



Tratamento localizado

A aplicação de fertilizantes e corretivos em taxa variada está intimamente relacionada aos conceitos da Agricultura de Precisão, que preconiza o equacionamento das diferenças existentes nas lavouras

A operação associada à aplicação de fertilizantes e corretivos apresenta variações significativas e dependentes associados ao produto distribuído. Existe uma gama de produtos que variam, em primeira instância, de estado físico (Quadro 1). No entanto, no Brasil, é inegável que os corretivos utilizados se restringem ao estado sólido. Nos fertilizantes, também há predominância de sólidos.

O consumo anual de fertilizantes no país fica entre 5,8 e 6,2 milhões de toneladas por ano. Isso corresponde a uma aplicação em torno de 110 a 120 kg por hectare cultivado a cada ano, índice que está bem abaixo daquele de países europeus e norte-americanos.

MÁQUINAS PARA APLICAÇÃO

A forma de aplicação desses produ-

tos é bastante variada, justamente pelas diferenças físicas que eles podem apresentar. Para a aplicação dos produtos sólidos, existem diferentes opções de equipamentos à disposição do produtor (Quadro 2). As principais máquinas disponíveis são as aplicadoras a lança - que podem ser de distribuição centrífuga ou pendular; as de linhas individuais ou conjugadas - com distribuidor de queda livre; e as aplicadoras com distribuição pneumática - recentemente introduzidas no mercado.

AJUSTES E REGULAGENS

Quanto mais sofisticada e, conseqüentemente, mais cara, for a máquina, mais recursos de regulagens haverá no mecanismo distribuidor.

Os distribuidores centrífugos de discos exigem algumas regulagens básicas no que concerne à vazão e à largura de trabalho. Neles, devem ser ajustados o comprimento, o número e a posição das aletas sobre os discos, bem como o local de queda do produto no disco. Esses ajustes podem alterar totalmente a deposição transversal do produto.

É essencial que o manual da máquina seja sempre consultado quando se trata de escolher um produto para uma dada largura efetiva de aplicação, ou vice-versa. Caso essa informação não esteja contemplada no manual, deve ser feita uma verificação por meio de teste, pois a largura de trabalho é determinada como função de uma regularidade mínima da dosagem desejada, obtida a partir de uma sobreposição com as passadas adjacentes. Nem sempre a informação contida nos manuais é exata, e, de forma geral, um teste para verificação ou definição da largura de trabalho é sempre bem vindo.

O teste para a definição da largura de trabalho ou largura efetiva é um tanto trabalhoso, exigindo procedimentos e equipamentos que normalmente não estão ao al-

Quadro 1 - Tipos de fertilizantes e corretivos

Orgânicos
Sólidos (cama de aviário, casca de café, torta de filtro, etc)
Pastosos (esterco de curral)
Líquidos (esterco suíno, vinhaça)
Químicos
Sólidos granulados (simples, mistura de grãos, mistura no grão)
Líquidos (aquamônia)
Gasosos (amônia anidra)
Corretivos (calcário, gesso, silicato, fosfatos naturais e reativos)

Quadro 2 - Formas e sistemas de aplicação de produtos sólidos

Formas de aplicação de fertilizantes e corretivos sólidos
A lança
Superfície total
Faixas
Em linhas (normalmente em sulco)
Mecanismos dosadores - definem a vazão
Gravitacionais (abertura de seção variável com agitador mecânico)
Volumétricos (esteira, rotor, rasca)
Mecanismos distribuidores - definem a largura de aplicação e a uniformidade
Queda livre ("cocho", "Nevoeiro", "Brutus", "Bandeirante")
Transportador mecânico (rasca)
Força centrífuga (discos)
Inércia (pêndulo)
Pneumáticos (aerotransportados)

cance de um usuário comum.

CORRIGINDO O SOLO

No Brasil, a aplicação de calcário é predominantemente feita em superfície total. Os equipamentos disponíveis para aplicação de produtos em pó, até há pouco tempo, resumiam-se àqueles equipados com mecanismos distribuidores de queda livre (cocho) – marginalmente, o mecanismo de inércia (pêndulo) – e, em maior quantidade, os centrífugos (discos).

Sabe-se que a aplicação de calcário feita com esses equipamentos deixa muito a desejar quanto à qualidade e uniformidade de distribuição. As maiores limitações dos distribuidores tipo "cocho com furos" estão relacionadas à má qualidade do mecanismo dosador (gravitacional) e à capacidade operacional – em função da sua limitada largura de trabalho.

Os distribuidores pendulares geralmente são de pequeno porte (montados) e, como consequência, utilizam mecanismo dosador gravitacional, de baixa qualidade, para aplicar pó. O mecanismo distribuidor de pêndulo oferece largura efetiva limitada. Os distribuidores centrífugos são os mais populares – equipam máquinas de pequeno porte, montadas e de arrasto, com mecanismo dosador gravitacional, e/ou autopropelidas, com mecanismo dosador volumétrico de esteira.

A largura efetiva dessas máquinas depende da sobreposição das camadas de aplicação, e sempre há incertezas associadas à decisão. Os calcários comerciais, originários de rocha calcária moída, produzem uma nuvem de pó tanto maior quanto mais seco estiver o produto. Apenas o calcário obtido como subproduto da extração do fósforo, na indústria de fertilizantes, não tem esse problema, pois apresenta granulometria arenosa muito fina, mas representa uma parcela muito pequena do to-

COEFICIENTE DE VARIAÇÃO

O procedimento normalmente utilizado para a determinação da largura efetiva baseia-se no coeficiente de variação (CV) das quantidades de produto caídas dentro de cada coletor (bandeja), disposto em linha transversalmente à passagem da máquina. Para tanto, são realizadas simulações de recobrimentos sucessivos com os valores acumulados nos coletores, e calcula-se o CV para cada situação de recobrimento simulado.

Os valores de CV para as diferentes larguras efetivas simuladas podem ser então colocados num gráfico. O compromisso entre um valor baixo de CV e um valor prático para a largura é o que efetivamente deverá ser utilizado no campo. Uma forma de fazer essas simulações (cálculos) do coeficiente de variação, para as diferentes larguras de trabalho simuladas, é através da utilização de programas computacionais, como o "Adulção", disponível em www.agriculturadeprecisao.org.br.

tal aplicado no país.

Recentemente surgiram novos equipamentos distribuidores com interessantes inovações, para contornar o problema crítico dos distribuidores centrífugos. É o caso da máquina tipo "cocho", que utiliza esteira em toda a extensão da sua largura, o que resulta em uma distribuição uniforme e com mínima dispersão de pó.

CONTROLADORES EXTERNOS

Para se ter uma máquina capaz de fazer a aplicação de produtos em taxa variada, é necessário que exista um controle externo do seu mecanismo dosador. No caso de mecanismo dosador volumétrico, ou seja, de máquinas com esteira dosadora, esse controle se dá por meio de um motor, normalmente de acionamento hidráulico, com comando de vazão do óleo por conta de uma válvula de controle eletrônico. Da mesma forma, se o mecanismo dosador for gravimétrico, de orifício e agitador, o controle externo se dará por conta de um atuador linear com controle eletrônico, que vai abrir e fechar o orifício, definindo então as vazões requeridas.

Existe no mercado mundial uma variedade de equipamentos dessa natureza, normalmente denominados de controladores para aplicação em taxa variada. Muitos deles são caracterizados como genéricos, ou seja, podem ser instalados em praticamente qualquer máquina. Outros são associados a máquinas específicas, montados na fábrica. Alguns deles surgiram para equipar as semadoras-adubadoras, para variar tanto a dose de adubo como de sementes.

Os primeiros controladores utilizados no Brasil, entre 2001 e 2002, para equipar máquinas aplicadoras, eram importados. Recentemente começam a surgir opções locais, tanto de controladores como de máquinas completas, equipadas na fábrica com um controlador específico. Hoje, no mercado brasileiro, existe uma série de opções de máquinas equipadas com controladores, alguns deles originais, e outros, montados a partir da solicitação do cliente (Quadro 3).

Com relação a controladores genéricos, adaptáveis a máquinas em geral (Quadro 4), observa-se a ocorrência de equipamentos semelhantes, no que diz respeito ao princípio de funcionamento. Eles visam a atender prioritariamente máquinas aplicadoras com mecanismo dosador volumétrico, que são exatamente as que predominam no mercado. Apresentam motor hidráulico, que tem de ser compatibilizado com torque necessário para o acionamento do mecanismo dosador dessas máquinas, válvula de controle de fluxo e unidade de controle.

Nem todos os sistemas disponíveis apresentam uma CPU para a inserção do arquivo digital que carrega o(s) mapa(s) de aplicação e permite a entrada de sinal de posição (GPS). Nesse caso, o usuário deve adquirir um equipamento capaz de fazer essa tarefa, e a opção



Monitor do controlador para taxa variada em operação, instalado na cabine de um trator

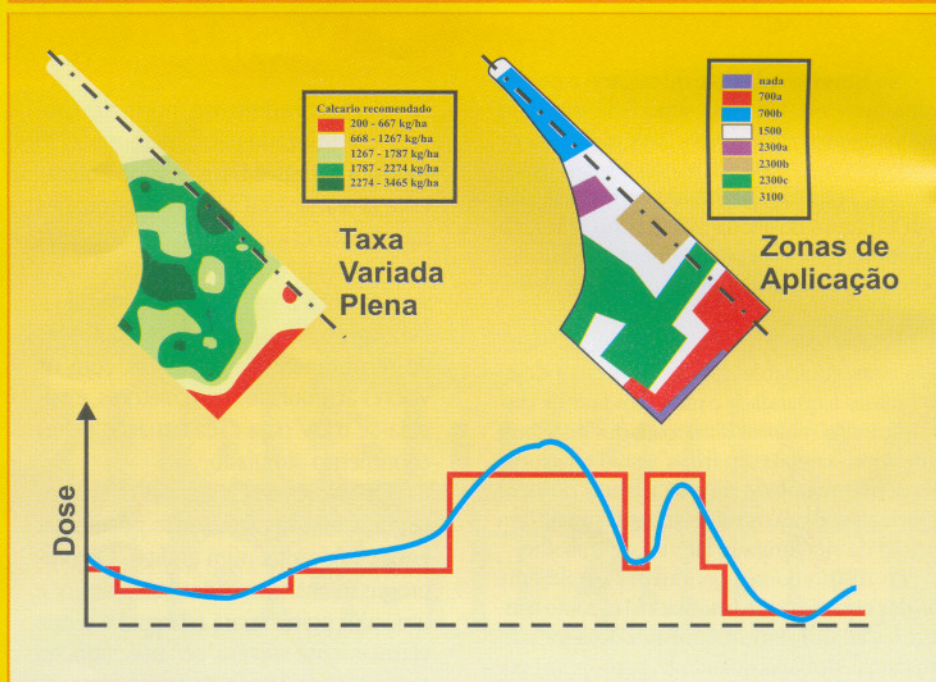
que tem sido utilizada com mais frequência é o emprego de um computador de mão (*palm-top*) equipado com um programa específico para essa função. O computador de mão é genérico, por isso, apresenta limitações para utilização em campo, exige fiação para comunicação com o controlador, com o receptor de GPS e com a sua própria alimentação e não foi feito para aplicações dessa natureza, sabidamente desafiadoras.

Aqueles equipamentos que têm sua própria CPU podem apresentar uma tela que mostra o percurso da máquina em campo e o que já foi aplicado. Esse recurso exige que a CPU tenha uma tela de boa qualidade e tamanho adequado para visibilidade em ambiente de muita luz, às vezes com insolação direta. O computador de mão faz o papel dessa tela naqueles conjuntos que não têm o seu próprio visualizador.

Outra característica importante desses controladores é o seu número de canais, ou seja, a quantidade de motores hidráulicos que conseguem gerenciar individualmente. Se imaginarmos uma semeadora-adubadora que tenha as sementes e o adubo governados por taxa variada, serão necessários quatro motores, porque a máquina é invariavelmente dividida ao meio. No caso de uma adubadora a lanco com dosador volumétrico de esteira, um único canal governará a aplicação em taxa variada, pois terá apenas que gerenciar a rotação do motor hidráulico que aciona a esteira.

Alguns fabricantes já incorporaram um outro componente no processo da variação da dosagem de produto - o atuador linear, na comporta de abertura de passagem do produto sobre a esteira. Nesse caso, o sistema é um tanto mais complexo, com os dois atuadores devendo trabalhar em sincronia: o motor hidráulico, gerenciando a velocidade da esteira, e o motor elétrico com rosca

Figura 1 — Exemplo de mapas de aplicação: taxa variada plena (esquerda) e taxa variada por "zonas de aplicação" (direita)



ou cilindro hidráulico linear, gerenciando a abertura da comporta. Isso certamente permite maior amplitude na variação da dosagem.

O programa que gerencia esses controladores requer informação de coordenadas e de doses. Isso significa que o arquivo digital que contém o mapa de aplicação é basicamente um arquivo de três colunas - X (latitude), Y (longitude) e Z (dose). Se houver mais do que um mapa, ou seja, mais do que um insumo, haverá as colunas Z1, Z2, ..., Zn, equivalentes a cada um desses insumos para cada ponto de coordenadas. Esses pontos são obtidos, em uma etapa anterior, pela interpolação dos valores de recomendação, a partir da amostragem de solo em gra-

de, ou amostragens direcionadas por zonas de manejo.

Cada equipamento tem a sua forma de inserção de arquivos (mapas), podendo ser por

APLICAÇÃO EM TAXA VARIADA

A aplicação de fertilizantes e corretivos em taxa variada está intimamente relacionada aos conceitos da Agricultura de Precisão, que preconiza o tratamento localizado das diferenças existentes nas lavouras. Para se chegar a uma recomendação de aplicação em taxa variada de algum insumo, há todo um processo de investigação e de diagnóstico.

Nos países que já vêm adotando essa prática, já existem veículos específicos para a aplicação localizada de fertilizantes. Muitos deles são altamente sofisticados, capazes de carregar diversos produtos em separado, compor instantaneamente a mistura devida e aplicar localizadamente os produtos. O custo de aquisição desses equipamentos, via de regra, é bastante elevado. No entanto, nesses ambientes, a tarefa normalmente é executada por cooperativas ou prestadores de serviços, que têm condições de diluir o elevado custo do investimento em equipamentos dessa natureza.

"A diferença entre a possibilidade ou não da aplicação em taxa variada se resume basicamente à disponibilidade de um controlador"

Fotos Molin e Menegatti

Testagem da largura efetiva de trabalho num distribuidor centrífugo a lanço, equipado com controlador para taxa variada

mídia compacta (PCMCIA, flash etc.), ou por comunicação via porta serial entre um computador externo e a CPU. Na CPU, é armazenado o arquivo, que pode ser de algum formato genérico (.txt, .dbf), ou de algum formato específico, vinculado ao programa de geração dos mapas, ou mesmo de um formato proprietário (código).

Os controladores de aplicação em taxa variada são concebidos para aplicação a partir de um mapa, e esse, por sua vez, consiste na modelagem da demanda a partir apenas da amostragem do solo, ou da incorporação de outras informações, como, por exemplo, a extração de nutrientes do ciclo anterior. Para a produção dessas informações, evidentemente, houve um investimento que deve ser valorizado ao máximo.

Muitos usuários estão iniciando na Agricultura de Precisão pelo caminho da aplicação em taxa variada, especialmente de calcário e, mais recentemente, de fósforo e potássio. No entanto, muitas vezes por desconhecimento, os produtores optam por uma solução demasiadamente simplificada, que é a aplicação por zonas. Essa é uma tecnologia simples, mas que deixa muito a desejar.

A diferença entre a possibilidade ou não da aplicação em taxa variada se resume basicamente à disponibilidade de um controlador. Com o avanço da tecnologia, os controladores encontram-se, cada vez mais, disponíveis. Diversos trabalhos, atualmente, justificam sua adoção.

ZONAS DE APLICAÇÃO X TAXA VARIADA PLENA

Muitos agricultores estão optando por fazer a aplicação dos insumos pelo que é chamado erroneamente de "zonas de manejo". Esse método consiste na definição e demarcação em campo de divisas para setores do talhão, onde serão aplicadas doses de corretivos diferenciadas entre si, porém, constantes dentro dos tais setores.



O conceito de "zonas de manejo", ou mais apropriadamente "unidades de gerenciamento", subentende que todos os tratamentos sejam feitos uniformemente dentro de cada unidade. Portanto, a aplicação de insumos por zonas definidas individualmente para cada insumo, com base em teores obtidos a partir de amostragem em grade, não pode ser confundida com unidades de gerenciamento. Uma denominação mais apropriada talvez seja unidades de aplicação ou "zonas de aplicação" (Figura 1).

É importante destacar que, no caso da aplicação em taxa variada plena, a dose varia quase continuamente, embora no mapa apareça apenas um número limitado de cores. Essas cores não têm significado real para o mapa digital e nem para o controlador. Para eles, o que interessa é o valor de "Zi" de cada coordenada. As coordenadas, por sua vez, são compostas por uma malha de pequenas células, normalmente de 400 m², definidas no momento da geração do mapa.

Já o mapa de "zonas de aplicação" é definido por patamares de doses obtidos após uma simplificação feita, via de regra, desenhando-se manualmente as divisas dos setores do talhão sobre o mapa de taxa variada plena. Isso faz com que o agricultor viabilize a aplicação de fertilizantes até mesmo sem um controlador. Para tanto, é necessário demarcar as divi-

das dos setores previamente, com uma grade ou com qualquer outro implemento que risque o solo, e, após isso, entrar com a máquina aplicadora, com suas regulagens pré-estabelecidas de forma a atender à especificação do mapa.

Essa estratégia, embora pareça simples e de baixo custo, causa um retrocesso significativo na qualidade da intervenção em taxa variada. Todo o trabalho para a obtenção da recomendação já foi executado. No entanto, numa forma de evitar a aquisição do controlador, o agricultor aceita produzir um mapa em que será aplicada uma dose constante em cada setor.

Entende-se que essa opção, por vezes, seja devida ao desconhecimento ou ao custo adicional desse equipamento. Entretanto, aderir a uma tecnologia como a de aplicação em taxa variada de insumos, com base na amostragem em grade, implica em obrigatoriamente prever um adicional de custo, pois, somente assim, o usuário estará obtendo máximo proveito da técnica adotada.

TIPOS DE CONTROLADORES

Algumas considerações podem ser feitas, de forma genérica, com relação aos controladores disponíveis no mercado. Alguns deles possuem um motor hidráulico de baixa po-

A SCHRÖDER CONSULTORIA desenvolve soluções tecnológicas para a agricultura brasileira, com foco na sustentabilidade econômica e ambiental.

- Cursos de capacitação profissional
- Palestras, treinamentos e dias-de-campo
- Pesquisa e desenvolvimento de produtos e equipamentos
- Assistência técnica em fitossanidade
- Especializada em tecnologia de aplicação

www.eugenioschroder.cjb.net



Fone: (53) 9982-9871
Pelotas - RS

tência, sensível às flutuações de fluxo e pressão do circuito hidráulico dos tratores agrícolas. Usuários têm testemunhado vazamentos e perdas de retentores no sistema, com inundação dos componentes eletrônicos do motor pelo óleo quente e aquecimento excessivo do corpo do motor.

Por ter uma configuração muito genérica, esse tipo de controlador é também bastante difícil de ser calibrado. Desenvolvido para aplicação de diversos produtos, incluindo fertilizantes líquidos, possui muitas configurações não utilizadas, o que no dia-a-dia do campo atrapalha o trabalho. Por depender de uma CPU externa para processar o mapa de aplicação, é bastante sensível a problemas de comunicação, como rompimentos de cabos ou mesmo desconexão da CPU durante o trabalho.

Outros controladores não possuem um motor hidráulico específico e, sim, um conjunto eletro-hidráulico de alta capacidade, capaz de controlar qualquer motor hidráulico que seja colocado na linha de controle de fluxo de óleo. As válvulas, de terceiros, são incorporadas ao sistema. Nele, a transmissão das informações é facilmente executada, porém a inserção delas no sistema requer conhecimentos básicos de computação. São bastante adaptáveis a muitas situações e controlam diversos tipos de aplicações.

Há controladores bastante específicos e simples de serem operados, que vêm sendo testados há alguns meses no país. São equipados com motor hidráulico de linha comercial, suficientemente potente para a maioria das aplicações brasileiras e de fácil manutenção. Eles têm apresentado ótimos resultados de resistência às operações de campo e às intempéries. Podem ser facilmente programados para aplicação em taxa fixa e constante em função da velocidade, ou taxa variável por mapa de pontos. Os operadores que tiveram contato com estes equipamentos incorporaram facilmente a sua rotina de operação e calibração.

De maneira geral, todos os controladores possuem pontos fortes e fracos, mas que atendem à finalidade da aplicação em taxa varia-

da. Existe muita variação de preços e também de pré-requisitos para utilização dos diferentes modelos. Assim, frisamos que a escolha do controlador deve ser criteriosa e correta, pois a realização de toda a programação de adubação e o tratamento de correção do solo passam necessariamente por estes equipamentos.

RECEPTORES DE GPS

Utilizar GPS (autômato) ou DGPS (GPS com correção diferencial) como instrumento de localização, durante a aplicação em taxa variada, é uma questão que gera certa controvérsia. Algumas considerações podem ser feitas com relação a esta opção.

A acurácia de um GPS de navegação é de aproximadamente 10 m, com 90% de probabilidade de ocorrência, índice perfeitamente aceitável para o tipo de operação proposta. A largura de trabalho dos aplicadores com distribuidor centrífugo é de aproximadamente 7 a 8 m, enquanto que, para as máquinas com distribuidores por esteira, a largura é de aproximadamente 5 a 6 m, ou seja, a largura de trabalho dos equipamentos mais utilizados é quase igual à acurácia do GPS de navegação.

Outros fatores a serem considerados são o mapa de aplicação e, também, a variação que o mapa representa. Comumente, esses mapas são interpolados em quadriculas de 20 x 20 m, ou seja, a cada 20 m de deslocamento, ou a cada 400 m², há uma dose diferente a ser aplicada. O tamanho da quadricula utilizada é maior do que a acurácia do GPS, há pouca diferença se o equipamento está no meio ou na ponta da quadricula, a dose a ser aplicada dentro daquele espaço é a mesma.

Por outro lado, se a posição real do equipamento é próxima à borda da quadricula e o erro momentâneo do GPS indica que a localização é a de uma quadricula vizinha, deve-se considerar a forma como ocorre a variação espacial da dosagem recomendada. Não ocorrem quadriculas vizinhas com dosagens muito diferentes. As variações encontradas em mapas de fertilidade e, por consequência, em mapas de aplicação, são suaves e mostram tendências de agru-



Molin e Menegatti mostram a relação entre os conceitos da Agricultura de Precisão e a aplicação de fertilizantes e corretivos em taxa variada

pamentos. Isso significa que, se na posição real a dose indicada é Z1, mas o GPS informa que a posição é a da quadricula vizinha, cuja dose é Z2, Z1 e Z2 são próximos um do outro e têm valores muito próximos, às vezes iguais.

Devem-se também fazer consideração sobre o uso de GPS de navegação ou DGPS sobre a ótica dos custos de cada. O custo da grande acurácia no posicionamento é alto e pode inviabilizar o uso da tecnologia. Um GPS de navegação custa hoje aproximadamente US\$ 300, enquanto que um DGPS custa aproximadamente US\$ 5 mil. Por outro lado, com um DGPS, é possível a utilização de guias de paralelismo tipo barra-de-luz, e o GPS de navegação não oferece essa opção devido à sua baixa acurácia. Essas considerações devem ser levadas em conta no momento de se escolher o equipamento utilizado para localização da aplicação em taxa variada.

José Paulo Molin e
Leonardo Menegatti,
Esalq/USP

Distribuidora de pós e grânulos, com dosador de esteira e distribuição por queda livre e uniforme, facilmente equipável com controlador de motor hidráulico

