



### *3º Simpósio Internacional de Agricultura de Precisão*

## **METODOLOGIA PARA AVALIAÇÃO DE INTERVENÇÕES EM UNIDADES DE GERENCIAMENTO LOCALIZADO DE FERTILIZANTES E DE POPULAÇÃO DE MILHO**

Leonardo S. Mascarin<sup>1</sup>, José V. Salvi<sup>2</sup>, Zaqueu F. Montezano<sup>2</sup>, José P. Molin<sup>3</sup>

**RESUMO:** A agricultura de precisão busca gerenciar os recursos disponíveis, visando aumentar a produtividade mantendo a quantidade de insumos ou, manter a produtividade reduzindo a quantidade de insumos. Entre as técnicas para implantação da aplicação de insumos em taxa variável está aquela baseada na recomendação uniforme, dentro de zonas de similar potencial para a produtividade, tratadas como unidades de gerenciamento. O objetivo deste trabalho é avaliar a metodologia e analisar a viabilidade do uso de unidades de gerenciamento variando a população de plantas de milho e as doses de adubo formulado na operação de semeadura, comparando a aplicação em taxa fixa com aquela em taxa variável, em relação à produtividade e à economia de insumos. Foi realizado um experimento variando as doses de adubo formulado NPK e outro variando a população de plantas. Os resultados obtidos mostraram que a metodologia é de boa aplicabilidade e que o controlador de dosagem deve ser conectado a um receptor de GPS para uma variação automática da dosagem, e que a aplicação de adubo formulado NPK, levando em consideração apenas um nutriente, causou desequilíbrio nutricional, afetando o desenvolvimento da cultura e não contemplou a variabilidade individual dos nutrientes.

**PALAVRAS-CHAVES:** agricultura de precisão, unidades de gerenciamento, taxa variada.

**ABSTRACT:** The management of available resources is part of the concept of precision agriculture, seeking to increase yield by maintaining the amount of inputs or reducing inputs and maintaining the yield level. Applying inputs based on management zones is one of the techniques available. The objective of this work is to evaluate the methodology and to analyze the viability of varying the population of corn plants and the doses of formulated fertilizer applied with the planter, and comparing it with fixed rate, in terms of yield and input savings. An experiment was conducted varying the doses of formulated fertilizer NPK and another varying the population of plants. Results indicated that the methodology is applicable but the controller for doses should be connected a GPS receiver for an automatic variation of the dosage. The application of formulated fertilizer NPK, taking into account just one nutrient caused nutritional unbalance and did not contemplate individual nutrients variability.

**KEYWORDS:** precision agriculture, management zones, VRT

**INTRODUÇÃO:** A agricultura de precisão vem ganhando espaço entre os grupos de agricultores que buscam maior otimização dos recursos disponíveis para obter melhor produtividade, surgindo de

<sup>1</sup> Engº Agrônomo, Mestrando, Depto. de Engenharia Rural, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", USP, Piracicaba – SP, (19) 3429-4165 – R: 230, e-mail: leomasc@esalq.usp.br.

<sup>2</sup> Engº Agrônomo, Mestrando, Depto. de Engenharia Rural, ESALQ/USP, Piracicaba – SP.

<sup>3</sup> Engº Agrícola, PhD, Prof., Depto. de Engenharia Rural, ESALQ/USP, Piracicaba – SP.



### *3º Simpósio Internacional de Agricultura de Precisão*

acordo com Blackmore (1994), como um sistema de produção revolucionário, que visa aumentar a produtividade mantendo a quantidade de insumos ou, manter a produtividade reduzindo a quantidade de insumo. Uma vez que um fator de produção pode ser quantificado e, ao mesmo tempo georreferenciado, é possível se fazer algum tipo de intervenção localizada nesta área em função da necessidade específica local, fundamentado na existência da variabilidade espacial dos fatores produtivos e da própria quantidade produzida pela cultura, (Balastreire et al., 1997). A mesma tecnologia que permite a aplicação de adubos e corretivos em taxa variada pode ser utilizada para a variação da população de plantas ao longo da lavoura, sendo outro fator que influencia na produtividade dos grãos (Cambouris et al., 2002, cita Ellis, 1999). Entre as técnicas para implantação de aplicação de insumos em taxa variável está aquela baseada na recomendação uniforme, dentro de zonas de similar potencial para a produtividade, tratadas como zonas de manejo ou unidades de gerenciamento. Considerando que a aplicação de insumos em taxa variada é uma tendência e que há demanda de informação a respeito da sua aplicabilidade, este trabalho tem como objetivo avaliar a metodologia e analisar a viabilidade do uso de unidades de gerenciamento com tratamento diferenciado de população de plantas de milho e de doses de adubo formulado na operação de semeadura, comparando a aplicação em taxa fixa com a variável de fertilizante e semente em relação à produtividade e a economia de insumos.

**MATERIAL E MÉTODOS:** O trabalho foi realizado na Fazenda Velha Lagoa, no município de Campos Novos Paulista, SP. Os experimentos A e B foram realizados em talhões de 16,0 e 18,2 hectares, respectivamente. Os experimentos em questão foram semeados com milho híbrido AG 9010 em sistema de semeadura direta entre os dias 04 e 10/11/2003, utilizando-se duas semeadoras-adubadoras da marca TATU Marchesan®, modelo COP Suprema com 10 linhas espaçadas de 0,5 m. Uma das máquinas foi equipada com um controlador que possibilitava a variação de adubo formulado NPK e semente e a outra máquina foi utilizada com aplicação fixa, a fim de se obter, num mesmo ambiente, condições com população fixa de plantas e dosagem fixa de adubo, juntamente com situações onde há variação desses fatores. O controlador, da marca Verion®, que equipava uma das semeadoras, possibilitava uma variação de quatro doses diferentes de adubo ou semente e as mudanças entre as doses eram realizadas de forma manual pelo operador através de botões no seu painel. Realizou-se amostragem de solo em grade com densidade de uma amostra por hectare. Com os resultados da análise elaboraram-se os mapas de recomendação de adubação e população através da interpolação dos dados. As dosagens de adubo formulado aplicado nas unidades de gerenciamento dos experimentos foram calculadas a partir da recomendação de fósforo e da quantidade deste nutriente contido na fórmula. Foi realizada a operação de semeadura com as duas semeadoras trabalhando lado a lado, de modo a estabelecer faixas paralelas comparativas com a mesma largura da semeadora e, conseqüentemente, também da plataforma da colhedora, cuja largura era de 5 m. Nestas áreas a colheita foi realizada separadamente para que fosse possível obter mapas de cada um dos tratamentos e serem comparados após a interpolação dos dados. No experimento A foram adotadas quatro unidades de gerenciamento com diferentes doses de adubo (293, 330, 366, 403 kg.ha<sup>-1</sup>) da fórmula 8-20-20, seguindo a demanda de fósforo da área, e para a dose fixa adotou-se 330 kg.ha<sup>-1</sup>, seguindo a prática adotada na fazenda. No experimento B foi realizada uma avaliação de unidades de gerenciamento utilizando distintas populações de plantas de milho. As populações utilizadas foram estabelecidas a partir da análise de dados da produtividade dos dois ciclos anteriores da cultura do milho na área, adotando-se populações de 50.000, 57.000, 64.000 e 71.000 sementes.ha<sup>-1</sup>, sendo que as maiores populações foram estabelecidas nos setores de maiores produtividades históricas. Para a população fixa foi utilizada uma dose de 60.000 sementes.ha<sup>-1</sup>, rotineiramente adotada pela fazenda, de acordo com a recomendação do híbrido utilizado. As colheitas foram realizadas entre os dias



### 3º Simpósio Internacional de Agricultura de Precisão

17/02/2004 e 22/02/2004 e para tanto se utilizou uma colhedora New Holland TC59 equipada com monitor de produtividade NH PLMS produzido pela empresa AgLeader® e receptor de GPS Trimble® com correção por algoritmo interno, para aquisição dos dados referentes à colheita das áreas. Os mapas de produtividade, após um tratamento preliminar de retirada dos valores discrepantes, foram obtidos a partir da interpolação dos dados utilizando o método de interpolação inverso da distância.

**RESULTADOS E DISCUSSÕES:** A produtividade média do experimento A, com a utilização de adubação fixa, foi de  $7.425 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$  enquanto que para a adubação variável a produtividade média foi de  $7.299 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ , representando uma redução de 2 % na produção. Os locais de altas produtividades dentro do talhão se mantiveram em ambos sistemas de aplicação de fertilizantes. O mapa de teor de fósforo foi utilizado para criar a recomendação de aplicação de adubo formulado de acordo com IAC (1997). No mapa de teor de potássio (Figura 1) pode-se observar que a maior parte da área (95%) apresenta teor baixo do nutriente. Com a utilização de faixas da largura da semeadora, a demanda para a aplicação da fórmula em taxa fixa foi de 5.280 kg e para a aplicação em taxa variável, tendo como base a demanda de fósforo, foi de 5.840 kg em área total (Figura 1), gerando um aumento de 11%. A aplicação de adubo com base na necessidade de potássio seria de 7.387 kg e caso esta fosse utilizada resultaria em um acréscimo de 26,4 % ao recomendado com base na demanda de fósforo. O mapa de diferença entre o recomendado e o que realmente foi aplicado de potássio considerando-se a estratégia de aplicação em taxa variada da fórmula NPK (Figura 2), mostra que em 85 % da área aplicou-se menos potássio do que estava recomendado, sendo uma área muito significativa. Em 5% desta área ocorreu a aplicação de dosagens elevadas, na ordem de  $45,4 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$  acima do que era exigido.

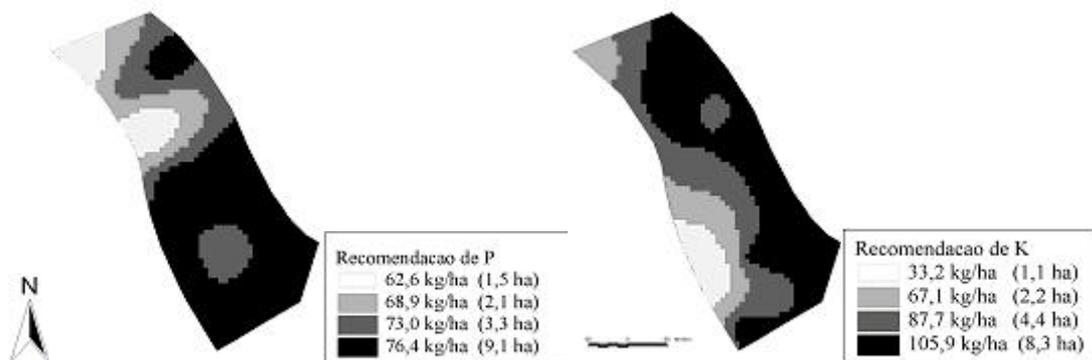
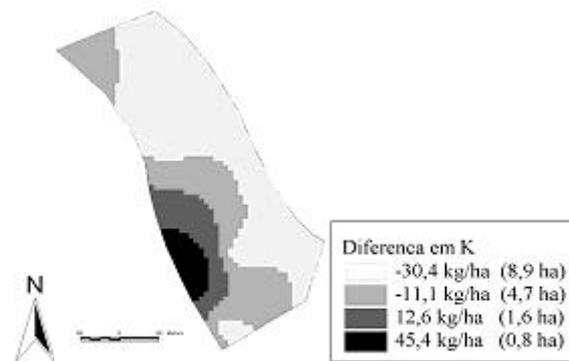


Figura 1. Mapas de recomendação de fósforo (esquerda) e de potássio (direita) no experimento A.



### 3º Simpósio Internacional de Agricultura de Precisão



**Figura 2.** Mapa de diferença de potássio entre a quantidade realmente aplicada e aquela recomendada para o experimento A.

O nitrogênio referente à dose de semeadura também foi aplicado de acordo com a recomendação de fósforo, por estar presente na fórmula utilizada. O resultado apresentou menor produtividade e maior consumo de insumos para o tratamento de taxa variada por zonas de aplicação, sendo oposto ao esperado. Uma das possíveis causas foi que a área onde foi aplicado menos potássio que o recomendado foi bastante significativa, o que provavelmente interferiu na produtividade, devido à importância do potássio na fisiologia na planta. O sistema foi suprido de fósforo, o qual auxilia bastante na extração do potássio, podendo assim ter interferido na resposta de produção de milho. Por outro lado, o cloreto de potássio aplicado na semeadura em dosagem elevada (acima de  $50 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ ) pode afetar significativamente a arquitetura da raiz e a germinação das sementes, devido ao efeito salino da fonte deste nutriente (Coelho & França, 1995). Devido a estes fatores, não é possível afirmar que a adubação em taxa variável utilizando-se uma fórmula NPK foi eficiente devido a esta ambigüidade de resultados, o que indica a necessidade de se trabalhar com a aplicação individualizada dos componentes da adubação. Isso implica em considerar-se máquinas equipadas com reservatórios e sistemas de controle individuais para os dois componentes básicos da adubação aqui considerados – fósforo e potássio. A aplicação de sementes em doses variadas nas unidades de gerenciamento do experimento B foi superior em 2,6 % em relação à quantidade fixa recomendada de acordo com o híbrido ( $60.000 \text{ sementes} \cdot \text{ha}^{-1}$ ). Em relação à influência da população e distribuição espacial de plantas sobre o rendimento de grãos, VIEIRA JUNIOR et al. (2004) verificaram que a população total de plantas contribuiu significativamente (25,6%) para a redução no rendimento de grãos. Isso afeta aproximadamente 40% do rendimento dos grãos, sendo recomendada a determinação da população ideal, considerando diferentes ambientes e genótipos dentro de um mesmo sistema. As produtividades do experimento B foram de  $6.152 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$  para a aplicação fixa e  $5.897 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$  para a aplicação em taxa variável de sementes, apresentando uma redução de 4,2%. Porém, tal redução indica resultado contrário ao esperado. As causas estão provavelmente relacionadas às condições impostas no experimento, com altas e baixas populações de plantas utilizadas. Em 55 % da área, adotou-se populações abaixo da recomendada para a aplicação fixa, podendo ser uma das causas da menor produtividade na área de população variável. O método de avaliação comparativa, utilizado nos experimentos, com as semeadoras lado a lado, é de grande valor, pois permite comparar os tratamentos com as mesmas condições edafoclimáticas. No entanto, exige um controle rigoroso para separar os dois tratamentos possíveis, ou seja, as faixas de semeadura durante todo o processo de desenvolvimento da cultura e principalmente na colheita dos tratamentos individuais. Estes resultados



### *3º Simpósio Internacional de Agricultura de Precisão*

também podem ser afetados pelo sistema do controlador, onde a responsabilidade de mudança de posição em relação às unidades de gerenciamento é do operador, sendo recomendada a conexão do controlador a um GPS, que alteraria as dosagens automaticamente, dando assim maior confiabilidade nos dados.

**CONCLUSÕES:** O sistema de variação de doses de insumos se mostrou eficiente, mas com confiabilidade totalmente dependente do operador por não estar conectado diretamente a um receptor de GPS para variação automática, dependendo apenas da reação do operador. Quanto aos aspectos nutricionais, a adubação em unidades de gerenciamento com taxas variáveis utilizando fertilizante formulado NPK mostrou-se ineficiente devido à recomendação levar em conta apenas um nutriente, fazendo com que os outros tenham variações de dosagem acima ou abaixo da necessidade, ocorrendo assim um desequilíbrio nutricional do macronutriente dependente, neste caso o potássio e afetando a produtividade da cultura. No experimento B, a prática da população variável de plantas de milho ficou abaixo do desejável por se estar utilizando uma maior quantidade de sementes e obtendo-se menor produtividade se comparando com a utilização de população uniforme.

#### **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:**

- BALASTREIRE, L.A.; ELIAS, A.I.; AMARAL, J.R.. **Agricultura de Precisão: mapeamento da produtividade da cultura do milho**. Revista Engenharia Rural, Piracicaba, v.8, n.1, p.97-111, 1997.
- BLACKMORE, S. **Precision Farming: na overview**. Agricultural Engineering, St. Joseph, p.86-88, 1994.
- CAMBOURIS, A.N.; NOLIN, M.C.; SIMARD, R.R.. **Optimisation of corn seeding rates based on clay content**. Anais da Sexta Conferência Internacional de Agricultura de Precisão, 2002, pg 410.
- COELHO, A.M.; FRANÇA, G.E. **Seja o doutor do seu milho – Nutrição e Adubação**. 2º Edição. Arquivo do agrônomo n°2. Potafos, 1995., 24p.
- IAC. Instituto Agronômico de Campinas. **Recomendação de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. Campinas: n. 100, 2 ed, 1997. 295 p.
- VIEIRA JUNIOR, P.A., MOLIN, J.P., DOURADO NETO, D., MANFRON, P., MASCARIN, L.S., FAULIN, G.C., DETOMINI, E.R. **Relação entre população, distribuição espacial de plantas, atributos do solo e rendimento de grãos de milho**. In: Congresso Brasileiro de Agricultura de Precisão, 2004, Piracicaba. Anais... Piracicaba: Escola Superior de agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, 2004. CD.