

Estudo de caso sobre investimento agrícola: oportunidades com agricultura de precisão

L.A.A. MENEGATTI

Eng. Agrônomo, MsC, Consultor,
APagri – Soluções em Agricultura
de Precisão

G. KORNDORFER

Eng Agrônomo, Prof Titular,
Universidade Federal de Uber-
lândia

R.A. B. SOARES

Eng Agrônomo, Supervisor, Usina
Jalles Machado SA

P.F.M. OLIVEIRA

Eng Agrônomo, gerente agrícola, Usina Jalles
Machado SA

S.L. GOES

Eng. Agrônomo, consultor, APagri – Soluções em
Agricultura de Precisão

Resumo

Dentre os maiores avanços em tecnologia agrícola voltada ao setor sucro-alcooleiro pode ser destacada a tecnologia de agricultura de precisão. O objetivo deste trabalho é explorar as possibilidades e situações do uso desta tecnologia e analisar os custos envolvidos na implementação na Usina Jalles Machado, localizada no estado de Goiás. Foram selecionadas cinco propriedades para reforma no ano de 2003, num total de 470 ha, onde foram realizadas coletas de amostras de solo em grade com densidade amostral variando de 3 a 5 ha/amostra. Foi realizada uma análise comparativa entre aplicação em taxa fixa versus taxa variada de calcário e fósforo. Os resultados do ensaio mostraram que o consumo estimado de calcário em taxa fixa foi de 945 t, enquanto que em taxa variada o consumo foi de 620 t, representando uma redução de aproximadamente 35 %. Com relação ao fósforo, o consumo foi reduzido de 148 t para 90 t, representando uma redução de 39 %. O investimento total em insumos caiu de R\$ 86.792,00 para R\$ 54.197,00. Os custos de amostragem e de laboratório foram maiores no sistema em grade, porém o custo total da operação caiu de R\$ 186,04 lha no sistema convencional para R\$ 118,12 lha com a agricultura de precisão. Desta forma, a aplicação da agricultura de precisão com a ferramenta de aplicação em taxa variável mostrou-se bastante viável para as condições da usina.

Introdução

A prática de adubação de solos é considerada uma das principais etapas no processo de produção agrícola. A sua determinação é feita, principalmente, com base em dados de análise química de terra, os quais são coletados de forma a representar de maneira mais fiel a fertilidade da área em questão, porém, buscando-se sempre uma razão econômica. Atualmente, a maior parte das amostragens de solo são realizadas de forma a representar talhões. RAIJ (1991), recomenda a delimitação de glebas homogêneas em até 10 ha, sendo retiradas de 15 a 20 subamostras, as quais irão compor a amostra referente à esta área. Em caso de haver certa variabilidade espacial das características do solo dentro desta área, ocorrerá conseqüentemente um excesso ou falta de fertilizante em algumas partes da área. Excesso de fertilizantes pode gerar impactos negativos na qualidade das águas subterrâneas e reduzir as margens de lucro, enquanto que a sua falta pode restringir a produtividade e a qualidade da cultura (MOHAMED et al., 1996).

A agricultura de precisão vem se destacando como uma forma de gerenciamento localizado da lavoura, realizada através da disponibilização de ferramentas que permitem a identificação da variabilidade dos atributos da lavoura e a sua intervenção de forma localizada. MOLIN (1998), cita a importância do sistema de localização GPS como responsável pela impulsão da agricultura de precisão. O sistema de amostragem de solo em grade é uma técnica que vem sendo utilizada com sucesso para a detecção da variabilidade dos atributos do solo, que consiste no georreferenciamento das amostras de solo através do uso do GPS.

A variabilidade espacial dos atributos físico-químicos do solo é um fato e pode ocorrer em várias escalas, sendo que RAIJ (1991), cita variação destas propriedades em distâncias de centímetros. Esta variabilidade, detectada pelas amostras de solo, podem ser visualizadas através de mapas gerados em programas específicos para o gerenciamento de dados espacializados, denominados SIG. As amostragens de solo feitas para a geração de mapas de fertilidade, em sua grande maioria, são realizadas de acordo com uma grade amostral definida previamente com base nas características da área e na densidade amostral desejada. MOLIN (2000), cita que agricultores americanos têm conseguido detectar a variabilidade espacial contida nos talhões utilizando 1 a 2,5 amostras/ha. A densidade amostral que vem sendo comumente utilizada para esta finalidade por parte dos produtores brasileiros varia em torno de uma amostra a cada 5 ha para áreas mais homogêneas, e uma amostra a cada 3 ha para áreas mais heterogêneas.

Os mapas de fertilidade são criados através da inserção dos dados de posicionamento e dos teores de nutrientes da análise química no software apropriado, o qual processa os dados através de uma técnica geoestatística denominada interpolação, que estima valores para as regiões não amostradas. A partir dos pontos amostrais são criadas quadriculas, menor unidade de resolução dos mapas, que representam áreas de no mínimo 100 m² no mapa, sendo-lhes atribuídos valores de fertilidade e posicionamento. Com base nos mapas de fertilidade, mapas de recomendação de adubação podem ser gerados por determinados softwares, através da aplicação de

uma equação de cálculo de adubação a cada quadrícula do mapa. Sendo assim, todo o mapa terá uma recomendação de adubação baseada no valor inerente de cada quadrícula.

Sendo identificada a variabilidade espacial dos fatores de fertilidade, é possível se realizar a intervenção localizada através da aplicação a taxa variável do fertilizante. Esta técnica pode ser realizada através do uso de máquinas adubadoras providas de um sistema controlador de dosagem hidráulico-eletrônico. Este tipo de equipamento, associado a um GPS, permite que a máquina adubadora aplique o fertilizante de acordo com um mapa de recomendação estabelecido previamente.

As práticas de calagem e fosfatagem em reforma de canaviais são consideradas operações estratégicas importantes, devido aos benefícios à fertilidade e ao alto custo envolvido. Uma das adubações mais importantes realizadas na cultura é a adubação de plantio associada com a aplicação de corretivos no solo. A deficiência de fósforo na cultura da cana-de-açúcar é um importante fator limitante da produtividade. Ao mesmo tempo, os fertilizantes fosfatados apresentam altos custos, representando uma operação de grande investimento. A aplicação da agricultura de precisão com a ferramenta de aplicação a taxa variável torna-se uma alternativa para a realização das práticas descritas acima. O objetivo deste trabalho é explorar as possibilidades e situações do uso desta tecnologia e analisar os custos envolvidos na implementação na Usina Jalles Machado.

Material e métodos

Foram selecionadas 5 propriedades pertencentes à companhia agrícola. A TABELA 1 mostra as fazendas e os blocos com informações disponíveis para a análise econômica. A densidade da grade amostral foi definida em função da variabilidade esperada em cada propriedade, bem como também em função do relevo e manchas de solo previamente conhecidas. Em propriedades mais manchadas, foi utilizada uma grade amostral de 3 ha.amostra⁻¹, e para propriedades consideradas mais homogêneas, a densidade amostral foi de 5 ha.amostra⁻¹.

TABELA 1 – Identificação das áreas amostradas com as respectivas produtividades e grades amostrais adotadas

Fazenda	Bloco	Área (ha)	Produtividade (t/ha)	Grade amostral (ha/amostra)
2	11	26,9	79,9	3
30	1 e 2	125,7	59,9	3
46	2	59,1	48,3	3
55	2	95,1	58,0	5
76	3	162,1	51,7	5
Total		468,9	59,6	

A área utilizada para a comparação foi totalizada em 468,9 ha, e com produtividade média de 59,6 t/ha de cana-de-açúcar. Em todas as áreas o relevo é caracterizado como suave ondulado. A Fazenda 02 Bloco 11 é uma área de fertirrigação com vinhaça, manejada no meio da safra. Ela estava previamente selecionada para renovação, porém, em função da produtividade apresentada a renovação foi postergada. O solo é classificado como Latossolo Vermelho Escuro, com alto teor de argila.

As fazenda 30 e 55 são manejadas no fim da safra, sem irrigação. O solo é classificado como Latossolo Vermelho Escuro, com alto teor de argila. As mesmas considerações são válidas para a Fazenda 76, (com exceção do teor de argila, o qual é considerado médio a alto.) A fazenda 46 Bloco 2 é manejada no início de safra, sem irrigação. O tipo de solo é Latossolo Vermelho Amarelo, com textura média-arenosa. De uma maneira geral, as fazendas amostradas representam as condições médias das áreas da empresa, permitindo assim, a extrapolação dos resultados obtidos para áreas não amostradas.

As amostras foram coletadas pela equipe de campo da usina, utilizando como critério a coleta de 8 sub-amostras por ponto amostral, dentro de um raio de aproximadamente oito metros. Após a coleta, as amostras foram analisadas em laboratório, utilizando extrator ácido Melich para as determinações dos nutrientes. Os resultados das análises de solo formaram o material básico para a comparação das tecnologias.

A partir das amostras georreferenciadas foram elaborados mapas de fertilidade do solo, bem como os mapas de teores de argila. Os mapas de teores de argila. Os mapas foram interpretados de acordo com os limites de teores localmente estabelecidos, levando-se em consideração a variabilidade nos teores de argila.

A partir do raleamento das informações obtidas com a amostragem em grade, reduzindo-se o número de amostras para 10 ha.amostra⁻¹ (forma de amostragem tradicionalmente utilizada na usina), foram calculados os teores médios dos nutrientes, realizando-se a interpretação com base nas médias obtidas.

Foram simuladas as seguintes situações para a geração das recomendações de aplicação para as propriedades avaliadas:

- simulação de aplicação de calcário em taxa fixa, com o objetivo de elevar a saturação por bases a 60%;
- simulação de aplicação de calcário em taxa variável com o objetivo de elevar a saturação por bases a 60%;
- simulação de aplicação de fósforo com dosagem de 100 kg/ha de P₂O₅ para níveis baixos;
- simulação de aplicação de fósforo em taxa variável com dosagem máxima de 100 kg/ha de P₂O₅ em função da disponibilidade de fósforo no solo.

As doses de calcário foram calculadas de acordo com a fórmula da saturação por bases proposta pelo Instituto Agrônomo de Campinas (EQUAÇÃO 1).

$$\frac{(60-VI)*CTC}{PRNT} \quad (1)$$

em que:

VI - saturação por bases do solo;

CTC- capacidade de troca catiônica do solo;

PRNT - poder relativo de neutralização total do calcário a ser utilizado como corretivo.

Assim, foram calculadas as doses de calcário para aplicação em taxa fixa para as fazendas e, para a aplicação em taxa variada a equação foi aplicada a cada quadricula gerada na produção do mapa, gerando, assim, uma superfície com doses diferenciadas de calcário.

Para o cálculo das doses de fósforo a serem aplicadas foi gerado um mapa de interpretação do teor do nutriente disponível no solo em função da variação dos teores de argila e do fósforo total extraído na análise laboratorial. Para a aplicação em taxa fixa foi calculada em função do teor médio da fazenda e para a taxa variada a dose foi definida de acordo com a disponibilidade do nutriente, como mostrado na TABELA 2.

TABELA 2 – Recomendação para aplicação de fósforo em taxa variável

Nível de P no solo	Dose de P ₂ O ₅ kg/ha
Muito baixo	100
Baixo	66
Médio	33
Alto	0
Muito alto	0

Para os cálculos do investimento foram utilizados os valores fornecidos pelo departamento de compras da usina. De acordo com o departamento, o custo do calcário, com frete incluso foi de R\$ 23,00 /ton. A fonte de fósforo utilizada nos cálculos foi o Fosfato Reativo de Arad, com 30 % de P₂O₅ solúvel em ácido cítrico, ao custo de 442,00 R\$/ton posto usina. Para o cálculo do custo da amostragem foi utilizado o valor de R\$ 3,00/ponto amostrado (valor proveniente do mercado) e o custo com análise laboratorial foi estimado em R\$ 7,00 /amostra (custo do laboratório próprio da usina). Os custos variáveis para ambos os sistemas foram calculados e comparados, buscando-se evidenciar as diferenças entre as tecnologias empregadas e o efeito do uso da tecnologia no custo de operações essenciais à agricultura brasileira.

Resultados e discussão

A TABELA 3 mostra a totalização do consumo de calcário e fósforo em cada uma das fazendas nas diferentes situações de aplicação. Em todas as fazendas houve redução no consumo de calcário estimada em, em média, 34,5% com relação ao consumo estimado com aplicação tradicional. A maior redução ocorreu na Fazenda 46 (FIGURA 1), onde o consumo de calcário caiu de 59,1 t para 28,0 t, sendo que a dose média da fazenda caiu de 1 t/ha para 0,5 t/ha (TABELA3). Na média geral, a dosagem caiu de 2,1 t/ha para 1,5t/ha.

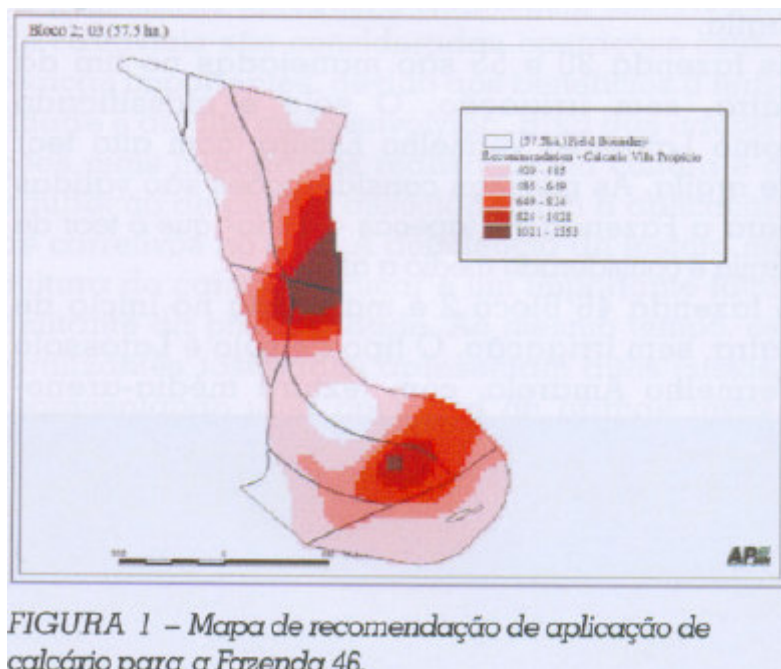


FIGURA 1 – Mapa de recomendação de aplicação de calcário para a Fazenda 46.

A redução na dose média obtida na Fazenda 46 foi devida em grande parte à principal capacidade da tecnologia de aplicação em taxa variada, que é o gerenciamento de pequenas porções da propriedade. Como pode ser observado na FIGURA 1, houve nesta fazenda grande quantidade de área que não demandou aplicação de calcário, sendo que a área total a ser aplicada em taxa variável foi de 49,8 ha, enquanto que a área sem necessidade de aplicação foi de 9,3 ha, que seriam aplicados na forma tradicional. Além do aspecto de redução da área aplicada alguns comentários são pertinentes com relação às doses aplicadas.

TABELA 3 – Resultados da simulação de aplicação de calcário e fósforo em taxa fixa e em taxa variada.

Fazenda	Calcário Tradicional		Calcário Taxa Variável		Fósforo Tradicional		Fósforo Taxa Variável	
	t/ha	t	t/ha (média)	t	kg/ha	t	kg/ha (média)	t
2	2,8	75,3	2,3	61,0	0	0	0	0
30	3,0	377,2	2,7	311,1	333	41,9	154,4	16,2
46	1,0	59,1	0,5	28,0	333	19,7	330,0	19,7
55	2,0	190,1	1,1	94,0	333	31,7	161,0	11,5
76	1,5	243,1	0,8	125,1	333	54,0	249,7	43,0
Média/total	2,1	944,9	1,5	619,2	266,4	147,2	179,02	90,4

Com a aplicação de uma dose fixa de 1,0 t/ha haveria uma distorção na fertilidade do solo. Esta dosagem atenderia uma pequena porção da fazenda, identificada como a 3ª e 4ª classes na legenda do mapa. Nas demais áreas, tal dosagem seria insuficiente ou excessiva. Em caso de dosagem excessiva, o pH do solo subiria acentuadamente, resultando na indisponibilização de diversos micronutrientes, além do desbalanço entre as bases do solo (relação ((Ca+Mg)/K)). O excesso de calcário no solo é mais prejudicial que a falta do produto devido ao desbalanço gerado, além do desperdício causado pelo uso desnecessário de insumos. Onde a dosagem foi insuficiente, o solo continuaria com o pH baixo, saturação por bases aquém da desejada e não atingiria seu potencial produtivo. No caso da Fazenda 46, a maior parte da área receberia doses maiores que a necessária. Com relação ao fósforo, a capacidade de gerenciamento de pequenas porções das fazendas gerou a possibilidade de redução da dose média geral de 266,4 kg/ha para 179,0 kg/ha de Arad. O consumo total foi reduzido de 147,2 para 90,4 t, uma redução de 38,6 %. A Fazenda 02 dispensou a aplicação de fósforo devido aos seus altos teores do nutriente. A maior redução ocorreu na Fazenda 30 (FIGURA 4), onde a dose aplicada da forma tradicional foi estimada em 333 kg/ha de Arad e em taxa variada a dose foi estimada em 154,4 kg/ha.

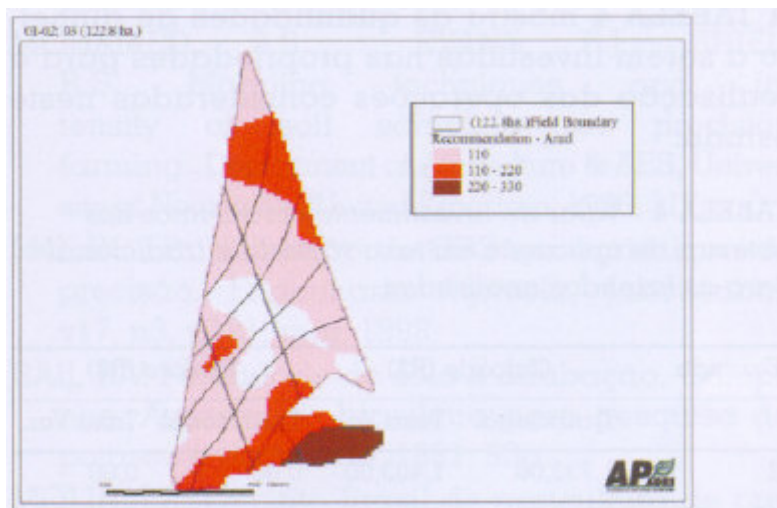


FIGURA 4 – Mapa de aplicação de Arad para a Fazenda 30.

Com a aplicação de Arad em área total com dose de 333 kg/ha o consumo estimado de fosfato foi de 41.9 t, enquanto que, em taxa variada, o consumo total estimado foi de 16,2 t, resultando numa redução de 61.3 % no consumo de fosfato. A área de aplicação caiu de 125,7 ha (área total da fazenda) para 105,4 ha. Além da redução do consumo de produto, houve também otimização da capacidade operacional das máquinas, pois não há necessidade de trafegar com o equipamento onde não há aplicação a ser feita. Tal redução foi observada tanto nos mapas de calcário como também nos de fósforo. A redução do uso de horas-máquina na propriedade gera uma economia que não foi abordada neste estudo, porém, espera-se que ela contribua para o melhor aproveitamento dos tratores e implementos utilizados na aplicação e que, assim, resulte em redução de custo global devido à adoção da tecnologia de agricultura de precisão e aplicação em taxa variada.

A TABELA 4 mostra as quantidades de dinheiro a serem investidas nas propriedades para a realização das operações consideradas neste estudo.

TABELA 4 – Valor do investimento em insumos nos sistemas de aplicação em taxa variada e tradicional para as fazendas analisadas.

Fazenda	Calcário (R\$)		Fósforo (R\$)	
	Tradicional	Taxa Var.	Tradicional	Taxa Var.
2	1.733,00	1.403,00	0,00	0,00
30	8.675,37	7.155,30	18.505,70	7.160,40
46	1.358,61	644,00	8.707,40	8.707,40
55	4.373,22	2.162,00	13.992,97	5.083,00
76	5.591,76	2.877,30	23.855,91	19.006,00
Total	21.731,96	14.241,60	65.061,98	39.956,80

Na área amostrada, a aplicação de calcário em taxa variada gerou economia estimada de R\$ 7.490,36, representando uma redução de 34,5 % nos custos com insumo. Já com relação ao fósforo, a economia foi de R\$ 25.101,18, ou seja, 38,6 % menos se comparada com a aplicação em taxa fixa. No entanto, o investimento em aquisição de informações foi maior no sistema de aplicação em taxa variada, principalmente em função da maior quantidade de amostras de solo coletadas e analisadas em laboratório. A TABELA 5 mostra o cálculo dos custos de amostragem e de análise do solo para ambas as situações.

TABELA 5 – Custos de amostragem, análise laboratorial e custo total dos sistemas de aplicação

Fazenda	Amostragem (R\$)		Laboratório (R\$)		Amostragem + Aplicação (R\$)	
	Tradicional	Taxa Var.	Tradicional	Taxa Var.	Tradicional	Taxa
2	6,00	24,00	14,00	56	1.753,00	1.483,00
30	36,00	123,00	84,00	287	27.301,07	
46	15,00	57,00	35,00	133	10.116,01	9.541,40
55	27,00	57,00	63,00	133	18.456,19	7.435,00
76	48,00	96,00	112,00	224	29.607,67	
Total	132,00	357,00	308,00		87.233,94	
RS/ha	0,28	0,76	0,66	1,78	186,04	118,12

Como pode ser observado na TABELA 5, os investimentos em amostragem e análise de solo foram maiores no sistema de aplicação em taxa variável. Porém, a magnitude dos custos de amostragem e análise do solo foi pequena quando comparada com os valores investidos na aplicação dos insumos, resultando que o custo de amostragem e análise laboratorial representou aproximadamente 0,15 % do custo total no sistema tradicional e 0,64% no sistema em grade. O custo de amostragem e de laboratório subiu de 0,94 R\$/ha no sistema tradicional para 2,54 R\$/ha no sistema de amostragem em grade e aplicação em taxa variável. No total geral, o investimento em informações e insumos no sistema tradicional foi de R\$ 87.233,94 e de R\$ 55.388,40 no sistema de agricultura de precisão para a área de 468,9 ha, gerando saldo positivo de R\$ 31.845,54 em relação à aplicação em taxa fixa. Por unidade de área, o sistema tradicional apresentou custo de 186,04 R\$/ha enquanto que o sistema de agricultura de precisão resultou em 118,12 R\$/ha.

A área de reforma do canal anual da Usina Jalles Machado é de aproximadamente 6500 ha. Considerando-se a representatividade da área utilizada para a avaliação, e, estendendo-se os resultados obtidos à área total da reforma, pôde-se comparar os resultados obtidos experimentalmente numa escala maior. Considerando-se a área de reforma ou implantação de 6.500 ha, o custo de calagem e fosfatagem no sistema tradicional foi estimado em R\$ 1.209.260,00, enquanto que, utilizando-se tecnologias de agricultura de precisão o custo foi estimado em R\$ 767.780,00, gerando um saldo positivo estimado de R\$ 441.480,00. Parte deste saldo poderá ser utilizado na aquisição de equipamentos suficientes para a aplicação em taxa variada em toda a área de reforma. O custo aproximado de cada conjunto com novos equipamentos eletrônicos e hidráulicos é de R\$ 60 mil e, para que toda a área seja atendida, haverá a necessidade de quatro conjuntos, dois trabalhando com fósforo e dois com calcário. A Usina já dispõe de um conjunto operando. Assim sendo, do saldo de R\$ 441.480,00, cerca de R\$ 180 mil estariam comprometidos com os equipamentos, resultando, ainda, num saldo de R\$ 261.480,00 que poderiam ser reinvestidos no canal ou contribuir para o lucro líquido da usina. Poucos investimentos na área agrícola geram tanta economia e melhorias no sistema produtivo com aqueles investimentos em aplicação em taxa variada. Com o saldo economizado em um ano todo o equipamento pode ser pago, sendo que o equipamento tem vida útil estimada em 5 anos. (no restante da vida útil, apenas manutenção do equipamento e da parte eletrônica que controla a aplicação.) Existem ainda outras questões não avaliadas no trabalho. O (benefício) da aplicação em taxa variada à cultura é esperado, porém ainda não pôde ser medido em função do tempo decorrido da aplicação. Porém, espera-se que o canal implantado num solo corrigido de acordo com as necessidades locais de fósforo e calcário possa se desenvolver com mais vigor que aquele implantado em solo desequilibrado, seja pela falta, seja pelo excesso de corretivos.

Conclusões

Os resultados obtidos pela análise comparativa permitem concluir que, para a situação da Usina Jalles Machado, a adoção da aplicação em taxa variada nas fazendas estudadas gera economia de insumos. Porém, deixam claro também que os dados não podem ser extrapolados para outras situações. Os resultados podem variar grandemente em função da própria variabilidade espacial encontrada em áreas diferentes.

A tecnologia de agricultura de precisão vai além da aplicação em taxa variada. Ela deve ser encarada como uma nova maneira de gerenciar grandes áreas, e não apenas como uma recomendação diferente da tradicional. A adoção de outras tecnologias complementares pode facilitar e melhorar a implementação da agricultura de precisão na usina.

Agradecimentos

Os autores agradecem à Usina Jalles Machado pelo suporte dado à realização deste trabalho.

Referências bibliográficas

- RAIL B.V.Fertilidade do solo e adubação. Campinas, Associação brasileira para pesquisa da potassa e do fosfato, 1991. 93-94p.
- MOHAMED, S.B. ; EVANS, E,J.; SHIEL, R.S. Mapping techniques and intensity of soil sampling for precision farming. Department of Agriculture &AES, University of Newcastle, United Kingdom, 1996.217p.
- MOLIN. J.P.; Utilização de GPS em agricultura de precisão. Engenharia Agrícola, Jaboticabal, v17, n3, p121, mar, 1998.
- RAIL B.V.Fertilidade do solo e adubação. Campinas, Associação brasileira para pesquisa da potassa e do fosfato, 1991. 90p.
- MOLIN, J.P. Circuito Brasil de agricultura de precisão. Etapa Ponta Grossa, 13 e 14 de março de 2000, 34 p.