

# ANÁLISE DA VIABILIDADE ECONÔMICA DA APLICAÇÃO DE FÓSFORO E POTÁSSIO EM TAXA VARIADA

<sup>1</sup>Maria Luiza Nachreiner, <sup>2</sup>José Paulo Molin

**RESUMO:** O projeto apresentado está vinculado a um projeto maior que vem fornecendo as informações contidas em mapas de fertilidade, possibilitando a determinação da viabilidade econômica proveniente do uso de ferramentas da agricultura de precisão na aplicação variada de insumos (potássio e fósforo). O objetivo é determinar se há vantagens econômicas, além das ambientais, na adoção dessa tecnologia. As áreas participantes do projeto compilam um total de 45 ha divididos entre duas lavouras de soja em rotação com trigo ou milho safrinha nos estados de SP e PR. A análise teve como instrumento básico o orçamento dos diferentes cenários - aplicação em taxa variada com três densidades amostrais distintas e aplicação convencional em taxa única - utilizando-se como métodos de avaliação econômica de projetos o Valor Presente Líquido (VPL) e a Relação benefício/custo. As informações geradas a respeito do custo de adoção e a eficiência econômica do processo, possibilitaram um comparativo entre o retorno econômico advindo da adoção da agricultura de precisão na aplicação de insumos e aquele obtido na aplicação convencional, nas condições específicas das áreas de estudo. A alta fertilidade dessas áreas prejudicou a eficiência econômica do processo de aplicação de insumos em taxa variada, já que o retorno financeiro aqui considerado advinha da economia do produto aplicado, pouco observada em função dos altos níveis dos elementos no solo que dispensava, em algumas situações, o uso de fertilizantes.

Palavras – chaves: insumos, taxa variada, mapa de fertilidade, viabilidade econômica

<sup>1</sup>Bolsista de Iniciação Científica FAPESP, <sup>2</sup>Prof., Departamento de Engenharia Rural, ESALQ/USP

## 1. INTRODUÇÃO

A agricultura de precisão vem tomando espaço nos países desenvolvidos como alternativa de manejo da variabilidade dos campos. Sua utilização demanda a coleta de enorme quantidade de informações relacionadas à variabilidade espacial e temporal que se evidenciam em cada porção da lavoura. A partir dessa análise é possível se fazer o uso de técnicas de aplicação localizada de insumos como uma alternativa de minimizar o impacto ambiental e, possivelmente, aumentar a produtividade, reduzindo custos do processo.

No ano de 1996 apenas cerca de 9% dos produtores de milho norte americanos adotavam a agricultura de precisão, o que evidencia a

influência das características sócio-econômicas envolvidas na adoção desta nova tecnologia. Antes de tomar uma decisão o produtor passa por várias etapas de um processo, que vão desde o seu total desconhecimento até a incorporação da idéia (MCBRIDE; DABERKOW; CHRISTENSEN, 1999). Vantagens e desvantagens são avaliadas em uma série de testes dentre os quais a eficiência econômica do processo recebe atenção especial. O uso da agricultura de precisão diminui custos variáveis (aproximadamente 15% para trigo e batata), aumentando custos fixos (HARRIS, 1997). Dentro dos chamados custos variáveis, pode-se citar a quantidade de insumos aplicados ao solo e os gastos com a remoção de resíduos indesejáveis no solo provenientes de uma aplicação não racional de produtos.

As técnicas de aplicação localizada de fertilizantes e de defensivos tem sido as duas maiores áreas de concentração de esforços em pesquisa e desenvolvimento. Blackmore (1994, p. 86-88) menciona duas alternativas propostas para administração da variabilidade de campo. A primeira delas seria de obter produtividade maiores utilizando a mesma quantidade de insumos consumida em aplicação uniforme e a outra seria de produzir o mesmo em aplicação uniforme, mas com menos insumos.

Os benefícios da agricultura de precisão quando comparados àqueles obtidos na agricultura convencional são dificilmente mensuráveis; pode-se dizer que os benefícios da agricultura de precisão têm sido muito discutidos, mas não medidos (DEBOER, 1996). Benefícios econômicos, na forma de aumento da eficiência em maiores produções ou na redução do uso de insumos, variam de acordo com a extensão da variabilidade espacial de fatores limitantes da produção, o valor do insumo e as mudanças na produção, o capital e custos variáveis associados à aplicação não uniforme de diferentes insumos, o nível educacional e a habilidade do operador (NOWAK, 1993 apud DABERKOW, 1997). Em algumas áreas, onde a variabilidade espacial não confere grandes mudanças no valor de produção, os custos desta tecnologia não retornam um lucro satisfatório, levando o produtor a manter-se no modo convencional de administrar a terra. Há alguns casos, no entanto, em que o retorno da agricultura de precisão supera os custos do investimento, quando o aumento da produtividade é maior relativo ao custo da coleta de informações e desenvolvimento da metodologia (DABERKOW, 1997).

Swinton et al., (2000) em estudo de comparação entre a aplicação de insumos em taxa variada e taxa única nas culturas de soja e milho no estado de Michigan, afirmam que após dois anos de manejo da lavoura em taxa variada não foi possível apresentar um documento capaz de avaliar produção, economia nos custos, viabilidade econômica ou estabilidade produtiva nos campos estudados. No estudo, os benefícios não foram realizáveis em campos bem manejados, porém, o uso do tratamento específico da lavoura pode trazer benefícios em períodos superiores aos dois anos do estudo em áreas mal manejadas em anos anteriores, onde existia variabilidade capaz de responder a recomendação de doses específicas de insumos.

Para superar o uso de métodos convencionais, as indústrias envolvidas devem convencer os consumidores dos possíveis benefícios da agricultura de precisão, como aumento da produção, redução dos custos no manejo do campo, produção de alimentos com maior aceitabilidade e redução no impacto ambiental (HARRIS, 1997; MCBRIDE; DABERKOW; CHRISTENSEN, 1999). Insumos utilizados em maior quantidade tendem a ser mais apropriados ao manejo variável e não uniforme. Nitrogênio, fósforo e herbicidas são utilizados em 80% da área cultivada nos EUA, enquanto insumos como cálcio, enxofre, inseticidas, fungicidas e água de irrigação não são utilizados em larga escala (DABERKOW, 1997). O baixo custo dos fertilizantes, entretanto, não encoraja produtores a abandonarem o método convencional; já no caso dos herbicidas, o manejo da variabilidade reflete benefício financeiro, além do ambiental.

O problema de transporte de fósforo no solo é evidenciado como um aspecto negativo dentro da avaliação ambiental do processo. A perda desse nutriente para o ambiente é significativamente potencial, exigindo melhorias na administração de fósforo. A chave para medir o retorno econômico da precisão na aplicação do fósforo é a diferença entre a soma dos custos de amostragem e aplicação de fósforo e o retorno bruto da produção (WEISS, 1997).

Griffin et al., (2000) estudando aplicação variada de P em rotação de arroz e soja no Arkansas, relatam a existência de uma relação entre produtividade e o teor de fósforo disponível à cultura. Em áreas com solo de textura uniforme, a aplicação em taxa única foi o tratamento com melhor resultado. Porém, em áreas onde se encontram diferenças texturais (manchas arenosas e manchas argilosas na lavoura) o uso da taxa variada pode ser viável, aumentando retornos líquidos no decorrer dos anos.

Um aspecto importante na rentabilidade desse pacote tecnológico é o custo advindo da amostragem e análises, o qual cresce rapidamente ao diminuir a grade amostral. É preciso fornecer ao produtor a melhor grade, capaz de diferenciar-se da agricultura convencional e proporcionar algum benefício econômico (WEISS, 1997).

Ochai et al., (2000) estudando aplicação de P e K em taxa variada sob diferentes densidades amostrais na cultura de milho e soja rotacionados em Illinois, concluíram que o retorno bruto (retorno advindo da aplicação em taxa variada menos o retorno advindo da aplicação em taxa única) aparece positivo para todas as diferentes intensidades amostrais examinadas. O retorno bruto aumentou para incrementos na intensidade amostral, onde existe maior precisão. O uso de grades amostrais menores, no entanto, aumentou os retornos marginais e líquidos (diferença entre retorno bruto e o custo advindo da aquisição de informação) até um ponto, após o qual os mesmos começam a declinar, estabelecendo uma relação não linear entre o potencial econômico da amostragem e o nível de intensidade amostral.

De maneira geral os resultados econômicos levantados não apontam lucratividade. Porém DeBoer (1998, p.1643-1651) cita alguns aspectos não considerados em análises econômicas. A maior eficiência no uso do

equipamento, redução do risco ambiental, produto diferenciado, documentação do processo de sua geração e disponibilidade de dados para diagnóstico, são fatores dificilmente mensurados. Yule e Crooks (1996, p. 5-9) comentam a respeito das perdas em culturas em consequência da falta de uma regulação apropriada em aplicadores de fertilizantes a lanço, na Inglaterra. Coeficiente de variação na distribuição transversal na ordem de 7,6% resultam em benefício econômico quando comparado com máquinas mal calibradas e com coeficiente de variação na ordem de 28.9%.

Estudo recente em 530 fazendas nos EUA encontrou os seguintes benefícios advindos da adoção da agricultura de precisão: maior uso de testes a campo (27%), incremento na qualidade dos sistemas de drenagem das lavouras (20%), maior precisão na seleção de híbridos (18%), melhor ajustamento da fertilidade à necessidade da planta (15%), redução da compactação (7%), aumento na produtividade (6%) e redução no custo de produção (6%), dentre outros. O maior custo encontrado nesse estudo foi o embutido na transformação de dados de produção em recomendações úteis (KNORR, 2000 apud ROBERT, 2002)

Swinton e DeBoer (2001) afirmam que a adoção da agricultura de precisão ocorrerá com maior rapidez em locais com terra abundante, onde capital e material humano estão disponíveis. Esta categoria inclui Estados Unidos, Canadá, Austrália, parte da Argentina e Brasil. Em áreas com maior densidade demográfica e menor quantidade de terra para agricultura (ex. Europa Ocidental), essa adoção expandirá mais lentamente, ao menos e até que os benefícios ambientais sejam documentados. Se tais benefícios forem devidamente documentados, países como a Holanda podem acelerar o processo de adoção da tecnologia envolvida na agricultura de precisão, desde que os mesmos mostrem a redução no excesso de nutriente aplicado. A documentação das respostas em produtividade e no meio ambiente poderiam beneficiar formadores de opinião, firmas de agronegócios e produtores que contemplam a adoção do tratamento da lavoura em taxa variada. Até então, a evolução econômica e ambiental desse tratamento poderá ser feita usando-se funções de respostas estimadas por modelos simulados (ROBERTS; ENGLISH; MAHAJANASHTTI, 2001).

Muitas perguntas ainda estão sem respostas, no entanto a agricultura de precisão é vista como uma ferramenta de grande utilidade para produtores que procuram melhorar a qualidade de seus produtos e também do meio-ambiente, através da aplicação racional de insumos.

## **OBJETIVOS**

### Geral:

Fornecer informações relevantes à viabilidade econômica da agricultura de precisão no tocante à aplicação localizada de insumos (potássio e fósforo). Através dos dados obtidos, estabelecer as possíveis vantagens e desvantagens desta aplicação da tecnologia, esclarecendo assim usuários e profissionais da área.

### Específicos:

1. Determinar o custo das operações que envolvem a aplicação de P e K nas áreas envolvidas no projeto, incluindo o custo relativo à adoção do pacote tecnológico para aplicação em taxa variada;
2. Determinar o retorno econômico proveniente da tecnologia proposta, visando à obtenção de respostas no âmbito econômico da agricultura de precisão;
3. Comparar a rentabilidade da aplicação de insumos utilizando ferramentas da agricultura de precisão e aquela obtida na aplicação convencional, em uma mesma área;
4. Gerar parâmetros que auxiliem na tomada de decisão na prática da agricultura de precisão.
5. Elaborar um conjunto de dados consistentes relativos ao retorno econômico oriundo da agricultura de precisão, em uma de suas aplicações;

### **METODOLOGIA E ESTRATÉGIAS**

O projeto, com duração de um ano recebeu informações obtidas nas duas áreas escolhidas, onde mapas de produtividade e fertilidade vêm sendo obtidos. Essas áreas fazem parte de um projeto apoiado pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP): Agricultura de Precisão – Implantação e Monitoramento de Áreas Piloto. A aplicação dos insumos em taxa variada foi simulada, baseando-se nos mapas de fertilidade obtidos nos diferentes cenários criados durante a execução do projeto.

### **Áreas**

As áreas selecionadas para o fornecimento de dados e desenvolvimento do projeto são:

Área 1 – Fazenda Lagoa Velha, Campos Novos Paulista, SP, de propriedade de José Roberto Borges e Sebastião Lúcio Borges. Essa propriedade vem tendo acompanhamento e assistência do Instituto Agrônomo de Campinas e da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” – ESALQ/USP e a área monitorada é de 22 ha divididos em dois terraços, estando inserida em uma lavoura maior.

Área 2 – Fazenda Capão do Cipó, Castro, PR, da Fundação ABC. Essa fazenda além de destinada a produção, é um campo demonstrativo de novas tecnologias. A área piloto da Fazenda Capão do Cipó possui 22 ha.

Como as áreas experimentais são pequenas, os cenários a serem analisados deverão contemplar extrapolações ao nível de propriedade no tocante à escala das atividades.

### **Análise da viabilidade econômica**

Essa etapa do projeto envolveu o instrumento básico do processo de planejamento dos investimentos: o orçamento. Trata-se do processo que determina o quanto será gasto e quais os resultados financeiros esperados se a nova tecnologia for implantada (NORONHA, 1987).

Foram analisados, no que diz respeito à aplicação em taxa variada dos insumos (P e K), duas situações distintas simuladas a partir de práticas já disponíveis no mercado.

Numa primeira situação o custo da adoção da nova tecnologia foi advindo da aquisição do pacote tecnológico oferecido por empresas do ramo, as quais fornecem tecnologia para obtenção da base de dados (amostragem e mapas de fertilidade da lavoura) e assumem a responsabilidade de implantar o serviço (aplicação de fertilizantes), além do custo adicional representado pela análise laboratorial das amostras de solo, retiradas ainda na fase de fornecimento da informação, e do produto a ser aplicado. A título de comparação das variáveis envolvidas na execução do serviço, foi realizada a composição do custo de adoção da tecnologia, agora considerando aquisição e amortização de um aplicador a lanço montado, equipado para aplicação em taxa variada do produto. Coube aqui a determinação do custo hora/máquina, envolvendo depreciação, combustível e mão-de-obra, além daquele representado pela amostragem, análise laboratorial e produto a ser aplicado.

Os valores obtido neste ponto do projeto foram comparados àqueles envolvidos no manejo convencional da lavoura, baseado nos teores médios dos elementos no solo. Para composição do custo dessa alternativa foi considerado custo da aplicação conforme a prática usual da propriedade.

O levantamento dos custos (fixos e variáveis) e dos retornos advindos de cada alternativa permitiu conhecer os benefícios e custos da decisão, aceitando-se a hipótese mais pessimista de que não haveria retorno em produtividade com a adoção da nova tecnologia, ou seja a receita considerada foi a mesma em todos os cenários propostos. Foram elaborados gráficos comparativos entre os cenários envolvidos com o intuito de avaliar o custo total (operacional + amostragem + produto) de cada e a evolução do mesmo em diferentes áreas consideradas (25, 50, 100 e 200ha).

A título de visualização dos parâmetros econômicos, foram determinados dois outros métodos de avaliação econômica de projetos, considerando a dimensão tempo nos valores monetários. Os métodos a serem empregados, descritos por Noronha (1987, cap. 8, p.191-215) são:

- **Valor Presente Líquido (VPL)** cujo critério de decisão consiste em aceitar o projeto se  $VPL > 0$ . O valor presente é definido pela fórmula:

$$VPL = Lt/(1+r)^t \quad \text{onde:}$$

Lt : fluxo líquido do projeto (investimento e retornos líquidos)

r: taxa de desconto relevante para a empresa (custo de capital)

t: ano do projeto

- **Razão benefício/custo** que verifica se os benefícios são maiores do que o custo, assim como a análise de orçamentação parcial, porém usando uma taxa de desconto.

$$B/C = Lt (1+r)^{-t}/Lo \quad \text{onde:}$$

Numerador: valor descontado dos benefícios adicionais líquidos

Lo: valor presente do investimento

Os diferentes cenário propostos foram considerados como projetos mutuamente exclusivos, onde a função dos parâmetros foi estabelecer correlação entre os diferentes valores encontrados, indicando a melhor escolha.

Como parte do projeto maior foram criados diferentes cenários de intensidade amostral para obtenção dos mapas de aplicação, considerando uma malha inicial de 92 pontos para a Área 1 e 55 pontos para a Área 2.

## **ATIVIDADES REALIZADAS**

Este relatório contempla as atividades realizadas no projeto (dezembro de 2001 a outubro de 2002). Uma primeira atividade refere-se à obtenção dos mapas de fertilidade das áreas do projeto (Castro – PR e Campos Novos Paulista– SP), os quais serviram de base para elaboração das doses de fertilizantes (P e K) consideradas na aplicação em taxa variada. Ainda num primeiro momento, foi feito o levantamento de todas as informações inerentes ao cálculo do custo operacional envolvido na aplicação de fertilizantes (P e K) em taxa única e também em taxa variada. Procedeu-se então ao cálculo do processo de amostragem e do produto, obtendo-se o custo total nas diferentes densidades amostrais e áreas de abrangência propostas. Com esse dado em mãos, foi determinada a viabilidade de cada situação, baseada ainda nos parâmetros econômicos – VPL e razão B/C – elaborados para os três métodos em estudo: convencional, taxa variada com aquisição e amortização do custo dos equipamentos e adoção de pacote tecnológico terceirizado, respeitando-se os cenários propostos dentro desses dois últimos.

### **Amostragem**

A amostragem em ambas as áreas do projeto foi realizada entre setembro e outubro do ano 2001, com malha amostral inicial de 50mx50m na área 1 e 30mx30m na área 2. Com o intuito de explicitar o efeito de diferentes densidades amostrais no custo final do processo, no contexto do projeto, foram consideradas as seguintes malhas: 50m x 50m, 100m x 100m e 200m x 200m para a área 1 e malhas de 60m x 60m, 120m x 120m e 210m x 210m para a área 2. Em cada ponto da malha inicial foram retiradas oito sub-amostras para composição de uma amostra composta de

0-20cm de profundidade por ponto para área 1 e de 0-10cm para a área 2. O processo foi feito mecanicamente para a área 1 e manualmente para área 2 utilizando-se mão-de-obra local e equipamento extrator como sonda e/ou trado, além do equipamento para geo-referenciamento composto por GPS com sinal diferencial (DGPS) e computador portátil – palmtop Windows CE – para navegação. O material foi enviado ao laboratório do Departamento de Solos e Nutrição de Plantas da ESALQ/USP onde se procedeu a análise química das amostras.

### **Mapas de fertilidade**

O cenário convencional, de aplicação em taxa única, teve a dose elaborada de acordo com uma única amostra representativa do talhão. Para efeito de simulação essa amostra foi o resultado médio de todas as amostras colhidas em cada área. Os mapas, gerados a partir do Sistema de Informação Geográfica dedicado à agricultura de precisão SSToolbox (SST Development Group Inc®), foram baseados no resultado laboratorial da amostragem realizada. Os resultados obtidos e aqui apresentados permitiram calcular o custo envolvido na amostragem e também na quantidade de produto a ser aplicada em ambos os métodos aqui considerados (taxa única e taxa variada). As simulações para o cálculo da dose de fertilizante (fonte de P e K) foram aplicadas à cultura da soja. As unidades utilizadas para determinar os teores de P e K no solo são  $\text{mg}/\text{dm}^3$  e  $\text{mmolc}/\text{dm}^3$ , respectivamente.

### **Cenários**

Foram considerados, para cálculo dos custos envolvidos na operação, três situações distintas, descritas na seqüência:

1. Aquisição de um pacote tecnológico terceirizado por uma empresa do ramo. Considerou-se como responsabilidade da empresa contratada a geração dos mapas de fertilidade utilizando SIG (Sistema de Informação Geográfica), o fornecimento dos mapas impressos e em forma digital, além de duas aplicações de fertilizante (fontes de P e K) com equipamento da empresa. O custo dessas operações é de US\$ 22,00/ha, conforme informações fornecidas por uma das empresas que apresentam esse tipo de serviço. Toda a mão-de-obra para movimentação dos produtos na propriedade, abastecimento da máquina, combustível e operação do equipamento ficam a cargo da empresa contratada.
2. Aquisição de equipamentos necessários para a aplicação do fertilizante, considerando-se que o produtor seja o responsável pela adoção e execução das atividades envolvidas no processo.
3. Manejo convencional da lavoura, com aplicação de insumo (fertilizante) em dose única.



Para composição dos custos envolvidos nas diferentes situações propostas, foram montados cenários bastante próximos da situação real vivida nas áreas do projeto.

### **Parâmetros para cálculo do custo operacional**

Foram determinados os custos operacionais (R\$/ha) para aplicação em taxa única e taxa variada, exceto quando da adoção do pacote tecnológico terceirizado, para ambas as áreas. Os parâmetros utilizados na determinação do custo operacional são descritos abaixo:

#### Custo Horário

→ *Custo fixo*

- Depreciação: perda de valor do maquinário devido ao tempo de uso, sendo interpretada como uma reserva contábil destinada a prover fundos necessários para a sua substituição após a vida. Existem vários métodos adotados para estimar a depreciação, destacando-se entre eles o linear, saldo decrescente e dos números naturais. No caso, utilizou-se o método de depreciação linear, seguindo a fórmula:

$$CF = \frac{VI - VF}{VU \text{ (ano/horas)}}$$

Onde,

VI – valor inicial do equipamento, levantado junto a fornecedores e/ou tabelas do Anuário da Agricultura Brasileira (AGRIANUAL, 2002, v.7), considerando-se taxa de câmbio de US\$1,00/R\$2,50. Todos os valores em dólar na composição do custos considerados neste projeto serão convertidos respeitando-se essa relação cambial. Embora essa não seja a taxa de câmbio que vigora atualmente, é a que foi considerada no início do projeto; optamos por mantê-la para facilitar a comparação entre os resultados já obtidos e os atuais.

VF – valor final do equipamento, ao término de sua vida útil, estimado em 20% do valor inicial

VU – vida útil do equipamento em anos ou horas, de acordo com especificação da American Society of Agricultural Engineers - ASAE (ASAE, 1999).

- Juros – juros sobre o capital investido. O valor adotado foi de 8,75% ao ano e refere-se ao valor cobrado pelo FINAME/BNDES no financiamento *ModerFrota* para propriedades agrícolas com renda bruta de até R\$ 250.000,00.
- Alojamento e seguro – o alojamento refere-se ao valor de ocupação do espaço do galpão pela máquina. O seguro é normalmente incluído no financiamento, mas no caso de não existir é necessário considerar que um determinado montante deverá ser reservado periodicamente para cobrir possíveis eventualidades. Foi adotado o valor de 2% ao ano.

→ *Custo variável*

- Reparos e manutenção – a manutenção é definida como aqueles serviços de rotina previstos no manual do equipamento, envolvendo basicamente a troca de óleo lubrificante, filtros, limpeza de componentes entre outros. Já os reparos referem-se à substituição de componentes não previstos na manutenção, ocorrida devido aos reparos de rotina, danos acidentais e por despreparo e negligência do operador. Para cálculo do valor de RM foi considerada especificação da ASAE (ASAE, 1999). Os valores, pré-determinados pela ASAE, referem-se à dada porcentagem do valor de aquisição do equipamento, sendo considerado RM igual a 100% para tratores, 75% para semeadoras e 80% para distribuidores a lança. Dividindo-se o valor de RM pela vida útil (em horas) do equipamento, chega-se à parcela do custo horário pertinente a reparos e manutenção.
- Combustível – consumo de combustível do trator em função das diferentes exigências das operações, na barra de tração ou na tomada de potência (TDP). Considerou-se para o cálculo a seguinte fórmula:  $0,12 * \text{Potência (cv)} * \text{Preço (R\$/L)}$  (Informação verbal<sup>1</sup>).

→ *Mão-de-obra*

Considera-se o valor do trabalho do operador, levando-se em conta que o mesmo trabalha em tempo integral com o conjunto. Sendo assim a remuneração mais os encargos anuais e mensais são divididos pela jornada de trabalho, considerada aqui como 44 horas semanais, e atribuídos integralmente ao conjunto trator e implemento. Os valores para cálculo da remuneração e encargos do operador foram elaborados de acordo com informações recebidas das áreas de desenvolvimento do projeto:

- *Área 1 – Campos Novos Paulista, SP*

Remuneração mensal: R\$ 400,00

Encargos mensais (20% da remuneração mensal): R\$ 80,00

Férias: R\$ 400,00

13º salário: R\$ 533,33

Total de gastos no ano: R\$ 6693,33

Jornada de trabalho anual: 2288 horas

Custo (R\$/h) do operador: R\$ 2,92

- *Área 2 – Castro, PR*

Remuneração mensal: R\$ 425,00

Encargos mensais (20% da remuneração mensal): R\$ 85,00

Férias: R\$ 425,00

13º salário: R\$ 566,67

Total de gastos no ano: R\$ 7111,67

Jornada de trabalho anual: 2288 horas

Custo (R\$/h) do operador: R\$ 3,10

Para determinar o custo horário do conjunto (implemento + trator) tem-se, conforme Molin e Milan (2002, cap.13, p. 421-428) :

<sup>1</sup> Informação verbal fornecida em disciplina do Departamento de Engenharia Rural - ESALQ/USP

CHC = CHT (CF + CV) + CHI (CF + RM) + OP, onde:

CHC – custo horário do conjunto

CHT – custo horário do trator

CHI – custo horário do implemento

CF – custos fixos

CV – custos variáveis

RM – reparos e manutenção

OP – operador do conjunto

### Custo Operacional

O custo operacional nada mais é do que o custo horário (R\$/hora) dividido pela Capacidade de campo operacional ( $C_{co}$ =ha/h). A Capacidade de campo operacional, aqui considerada, engloba a Capacidade de campo efetiva, isto é, considera o conjunto (trator+implemento) realizando a operação e a Eficiência de campo (%) (MOLIN; MILAN, 2002). Esta última variável é maior para a área 1 – 75% contra 65% na área 2 – em função do formato do talhão.

Para o cálculo da  $C_{co}$ , segue-se a fórmula:

$$C_{co} \text{ (ha/h)} = \frac{C_{cE} \times E_f \text{ (\%)}}{100}$$

Sendo,

$$C_{cE} = \frac{L_{ef} \text{ (m)} * V_{ef} \text{ (km/h)}}{10}$$

Onde,

$L_{ef}$  = Largura efetiva de trabalho

$V_{ef}$  = Velocidade efetiva de trabalho

Os valores atribuídos à velocidade efetiva de trabalho seguiram especificação da ASAE (ASAE, 1999), respeitando-se a realidade das áreas experimentais, enquanto os valores de largura efetiva de trabalho foram obtidos mediante dados fornecidos pelos responsáveis dessas e a partir dos equipamentos propostos nas simulações.

## **RESULTADOS OBTIDOS E DISCUSSÃO**

### **Custo operacional**

A operações de adubação nas áreas em estudo foram simuladas com base em situações reais de campo, praticadas nas lavouras do experimento. A adubação em taxa única, referente ao manejo convencional da lavoura, considerou uma aplicação de fontes de P e K no sulco de plantio e uma segunda a lanço para a fonte de K; a adubação em taxa variada para o tratamento localizado da lavoura, levou em consideração a aplicação a lanço de ambas as fontes, P e K. Apesar das discussões a respeito do uso de fontes de fósforo a lanço, em função da dinâmica do elemento no solo, essa prática vem sendo adotada por produtores que utilizam a agricultura de precisão como ferramenta no gerenciamento da lavoura.

Com base nas planilhas de cálculo do custo operacional (apêndices A e B), obteve-se os resultados da tabela 1.

Tabela 1 – Custo operacional por atividade e área

Atividade	Custo Operacional (R\$/ha)	
	Área 1	Área 2
Adubação no sulco de plantio (taxa única)	37,35	34,42
Adubação a lanço (taxa única)	4,88	4,87
Adubação a lanço (taxa variada) I <sup>2</sup>	16,58 <sup>1</sup>	18,18 <sup>1</sup>
Adubação a lanço (taxa variada) II <sup>3</sup>	55,00	55,00

<sup>1</sup> Acrescer a esse valor o custo anual (R\$ 3135,23/ano) advindo da aquisição e uso dos equipamentos complementares ao aplicador, apresentados nos apêndices A e B ao final do corpo do trabalho. Esse valor é atribuído a área trabalhada com tais ferramentas no decorrer de um ano.

<sup>2</sup> Aquisição e amortização dos equipamentos

<sup>3</sup> Pacote tecnológico

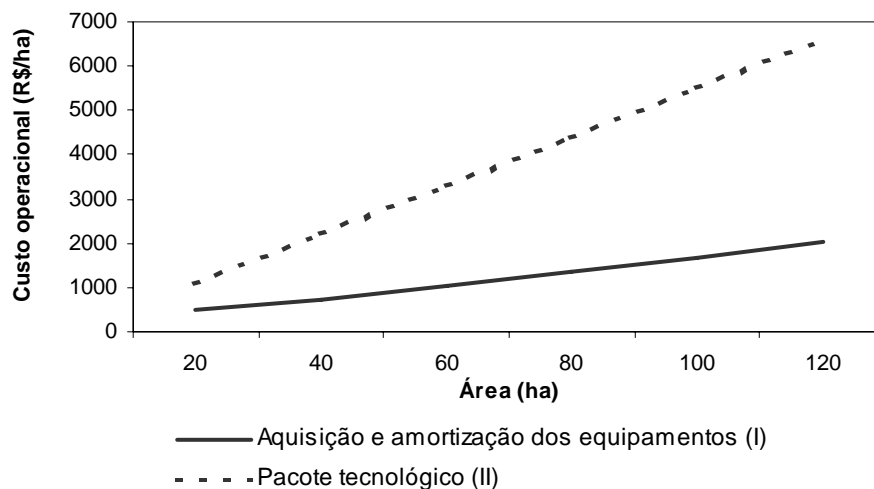
Com os valores da tabela 1, é possível observar a diferença entre os custos operacionais de cada área, explicáveis pela diferença nos valores (R\$) dos equipamentos utilizados em cada cenário. A área 1, Campos Novos, emprega tratores e implementos de maior potência, portanto, mais caros, o que eleva o custo operacional da área. Na aplicação em área total com taxa variada, embora o aplicador seja o mesmo, a eficiência de aplicação na área 2, Castro, é menor em virtude do formato do talhão em estudo, o que implica em aumento no custo operacional do conjunto (trator + implemento). A adubação em área total adotando-se taxa variada foi concebida em duas operações distintas, uma para aplicação da fonte de P e outra para a fonte de K, motivo pelo qual os custos operacionais foram dobrados quando considerada a aquisição e amortização dos equipamentos (I) (ver apêndices A e B).

Em comparação com o manejo convencional da lavoura (taxa única), o uso de equipamentos que permitem o tratamento de acordo com a variabilidade apresentada em cada talhão (taxa variada), encarece o processo aqui considerado de aplicação de fertilizantes; fato já conhecido em função do alto custo de aquisição desses equipamentos e acentuada depreciação.

Com base nos dados de custo operacional da área 1, considerando os dois métodos empregados na aplicação em taxa variada: I e II, é possível estabelecer a relação mostrada na figura 1.

Figura 1 – Gráfico comparativo dos diferentes métodos de adubação a lanço em taxa variada

Comparação dos diferentes métodos de aplicação de fertilizantes em taxa variada



A situação I mostrou-se o método com menor custo operacional para as diferentes extensões de lavoura consideradas. Ao adquirir um pacote terceirizado de serviços (II) observa-se um aumento linear no custo operacional com relação ao aumento da lavoura, como na primeira situação, porém, com coeficiente angular diferente obedecendo à equação da reta  $y=55x$ . No método que considera aquisição dos equipamentos (I), o custo operacional é amortizado com o aumento da área trabalhada em função de uma diluição do custo anual advindo da aquisição e uso dos equipamentos complementares ao aplicador: aparelho receptor de GPS equipado com antena DGPS para correção em tempo real via satélite e software para processamento das informações e elaboração dos mapas de fertilidade, além da taxa anual cobrada pelo uso do sinal diferencial recebido pela antena DGPS.

A diferença no porte da máquina utilizada na aplicação do fertilizante é um fator condicionante na variação do custo operacional dos métodos aqui considerados. No primeiro caso, trata-se de um aplicador montado de menor porte, enquanto na situação II a máquina utilizada é de grande porte e altamente especializada, inferindo em um aumento no custo do processo (Figura 2).



Figura 2 – Exemplo de conjunto utilizado na situação I (esquerda); exemplo de máquina utilizada na situação II (direita).

Os mapas de fertilidade elaborados para cada área do projeto, com base na amostragem realizada e considerando três diferentes intensidades amostrais para cada área, seguem na forma de apêndice (C e D) ao final do trabalho. Observando a variabilidade em cada mapa foi possível avaliar as diferenças nos teores de cada nutriente no solo, o que permitiu a divisão da lavoura em áreas de manejo no projeto.

### Custo de amostragem

Os cenários envolvendo o uso das ferramentas da agricultura de precisão – aquisição/amortização dos equipamentos e adoção de pacote tecnológico – foram subdivididos em três malhas com diferentes densidades amostrais, conforme é apresentado na tabela 2.

Tabela 2 – Densidade amostral e número de amostra em cada área

Malha	Área	Densidade amostral	n° de amostras total	n° de amostras/ha
1	1	50m x 50m	92	4
	2	60m x 60m	55	2,8
2	1	100m x 100m	28	1
	2	120m x 120m	16	0,7
3	1	200m x 200m	9	0,25
	2	210m x 210m	7	0,23

Para cálculo do custo do processo de amostragem foram consideradas, além da malha amostral, informações de custo operacional fornecidas pelas áreas em estudo. O custo total da amostragem foi obtido somando-se o custo laboratorial e o custo operacional para as diferentes malhas de cada situação proposta. No tocante ao cenário convencional,

considerou-se apenas uma amostra composta representativa de cada talhão. O custo da amostragem para o cenário de terceirização do serviço foi um valor fixo de US\$ 3,00/ha, cobrado por empresas do ramo.

### **Custo operacional da amostragem**

Para cálculo do custo operacional – método convencional e aquisição/amortização dos equipamentos para aplicação em taxa variada – foram considerados:

1. Mão-de-obra: 1 operador – Custo (R\$/h) do operador em SP: R\$ 2,92  
Custo (R\$/h) do operador no PR: R\$ 3,10  
2 diaristas – Remuneração R\$ 20,00/dia/operador
2. Jornada de trabalho: 7,3 horas/dia
3. Número de dias: variável de acordo com o número de amostras, considerando-se como base 55 amostra/dia
4. Deslocamento: 2 km de deslocamento padrão (distância da sede à área) + deslocamento variável com malha amostral, atribuindo-se o valor de R\$ 0,45/km, comumente considerado na remuneração em projetos que custeiam transporte.
5. Computador portátil: utilizado para navegação e armazenamento de dados; seu valor foi inserido apenas no custo do cenário onde há aquisição dos equipamentos por parte do proprietário da terra. Para estabelecer esse valor, em R\$/ano, somou-se o valor de depreciação (com valor residual 0 ao final de 8 anos) ao custo do capital (tx. Juros 8,75% ao ano), obedecendo-se os cálculos no item 4.3.

O custo do operador foi contabilizado apenas no custo operacional da amostragem no método envolvendo adoção de ferramentas da agricultura de precisão, em função da necessidade de manejo de equipamentos sofisticados como receptores de GPS/DGPS e computador portátil.

### **Custo laboratorial**

Coube aqui considerar o valor da análise química de cada amostra, o que variou de acordo com o número de amostras por malha. Considerou-se o valor de R\$ 10,00/amostra, cobrado no Laboratório de Análise Química e Física do Departamento de Solos e Nutrição de Plantas da ESALQ/USP e que representa valores praticados no mercado.

O detalhamento dos cálculos envolvidos na determinação do custo de amostragem do projeto segue ao final do relatório, no apêndice E. A tabela 3 compila os principais dados a serem considerados.

Tabela 3 – Custo envolvido no processo de amostragem

Custo	Taxa Variada	Taxa única
Área	Malha Amostral	

		1	2	3	
1	total (R\$) <sup>1</sup>	1025,71	313,52	101,61	11,37
	R\$/ha	46,62	14,25	4,62	0,53
2	total (R\$) <sup>1</sup>	615,11	179,96	79,72	11,37
	R\$/ha	27,96	8,18	3,62	0,53

<sup>1</sup> Acrescer a esse valor o custo anual (R\$ 169,92/ano) advindo da aquisição e uso do computador portátil, apresentado no apêndice E ao final do corpo do trabalho. Esse valor é atribuído a área trabalhada no decorrer de um ano, variando de acordo com a mesma.

Os valores encontrados na tabela 3 dão idéia da importância da definição da malha amostral no processo de aplicação de fertilizante em taxa variada, dada a discrepância entre os custos encontrados em cada densidade amostral considerada. A amostragem, na aplicação em taxa variada, como pode ser visto, é uma operação cara quando comparada ao método convencional. O principal fator que atua na composição deste alto custo é o número de amostras que exigirá análise laboratorial, além da necessidade de mão-de-obra especializada capaz de operar os equipamentos que, por sua vez, contribuem com um custo fixo anual a ser considerado pela sua aquisição e uso.

### Custo do produto

O custo do produto foi feito com base na dose a ser aplicada, respeitando-se a variabilidade na fertilidade de cada talhão representada nos mapas, estabelecendo-se três intervalos de interpretação dos teores de cada elemento (ver apêndices F e G). Os intervalos considerados dos nutrientes no solo e a respectiva dose a ser aplicada são apresentados na tabela 4, com base na recomendação de Mascarenhas e Tanaka (1996, p. 202).

Tabela 4 – Dose de K<sub>2</sub>O e P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> de acordo com os teores dos elementos no solo

Elemento	Teor solo	no Dose (Kg/ha)	
		K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
P (mg/dm <sup>3</sup> )	16-40	-	50
	41-79	-	30
	80-250	-	0
K (mmolc/dm <sup>3</sup> )	0,8-1,5	60	-
	1,6-3,0	50	-



3,1-6,0      30      -

Na amostra única utilizada para o método convencional, os resultados para área 1 se enquadraram no intervalo 41 a 79 mg/dm<sup>3</sup> de P e 1,6 a 3,0 mmolc/ dm<sup>3</sup> de K. Na área 2, os intervalos encontrados foram 80 a 250 mg/dm<sup>3</sup> de P e 1,6 a 3,0 mmolc/ dm<sup>3</sup> de K.

Como fonte de P foi escolhido o Superfosfato Simples (SS) com 18% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. Para fornecer a quantidade de K necessária utilizou-se o Cloreto de Potássio (KCl) com 60% de K<sub>2</sub>O. O custo de cada produto é de R\$ 467,75/ton SS e R\$ 733,75/ton KCl, na área 1. Na área 2 os mesmos produtos foram cotados a R\$ 465,30/ton e R\$ 643,35/ton, respectivamente. Os cálculos detalhados encontram-se no apêndice H. A tabela 5 resume os resultados obtidos.

Tabela 5 - Custo do produto em cada cenário analisado para as áreas em estudo

Área	Produto	Custo (R\$/ha)					
		Taxa variada			Taxa única		
		Malha amostral			Produto		
		1	2	3			
1	SS		83,51	77,84	77,96	SS	77,96
	KCl		61,42	60,98	61,15	KCl	61,15
2	SS		11,99	13,40	2,47	SS	0
	KCl		46,94	48,79	48,74	KCl	56,05

Um aspecto importante a ser destacado quando se fala em uso da agricultura de precisão na aplicação variada de insumos – fertilizantes ou herbicidas – é a economia de produto. Esse é um dos pontos ressaltados pelos seus defensores e usuários, dado o possível ganho financeiro, mas primordialmente pelo aspecto ambiental envolvido na aplicação racional de insumos. Os resultados obtidos nesse sentido, seguem descritos na tabela 6, onde a situação I expressa o cenário de aquisição e amortização dos equipamentos e a situação II a aquisição de pacote tecnológico terceirizado.

Tabela 6 – Economia no custo do produto (em R\$) – cenários de aplicação em taxa variada x taxa única

	Área 1				Área 2					
	Situação I	25ha a	50ha	100ha	200ha	Situação I	25ha	50ha	100ha	200ha
Malh a	1	146	291	583	1166	1	72	144	287	574
	2	-7	-14	-28	-57	2	153	307	613	1227
	3	0	0	0	0	3	-121	-242	-484	-969
	Situação II	25ha a	50ha	100ha	200ha	Situação II	25ha	50ha	100ha	200ha

Malh 1	146	291	583	1166	1	72	144	287	574
a									
2	-7	-14	-28	-57	2	153	307	613	1227
3	0	0	0	0	3	-121	-242	-484	-969

Os valores em vermelho representam acréscimo no custo do produto em relação ao método convencional. Observando os dados, é possível afirmar que a economia de produto, em relação ao método convencional, ocorreu, para área 1, com a malha 2 em ambos os métodos de aplicação em taxa variada, ficando a malha 3 com saldo nulo, explicado pela não captação da variação na fertilidade ao adotar tal densidade amostral – ver apêndice F. Já na área 2, a economia com produto ocorreu apenas na malha 3 em ambos os métodos. O fato de encontrar-se situações em que o uso de ferramentas para aplicação em taxa variada gerou acréscimo no custo do produto, está intimamente relacionado à alta fertilidade das áreas, principalmente na área 2. Dado o elevado teor dos elementos no solo, a amostra única utilizada no cenário de aplicação convencional, permitiu que a dose aplicada fosse inferior, trabalhando com a malha 1, ao invés da malha 3. Na área 2, por exemplo, a amostra única dispensou o uso de fonte de P.

Quanto a densidade amostral, pode-se inferir, novamente, a respeito da viabilidade do uso de malhas amostrais menos densas, como as malhas 3 de ambas as áreas.

Após cálculo do custo operacional da aplicação de P e K nos cenários propostos, do custo de amostragem e do custo do produto ou fertilizante, foi possível chegar ao custo total de cada método escolhido nas diferentes malhas amostrais. Esse custo abrange o custo variável por unidade de área e o custo fixo anual advindo da aquisição e amortização dos equipamentos inserido nesse cenário. A tabela 7 mostra a evolução de cada custo com o aumento da área considerada, já que todos os valores foram obtidos ou convertidos em custo por unidade de área.

A partir desse valor total foi possível estabelecer um comparativo entre as diferentes situações simuladas – demonstrado também nos gráficos presentes no apêndice I. O custo do cenário de aplicação em taxa variada através do método de adoção de pacote tecnológico foi superior ao convencional em todas as situações de densidade amostral e área de trabalho. O cenário que considerou aquisição e amortização dos equipamentos apresentou custo inferior ao cenário de aplicação convencional quando se trabalhou com a malha 3, a partir de 50 ha na área 1 e 25 ha na área 2. O elevado custo do serviço terceirizado pode ser explicado pelo elevado custo do pacote tecnológico, que, por estar atrelado à taxa de câmbio, foge cada vez mais à realidade do produtor brasileiro.

As malhas 1 e 2, considerando-se aquisição e implantação como responsabilidade do produtor, apresentaram custo superior ao método de aplicação convencional – taxa única – nas duas áreas. Além do maior

custo do equipamento distribuidor responsável pela operação no campo, essas duas densidades amostrais envolveram alto custo de amostragem face ao elevado número de amostras considerado.

A planilha contendo os cálculos detalhados do valor final de cada operação é apresentado no apêndice J.

Tabela 7 – Custo total nos diferentes cenários analisados

		Área 1				Área 2					
		Situação I	25h	50ha	100ha	200ha	Situação I	25ha	50ha	100ha	200ha
Malh a	1	533	1047	20847	41644	1	2763	5321	10540	21029	
		6	3								
	2	437	8549	16998	33947	2	2350	4495	8888	17726	
		3									
	3	414	8081	16063	32077	3	1962	3719	7335	14619	
		0									
		Situação II	25h	50ha	100ha	200ha	Situação II	25ha	50ha	100ha	200ha
Malh a	1	623	1246	24925	49850	1	3661	7321	14642	29284	
		1	3								
	2	535	1070	20393	42809	2	3299	6598	13196	26391	
		1	2								
	3	514	1028	20570	41139	3	2922	5844	11689	23378	
		2	5								
	Taxa única	408	8160	16319	32638	Taxa única	1967	3933	7866	15732	
		0									

## Cálculo dos parâmetros econômicos

### VPL – Valor Presente Líquido

Para cálculo do VPL adotou-se a hipótese mais negativa possível, onde a produtividade alcançada para soja utilizando-se as ferramentas da agricultura de precisão é idêntica à obtida com o tratamento convencional – 3000 kg/ha. Sendo assim, a entrada no final do período considerado, de um ano, é a mesma em todos os cenários. Para cálculo da receita foi considerado o preço do contrato de março de 2003, fechado em outubro na Bolsa de Chicago para soja, equivalente a R\$ 500,86/ton. A taxa de desconto (r) considerada foi de 10%.

$$VPL = \sum_{t=0}^n \frac{L_t}{(1+r)^t} \quad \text{onde:}$$

L<sub>t</sub> : fluxo líquido do projeto (investimento e retornos líquidos)

r: taxa de desconto relevante para a empresa (custo de capital)

t: ano do projeto

Com os dados de custo e receita, chegou-se ao valor do VPL para cada situação assumida dentro do projeto e apresentados na tabela 8. Partindo do princípio de análise de projetos mutuamente exclusivos pode-

se assumir o critério de que o cenário com maior VPL dentro das áreas em estudo é a melhor alternativa. Em termos de densidade amostral, os melhores resultados foram obtidos com a malha 3, menos densa. Comparando-se as duas situações de aplicação em taxa variada, os melhores resultados ficaram com o cenário em que há amortização dos equipamentos adquiridos pelo proprietário, que chegou a ter valor presente superior ao da aplicação convencional a partir dos 50 ha da malha 3 na área 1 e já com 25 ha, também da malha 3 na área 2. O uso de terceirização mostrou menor viabilidade em todos os cenários propostos, tanto de densidade amostral como de área de abrangência da operação, quando comparado aos dois outros sistemas de aplicação, convencional ou aquisição dos equipamentos para aplicação em taxa variada.

Tabela 8 – Valor Presente Líquido (VPL) dos diferentes cenários nas áreas de estudo

	Área 1				Área 2					
	Situação I	25ha	50ha	100ha	200ha	Situação I	25ha	50ha	100ha	200ha
Malha a	1	2929	5877	11764	23534	1	31638	63462	12701	25408
		9	9	7	0				7	0
	2	3017	6052	12114	24233	2	32013	64213	12851	25708
		4	8	6	7				9	4
	3	3038	6095	12199	24403	3	32366	64919	12993	25990
		6	3	6	7				1	8
	Situação II	25ha	50ha	100ha	200ha	Situação II	25ha	50ha	100ha	200ha
Malha a	1	2848	5697	11394	22787	1	30822	61644	12328	24657
		5	0	0	9				8	6
	2	2928	5857	11806	23428	2	31151	62301	12460	24920
		5	0	0	0				3	6
	3	2947	5895	11789	23579	3	31493	62986	12597	25194
		5	0	9	9				3	5
Taxa única	3044	6088	12176	24352	Taxa única	32362	64724	12944	25889	
	1	2	3	7				8	6	

### Razão Benefício – Custo (B/C)

No tocante ao indicador razão B/C, apresentados na tabela 9, o raciocínio adotado foi de quanto maior a viabilidade maior a razão B/C, o que confirmou a malha 3 como a mais economicamente viável. Os resultados obtidos aqui levam às mesmas conclusões obtidas com o cálculo do VPL: o valor B/C encontrado na malha 3, no cenário de aquisição do equipamento, foi superior ao da aplicação convencional a partir dos 50 ha

para área 1 e já aos 25 ha também da malha 3 na área 2. O método de terceirização da operações, novamente, mostrou ineficiência econômica perante as outras situações propostas. Os resultado levam à mesma conclusão obtida no cálculo do VPL.

$$B/C = Lt (1+r)^{-t}/Lo \quad \text{onde:}$$

Numerador: valor descontado dos benefícios adicionais líquidos

Lo: valor presente do investimento, aqui considerado como custo total

A taxa de desconto (r) foi a mesma considerada no cálculo do VPL, de 10%.

Tabela 9 – Valores da razão B/C nos diferentes cenários nas áreas de estudo

	Área 1				Área 2					
	Situação I	25ha	50ha	100ha	200ha	Situação I	25ha	50ha	100ha	200ha
Malha a	1	6,4	6,52	6,55	6,56	1	12,36	12,84	12,96	12,99
	2	7,81	7,99	8,04	8,05	2	14,53	15,19	15,37	15,41
	3	8,25	8,45	8,50	8,52	3	17,41	18,37	18,62	18,69
	Situação II	25ha	50ha	100ha	200ha	Situação II	25ha	50ha	100ha	200ha
Malha a	1	5,48	5,48	5,48	5,48	1	9,33	9,33	9,33	9,33
	2	6,38	6,38	6,38	6,38	2	10,35	10,35	10,35	10,35
	3	6,64	6,64	6,64	6,64	3	11,69	11,69	11,69	11,69
	Taxa única	8,37	8,37	8,37	8,37	Taxa única	17,37	17,37	17,37	17,37

### Considerações finais

A viabilidade da aplicação de P e K em taxa variada está atrelada a diversos fatores como tamanho da área, densidade amostral escolhida e método adotado. O trabalho permitiu concluir que torna-se economicamente viável a adoção de ferramentas da agricultura de precisão em áreas superiores a 50ha com malha amostral menos densa, de cerca de 0,25 amostra/ha, adotando-se a amortização do custo dos equipamentos a partir da aquisição por parte do proprietário. Cabe lembrar, que quanto maior a área por amostra, menor a riqueza de detalhes da informação da variabilidade espacial do local.

Todos os resultados discutidos devem guardar as particularidades das áreas em estudo, não podendo-se estabelecer correlações diretas entre

os valores obtidos na área 1 e na área 2, já que cada local apresenta características distintas a serem consideradas. A alta fertilidade, por exemplo da área 2, de Castro, PR, diferencia os custos com fertilizante das áreas, além dos valores de aquisição das máquinas, implementos e remuneração de mão-de-obra distintos entre as duas áreas. Contudo, observando-se unicamente os parâmetros econômicos encontrados, pode-se constatar que a área 2 apresenta maior viabilidade para emprego da tecnologia, resultante do menor custo total envolvido no investimento. Essa redução no custo, por sua vez, deve-se ao custo da amostragem, menor em função das malhas amostrais menos densas e custo do produto, menor em função da alta fertilidade da área que exigiu menor dose do fertilizante.

Os diferentes níveis de intensidade na amostragem do solo têm sido discutidos no âmbito da agricultura de precisão. Não pode-se definir ou estabelecer uma densidade amostral padrão para se trabalhar com aplicação de insumos em taxa variada, optando-se, muitas vezes, pelo cenário que ofereça menor custo ou maior retorno no processo. É preciso conhecer a melhor grade, capaz de diferenciar-se da agricultura com aplicação convencional e proporcionar algum benefício econômico.

## **CONCLUSÃO**

Os custos envolvidos no processo de aplicação de P e K nos diferentes cenários propostos foram levantados no cálculo dos custos operacional, de amostragem e do produto aplicado, chegando-se a um valor total que engloba os custos variáveis por unidade de área e os custos fixos. Com base nesse custo total, agora considerado como investimento, e na receita advinda da produtividade estimada nas áreas do estudo, foi possível estabelecer uma correlação entre os métodos de aplicação em taxa variada – aquisição e amortização dos equipamentos pelo proprietário e adoção de pacote tecnológico terceirizado – e o método de aplicação convencional em taxa única, através de indicadores econômicos como VPL e razão B/C.

A rentabilidade ou retorno econômico oriundo da adoção de ferramentas da agricultura de precisão na aplicação de insumos em taxa variada foi medida por meio desses indicadores e também de um comparativo entre os custos totais em cada situação simulada. Para tal, foi definida a hipótese de não haver incremento na produtividade quando do uso da aplicação em taxa variada, cenário mais negativo plausível de comparação.

Para fornecer parâmetros que auxiliem na tomada de decisão, o método de aplicação em taxa variada a partir da aquisição de equipamentos com capital próprio demonstrou-se mais rentável que o método que considerou a contratação de empresa do ramo e até mesmo, que o método de aplicação convencional em área superior a 50 ha na área 1 e 25 ha na área 2, quando considerada a malha menos densa. O uso de

diferentes densidades amostrais também permitiu concluir que o uso de malhas menos densas mostra-se mais viável do que aquelas mais densas, com maior número de amostras por área. No entanto, é importante salientar que a incerteza quanto à qualidade das informações também cresce, com a redução da densidade amostral. A diferença entre as áreas também pode ser considerada, sendo a área 2, com maior nível tecnológico e elevada fertilidade, a que apresentou maior eficiência econômica.

Com todas as informações disponíveis pôde-se chegar a um conjunto de dados capaz de nortear o retorno econômico proveniente da agricultura de precisão em uma de suas aplicações, a aplicação de insumos em taxa variada.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGRIANUAL 2002: anuário da agricultura brasileira. Custo hora-máquina. São Paulo: Fnp Consultoria & Comércio, v. 7, 2002.

ASAE STANDARDS 1999: standards, engineering practices, datas. St. Joseph, Michigan: American Society of Agricultural Engineers, 46.ed., 1999. 1017p.

BLACKMORE, S. Precision farming: an overview. **Agricultural Engineer**. St. Joseph, Michigan: American Society of Agricultural Engineers, p. 86-88, autum 1994.

CBOT. Chicago Board on Trade. **Quotes and datas**. Disponível em: <<http://www.cbot.com>>. Acesso em: 10 set. 2002.

DABERKOW, S.G. Adoption rates for recommended crop management practice: implications for precision farming. In: EUROPEAN CONFERENCE ON PRECISION AGRICULTURE, 1., 1997, Warwick University Conference Center. **Proceeding of 1<sup>st</sup> European Conference on Precision Agriculture**. Oxford, UK: BIOS Scientific Publishers, 1997. p. 941-947

DEBOER, J.L. Economics of precision farming: payoff in the future. **Site Specific Management Center**, Purdue University, fev. 1996. Disponível em: <[http://dynamo.ecn.purdue.edu/~biehl/SiteFarming/economic\\_issues.html](http://dynamo.ecn.purdue.edu/~biehl/SiteFarming/economic_issues.html)>. Acesso em: 20 jan. 2000.

\_\_\_\_\_. Economics of variable rate planting for corn. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON PRECISION AGRICULTURE, 4., 1998, St. Paul, MN. **Proceedings of the 4th International Conference on Precision Agriculture**. Madison, WI: ASA-CSSA-SSSA, 1999. p. 1643-1651.

GRIFFIN, T.W. et al. Economics of variable rate applications of phosphorus on a rice and soybean rotation in arkansas. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON PRECISION AGRICULTURE, 5., Precision Agriculture Center, Minnesota, 2000. **Proceedings of the 5<sup>th</sup> International Conference on Precision Agriculture**. Minnesota: ASA/CSSA/SSSA, 2000. 1 CD.

HARRIS, D. Risk management in precision farming. In: EUROPEAN CONFERENCE ON PRECISION AGRICULTURE, 1., 1997, Warwick University Conference Center. **Proceeding of 1<sup>st</sup> European Conference on Precision Agriculture**. Oxford, UK: BIOS Scientific Publishers, 1997. p. 949-955.

MASCARENHAS, H.A.A.; TANAKA, R.T. Adubação da cultura da soja. In: RAIJ, B.V et al. **Boletim 100**. Campinas: IAC, 1996. cap. 19, p. 202.

MCBRIDE, W.D.; DABERKOW, S.G.; CHRISTENSEN, L.A. Attitudes about precision agriculture innovations among U.S. corn growers. In: EUROPEAN CONFERENCE ON PRECISION AGRICULTURE, 2., 1999, Odense Congress Center, Denmark. **Proceeding of 2<sup>nd</sup> European Conference on Precision Agriculture**. Odense, DK: BIOS Scientific Publishers, 1999. p. 927-936.

MOLIN, J.P.; MILAN, M. Trator-implemento: dimensionamento, capacidade operacional e custo. In: SOUZA, A.J et al. **Conservação e cultivo de solos para plantações florestais**. 1. ed. Piracicaba: IPEF, 2002. cap.13, p. 421-428.

NORONHA, J.F. Métodos de avaliação econômica de projetos. In: NORONHA, J.F. **Projetos Agropecuários : administração financeira, orçamento e viabilidade econômica**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 1987. cap. 8, p. 191-215.

OCHAI, S. et al. Economic value of site-specific phosphorus and potassium information under alternative soil sampling intensities. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON PRECISION AGRICULTURE, 5., Precision Agriculture Center, Minnesota, 2000. **Proceedings of the 5<sup>th</sup> International Conference on Precision Agriculture**. Minnesota: ASA/CSSA/SSSA, 2000. 1 CD.

ROBERT, P.C. The economical feasibility of precision agriculture. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA DE PRECISÃO, 2., 2002, Viçosa, Brasil. **Anais do 2º Simpósio Internacional de Agricultura de Precisão**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2002. 1 CD.



ROBERTS, R.K.; ENGLISH, B.C.; MAHAJANASHETTI, S.B. Environmental and economic effects of spatial variability and weather. In: EUROPEAN CONFERENCE ON PRECISION AGRICULTURE, 3., 2001, Montpellier, France. **Proceeding of 3<sup>rd</sup> European Conference on Precision Agriculture**. Montpellier: Agro Montpellier, 2001. 1 CD.

SWINTON, S.M. et al. Comparasion of site-specific and whole-field fertility management in Michigan soybeans and corn. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON PRECISION AGRICULTURE, 5., Precision Agriculture Center, Minnesota, 2000. **Proceedings of the 5<sup>th</sup> International Conference on Precision Agriculture**. Minnesota: ASA/CSSA/SSSA, 2000. 1 CD.

WEISS, M.D. Phosphorus fertilizer application under precision farming: a simulation of economic and environmental implications In: EUROPEAN CONFERENCE ON PRECISION AGRICULTURE, 1., 1997, Warwick University Conference Center. **Proceeding of 1<sup>st</sup> European Conference on Precision Agriculture**. Oxford, UK: BIOS Scientific Publishers, 1997. p. 967- 974.

YULE, I.J.; CROOKS, E. Precision farming: the price of imperfection – a case study using fertilizer distribution. **Landwards**. London, p. 5-9, primavera 1996.