

APTIDÃO AGRÍCOLA NA ÁREA DE RECARGA DO AQUÍFERO GUARANI: CASO DA MICROBACIA HIDROGRÁFICA DO CÓRREGO DO ESPRAIADO, RIBEIRÃO PRETO – SP

Emília Hamada¹; Maria Leonor Lopes Assad²; Danilla Alves Pereira³

RESUMO

O Sistema Aquífero Guarani é considerado a maior reserva estratégica de água doce da América Latina e um dos maiores sistemas aquíferos do mundo, com aproximadamente 70% de sua área localizada no Brasil. As faixas de recarga ou afloramento e áreas adjacentes são regiões de infiltração natural das águas, com elevada vulnerabilidade. Nessas áreas estão presentes diferentes sistemas de produção agrícola e alguns desses sistemas são de agricultura intensiva. O objetivo deste trabalho foi determinar a aptidão agrícola da microbacia hidrográfica do Córrego do Espraiado, Ribeirão Preto-SP, localizada sobre a área de recarga do Aquífero Guarani, considerando as potencialidades das terras e das águas na região estudada. A microbacia ocupa uma área de aproximadamente 4.131 ha, com predomínio da cana-de-açúcar. O projeto do banco de dados foi estruturado no Sistema de Informação Geográfica (SIG) Idrisi 32. A avaliação da aptidão agrícola das terras foi feita, considerando o sistema de produção agrícola intensivo predominante na microbacia, ajustado para a vulnerabilidade das áreas de recarga do aquífero e para a metodologia de emprego de SIG. Na microbacia predominam Latossolos e Nitossolos, que possuem aptidão boa ou regular para culturas em sistemas de produção intensivos. Observa-se também a presença de Neossolos Quartzarênicos, que ocorrem em pequena faixa. Esses solos desempenham um importante papel na recarga direta do aquífero devido à sua elevada permeabilidade. A avaliação de aptidão agrícola de terras, em particular na área de abrangência do Aquífero Guarani, deve considerar tanto as potencialidades do solo, quanto o impacto que o uso agrícola pode causar na quantidade e na qualidade da água infiltrada.

Palavras-chave: Planejamento agroambiental; Geoprocessamento.

LAND SUITABILITY IN THE RECHARGING AREA OF GUARANI AQUIFEROUS: CASE OF ESPRAIADO STREAM WATERSHED, RIBEIRÃO PRETO - SP

ABSTRACT

The Guarani Aquiferous System is Latin America's biggest strategical freshwater reserve and one of the world's biggest aquifer systems, with approximately 70% of its area located in Brazil. The recharging areas and adjacent areas are regions of natural water infiltration, with high vulnerability. In these areas there are different agricultural production systems and some of them are intensive systems. The objective of this work was to evaluate the land suitability of the watershed of the Espraiado stream, Ribeirão Preto-SP, located on the recharging area of the Guarani Aquifer, considering the potentialities of lands and waters in the studied region. The area of the watershed is approximately 4,131 ha, with predominance of sugar cane culture. The data base project was constructed in the Geographic Information System (GIS) Idrisi 32. The land suitability evaluation was done considering the intensive agricultural production system predominant in the watershed, adjusted for the vulnerability of the areas of recharge and for the methodology of SIG. In the watershed, Oxisols and Nitosols are dominant, with good or regular aptitude for cultures in intensive agricultural systems. The presence of Quartzipsamments is also observed, and it occurs in small band. These soils play an important role in the direct recharge of the water-bearing due to its high water permeability. The land suitability evaluation in Guarani Aquifer must consider the soils potentialities and the impact the agricultural use can cause in the quantity and the quality of the infiltrated water.

Key words: Agroambiental planning; Geoprocessing.

Trabalho recebido em 01/12/2005 e aprovado para publicação em 05/12/2005.

¹ Pesquisador, Embrapa Meio Ambiente - CNPMA, CP 69, CEP 13820-000, Jaguariúna - SP.

² Professor, Universidade Federal de São Carlos - UFSCar, CP 153, CEP 13600-970, Araras - SP.

³ Técnico, Embrapa Meio Ambiente - CNPMA, CP 69, CEP 13820-000, Jaguariúna - SP.

1. INTRODUÇÃO

O Sistema Aquífero Guarani é considerado a maior reserva estratégica de água doce da América Latina e um dos maiores sistemas aquíferos do mundo, cobrindo uma área de quase 1,2 milhões de km² (ROCHA, 1996). Estendendo-se ao longo do Brasil, Paraguai, Uruguai e Argentina, esse sistema aquífero refere-se ao pacote de rochas arenosas saturadas com água que ocorrem subjacentes ao conjunto de rochas que constitui a Formação Serra Geral. Essa camada, com espessura que varia de 200 a 800 m, distribui-se numa área de aproximadamente 1.195.000km², dos quais, aproximadamente 848.800km² estão localizados no Brasil, com ocorrência nos estados de Mato Grosso (2,2% do total), Goiás (4,6%), Minas Gerais (4,4%), Mato Grosso do Sul (17,8%), São Paulo (13%), Paraná (11%), Santa Catarina (4,1%) e Rio Grande do Sul (13,2%) (ROSA FILHO et al, 2003).

No Estado de São Paulo, onde o Aquífero Guarani alcança 155.800 km² (ARAÚJO; FRANÇA; POTTER,1995), cerca de 72% dos 645 municípios são total ou parcialmente abastecidos por águas subterrâneas e 47% deles são inteiramente abastecidos por água subterrânea, destacando-se as cidades de Catanduva, Caçapava, Jales, Lins, Ribeirão Preto e Tupã (CETESB, 1997).

Conforme salientam Rosa Filho et al. (2003), o termo Guarani foi proposto em homenagem à memória da nação Guarani e para unificar, sob o ponto de vista hidrogeológico, uma terminologia relativa aos estratos do Triássico (Formações Pirambóia e Rosário do Sul, no Brasil, e Buena Vista, no Uruguai) e do Jurássico (Formações Botucatu, no Brasil, Misiones no Paraguai e Tacuarembó no Uruguai e na Argentina).

Segundo Rosa Filho et al. (2003), o início da formação do Guarani se deu na Era Mesozóica, há cerca de 200 milhões de anos, quando um imenso deserto cobria parte da América do Sul que, formava, juntamente com a África, um único continente. A ação eólica favoreceu o transporte e a sedimentação de areia em gigantescas dunas, formando um pacote sedimentar, o arenito, com grãos arredondados que propiciam uma formação porosa com muitos espaços intercomunicados entre si. Há cerca de 130 milhões de anos, a região foi afetada por intenso vulcanismo fissural, isto é, foi coberto por lavas vulcânicas saídas de fendas quilométricas resultantes do processo de separação entre a América do Sul e a África. As lavas vulcânicas cobriram o arenito e deram origem a uma espessa camada basáltica que funciona como uma capa protetora sobre quase toda a rocha porosa.

O Aquífero Guarani encontra-se confinado em 90% de sua superfície e os 10% restantes têm característica de aquífero livre e constitui sua principal área de recarga direta (CAMPOS, 2000). Segundo Rosa Filho et al. (2003), o confinamento se dá porque a espessa camada arenítica se encontra, em quase toda a extensão do aquífero, sotoposta por rochas basálticas cuja espessura máxima ultrapassa 1.000 metros e apenas nas bordas, em estreita faixa a leste e oeste, o pacote arenoso aflora, conferindo característica livre ao aquífero (Figura 1).

Nessas áreas, a infiltração de água se dá de forma rápida por meio de águas de chuva e a recarga é direta, formando um depósito estimado de 48 mil km³ de água, em profundidades que chegam a 2 mil metros, enquanto que nas áreas onde o basalto aflora, a infiltração é lenta e se dá ao longo de discontinuidades (ROSA FILHO et al., 2003).

No Estado de São Paulo, as áreas de recarga direta ocupam 16 mil km² de superfície (CETESB, 2001). É tanta água que uma exploração racional poderia abastecer continuamente e de forma sustentável uma população de 20 milhões de pessoas, sem comprometer suas reservas, já que o sistema tem capacidade natural de recarga de 40 milhões de m³/ano.

Tanto as faixas de recarga direta ou de afloramento do pacote arenoso quanto as áreas de recarga lenta são regiões de infiltração natural das águas, com alta vulnerabilidade, sendo imperativo o controle das fontes de poluição para que o aquífero possa ser usado ao longo das gerações (ROCHA, 1996).

Embora as águas subterrâneas sejam naturalmente mais protegidas dos agentes contaminantes do que as superficiais, a grande expansão das atividades antrópicas, nas áreas urbanas e rurais, tem provocado a poluição pontual das águas subterrâneas, sobretudo por meio dos lixões, aterros industriais, armazenamento, manuseio e descarte inadequados de produtos químicos, efluentes e resíduos, incluindo os usos indiscriminados de agrotóxicos e fertilizantes (CETESB, 2001).

Nas áreas de recarga direta do Guarani ocorrem afloramentos de arenito, associados aos seus produtos de alteração, que são predominantemente Latossolos Psamíticos e Neossolos Quartzarênicos. Nessas áreas estão presentes diferentes sistemas de produção agrícola (arroz irrigado, cana-de-açúcar, milho, soja, entre outros). Alguns desses sistemas são de agricultura intensiva, que utilizam grande quantidade de insumos. Desta forma, é necessário o estudo da adequação do uso agrícola das terras, analisando de forma

integrada a vulnerabilidade dos recursos naturais, de modo a subsidiar a gestão ambiental das áreas críticas quanto aos riscos de contaminação do aquífero.

O objetivo deste trabalho foi determinar a aptidão agrícola da microbacia hidrográfica do Córrego do Espraiado, Ribeirão Preto - SP, compatibilizada com a exploração racional das águas. Esta informação pode subsidiar à gestão ambiental das áreas agrícolas em áreas de recarga do Aquífero Guarani.

2. MATERIAL E MÉTODOS

A área de estudo é a microbacia hidrográfica do Córrego Espraiado, Ribeirão Preto, SP, que ocupa uma área de cerca de 4.131 ha, com uso predominante da lavoura de cana-de-açúcar. São encontradas também pequenas áreas de matas ciliares marginais aos cursos d'água e campos higrófilos nas áreas mal drenadas das planícies de inundação.

O projeto do banco de dados foi estruturado no Sistema de Informação Geográfica (SIG) Idrisi 32, com sistema de projeção Universal Transversa de Mercator (UTM), os limites da área de 213.002 m e 224.498 m e 7.642.943 m e 7.654.502 m (coordenadas x e y, respectivamente); Datum 23° S e resolução espacial 5 x 5 m.

Foram usadas as seguintes informações como dados de entrada do SIG: cartas topográficas, na escala de 1:10.000, elaboradas pelo Instituto Geográfico e Cartográfico do Estado de São Paulo (IGC): Fazenda Santa Rita do Picadão (SF-23-V-C-I-2-SO-E), Fazenda Santa Maria (SF-23-V-C-I-2-SO-F), Fazenda São Tomáz (SF-23-V-C-I-4-NE-B) e Córrego do Espraiado (SF-23-V-C-I-4-NO-A) e o mapa de solos da microbacia, na escala de 1:25.000 (MIKLÓS; GOMES, 1996).

A entrada dos dados foi realizada com mesa digitalizadora e o software Cartalinx. O Modelo de Elevação Digital (MED) foi obtido pelo método de interpolação de triangulação linear, usando o software Surfer 8.02. Posteriormente, foi obtido o mapa de declividade em percentagem e classificado, a fim de se obter o mapa de classes de declive.

A avaliação da aptidão agrícola das terras foi feita com base no sistema proposto por Ramalho Filho; Beek (1995), considerando o sistema de produção agrícola intensivo predominante na microbacia, ajustado para a vulnerabilidade das áreas de recarga do aquífero e a metodologia de emprego de SIG proposta por Lopes-Assad; Hamada; Cavalieri, (1998).

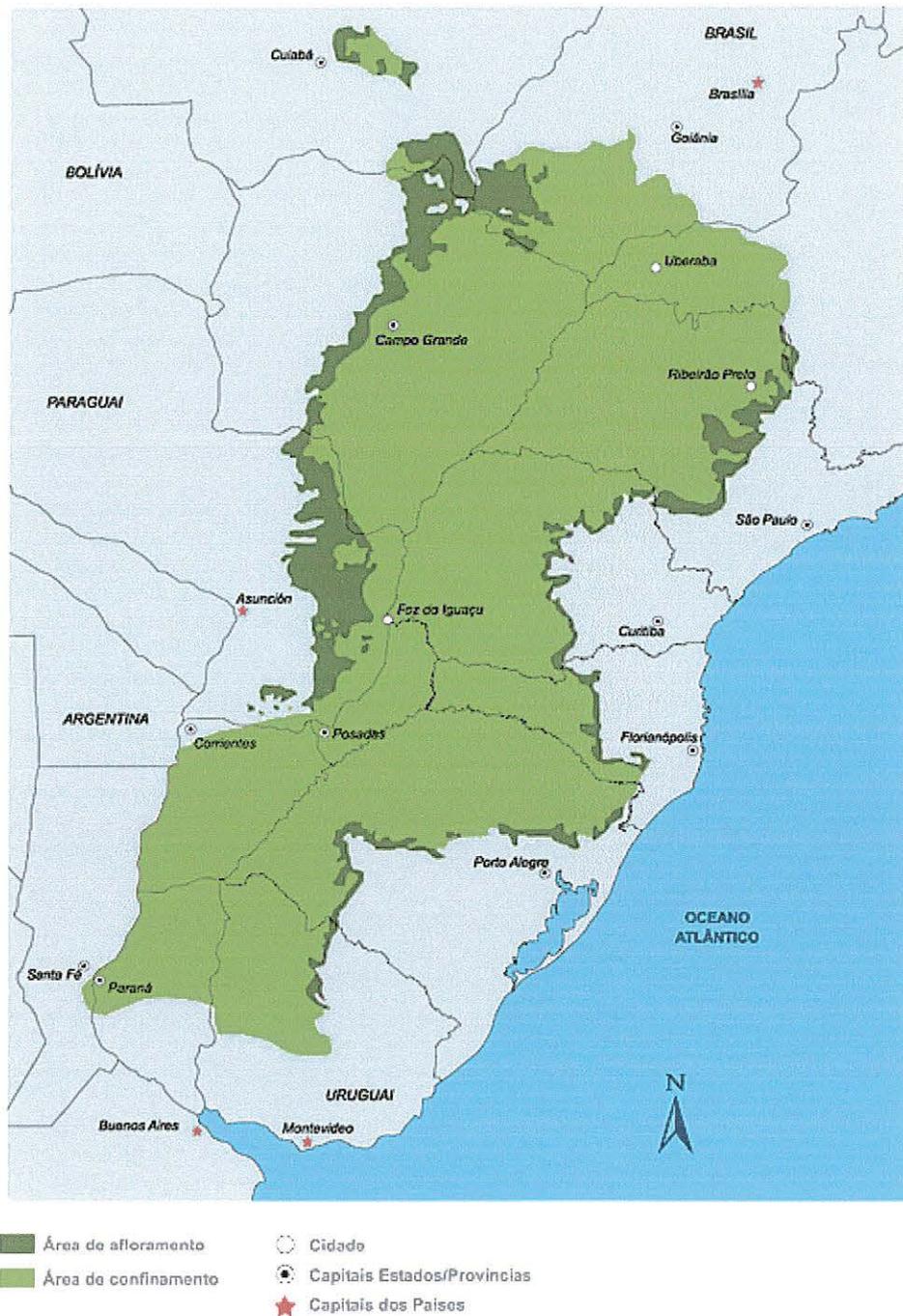


Figura 1. Área de ocorrência do Sistema Aquífero Guarani (SAG). (Fonte: Modificado de CAS/SRH/MMA (2001) por BOSCARDIN BORGHETTI; BORGHETTI; ROSA FILHO, 2004).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na microbacia do Córrego do Espreado predominam áreas de relevo plano a suave ondulado (0 a 8%), seguidas por áreas de relevo ondulado (8 a 20%) (Tabela 1 e Figura 2). Nessas áreas predominam Latossolos e Nitossolos (Tabela 2 e Figura 3), que possuem aptidão boa ou regular para culturas em sistemas de produção intensivos (Tabela 3 e Figura 4).

Esses solos têm importante função na recarga lenta do aquífero, entretanto, a mecanização intensiva leva à formação de camadas compactadas que afetam a infiltração de água. Com efeito, o uso contínuo de grade pesada, a circulação de máquinas e veículos no interior dos canais e o preparo do solo sob condições inadequadas promovem a formação de camadas subsuperficiais muito compactadas que restringem fortemente a infiltração da água no solo e contribuem para o aumento da intensidade e abrangência dos processos erosivos (CASAGRANDE, 1981; SILVA; RIBEIRO, 1992). Constatou-se também a

presença de Neossolos Quartzarênicos, que ocorrem em pequena faixa (123 ha) (Figura 3). Esses solos desempenham um importante papel na recarga direta do aquífero devido à sua elevada permeabilidade. Entretanto, eles apresentam teor de argila muito baixo (< 15%), o que lhes confere reduzida capacidade de retenção de cátions e ânions. Portanto, o uso agrícola intensivo desses solos deve ser restrito (Figura 4), pois aumenta a vulnerabilidade do aquífero.

Salienta-se que é necessário atender à legislação ambiental e que todas as áreas de preservação permanente (APP) não podem ter uso agrícola.

4. CONCLUSÃO

A avaliação de aptidão agrícola de terras, em particular na área de abrangência do Aquífero Guarani, deve considerar tanto as potencialidades do solo, quanto o impacto que o uso agrícola pode causar na quantidade e na qualidade da água infiltrada.

Tabela 1. Classes de declividade da microbacia do Córrego do Espraiado, Ribeirão Preto-SP.

Classe de declive	Área	
	(ha)	(%)
0 - 3 %	706	17,1
3 - 8 %	1.879	45,5
8 - 13 %	1.032	25,0
13 - 20 %	314	7,6
20 - 45 %	190	4,6
45 - 100 %	10	0,2
Total	4.131	100,0

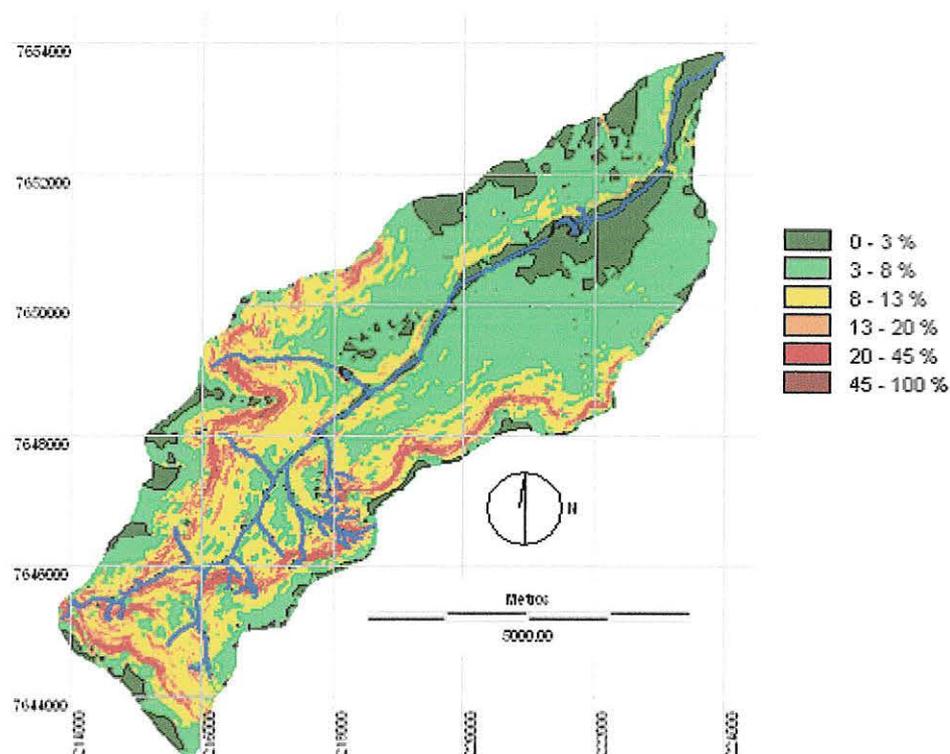
**Figura 2.** Classes de declive da microbacia hidrográfica do Córrego do Espraiado, Ribeirão Preto-SP.

Tabela 2. Solos da microbacia do Córrego do Espraiado, Ribeirão Preto–SP.

Solo	Área	
	(ha)	(%)
LVef – Latossolos Vermelhos Eutroféricos	1.049	25,4
LVdf – Latossolos Vermelhos Distroféricos	1.163	28,2
LVwf – Latossolos Vermelhos Acriféricos	17	0,4
LVa,d – Latossolos Vermelhos Distróficos e Álicos	398	9,6
LVd – Latossolos Vermelhos Distróficos	96	2,3
LVAa,d – Latossolos Vermelhos-Amarelos Distróficos e Álicos	50	1,2
NVef – Nitossolos Vermelhos Eutroféricos	476	11,5
RLe,d – Neossolo Litólico Eutróficos e Distróficos	423	10,2
RQa,d – Neossolos Quartzarênicos Distróficos e Álicos	123	3,0
GX – Gleissolos Háplicos com ou sem associação com Organossolos	329	8,0
Horizonte de solo removido	7	0,2
Total	4.131	100,0

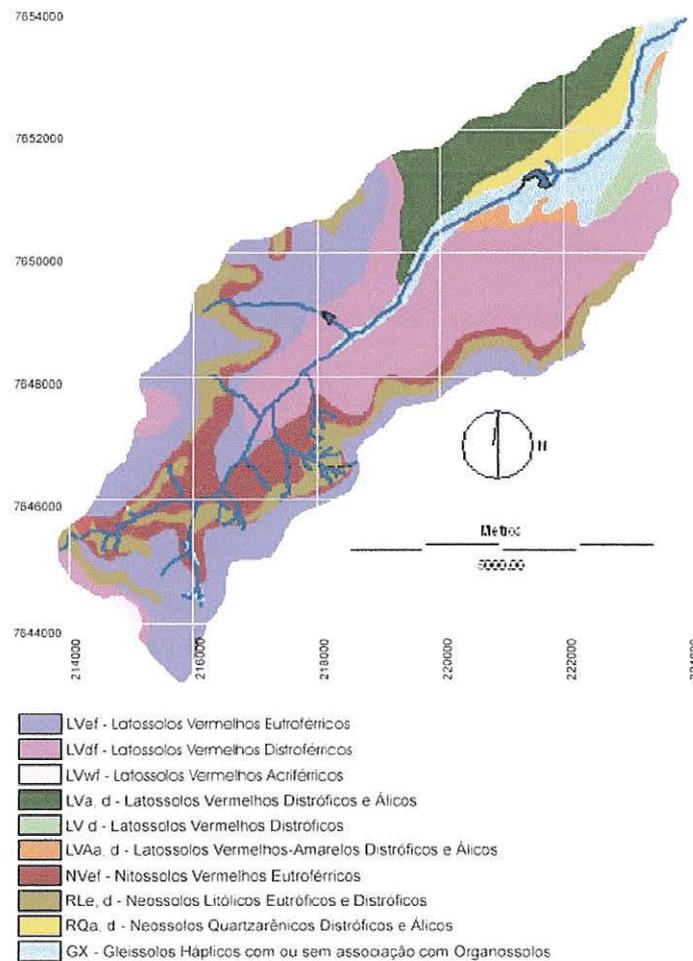
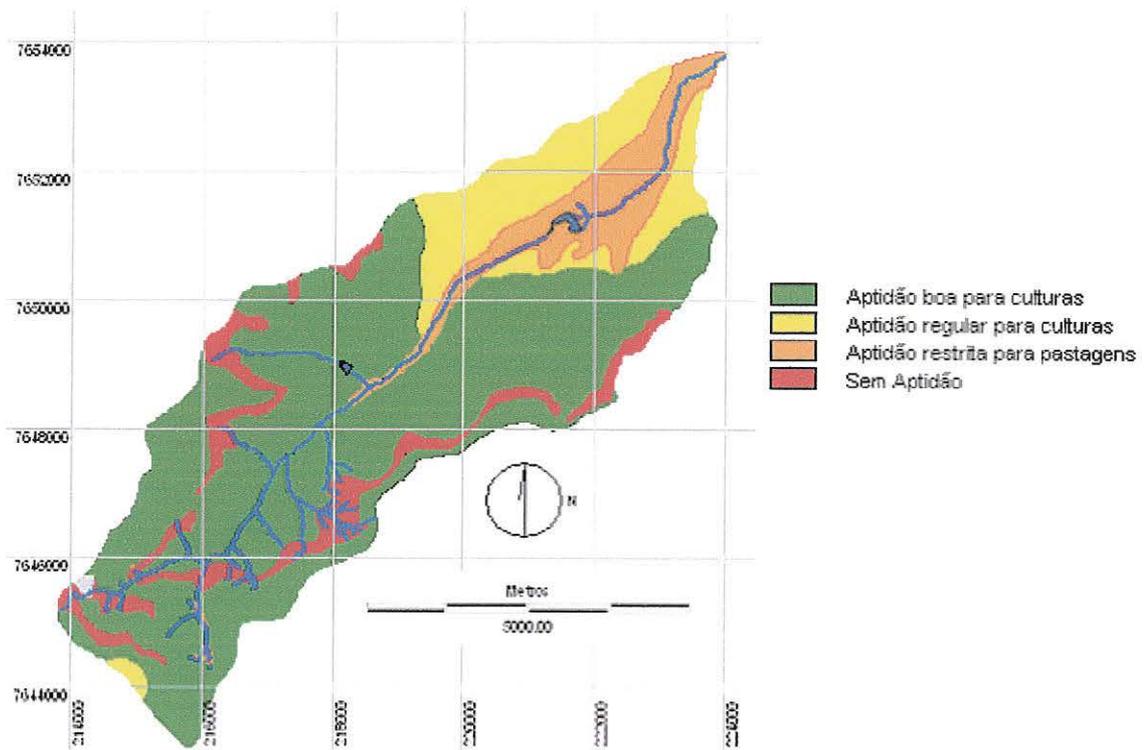
**Figura 3.** Solos da microbacia hidrográfica do Córrego do Espraiado, Ribeirão Preto – SP.

Tabela 3. Aptidão agrícola das terras da microbacia do Córrego do Espreado, Ribeirão Preto-SP.

Aptidão agrícola	Área	
	(ha)	(%)
Aptidão agrícola boa para culturas	2.688	65,0
Aptidão agrícola regular para culturas	561	13,6
Aptidão agrícola restrita para pastagens	452	11,0
Sem aptidão agrícola	430	10,4
Total	4.131	100,0

**Figura 4.** Aptidão agrícola da microbacia hidrográfica do Córrego do Espreado, Ribeirão Preto-SP.

REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, L.M.; FRANÇA, A.B.; POTTER, P.E. **Aquífero gigante do Mercosul no Brasil, Argentina, Uruguai e Paraguai: mapas hidrogeológicos das formações Botucatu, Pirambóia, Rosário do Sul, Buena Vista, Misiones e Tacuarembó.** Curitiba, PR: Universidade Federal do Paraná, 1995. Publicação especial – convênio: PETROBRAS-UFPR.
- BOSCARDIN BORGHETTI, N.R.; BORGHETTI, J. R.; ROSA FILHO, E.F. da. **Aquífero Guarani: a verdadeira integração dos países do Mercosul.** Fundação Roberto Marinho, 2004.
- CAMPOS, H.C.N.S. Modelación conceptual y matemática del Acuífero Guaraní, Cono Sur. **Acta Geologica Leopoldensia**, v. 23, n. 4, p. 3-50, 2000.
- CASAGRANDE, A.A. Associação entre sistemas de preparo do solo e fosfatagem em cana-de-açúcar (*Saccharum spp*). **Brasil Açucareiro**, Rio de Janeiro, v.97, n.4, p.48-62, 1981.
- CETESB. **Poluição das águas subterrâneas no Estado de São Paulo: 1994.** São Paulo: CETESB, 1996. 95 p.
- _____. **Relatório de qualidade das águas subterrâneas no Estado de São Paulo: 1995-2000.** São Paulo: CETESB, 2001. 96 p.
- LOPES-ASSAD, M.L.; HAMADA, E.; CAVALIERI, A. Sistema de informações geográficas na avaliação de terras para agricultura. In: ASSAD, E.D. ; SANO, E.E. **Sistema de informações geográficas: aplicações na agricultura.** Brasília: Embrapa-SPI/Embrapa-CPAC, 1998. 434 p. cap. 11, p. 191 - 232.
- MIKLÓS, A.A. de W.; GOMES, M.A.F. **Levantamento semidetalhado dos solos da bacia hidrográfica do Córrego do Espraiado, Ribeirão Preto – SP.** Jaguariúna: Embrapa-CNPMA, 1996. 48 p. + anexos. Relatório de projeto.
- RAMALHO FILHO, A.; BEEK, K.J. **Sistema de avaliação da aptidão agrícola das terras.** Rio de Janeiro: Embrapa-CNPS, 1994. 65 p.
- ROCHA, G.A. **Mega reservatório de água subterrânea do Cone Sul: bases para uma política de desenvolvimento e gestão.** Curitiba: UFPR, 1996. Não paginado. Contribuição ao Seminário Internacional Aquífero Gigante do Mercosul, 23/24 de maio de 1996.
- ROSA FILHO, E.F.; HINDI, E.C.; ROSTIROLLA, S.P.; FERREIRA, F.J.F.; BITTENCOURT, A.V.L. Sistema Aquífero Guarani – considerações preliminares sobre a influência do Arco de Ponta Grossa no fluxo das águas subterrâneas. São Paulo: **Rev. Águas Subterrâneas**, v. 17, p. 91-112, 2003.
- SILVA, M.S.L.; RIBEIRO, M.B. Influência do cultivo contínuo da cana-de-açúcar em propriedades morfológicas e físicas de solos argilosos de tabuleiro do Estado de Alagoas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.16, n.3, p.397-402, 1992.