

AVALIAÇÃO AMBIENTAL DE PRÁTICAS DE MANEJO SÍTIO ESPECÍFICO APLICADAS À PRODUÇÃO DE GRÃOS NA REGIÃO DE RIO VERDE (GO)

*ENVIRONMENTAL ASSESSMENT OF SITE-SPECIFIC MANAGEMENT PRACTICES APPLIED TO GRAIN CROPS
IN THE RIO VERDE REGION (GOIÁS, BRAZIL)*

Geraldo Stachetti Rodrigues^{1*}, Cláudio César de Almeida Buschinelli², Derli Prudente Santana³, Alessandro Guerra da Silva⁴,
Bruna Marcela Camilli Pastrello⁵

Resumo

Denomina-se Agricultura de Precisão (AP) o conjunto de ações de gestão de sistemas de produção agropecuária que consideram a variabilidade espacial local dos campos de produção e realizam o manejo de insumos e recursos de forma sítio-específica. A AP surgiu em resposta a um mercado crescentemente competitivo, que demanda maior volume de produção, a preços baixos e com promoção da sustentabilidade. Com o objetivo de verificar o potencial da AP para atingimento desse último objetivo, procedeu-se à avaliação da produção de grãos em sistema plantio direto em estabelecimentos rurais dedicados ou não à aplicação de técnicas de AP, na região de Rio Verde (GO). Para tanto, empregou-se o Sistema de Avaliação Ponderada de Impacto Ambiental de Atividades do Novo Rural (APOIA-NovoRural), que consiste de um conjunto de 62 indicadores, integrados em cinco dimensões de sustentabilidade: (i) Ecologia da Paisagem, (ii) Qualidade dos Compartimentos Ambientais (Atmosfera, Água e Solo), (iii) Valores Socioculturais, (iv) Valores Econômicos, e (v) Gestão e Administração. Os resultados apontaram importantes contribuições dos estabelecimentos estudados para o desenvolvimento local sustentável, dadas as medidas de manejo, organização produtiva e gestão ambiental observadas. O contraste mais evidente entre os

estabelecimentos que aplicam ou não práticas de AP foi referente ao manejo químico do solo, sendo que a AP permitiu a correção da acidez potencial, promovendo elevação da saturação em bases e possibilitando níveis mais elevados de produtividade. Os resultados atestam o valor da AP para promoção do desempenho ambiental de estabelecimentos rurais, com especial referência para a qualidade do solo.

Palavras-chave: Agricultura de precisão; Gestão ambiental; Avaliação de impactos ambientais; Desenvolvimento sustentável; APOIA-NovoRural

Abstract

Precision Agriculture (PA) is being defined as the set of agricultural practices that consider the fine spatial variability in the field and, accordingly, carry out site-specific management of inputs and resources. It is a response to a market demanding increasing production volumes with lower prices, and concerned with sustainable development. Aiming at checking the potential of PA to favor this latter objective, an assessment of grain crops production was carried out in rural establishments dedicated or not to PA practices, in the Rio Verde region (Goiás, Brazil). The analysis applied the 'System for Weighed Environmental Impact Assessment of New Rural

¹ Ecólogo, Pesquisador PhD. Embrapa Labex Europe, Agropolis International. Montpellier CEDEX 5, 34394, France. stachetti-rodrigues@agropolis.fr

² Ecólogo, Pesquisador Dr. Embrapa Meio Ambiente. Rod. SP 340, km 127,5, Jaguariúna (SP). 13820-000.

³ Eng. Agrônomo, Pesquisador Dr., Embrapa Milho e Sorgo. Sete Lagoas (MG).

⁴ Eng. Agrônomo, Professor Dr., Faculdade de Agronomia, Fesurv - Universidade de Rio Verde, Rio Verde (GO).

⁵ Engenheira Ambiental, Bolsista PIBIC/CNPq, Meio Ambiente. Rod. SP 340, km 127,5, Jaguariúna (SP). 13820-000.

(Recebido para publicação em 22/11/2007 aprovado em 13/08/2008)

Activities' (APOIA-NovoRural) which consists of a set of 62 indicators, integrated in five sustainability dimensions: (i) Landscape Ecology; (ii) Environmental Quality (atmosphere, water and soil); (iii) Sociocultural Values; (iv) Economic Values; and (v) Management and Administration. The results pointed out important contributions of the studied rural establishments to local sustainable development, owing to several managerial and organizational procedures observed. In general, impact indices were above the baseline sustainability level for most indicators, in all assessment dimensions, resulting in favorable environmental performances for the studied establishments. The main contrast between rural establishments that apply or not PA practices referred to soil chemistry management, with PA favoring correction of potential acidity, thus promoting increase in the cation saturation and allowing higher levels of productivity. The results attest the role of PA for promoting the environmental performance of rural establishments, with special reference to soil quality.

Key words: Precision agriculture; Best management practices; Environmental impact assessment; Sustainable development; APOIA-NovoRural

Introdução

A agricultura atual deve enfrentar o desafio de aumentar a produção em resposta à demanda da crescente população. Tecnologias ligadas ao sensoriamento remoto, a sistemas de informações geográficas (SIGs) e ao sistema de posicionamento global por satélite (GPS) vêm propiciando o desenvolvimento da chamada agricultura de precisão (AP), que permite o manejo sítio-específico das práticas agrícolas, com maior eficiência de aplicação de insumos, diminuição dos custos de produção e redução dos impactos sobre o ambiente (MACHADO et al., 2004; BONGIOVANNI et al., 2006).

Com o objetivo de promover o desenvolvimento de práticas de AP, a Embrapa e parceiros do Sistema Nacional de Pesquisa Agropecuária vêm desenvolvendo o projeto "Rede de Conhecimento em Agricultura de Precisão para Condições do Cerrado e dos Campos Gerais", que inclui uma atividade voltada à avaliação das contribuições das práticas de AP para promoção da sustentabilidade e melhoria do desempenho ambiental dos estabelecimentos rurais. O

presente trabalho apresenta a avaliação ambiental de estabelecimentos rurais dedicados à produção de grãos em sistema plantio direto, com e sem a aplicação de práticas de AP, com vistas à promoção da gestão ambiental e da sustentabilidade.

Material e Métodos

A avaliação de sustentabilidade que compõe o cerne do presente estudo sobre as contribuições da AP para o desempenho ambiental dos estabelecimentos rurais foi procedida empregando-se o Sistema de Avaliação de Impacto Ambiental de Atividades do Novo Rural (APOIA-NovoRural, RODRIGUES & CAMPANHOLA, 2003). O sistema APOIA-NovoRural consta de um conjunto integrado de 62 indicadores ambientais construídos em matrizes escalares de ponderação (RODRIGUES, 1998), formuladas para a avaliação sistêmica de uma atividade rural, de acordo com cinco dimensões de sustentabilidade: i) Ecologia da Paisagem, ii) Qualidade Ambiental (Atmosfera, Água e Solo), iii) Valores Socioculturais, iv) Valores Econômicos e v) Gestão e Administração (RODRIGUES & MOREIRA-VINÃS, 2007).

O estabelecimento rural é a escala espacial de análise, a qual é procedida de forma quantitativa, avaliando-se os efeitos da atividade rural em cada um e todos os indicadores, e automaticamente calculando os índices de impacto, de acordo com fatores de ponderação apropriados, construídos a partir de uma revisão de métodos de avaliação de impactos (ANDREOLI & TALEARINI, 2000; BISSET, 1987; CANTER, 1977; 1979; DEE et al., 1973; BOCKSTALLER et al., 1997; BOSSHARD, 2000; GIRARDIN et al. 1999; 2000; MCDONALD & SMITH, 1998; MONTEIRO & RODRIGUES, 2006; NEHER, 1992; RODRIGUES et al., 2000; ROSSI & NOTA, 2000), além de discussões em grupos de especialistas e workshops, seguidos de validação de campo para diferentes setores produtivos (RODRIGUES et al., 2006). O conjunto completo de indicadores do Sistema APOIA-NovoRural, e suas respectivas unidades de medição, pesquisadas no campo e em análises laboratoriais são apresentados em RODRIGUES et al. (2003).

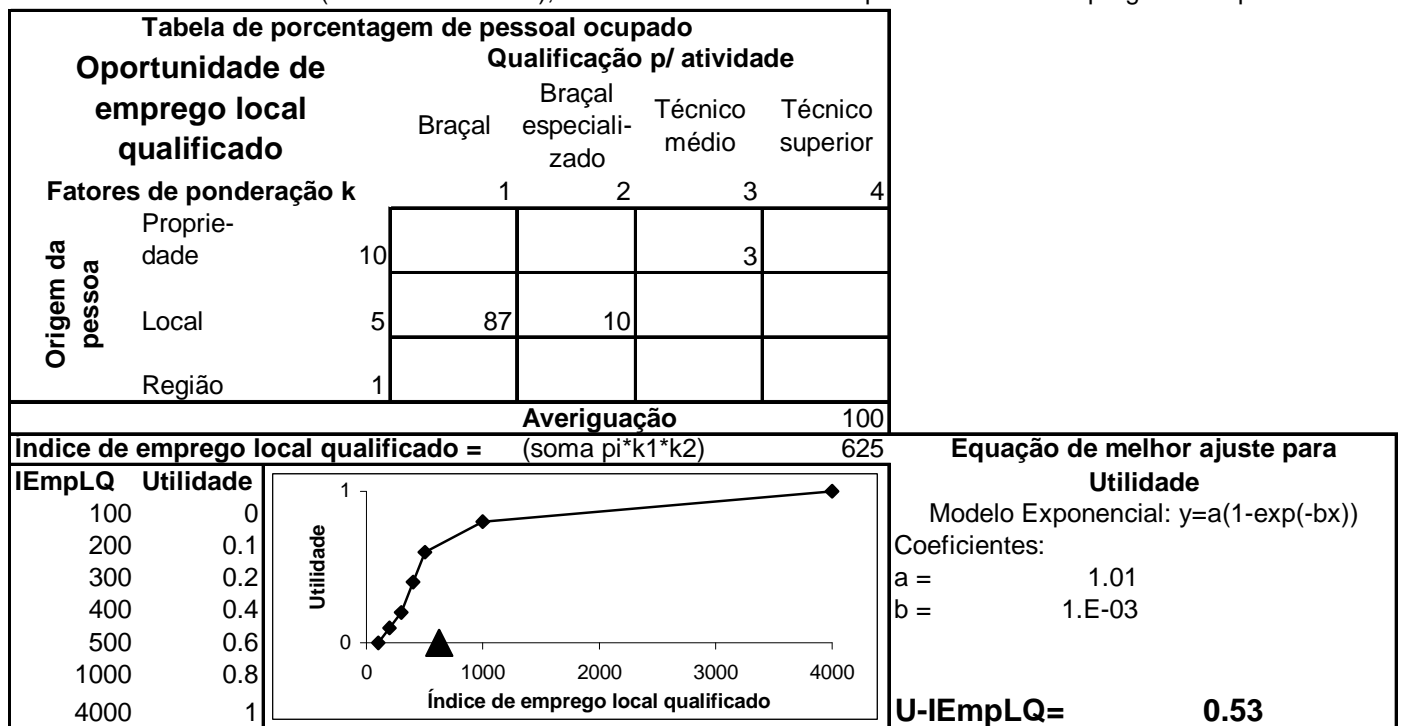
As avaliações são realizadas tendo-se a inovação tecnológica ou nova prática de manejo como

foco, analisando as situações anteriores e posteriores à sua implantação. As informações requeridas para preenchimento das matrizes de ponderação são obtidas em uma vistoria de campo (auxiliada por GPS, mapas e imagens de satélite) e levantamento de dados com questionário estruturado sobre o histórico administrativo do estabelecimento rural em entrevista com o responsável. Outros indicadores, relacionados à qualidade do solo e da água, são obtidos por instrumentação de campo e análises laboratoriais. Alguns indicadores de qualidade da água (O₂, pH, Condutividade, Turbidez) foram medidos no campo com uma sonda Multi-parâmetro Horiba (U-10). Nitrato foi analisado com colorímetro de campo Merck RQFlex. Níveis de coliformes fecais foram estimados usando tiras de papel para cultura Technobac (AlphaTecnoc Química). Amostras de água foram trazidas ao laboratório para análise do conteúdo de Fosfato e Clorofila com espectrofotômetro HACH. Amostras de solo foram analisadas para todos os

parâmetros de rotina e obtidas em análises disponíveis nos estabelecimentos.

Todas as matrizes de ponderação (MS-Excel®) são construídas para transformar as variáveis dos indicadores para índices de impacto ambiental, segundo funções de utilidade (escala normalizada de 0 a 1, com o valor da linha de base de conformidade ambiental estabelecido em 0,7; BISSET, 1987 - Figura 1). Tabelas de conversão entre o índice de impacto do indicador para valores de utilidade (abaixo à esquerda da Figura 1) foram derivadas de acordo com padrões de qualidade ambiental definidos na legislação ou recomendados na literatura científica, ou com base em consulta a especialistas nas diferentes áreas de competência relativas a cada indicador e dimensão de sustentabilidade, conforme apropriado. Essas funções de utilidade expressam as linhas base de desempenho ambiental para cada indicador em particular, e foram derivadas em testes de sensibilidade e de probabilidade, caso a caso para cada indicador (GIRARDIN et al., 1999)

Figura 1. Matriz de ponderação típica do “Sistema de Avaliação Ponderada de Impacto Ambiental de Atividades do Novo Rural” (APOIA-NovoRural), mostrando o indicador ‘Oportunidade de emprego local qualificado’.



No teste de probabilidade definem-se os limites da escala (máximo e mínimo) e o valor de conformidade (0,7) para o indicador, de acordo com a solução numérica da variável que define o indicador (no

exemplo da Figura 1, porcentagem do pessoal ocupado, segundo origem e qualificação para atividade). No teste de sensibilidade definem-se a direção do indicador (se positivo ou negativo) e o

significado das mudanças trazidas acerca da atividade avaliada, segundo relação quantitativa com o desempenho estabelecido na linha de base. Estes testes permitem a construção de uma tabela de correspondência entre os índices de impacto do indicador (no exemplo, $I_{EmpLQ} = \sum p_i * k_1 * k_2$) e os valores de utilidade, os quais são então apresentados graficamente. Esse relacionamento de correspondência é, então, matematicamente efetivado por uma equação de melhor ajuste, resultando na expressão do índice do impacto em valores de utilidade (U- I_{EmpLQ} , no presente exemplo = 0,53, Figura 1). Finalmente esses índices são integrados pelo valor médio em cada dimensão de sustentabilidade, bem como para o conjunto de 62 indicadores considerados na avaliação. Para detalhes sobre a construção do sistema APOIA-NovoRural e das matrizes de ponderação ver RODRIGUES et al. (2003)

Matrizes de ponderação similares àquela apresentada na Figura 1 são disponíveis para os 62 indicadores do Sistema APOIA-NovoRural, permitindo a avaliação integrada de sustentabilidade. Os resultados da avaliação são apresentados em forma de gráficos impressos, expressando o desempenho da atividade em avaliação para cada um dos indicadores, comparativamente com a linha de base definida. Os resultados para todos indicadores são combinados pela média dos valores de utilidade para cada dimensão considerada e para o conjunto integrado de indicadores, compondo um diagrama síntese dos impactos para as cinco dimensões de avaliação e para a atividade como um todo. Com exceção dos indicadores que exigem análise laboratorial, é possível visualizar os resultados parciais imediatamente ao final da entrevista com o proprietário/responsável, o que facilita sua compreensão e alcance da avaliação. Ao final da avaliação formula-se um Relatório de Gestão Ambiental, entregue ao produtor rural, para sua tomada de decisão para minimização dos impactos negativos e maximização dos impactos positivos, contribuindo para o desenvolvimento local sustentável.

Área de estudo

A região de Rio Verde em Goiás (17°33'29" Latitude Sul, 51°13'39" Longitude Oeste, altitude 900 m) encontra-se em uma mancha de ocorrência de

Floresta Tropical Subcaducifólia dentro do Bioma dos Cerrados. Apresenta relevo suave ondulado com largas distâncias interfluviais e solos profundos, bem drenados, textura argilosa e com fertilidade natural de média a alta, em geral com elevados níveis de acidez potencial e alumínio trocável quando manejado incorretamente (EMBRAPA, 1991; 1993).

Os levantamentos de campo para avaliação de desempenho ambiental da AP foram realizados em dois estabelecimentos selecionados por membros do projeto "Rede de Conhecimento em Agricultura de Precisão para Condições do Cerrado e dos Campos Gerais" na região, que é expoente na adoção de inovações tecnológicas agropecuárias. Os estabelecimentos foram escolhidos para cobrir a abrangência de escalas de produção e atividades produtivas típicas, tais como definido nos objetivos do projeto, e definindo como diferença principal entre os estabelecimentos o seu correspondente nível de aplicação de técnicas de AP.

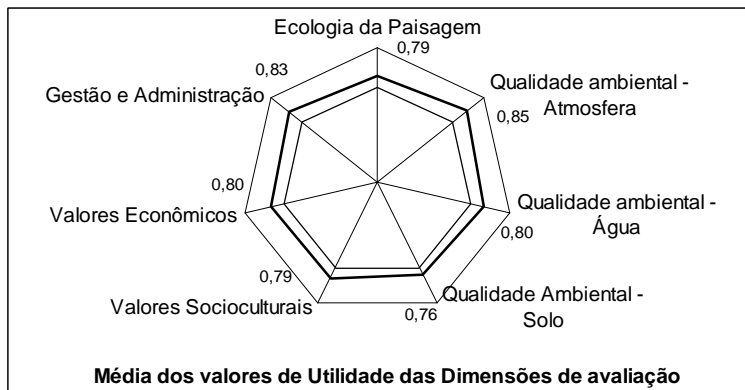
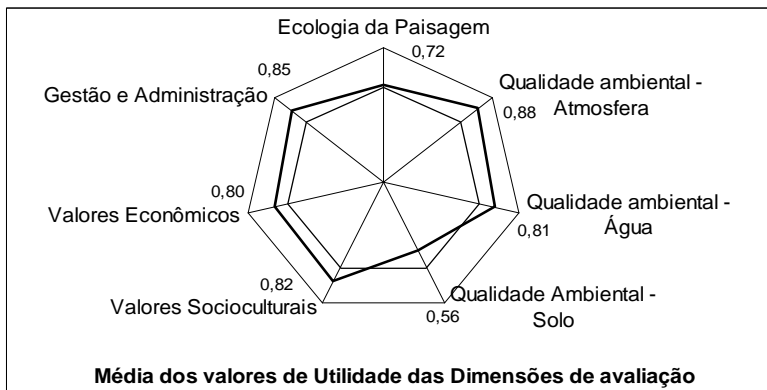
O estabelecimento A possui 615 hectares, dedicados à cultura de grãos (soja, milho, sorgo, milheto, feijão) no sistema plantio direto como principal atividade, tendo a criação bovina extensiva como atividade acessória. Embora apresentando elevados níveis tecnológicos e padrões de gestão, não são empregadas práticas de AP. O estabelecimento B conta com 3.000 hectares dedicados à produção de grãos (soja, milho, sorgo, milheto, feijão, algodão, etc.) no sistema de plantio direto, com aplicação de técnicas avançadas de AP em ciclo completo (colheita com registro de produtividade, mapeamento de fertilidade e disponibilidade hídrica em nível de detalhe, aplicação de insumos sítio específica) desde 2003. Há ainda no estabelecimento criação de bovinos de corte em integração lavoura-pecuária no Sistema Santa Fé.

Resultados e Discussão

Importantes contribuições para o desenvolvimento local sustentável foram observadas nos dois estabelecimentos estudados, resultado da adoção de boas práticas de manejo agropecuário, medidas organizacionais referentes às condições de trabalho e de administração, bem como de cuidados na gestão ambiental, especialmente no que concerne a Ecologia da Paisagem e o cumprimento da legislação ambiental.

Ambos os estabelecimentos alcançaram índices de sustentabilidade acima da linha de base do Sistema APOIA-NovoRural (0,76 e 0,80 para os

estabelecimentos A e B, respectivamente), sendo que somente a dimensão Qualidade do solo no estabelecimento A resultou abaixo desse índice (0,56 – Figura 2).



Estabelecimento A

Estabelecimento B

Figura 2. Avaliação de sustentabilidade em estabelecimentos rurais dedicados a cultivo de grãos em sistema de plantio direto (A) e plantio direto com práticas de agricultura de precisão em ciclo completo (B), empregando-se o 'Sistema de Avaliação Ponderada de Impacto Ambiental de Atividades do Novo Rural' (APOIA-NovoRural), na região de Rio Verde (GO). Nos gráficos tipo radar (acima) o traço fino representa a linha de base (igual a 0,7) e os resultados para as dimensões de sustentabilidade (traço em destaque) estão expressos numericamente.

Alguns indicadores da dimensão Ecologia da Paisagem no Estabelecimento A apontaram oportunidades para melhoria do desempenho ambiental, especialmente a Diversidade produtiva (devido à ausência de integração lavoura-pecuária); o Cumprimento com Requerimento de Reserva Legal (que não atinge o estabelecido pela legislação, no estabelecimento); e o Risco de incêndio, dado o acúmulo de palha no sistema de plantio direto, e ausência de medidas preventivas de incêndio. Ainda assim, o índice de sustentabilidade para esta dimensão (0,72) resultou acima de linha de base de

conformidade ambiental no Estabelecimento A. Por seu turno, o Estabelecimento B apresentou excelentes resultados para os indicadores desta dimensão (índice de sustentabilidade para a média dos indicadores = 0,79).

O conjunto de indicadores das dimensões de caráter socioeconômico resultou muito favorável nos dois estabelecimentos estudados, com índices de sustentabilidade acima da linha de base do Sistema APOIA-NovoRural (médias variando entre 0,79 e 0,85) para praticamente todos os indicadores, com exceção marcante no Nível de endividamento corrente no Estabelecimento A (0,54), devido à

tendência de endividamento (que cresceu moderadamente), e principalmente ao nível de comprometimento da renda com amortização de dívidas (maior que 30%). Os principais destaques de desempenho foram obtidos, respectivamente para os estabelecimentos A e B, nos indicadores Qualidade do emprego (0,95 para ambos), Oportunidade de emprego local qualificado (0,94 e 0,93), Renda líquida (1,0 para ambos) e Valor da propriedade (1,0 e 0,98; Figura 2).

Os índices de sustentabilidade mais favoráveis, em ambos os estabelecimentos, foram obtidos na dimensão Gestão e Administração (média dos indicadores = 0,85 e 0,83 para os estabelecimentos A e B, respectivamente). Isso deveu-se, principalmente, aos indicadores Dedicção e perfil do responsável (1,0), Disposição de resíduos (0,80) e Relacionamento institucional (0,83) no Estabelecimento A; e Condição de comercialização (0,88) e Relacionamento institucional (1,0) no Estabelecimento B, este último influenciado positivamente pelo nível de Acesso à assistência técnica (Fesurv, Embrapa), Associativismo e à Filiação tecnológica nominal (AP) exercidos pelo responsável.

O principal contraste resultante da avaliação de desempenho ambiental entre os estabelecimentos ocorreu na dimensão Qualidade do solo (índices de desempenho = 0,56 e 0,76, para os estabelecimentos A e B, respectivamente). Ainda que em ambos os

estabelecimentos as medidas de manejo químico do solo venham implicando melhorias importantes nos conteúdos de macronutrientes (que em geral mantêm-se em níveis moderados de disponibilidade), em especial de fósforo e potássio, o Estabelecimento A mantém um alto nível de acidez potencial (69 mmolc/dm^3), resultando em um índice baixo de conformidade para o indicador (0,11), com implicações negativas na saturação de bases (26,6%, índice = 0,20, ver Tabela 1).

Em contraste, além da correção (ainda parcial) nos conteúdos de P e K, o Estabelecimento B vem corrigindo o conteúdo de Mg (12 mmolc/dm^3 , índice = 0,95) e principalmente o nível de Acidez potencial ($1,0 \text{ mmolc/dm}^3$, índice = 1,0), resultando em 97,4% de saturação de bases (índice = 0,98), o que permite alcançar níveis de produtividade muito superiores. De acordo com dados levantados no estabelecimento, desde a implantação das práticas de manejo sítio específico no estabelecimento, especialmente a partir de 2003 quando o ciclo completo de AP vem sendo exercido, da colheita com monitoramento de rendimento, análise detalhada e mapeamento de nutrientes no solo e aplicação em dose variável de insumos, a produtividade de soja tem excedido as 75 sacas (60 kg) por hectare, atestando a eficiência do manejo e corroborando os resultados de potencial produtivo expressos na Tabela 1.

Tabela 1. Indicadores de Qualidade do Solo conforme estimativas dos parâmetros analíticos, e índices de desempenho ambiental (em valores de utilidade) obtidos para dois estabelecimentos rurais dedicados à produção de grãos em sistema de plantio direto (A) e plantio direto com práticas de agricultura de precisão (B), empregando-se o 'Sistema de Avaliação Ponderada de Impacto Ambiental de Atividades do Novo Rural' (APOIA-NovoRural), na região de Rio Verde (GO).

Indicadores	Estabelecimento A			Estabelecimento B		
	Estimativa do indicador antes	Estimativa do indicador depois	Valor de utilidade	Estimativa do indicador antes	Estimativa do indicador depois	Valor de utilidade
Matéria Orgânica	3,0	2,6	0,35	4,5	4,5	0,56
pH	4,5	4,4	0,91	4,5	5,0	0,99
P resina	6,4	23,3	0,57	10	15	0,40
K trocável	1,0	1,0	0,29	1,2	1,5	0,40
Mg trocável	7,0	6,0	0,86	10	12	0,95
H + Al	64	69	0,11	3,0	1,0	1,0
Soma de bases	28	25	0,56	31,2	38,5	0,81
CTC	92	94	0,98	34,2	39,5	0,82
Volume de bases	30,4	26,6	0,20	91,2	97,4	0,98
Erosão	_____	Redução da erosão laminar em 100% da área	0,75	_____	Inalterada a erosão laminar em 100% da área	0,60
Índice de Qualidade do Solo			0,56			0,76

A avaliação de sustentabilidade procedida com o Sistema APOIA-NovoRural no presente estudo para os estabelecimentos rurais não pode ser vinculada, em sua totalidade de indicadores e dimensões de avaliação, aos efeitos diretos das práticas de Agricultura de Precisão e sua influência no desempenho ambiental dos estabelecimentos estudados. O desempenho nas dimensões Ecologia da Paisagem, Valores Socioculturais, e Gestão e Administração, em especial, resultam de práticas administrativas e organizacionais que ultrapassam a contribuição direta da AP para a sustentabilidade. Outras dimensões, como a Qualidade da Água e os Valores Econômicos, tendem a receber influências do sistema de manejo, de forma indireta ou secundária (MANTOVANI et al., 2004).

Por outro lado, a dimensão Qualidade do Solo é diretamente e especificamente influenciada pelas práticas de manejo sítio específico (MACHADO et al., 2004), conforme enfatizado nos resultados deste trabalho. Os estudos de adubação em dose variável têm apontado a preponderância do problema de acidificação dos solos e a prioridade de sua correção, como requisito para a eficácia das medidas manejo químico dos solos proporcionada pelas técnicas de AP (GAMBAUDO & BONGIOVANNI, 2006). O contraste entre os resultados obtidos para os estabelecimentos que aplicam ou não estas técnicas, demonstrado no presente trabalho, atesta o valor da AP para promoção do desempenho ambiental de estabelecimentos rurais, com especial referência para a qualidade do solo.

Em seu alcance integrado, contudo, o conjunto de indicadores e dimensões de avaliação do Sistema APOIA-NovoRural, consolidados nos Relatórios de gestão ambiental apresentados aos produtores participantes da pesquisa, consiste um valioso instrumento de manejo e tomada de decisão para a promoção da sustentabilidade dos estabelecimentos rurais.

Conclusões

Segundo avaliação integrada de desempenho ambiental procedida com 62 indicadores de sustentabilidade, a adoção de práticas de manejo sítio específico associadas ao conceito geral de agricultura de precisão favorece fortemente o manejo da qualidade do solo, permitindo ganhos de produtividade e rentabilidade, via economia de insumos. A similaridade de desempenho ambiental entre os estabelecimentos rurais estudados, no tocante às outras dimensões de sustentabilidade, indica, de uma lado, adequação do sistema plantio direto para conservação da qualidade da água e prevenção de emissões atmosféricas; e de outro, preocupação dos responsáveis em relação à adequação ambiental e aos valores socioculturais, econômicos e de gestão e administração dos estabelecimentos.

Referências Bibliográficas

ANDREOLI, M. & TELLARINI, V. Farm sustainability evaluation: methodology and practice. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v.77, p. 43-52, 2000.

BISSET, R. **Methods for environmental impact assessment: a selective survey with case studies**. In: Biswas, A.K.; Geping, Q., (Eds). **Environmental Impact Assessment for Developing Countries**. London: Tycooly International, 1987. p. 3-64.

BOCKSTALLER, C., GIRARDIN, P., VAN DER WERF, H.M.G. Use of agro-ecological indicators for the evaluation of farming systems. **European Journal of Agronomy**, v. 7, p. 261-270, 1997.

BOMGIOVANNI, R.; MANTOVANI, E. C. et al., **Agricultura de Precisión: integrando conocimientos para una agricultura moderna y sustentable**. Montevideu: Procisur. 2006. 242 p.

BOSSHARD, A. A methodology and terminology of sustainability assessment and its perspectives for rural

planing. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 77, p. 29-41, 2000.

CANTER, L. W. **Environmental Impact Assessment**. McGraw-Hill Series in Water Resources and Environmental Engineering. Chow, V. T.; Eliassen, R.; Linsley, K. (Eds). New York: McGraw-Hill Book Company, 331 p, 1977.

CANTER, L. W. & HILL, G. L. **Handbook of Variables for Environmental Impact Assessment**. Ann Arbor (MI): Ann Arbor Science Publishers Inc. 203 p. 1979.

DEE, N.; BAKER, J.; et al. **An environmental evaluation system for water resource planning**. v. 9, n. 3, p. 523-535, 1973.

EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. Delineamento macro-agroecológico do Brasil. Rio de Janeiro, 1991. 114p. Acompanha 1 mapa escala 1:5.000.000. (EMBRAPA-SNLCS. Boletim de Pesquisa, 37).

EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. Delineamento macro-agroecológico do Brasil 1992/93. Rio de Janeiro, 1993. 1 mapa, color., 113cm X 85,5cm. Escala 1 : 5.000.000.

GAMBAUDO, S. & BONGIOVANNI. Enclado con dosis variable. In: BOMGIOVANNI, R.; MANTOVANI, E. C. et al., **Agricultura de Precisión: integrando conocimientos para una agricultura moderna y sustentable**. Montevideu: Procisur. 2006. pp. 111-123.

GIRARDIN, P., BOCKSTALLER, C., VAN DER WERF, H. Indicators: tools to evaluate the environmental impacts of farming systems. **Journal of Sustainable Agriculture**, v. 13, n. 4, p. 5-21, 1999.

GIRARDIN, P., BOCKSTALLER, C., VAN DER WERF, H. Assessment of potential impacts of agricultural practices on the environment: the AGRO*ECO method. **Environmental Impact Assessment Review**, v. 20, p. 227-239, 2000.

MACHADO, P. L. de A.; BERNARDI, A. D. de C.; SILVA, C. A. **Agricultura de Precisão para o Manejo da fertilidade do Solo em Sistema Plantio Direto**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos. 2004. 209 p.

MACHADO, L. O. de A.; SILVA, C. A.; et al. Variabilidade de atributos de fertilidade e espacialização da recomendação de adubação e calagem para a soja. In: MACHADO, P. L. de A.; BERNARDI, A. D. de C.; SILVA, C. A. **Agricultura de Precisão para o Manejo da fertilidade do Solo em Sistema Plantio Direto**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos. 2004. pp. 115-129.

MANTOVANI, C. E.; CARVALHO PINTO, F. de A. de; QUEIROZ, D. M. de. Introdução a la agricultura de precisión. In: BOMGIOVANNI, R.; MANTOVANI, E. C. et al., **Agricultura de Precisión: integrando conocimientos para una agricultura moderna y sustentable**. Montevideu: Procisur. 2006. pp. 15-22.

MCDONALD, G.T. & SMITH, C.S. Assessing the sustainability of agriculture a the planning stage. **Journal of Environmental Management**, v. 52, p. 15-37, 1998.

NEHER, D. Ecological sustainability in agricultural systems: definition and measurement. **Journal of Sustainable Agriculture**, v.2, n.3, p.51-61, 1992.

RODRIGUES, G. S. & CAMPANHOLA, C. Sistema integrado de avaliação de impacto ambiental aplicado a atividades do novo rural. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v. 38, n. 4, p. 445-451, 2003.

RODRIGUES, G. S.; CAMPANHOLA, C.; et al. **Avaliação de impacto ambiental de atividades em estabelecimentos familiares do novo rural**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2003. 44 p. (Embrapa Meio Ambiente. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 17). Disponível em http://www.cnpma.embrapa.br/download/boletim_17.pdf

RODRIGUES, G. S.; CAMPANHOLA, C.; et al. Gestão Ambiental de Atividades Rurais: estudos de caso em Agroturismo e Agricultura orgânica. **Agricultura em São Paulo**. v. 53, n. 1, p 17-31. 2006.

RODRIGUES, G. S.; MOREIRA-VINÃS, A. An environmental impact assessment system for responsible rural production in Uruguay. **Journal of Technology Management and Innovation**. v. 2, n. 1, p 42-54. 2007.

ROSSI, R. & NOTA, D. Nature and landscape production potentials of organic types of agriculture: a check of evaluation criteria and parameters in two Tuscan farm-landscapes. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 77, p. 53-64, 2000.