quartzarênico, apresenta, dependendo da profundidade, de 1% a 9% de argila, 4% a 18% de silte, e 79% a 90% de areia. O simples procedimento de tradagem em diversos pontos da área, em intervalos de 0,2 m, a partir da superfície e até 1 m de profundidade, mostrou alguns pontos com presença de seixos e gradiente textural (estimado pelo manuseio de amostras de solo úmido) a partir de 0,8 m. Ainda, por meio de levantamento planialtimétrico, determinou-se o sentido da declividade de 1,2% da área, da planta 82 para a planta 1 e da fileira 40 para a fileira 1 (NASCIMENTO, 2013).

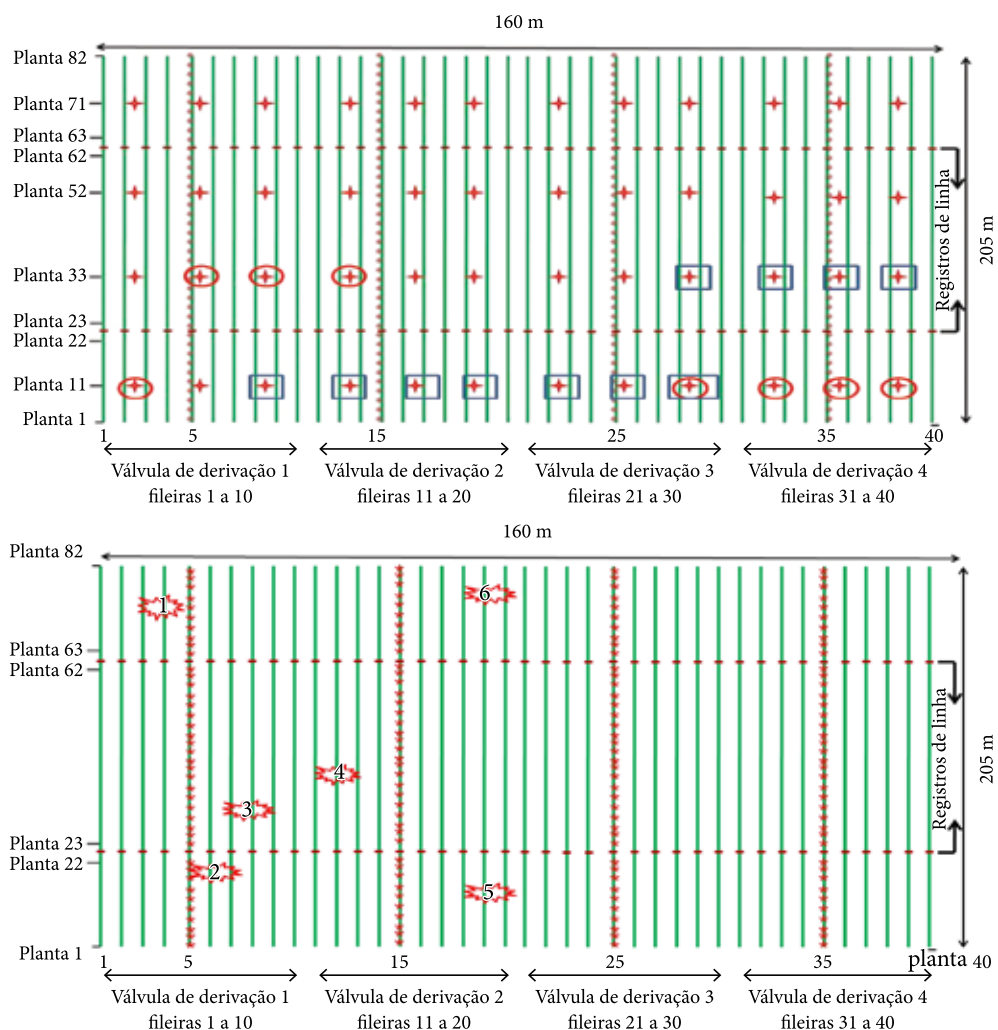


Figura 1. Pontos de coleta de amostras de solo a 0-0,2 m e 0,2-0,4 m (fileiras 5, 15, 25 e 35) e pontos de tráfego até 1,0 m de profundidade (cruz vermelha). Círculos vermelhos e retângulos azuis representam, respectivamente, presença de concreções entre 0,6 e 1,0 m e solo encharcado entre 0,6 e 1,0 m (superior). Os pontos de monitoramento de umidade do solo, em cada uma das seis zonas de manejo determinadas, nas duas válvulas de irrigação (inferior).

As zonas homogêneas de manejo, definidas nesse caso como porções da superfície que apresentavam comportamento semelhante quanto à distribuição dos atributos físico-hídrico do solo, foram determinadas por meio de técnicas geoestatísticas. Pela Figura 1 (inferior), observa-se o local de instalação de tensiômetros a 0,2, 0,4 e 0,6 m de profundidade (zona efetiva do sistema radicular da videira), considerando-se a zona de manejo de maior extensão em cada terça parte da área de abrangência de cada válvula de derivação (NASCIMENTO, 2013).

Esse procedimento adotado não implicou em nenhuma alteração ou substituição de

componentes do sistema de irrigação utilizado pelo produtor. Essa questão pode ser particularmente importante quando o produtor, interessado em adoção da AP, não deseja ou não pode dispor de recurso financeiro para efetuar modificações no sistema de irrigação.

2.2. O manejo diferenciado da irrigação

De acordo com Nascimento et al. (2013), em dois ciclos de produção avaliados (abril a agosto de 2011 e março a julho de 2012), o manejo de irrigação foi realizado com base na evapotranspiração da cultura (ET_c), obtida pelo produto entre evapotranspiração de referência

(ETo) e coeficientes de cultivo (Kc) para a videira adotados pelo produtor. A ETo foi estimada de uma estação agrometeorológica automática localizada na fazenda. Após os 70 dias da poda de produção, quando as bagas de uva já estavam em fase de crescimento, a avaliação do armazenamento de água na camada de solo de 0-0,4 m orientava a manutenção ou redução da lâmina de irrigação, estimada com base na ETc. Dessa forma, as zonas 2, 3, 4 e 5, situadas na parte em que havia a constatação de drenagem mais lenta, apresentaram maior quantidade de água armazenada e por isso tiveram sua lâmina de irrigação reduzida, ao passo que as zonas 1 e 6, localizadas na parte mais alta da área, receberam a lâmina de irrigação calculada com base na ETc (Tabela 1).

3. Aplicação de agricultura de precisão na produção de uva para vinho

Em Bento Gonçalves, RS, três vinhedos do cv. Merlot, clone 347, com 2,42 ha, foram georreferenciados com estação total e GPS geodésico, a qual foi a base para a criação das cartas de altimetria, declividade e malha (10 × 10 m) de coordenadas para o mapeamento dos solos.

A descrição morfológica de quatro perfis do solo e sua classificação de acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (Santos et al., 2006) evidenciaram a existência de três classes taxonômicas e 10 unidades de mapeamento de solo: a) Cambissolos (CXve 1, 2, 3), que apresentam alta saturação de base; b) Argissolos (PBACal 1, 2, 3), com alta saturação por alumínio; e Neossolos (RRh 1, 2, 3, 4), que têm alto teor de C orgânico e são muito pedregosos (Figura 3).

A classe de maior ocorrência é a dos Neossolos (39,3%), seguida dos Cambissolos (34,7%) e dos Argissolos (26,0%).

3.1. Efeito da classe taxonômica do solo na distribuição espacial de P, K e Ca

O vinhedo denominado de número 2, localizado na porção intermediária da Figura 2, apresenta duas classes taxonômicas de solo, Cambissolo e Neossolo. Procedimentos geoestatísticos mostraram que o Cambisso teve, em 2011, teores mais baixos de P, K e Ca (Figura 3). Entretanto, não se constataram diferenças nos teores de C, N e Mg. Considerando as análises físico-químicas do mosto das uvas cultivadas nesses solos, verificou-se que o mosto das uvas do Cambissolo apresentou maior valor de sólidos solúveis (SS) e pH, menor valor de acidez total titulável (AT), e relação SS/AT mais elevada. Esses resultados podem indicar que videiras cultivadas nessa classe de solo tem a tendência de produzir uvas que originam vinhos de melhor qualidade (MIELE; FLORES; FILIPPINI ALBA, 2011).

A análise dos componentes principais é um método estatístico multivariado simples, que pode ser usado para compressão de relação entre diversas variáveis. Assim sendo, foram identificados os principais fatores do solo que afetaram a composição mineral da videira cv. Merlot, a composição físico-química do mosto da uva e do vinho.

Em relação ao vinho, o que foi produzido com as uvas oriundas do Argissolo (PBACal 3+2) caracterizou-se por valores elevados de DO 420, DO 620, intensidade de cor, índice de polifenóis totais, antocianinas, taninos, extrato seco, extrato seco reduzido, acetato de etila, Na, Mg, Mn e Li, e menores da relação álcool em peso/extrato seco

Tabela 1. Volume de água (m³) aplicado por videira nos ciclos de produção de 2011 e 2012. Valores referem-se ao volume aplicado até e após 70 dias da poda de produção.

Ciclo de produção - abril a agosto de 2011		Ciclo de produção - março a agosto de 2012	
Válvula 1	Válvula 2	Válvula 1	Válvula 2
Zona 1 3,5 + 1,44	Zona 6 3,3 + 1,44	Zona 1 4,4 + 1,8	Zona 6 5,0 + 1,8
Zona 3 3,5 + 1,28	Zona 4 3,3 + 1,28	Zona 3 4,4 + 1,5	Zona 3 5,0 + 1,5
Zona 2 3,5 + 1,28	Zona 5 3,3 + 1,28	Zona 2 4,4 + 1,6	Zona 2 5,0 + 1,6

Fonte: Nascimento et al. (2013).

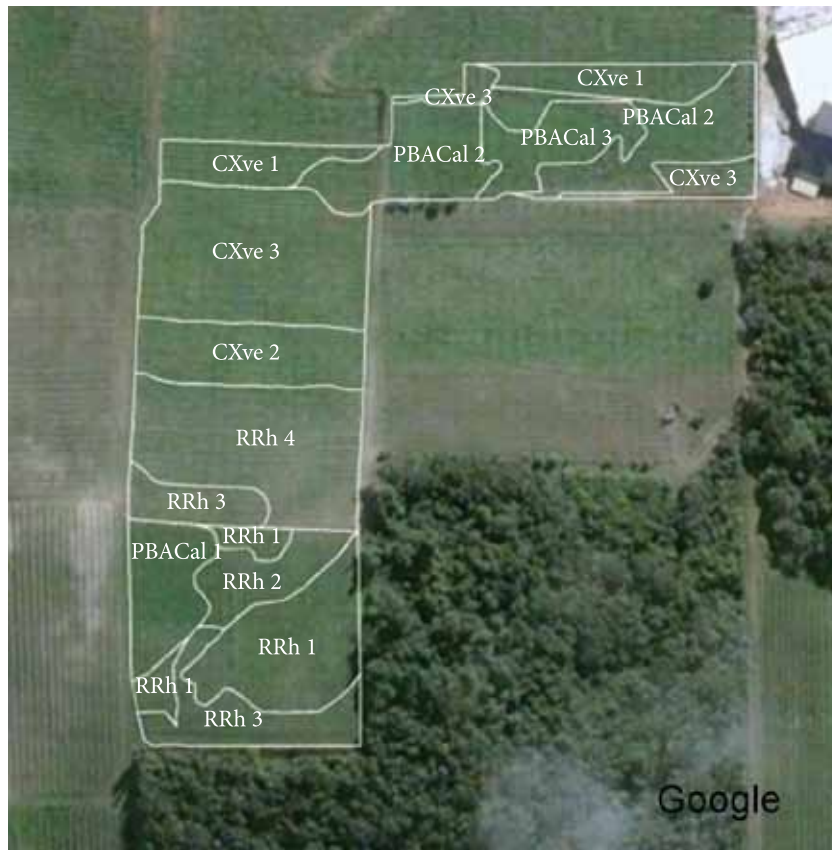


Figura 2. Vinhedos em Bento Gonçalves, RS, com as classes taxonômicas e unidades de mapeamento (Fonte: FLORES et al., 2011).

reduzido, ácido tartárico, metanol e Fe. O vinho cujas videiras foram cultivadas no cambissolo (cxve 3+2), em geral teve valores opostos ao do Argissolo (PBACal 3+2). O vinho produzido com uvas de videiras cultivadas no Neossolo (RRh 1+2+3) caracterizou-se por valores elevados de densidade, pH, cinzas, alcalinidade das cinzas, ácido láctico, 1-propanol, 2-metil-1-propanol, alcoóis amílicos, soma dos alcoóis superiores, K e, também, de P, e menores de DO 520 e, em parte, de intensidade de cor. O vinho Argissolo (PBACal 1) caracterizou-se por valores elevados da relação álcool/extrato seco reduzido, acetato de etila e Ca, e menores de matiz e Rb (MIELE; FLORES; FILIPPINI ALBA, 2013).

4. Aplicação de agricultura de precisão na produção de pêssego

Em um pomar de 1,8 ha em Morro Redondo, RS, com 1450 plantas de três anos, fatores do sistema de produção de pêssego foram avaliados

quanto a sua variabilidade espacial, por meio da geoestatística, com o intuito de encontrar as que mais se relacionam com a produtividade e qualidade da cultura, e assim subsidiar o manejo da área (TERRA, 2012). O referenciamento da área foi baseado nos números das fileiras de plantas e das plantas dentro de cada fileira.

A textura do solo foi o atributo utilizado para determinar, por meio de técnicas geoestatísticas, duas zonas homogêneas do solo. A área 1, mais arenosa, foi separada da área 2, com mais argila (Figura 4).

A análise da condutividade elétrica do solo apresentou uma configuração semelhante com a textura, confirmando a adequação desta metodologia para separar áreas com diferentes classes texturais. Também se observou a relação entre a microporosidade, matéria orgânica e a umidade do solo no momento da coleta das amostras, com as áreas de maior teor de argila e maior condutividade elétrica. No entanto,

o padrão de produtividade de cada ano não apresentou relação com as variáveis estudadas.

Utilizando-se de análises por relações canônicas, observou-se que a produtividade do pomar, na primeira colheita, apresentou melhores relações com umidade do solo, microporosidade e teor de argila. Visualmente se pode verificar que a espacialização com a produção acumulada dos três anos mostra mais facilmente semelhanças entre a distribuição espacial de algumas variáveis. A área 1 (Figura 4) apresentou maior produtividade e maior índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI). Visualmente, nesse mesmo local foram menores a umidade relativa do ar no período de

máxima demanda atmosférica (13 às 14 h), e o teor de sólidos solúveis totais. Estas duas variáveis também podem estar relacionadas à condição hídrica do solo, pois a umidade relacionada com a transpiração e os sólidos solúveis é reduzida, em algumas fruteiras com maior disponibilidade hídrica.

5. Aplicação de agricultura de precisão na produção de maçã

A variabilidade espacial do solo e da planta em um sistema de produção de maçã em Vacaria, RS,

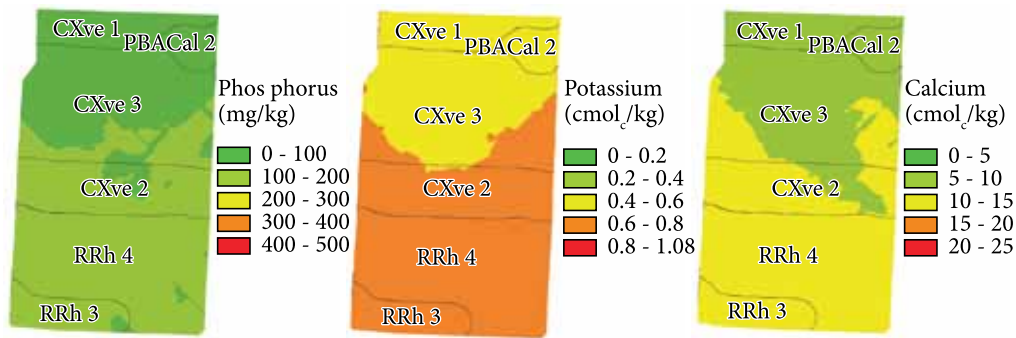


Figura 3. Distribuição espacial dos teores de P, K e Ca de acordo com a classe taxonômica do solo. Legenda: CXve 1, 2 e 3 = Cambissolo; RRh 3 e 4 = Neossolo; PBACal 2 = Argissolo.

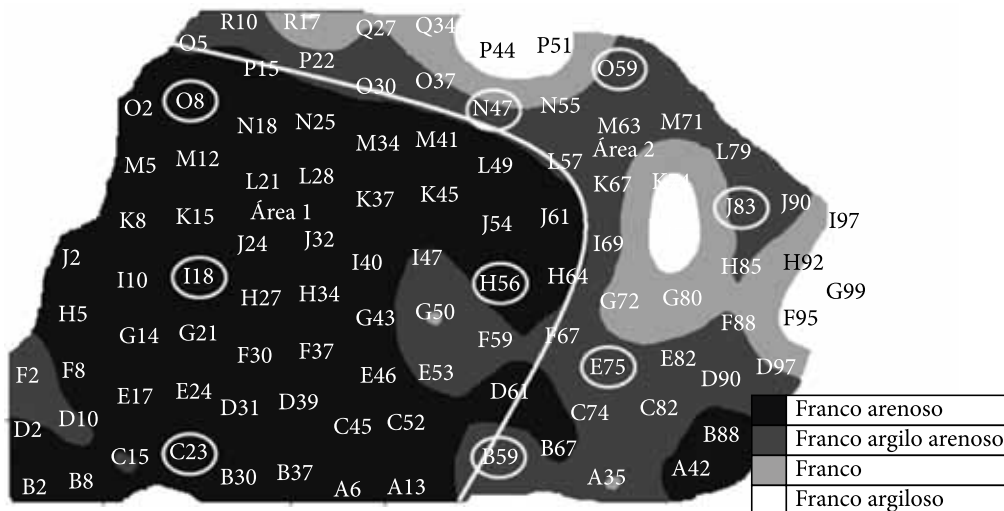


Figura 4. Espacialização da textura do solo, zonas homogêneas e indicação das plantas avaliadas e dos locais de monitoramento da umidade do solo em pomar de pessegueiro (Fonte: TERRA, 2012).

foi analisada em um pomar de 3,5 ha de macieira cv. Fuji, com 13 anos de idade. O mapa da área foi obtido pelo georreferenciamento com o auxílio de um receptor DGPS.

Durante o trabalho, transcorrido na safra de 2012, foram realizadas amostras aleatórias representativas dos frutos em 40 pontos, coletando-se três frutas de cada lado da planta, em um total de seis, sendo divididos dois a dois nos terços inferior, médio e superior de cada lado da árvore. Em 10 dos 40 pontos, foram contados todos os frutos da planta para posterior cálculo de produtividade, e coletadas amostras de solo para a determinação do teor de argila. Além disso, foi feito o levantamento da condutividade elétrica aparente do solo (CEa), utilizando-se o sensor por indução magnética (condutivímetro) acoplado a

uma grade tracionada por trator, na entrelinha, e com coleta de dados a cada 1 segundo. Os dados de solo e planta então foram analisados pela geoestatística.

Os valores de argila e CEa (Figura 5) apresentaram variabilidade espacial. A informação mais importante fornecida pela geoestatística é o alcance da variabilidade do parâmetro avaliado, que indica quais pontos devem ser avaliados de maneira comum entre si e aqueles diferentes, eliminando o tratamento pela média. Uma vez estabelecida a existência de variabilidade espacial na área, apenas a análise visual dos mapas gerados, pode ser considerada uma ferramenta valiosa no planejamento do manejo do ambiente produtivo visando à qualidade.

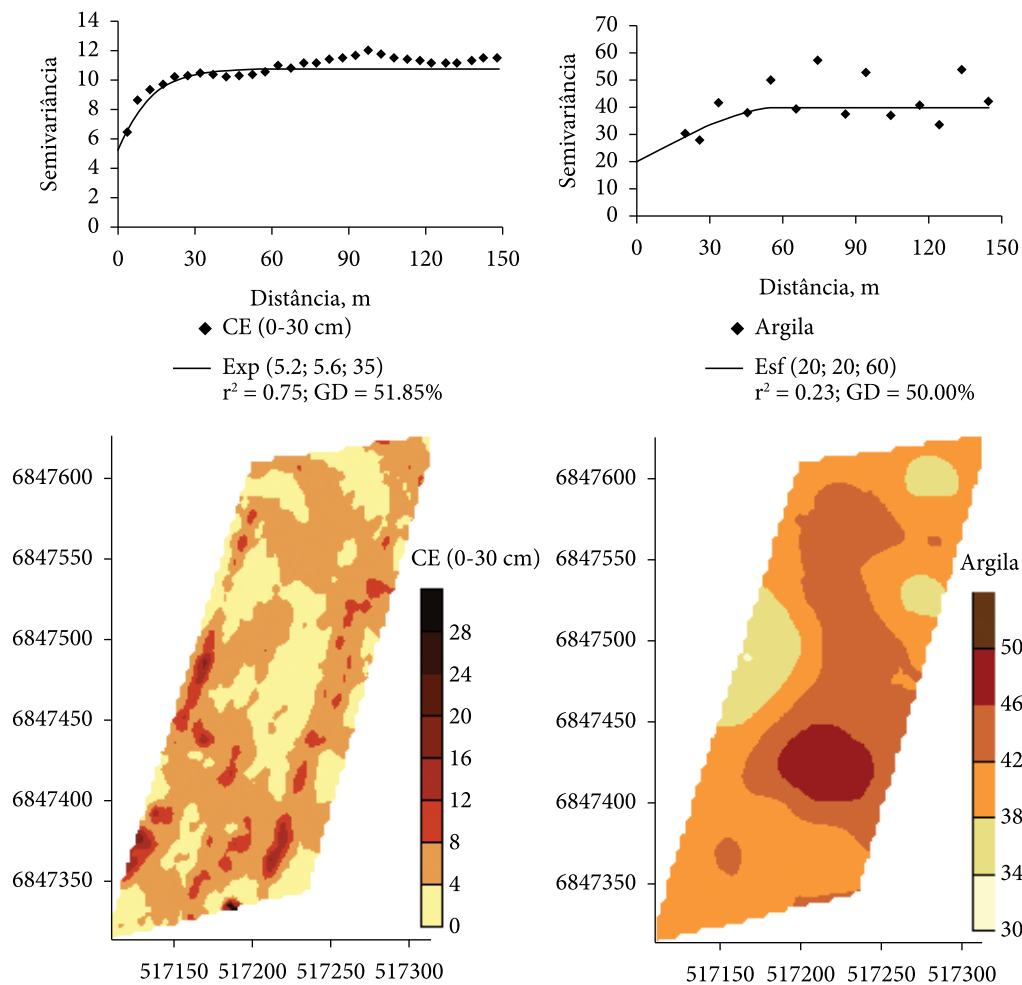


Figura 5. Semivariogramas e mapas para expressão da variabilidade do ambiente (Fonte: Luciano Gebler).

A partir da geração de mapas de variáveis de qualidade como diâmetro de frutos, coloração da epiderme, sólidos solúveis, firmeza de polpa e mesmo de produtividade, pode-se detectar, com detalhes, o que ocorre no âmbito do pomar, como a localização das frutas de melhor ou pior qualidade para determinada variável, e uma possível vinculação de qual foi a variável ambiental ou agrônômica que contribuiu para isso.

Foram gerados índices de qualidade de frutos, com a normalização de todos os indicadores de qualidade numa escala de 1 (pior situação) até 4 (melhor situação). Isso permitiu a sobreposição, gerando um mapa resultante do índice empírico de qualidade de frutos com valores adimensionais possíveis entre 5 (péssimo) e 20 (ótimo). Esse procedimento tem um caráter empírico, devendo ser ainda aperfeiçoado a fim de permitir a introdução de uma escala intermediária segundo padrões comerciais de qualidade de frutos (Figura 6).

6. Considerações finais

A agricultura de precisão (AP) baseia-se na aplicação de procedimentos e equipamentos que descrevem a variabilidade no espaço e no tempo, de fatores bióticos (pragas e doenças), do solo, da planta e do clima, que influenciam um sistema de produção agrícola. A razão da adoção da AP, cuja abrangência de aplicação vai do plantio até a pós-colheita, consiste no auxílio da tomada de decisão pelo produtor quanto à utilização de práticas de manejo que levem em consideração as diferenças existentes quanto à quantidade, intensidade, presença ou ausência de um ou mais fatores do sistema de produção agrícola. De maneira simplificada, a AP é uma estratégia holística e ambientalmente amigável, na qual os agricultores podem variar as entradas de insumos e os métodos de cultivo, baseados na variabilidade do solo e das condições da cultura ao longo do

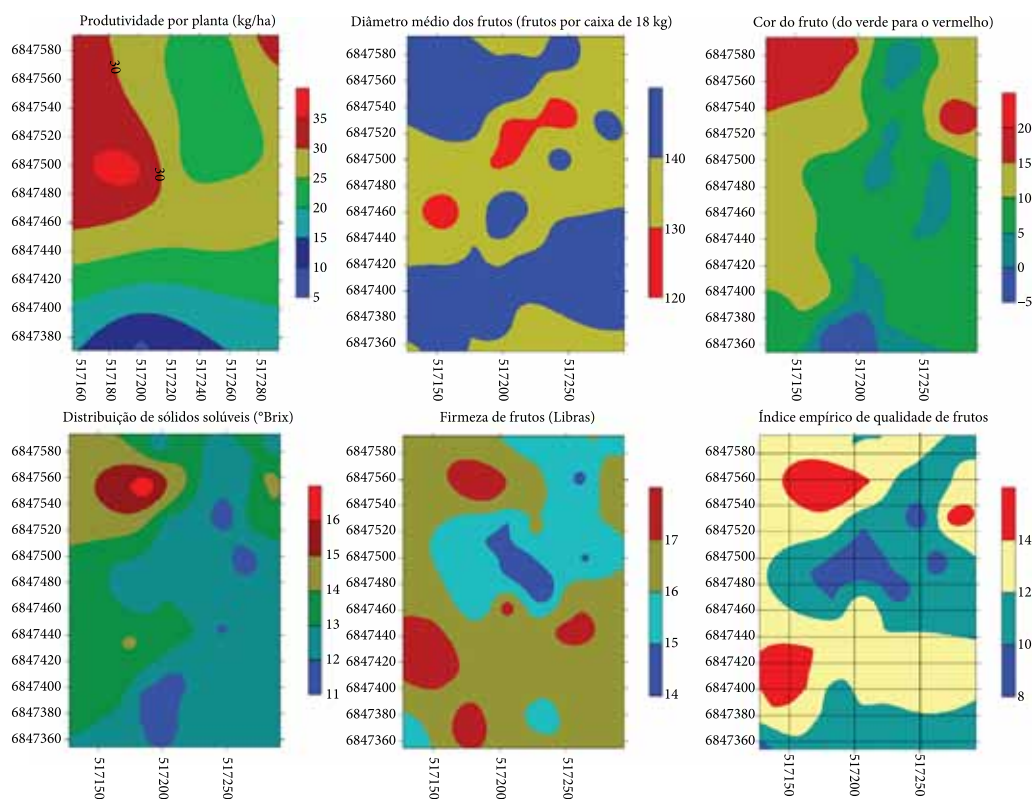


Figura 6. Mapas de variáveis de qualidade de frutos e o mapa do índice resultante, sendo a melhor condição em vermelho e a pior em azul (Fonte: Luciano Gebler).

tempo. O objetivo da adoção da AP é melhorar, em termos quantitativos e qualitativos, a produção agrícola como também minimizar a degradação do meio ambiente.

A compreensão pelo produtor e técnicos de que a área de produção agrícola em que trabalham apresenta variabilidade espacial e temporal de um ou mais atributos da planta e/ou do solo; o emprego de modo operacional de procedimentos de coleta e compilação de informações, equipamentos e técnicas; e a obtenção de uma ação gerencial ou de manejo factível, podem ser considerados como etapas para a utilização com sucesso da AP em um sistema de produção agrícola.

O valor da informação gerada pela adoção da AP, quer seja pela qualidade ou quantidade, está no aperfeiçoamento da decisão pelo produtor ou técnico envolvido no sistema de produção agrícola. No entanto, os benefícios obtidos resultantes de sua prática devem ser maiores que os custos envolvidos quando da sua utilização. Deve-se, portanto, buscar métodos de fácil operacionalização e baixo custo.

Em alguns sistemas de produção de frutas na agricultura brasileira, áreas de pequenas extensões, a variabilidade espacial do solo e da planta (fatores internos da parcela) foi observada, por meio da geoestatística e da análise multivariada (relações canônicas). Outra técnica de análise multivariada, a de componentes principais, permitiu também o conhecimento de quais fatores do solo têm maior ou menor contribuição em aspectos qualitativos do produto agrícola obtido.

Em alguns casos, o referenciamento da área cultivada não foi realizado por sistema de posicionamento global, mas pela numeração de fileiras e de plantas. Apesar da existência de equipamentos específicos para a agricultura de precisão, outros comumente utilizados, como o trado, podem também consistir em uma ferramenta de agricultura de precisão por meio da adoção de amostragem em malha, e permitir a observação da variabilidade espacial da profundidade do solo.

Também é evidente que a percepção, por produtores e técnicos, da variabilidade na área cultivada dos fatores do sistema de produção, por meio da observação em campo ou análise visual de mapas, pode auxiliar na compreensão das diferentes zonas de manejo que a área pode

apresentar, e assim realizar a prática da agricultura de precisão.

Referências

- ARNÓ, J.; MARTINEZ-CASAS-NOVAS, J. A.; RIBES-DASI, M.; ROSELL, J. R. Review. Precision viticulture. Research topics, challenges and opportunities in site specific vineyard management. *Spanish Journal of Agricultural Research*, v. 7, n. 4, p. 779-790, 2009.
- BRAMLEY, R. G. V.; PROFFITT, A. P. B. Managing variability in viticultural production. *The Australian & New Zealand Grapegrower & Winemaker*, n. 427, p. 11-16, 1999.
- BRAMLEY, R.; PROFFITT, T.; HAMILTON, R.; SHEARER, J.; ORMESHER, D.; LAMB, D.; TAYLOR, J. Precision viticulture: principles, opportunities and application. In: AUSTRALIAN WINE INDUSTRY TECHNICAL CONFERENCE, 11., 2001, Adelaide, Austrália. *Proceedings...* Adelaide: WITC, 2001. Workshop 14, p. 3-7.
- COX, S. Information technology: the global key to precision agriculture and sustainability. *Computers and Electronics in Agriculture*, v. 36, p. 93-111, 2002.
- FLORES, C. A.; FILIPPINI ALBA, J. M.; LEVIEN, H. F.; ZARNOTT, D. H.; MIELE, A.; PAVAN, C. Levantamento detalhado dos solos e a viticultura de precisão. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 33., 2010, Uberlândia. *Anais...* Uberlândia: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2011. 4 p. 1 CD-ROM. Resumo expandido.
- MIELE, A.; FLORES, C. A.; FILIPPINI ALBA, J. M. Status atual da pesquisa de viticultura de precisão no Rio Grande do Sul: primeiros resultados da UP Uva para Vinho. In: INAMASU, R. Y.; NAIME, J. M.; RESENDE, A. V.; BASSOI, L. H.; BERNARDI, A. C. C. (Ed.). *Agricultura de precisão: um novo olhar*. São Carlos: Embrapa Instrumentação, 2011. p. 267-272.
- MIELE, A.; FLORES, C. A.; FILIPPINI-ALBA, J. M. Efeito da variabilidade espacial de solos do Vale dos Vinhedos na composição do vinho Merlot – Safra 2012. *Agricultura de Precisão: Resultados de Um Novo Olhar*. In press, 2013.
- NASCIMENTO, P. S.; COSTA, B. R. S.; SILVA, J. A.; BASSOI, L. H. Aplicação dos conceitos geoestatísticos para o manejo da irrigação no Vale do Submédio São Francisco. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 2013, Fortaleza. *Anais...* Fortaleza: SBEA, UFC, 2013.
- NASCIMENTO, P. S. *Manejo da viticultura irrigada no Semiárido com base em zonas homogêneas do solo e da planta*. 2013. 125 f. Tese (Doutorado em Irrigação e Drenagem)-Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Botucatu, 2013.
- NESME, T.; LESCOURRET, F.; BELLON, S.; HABIB, R. Is the plot concept na obstacle in agricultural sciences ? A review focussing on fruit production. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, v.138, p.133-138, 2010.

RAINS, G. C.; OLSON, D. M.; LEWIS, W. J. Redirecting technology to support sustainable farm management practices. **Agricultural Systems**, v. 104, p. 365-370, 2011.

SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. A.; OLIVEIRA, J. B.; COELHO, M. R.; LUMBRERAS, J. F.; CUNHA, T. J. F. (Ed.). **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2 ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306 p.

SRINIVASAN, A. Precision Agriculture: An overview. In: SRINIVASAN, A. (Ed.) **Handbook of precision agriculture**. Principles and applications. Boca Raton: CRC Press, 2009. p.3-18.

TERRA, V. S. S. **Variabilidade espacial e temporal de atributos agronômicos em pomar de pessegueiro**. 2012. 99 f. Tese (Doutorado)-Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2012.

WAMPLE, R. L.; MILLS, L.; DAVENPORT, J. R. Use of precision farming practices in grape production. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON PRECISION AGRICULTURE, 4., 1998, Saint Paul, Estados Unidos. **Proceedings...** Minneapolis, University of Minnesota, 1999. p. 897-905.