

Diagnóstico do uso da terra e suscetibilidade à erosão da bacia do alto Batalha (SP), usando técnicas automáticas

Natalio Felipe Koffler*
Daniel Todtmann Montandon*

KOFFLER, Natalio Felipe, MONTANDON, Daniel Todtmann. Diagnóstico do uso da terra e suscetibilidade à erosão da bacia do alto Batalha (SP), usando técnicas automáticas. *Mimesis*, Bauru, v. 21, n. 1, p. 53-72, 2000.

RESUMO

A bacia do alto Batalha, ocupando uma área aproximada de 12.500ha, situada no centro geográfico do Estado de São Paulo, entre os paralelos 22°20' e 22°30' Sul e os meridianos 49°00' e 49°10' WG, tem seu território avaliado quanto à aptidão para atividades agrícolas, à adequação ambiental da exploração atual das terras e à suscetibilidade dos solos aos processos erosivos. O estudo é feito automaticamente pelo software SAMPA 2.0, a partir de dados de solos e topografia, produzindo resultados nas formas de mapas e tabelas de frequência. As principais conclusões alcançadas são as seguintes: a) A maior parte da bacia apresenta condições ambientais favoráveis para utilização agrícola, predominando a disponibilidade de terras para culturas de ciclo longo, como cana-de-açúcar e frutíferas em geral (46,1%) e pastagem (35,6%). As áreas com potencial para culturas de ciclo curto, como cereais e hortaliças, são pouco expressivas (apenas 1,6% da área); b) Cerca de um terço da área da bacia encontra-se com uso adequado ao seu potencial, 46,9% encontram-se subutilizados e 18,8% tem seu uso acima do potencial; c) Predominam terras com suscetibilidade à erosão muito forte a excessiva (50,8% da área), seguidas por terras com suscetibilidade moderada a forte (46,8%) e 2,4% com suscetibilidade nula a ligeira; e d) A utilização de um sistema com estrutura vetorial (AutoCAD) serviu para melhorar a qualidade dos dados cartográficos introduzidos e analisados em SIGs de estrutura matricial (IDRISI e SAMPA), simplificando o processo de entrada de dados nesses sistemas e possibilitando a representação dos resultados em cartogramas de aspecto similar aos mapas analógicos convencionais.

* Departamento de
Arquitetura,
Urbanismo e
Paisagismo,
UNESP/FAAC.
Caixa Postal 473 –
Av. Eng. Luiz Ed-
mundo Carrijo Cou-
be, s/n. – 17033-360
– Bauru – SP.
Fórum Pró-Batalha
– Rua Padre João,
11-70 Loja 5
CEP 17043-020
Bauru - SP

Unitermos: planejamento agrícola, uso da terra, erodibilidade do solo, geoprocessamento, SIG, rio Batalha.

INTRODUÇÃO

É de conhecimento de todos, o potencial econômico dos solos brasileiros, principalmente no tocante à agricultura. Desde a época áurea do café até a recente expansão da cana-de-açúcar, o Brasil mostrou diversos momentos de prosperidade agrícola. Embora não esteja ainda em seu pleno amadurecimento econômico, a agricultura ainda é um forte argumento para afastar a população da miséria crescente.

Entretanto, a diminuição do ritmo de expansão da fronteira agrícola provocada pela conscientização ambiental, tornou fundamental a adequação dos sistemas produtivos às condições ecológicas disponíveis para a manutenção da produtividade da terra a longo prazo.

O planejamento do uso da terra com objetivos conservacionistas tem sido feito no Brasil de diversas formas, predominando os levantamentos dos tipos *Capacidade de Uso* (Lepsch et al., 1991), *Aptidão Agrícola* (Ramalho Fº et al., 1978) e *Zoneamento Agroecológico* (Verdade et al., 1974, 1977).

Entretanto, apesar de existirem diversas propostas de sistematizar a realização desses trabalhos, a necessidade de grande experiência técnica no assunto e o grande nível de subjetividade envolvidos têm dificultado o seu uso generalizado.

A difusão das técnicas computacionais, especialmente aquelas inseridas no contexto do Geoprocessamento, tem possibilitado informatizar dados naturais do terreno e automatizar a sua análise. Diversas pesquisas de cunho conservacionista relacionadas à agricultura vêm sendo desenvolvidas, objetivando o melhor aproveitamento agrícola das terras de acordo com as características climáticas, pedológicas e morfológicas.

Entre esses estudos, pode-se mencionar o relatado por Koffler (1997) que envolveu o planejamento e diagnóstico do uso da terra da bacia do rio Bauru. Utilizou o *software* SAMPA 2.0, desenvolvido por pesquisadores da UNESP especialmente para a análise ambiental, visando ao planejamento do uso da terra rural.

Tendo em vista que a utilização de *software* de geoprocessamento requer mapas e informações do terreno, é importante o desenvolvimento de métodos para automatizar, também, a elaboração da base de dados, visando reduzir a utilização dos métodos manuais na produção de dados primários, inadequados face à alta quantidade de informações geradas pelos sistemas geográficos.

Informações sobre os solos e a declividade do terreno, bem como sobre o uso atual da terra, fazem parte da estrutura da base de dados usual em estudos de planejamento agrícola.

Mapas e informações sobre solos já estão disponíveis para todo o Brasil em diversas escalas de generalização, muitas vezes sendo neces-

KOFFLER, Natalio Felipe, MONTAN-
DON, Daniel
Todtmann.
Diagnóstico do uso
da terra e suscetibi-
lidade à erosão da
bacia do alto
Batalha (sp),
usando técnicas
automáticas.
Mimesis, Bauru,
v. 21, n. 1, p. 53-72,
2000.

KOFFLER, Natalio
Felipe, MONTAN-
DON, Daniel
Todtmann.
Diagnóstico do uso
da terra e suscetibi-
lidade à erosão da
bacia do alto
Batalha (sp),
usando técnicas
automáticas.
Mimesis, Bauru,
v. 21, n. 1, p. 53-72,
2000.

sária a execução de trabalhos mais detalhados por técnicos especializados. No levantamento do uso atual da terra, são utilizadas imagens de satélites, cuja análise exige, também, um conhecimento técnico específico. Para a elaboração da carta de declividades, existem diversos métodos, variando quanto ao nível de automação, desde o método manual proposto por Biasi (1970), o método amostral desenvolvido por Koffler (1994) e o método digital aplicando programas de computador como o IDRISI, da Clark University, e o SPRING, produzido pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, entre outros.

O objetivo geral do presente trabalho foi estabelecer, através de técnicas computacionais, um quadro idealizado do uso das terras abrangidas pela bacia do alto Batalha, de acordo com a sua vocação natural, em função das exigências ambientais de culturas tradicionalmente desenvolvidas na região. O confronto dos resultados com a situação real da ocupação das terras possibilitou identificar, localizar e avaliar as distorções existentes. Também a suscetibilidade dos solos aos processos de erosão, uma das bases do sistema automático utilizado, foi avaliada e mapeada.

Outra meta do trabalho foi implementar a produção e utilização de mapas digitais em formato vetorial, cuja representação visual é mais próxima dos mapas analógicos familiares à população, do que a representação matricial utilizada e gerada nos sistemas de informação geográfica disponíveis.

A realização deste trabalho é oportuna pelos seguintes motivos principais:

- a) é uma área constituída por terras com alta suscetibilidade à erosão, conforme indica o mapa produzido pelo IPT (1995);
- b) constitui área de captação de água para abastecimento de 50% das necessidades da cidade de Bauru, com mais de 150.000 habitantes. Segundo Fabris (1995), a produção de água na estação de tratamento é freqüentemente prejudicada pelo assoreamento da represa de captação causada pelos sedimentos originados dos processos erosivos atuantes na bacia;
- c) Fontes & Pohl (1995) comentam que uma das medidas indicadas para proteção dos mananciais da área seria o desenvolvimento da agricultura respeitando os recursos naturais. A proposta básica dos trabalhos de avaliação de terras para agricultura, como é o caso do presente trabalho, é de proteger os recursos naturais de uma área através da adequação do uso da terra às características ambientais disponíveis;
- d) faz parte das metas do Fórum Pró-Batalha, organização não-governamental, sem fins lucrativos, sediada em Bauru, do qual o coordenador da pesquisa participa como membro.

DESCRIÇÃO GERAL DA ÁREA DE ESTUDO

A bacia do alto Batalha, ilustrada através da FIGURA 1, está situada no centro do Estado de São Paulo, a oeste da cidade de Bauru, distante 340km da capital do Estado. Geograficamente, encontra-se entre os paralelos 22°20' e 22°30' Sul e os meridianos 49°00' e 49°10' WG.

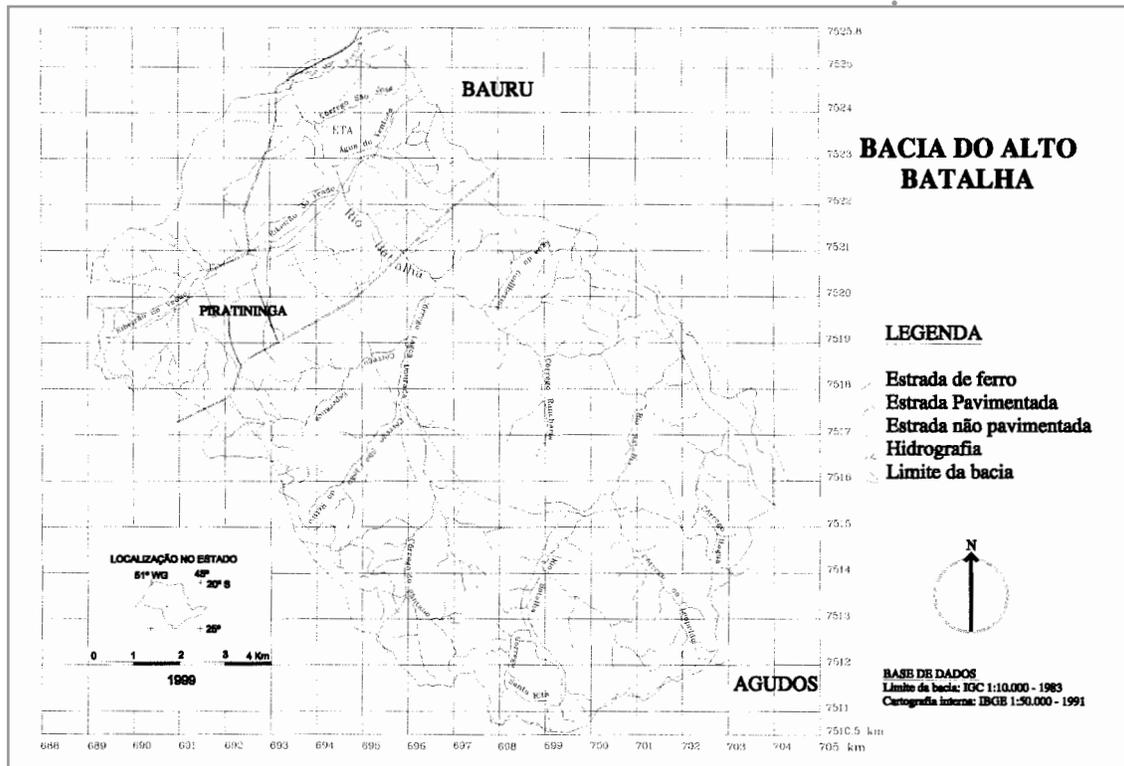


FIGURA 1 - Bacia do alto Batalha.

A bacia hidrográfica compreendida desde as nascentes, na Serra da Jacutinga, até o ponto de captação de água para a cidade de Bauru, apresenta uma área aproximada de 12.500ha, tendo o rio Batalha como o principal curso d'água, abrangendo território pertencente aos municípios de Agudos, Bauru e Piratininga.

O histórico do uso do solo mostra que nas duas últimas décadas ocorreu a retirada da floresta tropical subcaducifólia que recobria grande parte da área, principalmente para a formação de pastagens. As áreas anteriormente ocupadas por culturas tradicionais na região (milho, café e amora) diminuíram, principalmente por motivos econômicos dos agricultores e perda de produtividade devido ao empobrecimento do solo, tendo sido substituídas pela cana-de-açúcar e pastagens.

As matas nativas são restritas, sendo observada a inexistência de matas ciliares em praticamente todo o curso do rio Batalha e seus afluentes. Nas áreas de pastagens, que ocupam boa parte do território, desenvolve-

KOFFLER, Natalio
Felipe, MONTAN-
DON, Daniel
Todtmann.
Diagnóstico do uso
da terra e suscetibi-
lidade à erosão da
bacia do alto
Batalha (sp),
usando técnicas
automáticas.
Mimesis, Bauru,
v. 21, n. 1, p. 53-72,
2000.

KOFFLER, Natalio
Felipe, MONTAN-
DON, Daniel
Todtmann.
Diagnóstico do uso
da terra e suscetibi-
lidade à erosão da
bacia do alto
Batalha (sp),
usando técnicas
automáticas.
Mimesis, Bauru,
v. 21, n. 1, p. 53-72,
2000.

se a pecuária extensiva, com baixa produtividade e pouco manejo para controlar a erosão, estando os solos bastante empobrecidos pela erosão laminar e em sulcos, havendo algumas áreas já totalmente destruídas por voçorocas.

A principal consequência da erosão, e facilmente observada, é o assoreamento em toda a extensão do rio Batalha, evidenciando o grande transporte de partículas de terra para jusante.

O planalto do alto Batalha encontra-se a altitudes próximas de 640m, sendo seus limites internos e externos formados por pequenas escarpas. Ao longo do curso d'água principal são comuns as planícies aluvionares.

De acordo com o mapa geomorfológico publicado pelo IPT (1981a), o relevo da bacia é predominantemente de colinas amplas, com interflúvios de área superior a 4km², topos extensos e aplainados, vertentes com perfis retilíneos a convexos. A drenagem é de baixa densidade, padrão subdendrítico, vales abertos e planícies aluviais interiores restritas.

Na encosta da Serra da Jacutinga, onde estão concentradas as nascentes do Batalha, ocorre um relevo de transição caracterizado por encostas não escarpadas, onde predominam declividades médias (entre 15 e 30%) e amplitudes maiores de 100m. Essas encostas são sulcadas por vales subparalelos, sendo desfeitas em interflúvios lineares de topos angulosos e arredondados com vertentes de perfis retilíneos. A drenagem é de média densidade, padrão subparalelo a dendrítico, vales fechados.

Com menor expressão, próximo à cidade de Agudos, ocorrem morrotes alongados e espigões, caracterizados por interflúvios sem orientação preferencial, topos angulosos a achatados e vertentes ravinadas com perfis retilíneos. A drenagem é de média a alta densidade, com padrão dendrítico e vales fechados.

A bacia assenta-se sobre litologias encontradas na bacia do Rio Paraná, com geologia predominante pertencente ao Grupo Bauru, Formação Marília nos topos e interflúvios, e Formação Adamantina nos vales do alto Batalha e seus afluentes (IPT, 1981b).

Segundo a classificação de Koeppen, o clima da bacia é do tipo Cwa, ou seja, tropical de altitude, com verão quente e úmido e inverno seco. A temperatura média do mês mais frio é inferior a 18°C e a do mês mais quente ultrapassa 22°C. O total das chuvas do mês mais seco é inferior a 30mm.

O balanço hídrico feito pelo método de Thornthwaite & Mather, 1955, a partir de dados extraídos da Fundação Educacional de Bauru (1974), mostrou que a evapotranspiração real é de 916mm, estando a evapotranspiração potencial em torno de 984mm anuais. Resulta uma deficiência hídrica de 68mm que representa apenas 7,4% das necessidades hídricas da planta usada como referência (*Paspalum notatum*), distribuídos no período abril-setembro (6 meses). O excedente hídrico, constituído pela água supérflua sujeita à percolação, é de 232mm anuais, distribuídos no período dezembro-março (4 meses). Estão disponíveis cerca de 9 meses de precipitação satisfatória para o desen-

volvimento de grande parte das culturas agrícolas, sejam de ciclo curto ou longo, forrageiras ou florestais, se considerado apenas este critério climatológico.

As atividades agrícolas desenvolvidas tradicionalmente na região, bem como o respaldo técnico fornecido pelo zoneamento agroclimático realizado por Verdade et al. (1974, 1977) para o Estado de São Paulo, mostram que diversas opções agrícolas são favorecidas pelas condições climáticas da área.

Os solos da bacia foram identificados e mapeados através do Levantamento Pedológico Semi-detalhado executado por PRADO et al. (1998), tendo sido produzido um mapa em formato digital DWG através do *software* AutoCAD, armazenado em CD-Rom.

Segundo esse trabalho, ocorrem na área 21 unidades de solos pertencentes aos seguintes grupamentos: Latossolos, Solos Podzólicos, Areias Quartzosas Hidromórficas, Solos Aluviais, Solos Gley e Solos Litólicos, distribuídos em 23 unidades de mapeamento.

Os Latossolos ocorrem em 7% da área da bacia, em manchas contínuas localizadas nos topos dos interflúvios, todos apresentando textura média, podendo apresentar caráter eutrófico (LEe1), distrófico (LEd1 e LVd1) e álico (LEa1 e LVa1). Apresentam-se sob relevo suave ondulado, são muito profundos, livres de pedras e com boa a forte drenagem interna. Em geral são pobres em nutrientes, CTC baixa e saturação com alumínio tóxico variável.

Os Solos Podzólicos ocorrem na área segundo onze unidades, PEe1, PVd1, PVe1, PVm1, PEa2, PED2, PEe2, PVa2, PVd2 e PVe2, desenvolvidas sobre relevo ondulado dissecado. A textura é arenosa no horizonte A e média no horizonte B, a profundidade efetiva é alta, a pedregosidade ausente, a drenagem interna moderada ou boa. As características químicas são variadas, apresentando as unidades PEe1, PEe2, PVe1 e PVe2 uma maior disponibilidade de nutrientes e moderada capacidade de troca catiônica, enquanto as unidades PVd1, PVd2 e PED2 apresentam baixa disponibilidade de nutrientes e CTC. A saturação com alumínio tóxico é, em geral, baixa a muito baixa. São os solos predominantes na bacia, representando um total de 83% da sua área territorial.

As Areias Quartzosas Hidromórficas constituem solos muito arenosos e muito pobres, com baixa capacidade de retenção de nutrientes para as plantas, lençol freático a baixa profundidade, ocorrendo junto às calhas dos córregos do Pântano, São João, Esperança e Água da Fazenda Santa Maria.

Os Solos Hidromórficos ocorrem predominantemente junto à calha do rio Batalha, segundo duas categorias: os solos Glei Pouco Húmicos eutróficos e distróficos. Apresentam como principal limitação para a agricultura a presença do lençol freático a pequena profundidade, o que restringe o crescimento do sistema radicular das plantas e as atividades mecanizadas. Em algumas situações, essas condições podem ser melhoradas através de sistemas de drenagem.

KOFFLER, Natalio
Felipe, MONTAN-
DON, Daniel
Todtmann.
Diagnóstico do uso
da terra e suscetibi-
lidade à erosão da
bacia do alto
Batalha (sp),
usando técnicas
automáticas.
Mimesis, Bauru,
v. 21, n. 1, p. 53-72,
2000.

KOFFLER, Natalio Felipe, MONTAN-
DON, Daniel
Todtmann.
Diagnóstico do uso
da terra e suscetibi-
lidade à erosão da
bacia do alto
Batalha (sp),
usando técnicas
automáticas.
Mimesis, Bauru,
v. 21, n. 1, p. 53-72,
2000.

Acompanhando o divisor de águas nas porções sul e sudoeste da bacia, mormente nas encostas da Serra da Jacutinga, ocorre o Solo Litólico substrato Arenito Bauru, com ou sem cimento calcário, caracterizado por um horizonte A arenoso, com alta disponibilidade de nutrientes e CTC e muito baixa saturação com alumínio, assentado diretamente sobre a rocha.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho seguiu os fundamentos e etapas da pesquisa desenvolvida por Koffler (1997), diferenciando-se na estrutura da base de dados e dos produtos cartográficos, aqui em formato vetorial ao invés de matricial. Os produtos obtidos com a aplicação do SAMPA 2.0 foram basicamente os mesmos, referindo-se às características pedológicas e topográficas da bacia do alto Batalha e propondo um cenário do potencial máximo de uso da terra para orientar o planejamento da exploração agrícola na região.

Durante a realização do presente trabalho, foram utilizados materiais de diversos tipos, entre equipamentos de informática, *software*, material de desenho e mapas, que se encontram especificados a seguir:

- Processador Pentium 233MHz, disco rígido de 3,2Gb e 64Mb de memória RAM, Monitor de 15”;
- Impressora HP Deskjet 692C;
- Scanner Genius Color Page Vivid-Pró II, 9.600dpi, A4;
- *Software*: AutoCAD R14, Adobe Photoshop, CorelDRAW 8, Corel OCR Trace, CorelPhotopaint, Idrisi Windows 2.0 e SAMPA 2.0;
- Mapas: Uso da terra da bacia do alto Batalha em 1998, produzido por Koffler & Montandon (1999), mapa pedológico semidetalhado, em formato digital (DWG), elaborado por Prado et al. (1998), cartas topográficas na escala 1:10.000 produzidas pelo Instituto Geográfico e Cartográfico do Estado de São Paulo (IGC) em 1983, folhas: Água do Barreiro, Água do Ventura, Córrego Esperança, Córrego Itaguá, Córrego do Pântano, Córrego Taperão, Fazenda Prata, Piratininga I e II e Bauru V.

O desenvolvimento do trabalho seguiu as etapas descritas a seguir.

Definição da Área

A área de atuação visada pela presente pesquisa foi definida pelos acidentes geográficos e limites da base cartográfica digital elaborada no Levantamento Pedológico Semidetalhado produzido por Prado et al. (1998) para o Fórum Pró-Batalha.

Para garantir a compatibilidade entre os diferentes mapas utilizados na análise, a base digital do mapa de solos foi utilizada como padrão para receber as informações temáticas geradas nas demais etapas de trabalho.

Tratando-se de um mapa digital de formato vetorial, houve necessidade de se criar um mapa homólogo com estrutura matricial, contendo apenas o contorno da bacia, para definir e padronizar todos os mapas temáticos criados e/ou analisados através dos sistemas IDRISI e SAMPA 2.0.

Este mapa digital matricial foi criado com as seguintes características: Coordenadas UTM em x: mínimo = 689.000m e máximo = 704.000m; coordenadas UTM em y: mínimo = 7.510.500m e máximo = 7.525.800m; número de colunas: 750; número de linhas: 765; Resolução: 20m x 20m.

Obtenção de Dados Básicos

Os dados necessários para o desenvolvimento do trabalho foram os seguintes: solos (mapa e características químicas e físicas), classes de declividade (mapa) e uso da terra (mapa), que foram obtidos das formas descritas a seguir.

Foi utilizado o mapa de solos em formato digital DWG (AutoCAD) produzido por Prado et al. (1998) e armazenado em CD-Rom. As informações morfológicas e analíticas foram extraídas do memorial descritivo (Prado & Moraes, 1998) e dos laudos de análise de solos expedidos pelo laboratório da UNITHAL em 1996 e 1997, que complementam o mapa.

Utilizou-se o mapa de uso da terra da bacia do Alto Batalha realizado por Koffler & Montandon (1999), através da análise de uma imagem do Satélite LANDSAT-5 e trabalho de campo, especialmente para fornecer subsídios ao presente trabalho.

Para servir aos objetivos deste trabalho, o mapa produzido foi digitalizado através do programa AutoCAD, gerando-se um arquivo no formato DWG.

As classes de declividade que ocorrem na área foram mapeadas pelo método de amostragem sistemática de células, descrito por Koffler (1994). A classe de declividade foi determinada para cada célula com o uso de um ábaco construído com base no conceito: $\text{declividade (\%)} = 100dV/dH$, onde dV = diferença de cota e dH = distância horizontal. Foram utilizadas 6 classes de declividade, de acordo com a orientação do programa SAMPA: 1 (<2%), 2 (2 a 5%), 3 (5 a 10%), 4 (10 a 20%), 5 (20 a 45%) e 6 (>45%).

O procedimento geral consistiu na medida no mapa da distância ortogonal entre curvas de nível adjacentes que representam a situação predominante em cada célula, numa linha passando pelo seu centro. Utilizou-se uma grade quadrada com dimensões correspondentes a 100m no terreno, desenhada em papel poliéster, sobreposta diretamente aos mapas

KOFFLER, Natalio Felipe, MONTANDON, Daniel Todtmann. Diagnóstico do uso da terra e suscetibilidade à erosão da bacia do alto Batalha (sp), usando técnicas automáticas. *Mimesis*, Bauru, v. 21, n. 1, p. 53-72, 2000.

KOFFLER, Natalio Felipe, MONTAN-
DON, Daniel
Todtmann.
Diagnóstico do uso
da terra e suscetibi-
lidade à erosão da
bacia do alto
Batalha (sp),
usando técnicas
automáticas.
Mimesis, Bauru,
v. 21, n. 1, p. 53-72,
2000.

na escala 1:10.000 produzidos pelo IGC. Em seguida, os dados foram digitalizados pelo programa SAMPA 2.0, sendo nele introduzidos através do teclado. A TABELA 1 relaciona as classes de declividade e respectivas ocorrências.

TABELA 1 – Ocorrência de classes de declividade.

CLASSE	ÁREA (ha)	%
1	273	2,2
2	1.201	9,6
3	4.595	36,8
4	4.667	37,3
5	1.103	8,8
6	659	5,3
TOTAL	12.499	100,0

Elaboração da Base de Dados

Os dados coletados sobre solos, declividades e uso da terra foram organizados de forma a ficarem compatíveis com o processamento pelo programa SAMPA 2.0. Foram utilizados os seguintes procedimentos:

Os mapas de solos e uso da terra em formato vetorial DWG (AutoCAD) foram importados pelo programa IDRISI e transformados para o formato matricial, recebendo, juntamente com o mapa de declividade, tratamento de eliminação de pontos isolados, suavização dos polígonos e padronização do limite externo, coordenadas e resolução.

Em seguida, preencheu-se uma planilha contendo, para cada solo, as características químicas e físicas classificadas segundo os padrões necessários para alimentar o processo pelo SAMPA 2.0 e definidos no manual do usuário.

Para isso, foram utilizados os dados analíticos fornecidos pelo laboratório UNITHAL e as informações disponíveis no mapa e memorial descritivo do levantamento de solos. A TABELA 2 relaciona os dados classificados.

TABELA 2 – Características dos solos classificadas para processamento no SAMPA 2.0.

SOLO	C A R A C T E R Í S T I C A S														
	Va	Vb	CTCa	CTCb	SAa	SAb	SS	CE	PE	NI	ARGa	ARGb	RT	NA	PED
LEa1	M	B	B	B	B	A	MB	MB	MA	SI	MB	B	B	NE	MB
LEd1	A	B	B	B	MB	MB	MB	MB	MA	SI	MB	B	B	NE	MB
Lee1	M	A	B	B	MB	MB	MB	MB	MA	SI	MB	B	B	NE	MB
LVa1	B	B	B	B	M	A	MB	MB	MA	SI	MB	B	B	NE	MB
LVd1	M	B	B	B	MB	M	MB	MB	MA	SI	MB	B	B	NE	MB
PEe1	M	A	B	M	MB	MB	MB	MB	MA	SI	MB	B	A	NE	MB
PVd1	A	M	B	M	MB	M	MB	MB	MA	SI	MB	B	A	NE	MB
PVe1	A	A	B	M	MB	MB	MB	MB	MA	SI	MB	B	A	NE	MB
PVe1	M	A	B	B	B	MB	MB	MB	MA	SI	MB	B	A	NE	MB
PVm1	M	M	MB	B	B	M	MB	MB	MA	SI	MB	B	A	NE	MB
PEa2	B	MB	B	B	M	MA	MB	MB	MA	SI	MB	B	M	NE	MB
PEd2	M	M	B	B	B	M	MB	MB	MA	SI	MB	B	M	NE	MB
PEe2	M	A	B	M	MB	MB	MB	MB	MA	SI	MB	B	M	NE	MB
PVa2	B	B	B	B	M	MA	MB	MB	MA	SI	MB	B	M	NE	MB
PVd2	M	M	B	B	MB	B	MB	MB	MA	SI	MB	B	M	NE	MB
PVe2	A	M	B	M	MB	B	MB	MB	MA	SI	MB	B	M	NE	MB
Ae	MA	A	MB	B	MB	MB	MB	MB	M	LF	B	M	M	NE	MB
AQH	M	M	B	MB	MB	MB	MB	MB	A	LF	MB	MB	MB	NE	MB
Re	MA		A		MB		MB	MB	MB	RD	MB		MA	NE	M
HGPd	M	AM	M	B	B	B	MB	MB	B	LF	A	M	MB	NE	MB
HGPe	M	A	A	B	M	MB	MB	MB	B	LF	A	M	MB	NE	MB

Obs: V = saturação com bases; CTC = capacidade de troca catiônica; SA = saturação com alumínio; SS = saturação com sódio; CE = condutividade elétrica; PE = profundidade efetiva; NI = natureza do impedimento físico; ARG = argila; RT = razão textural; NA = natureza das argilas; PED = pedregosidade; MB = muito baixo; B = baixo; M = moderado; A = alto; MA = muito alto; SI = impedimento a 150cm ou mais; RD = rocha dura ou similar; LF = lençol freático; NE = não expansivas; a = horizonte genético A ou 0 a 30cm; b = horizonte genético B ou 30 a 60cm.

KOFFLER, Natalio Felipe, MONTANDON, Daniel Todtmann. Diagnóstico do uso da terra e suscetibilidade à erosão da bacia do alto Batalha (sp), usando técnicas automáticas. *Mimesis*, Bauru, v. 21, n. 1, p. 53-72, 2000.

Processamento do Programa SAMPA 2.0

A **aptidão agrícola** das terras foi avaliada e mapeada automaticamente pelo *software* SAMPA - Versão 2.0 produzido por Koffler et al. (1995), iniciando-se a operação do sistema com a importação dos mapas de solos, declividades e uso da terra em formato IDRISI. Dentre os diversos produtos oferecidos pelo programa, foram selecionados os mapas de Uso Preferencial (denominado no presente trabalho de Mapa de Potencial Máximo de Uso da Terra), Intensidade de Uso e Suscetibilidade à Erosão.

A rotina do SAMPA determinou o Potencial Máximo de Uso da Terra a partir de uma escala de prioridades estabelecida em função da manutenção da produtividade da terra a longo prazo, ajustada a uma escala de condições ambientais, sociais e econômicas.

A **Adequação do Uso da Terra em 1998** foi avaliada, automaticamente, pela comparação entre os mapas de potencial máximo e de uso da terra em 1998, gerando-se o Mapa de Intensidade de Uso e res-

KOFFLER, Natalio Felipe, MONTAN-
DON, Daniel
Todtmann.
Diagnóstico do uso
da terra e suscetibi-
lidade à erosão da
bacia do alto
Batalha (sp),
usando técnicas
automáticas.
Mimesis, Bauru,
v. 21, n. 1, p. 53-72,
2000.

pectiva tabela de frequência das classes ilustradas: 1) uso adequado, quando o uso atual é igual ao uso potencial; 2) sub-utilizado, quando o uso atual é menos intensivo do que o uso potencial. Por exemplo, cultura de ciclo longo em área apta para cultura de ciclo curto; e 3) uso excessivo, quando o uso atual é mais intensivo do que o uso potencial. Por exemplo, pastagem em área recomendada para silvicultura ou vegetação natural (preservação).

Um subproduto do programa SAMPA é o **Mapa de Suscetibilidade à Erosão**, que ilustra a distribuição geográfica de um dos elementos básicos utilizados para definir o potencial máximo de uso da terra.

Análise dos Resultados

A partir das informações espaciais e quantitativas, foi possível realizar uma análise objetiva da adequação do uso atual e identificar as áreas sujeitas a problemas decorrentes de tensão ambiental. Atendendo a um dos objetivos, os resultados temáticos com estrutura matricial produzidos pelo SAMPA e armazenados como *bitmaps* foram inseridos na base cartográfica vetorial utilizando-se a rotina do AutoCAD, gerando-se mapas coloridos de configuração mais familiar aos usuários.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Potencial máximo de uso da terra

O mapa de potencial máximo de uso ilustrado pela FIGURA 2 mostra a distribuição do uso mais intensivo permissível das terras do Alto Batalha, segundo proposta resultante do processamento dos dados de solos e topografia pelo programa SAMPA 2.0.

Segundo o procedimento usado, num quadro idealizado para o máximo aproveitamento da bacia, seguindo de perto as qualidades e limitações das terras no sentido de manter a produtividade a longo prazo, poderiam haver: até 196ha (1,6% da área total) com culturas de ciclo curto (cereais, hortaliças etc.), 5.768ha (46,1%) com culturas de ciclo longo (cana-de-açúcar, café e frutíferas em geral), 4.448ha (35,6%) com pastagens e 920ha com silvicultura (reflorestamentos com fins econômicos), restando 1.167ha (9,3%) que deveriam permanecer como áreas de preservação natural.

As áreas potenciais para culturas de ciclo curto concentram-se nas várzeas do baixo curso do alto Batalha, embora atualmente haja restrições de cunho ambiental, não abordadas no presente trabalho, para o cultivo dessas áreas. O programa SAMPA 2.0 permitiria um ajuste prévio por parte do usuário do sistema, neste sentido; entretanto, considerou-se adequado manter a configuração padrão tendo em vista a limitada disponibilidade para os agricultores locais de áreas adequadas à produção de cereais.

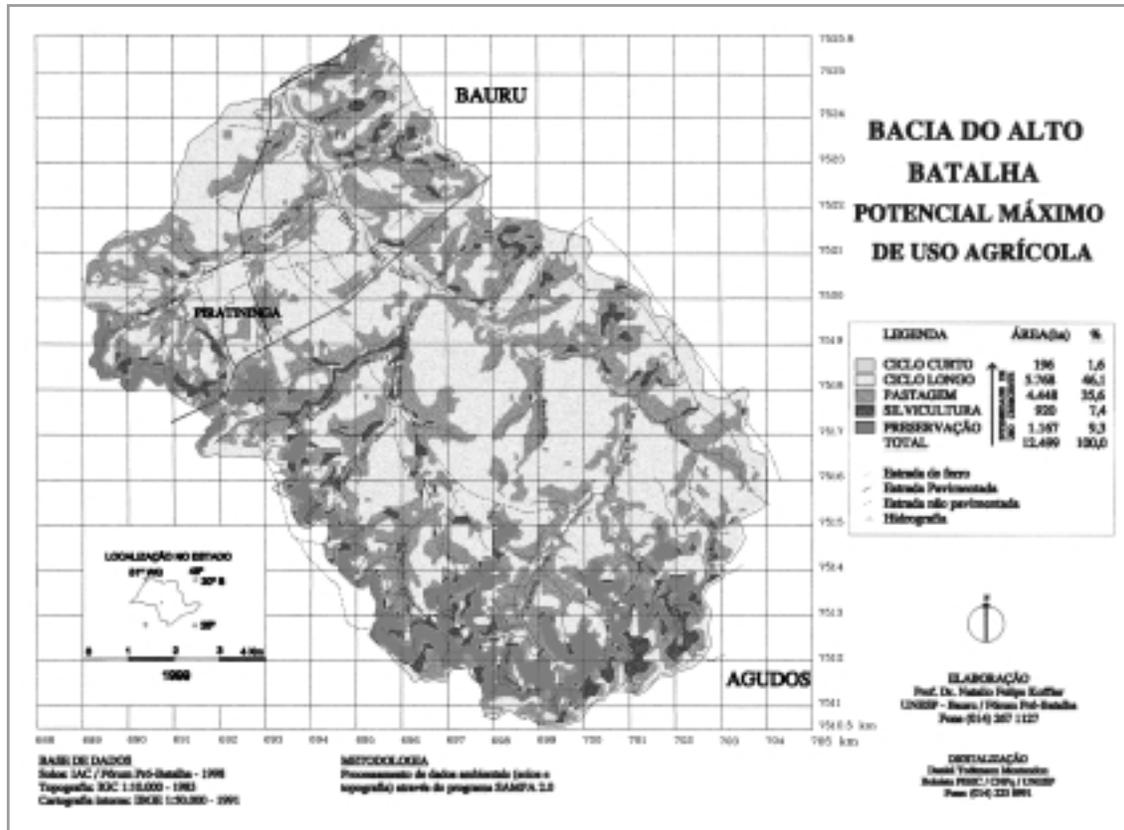


FIGURA 2 - Potencial máximo de uso agrícola.

As áreas potenciais para culturas de ciclo longo ocorrem nos menores declives (até 10%) característicos dos amplos interflúvios dos afluentes do Batalha, enquanto as áreas disponíveis para pastagens concentram-se nos vales, junto às calhas dos rios, onde predominam declividades intermediárias (10 a 20%). As áreas recomendadas para silvicultura encontram-se dispersas ao longo das nascentes do Batalha e seus afluentes, em declividades da classe 5 (20 a 45%) e junto aos vales dos córregos do Pântano, São João, Esperança e Água da Fazenda Santa Maria, associadas aos solos do tipo Areias Quartzosas Hidromórficas.

As áreas restritas ao uso agrícola e recomendadas para preservação natural ocorrem numa faixa contínua ao longo das cabeceiras do Batalha e seus afluentes, acompanhando o divisor de águas nas porções sul e sudeste, associadas às altas declividades do terreno (> 45%) e/ou aos Solos Litólicos.

Adequação do uso da terra em 1998

O confronto realizado pelo SAMPA entre os mapas de potencial máximo e de uso real das terras em 1998, resultou no mapa da FIGURA 3, que mostra a localização das áreas adequadamente utilizadas, as áreas sub-utilizadas e aquelas usadas acima do potencial natural.

KOFFLER, Natalio Felipe, MONTANDON, Daniel Todtmann. Diagnóstico do uso da terra e suscetibilidade à erosão da bacia do alto Batalha (sp), usando técnicas automáticas. *Mimesis*, Bauru, v. 21, n. 1, p. 53-72, 2000.

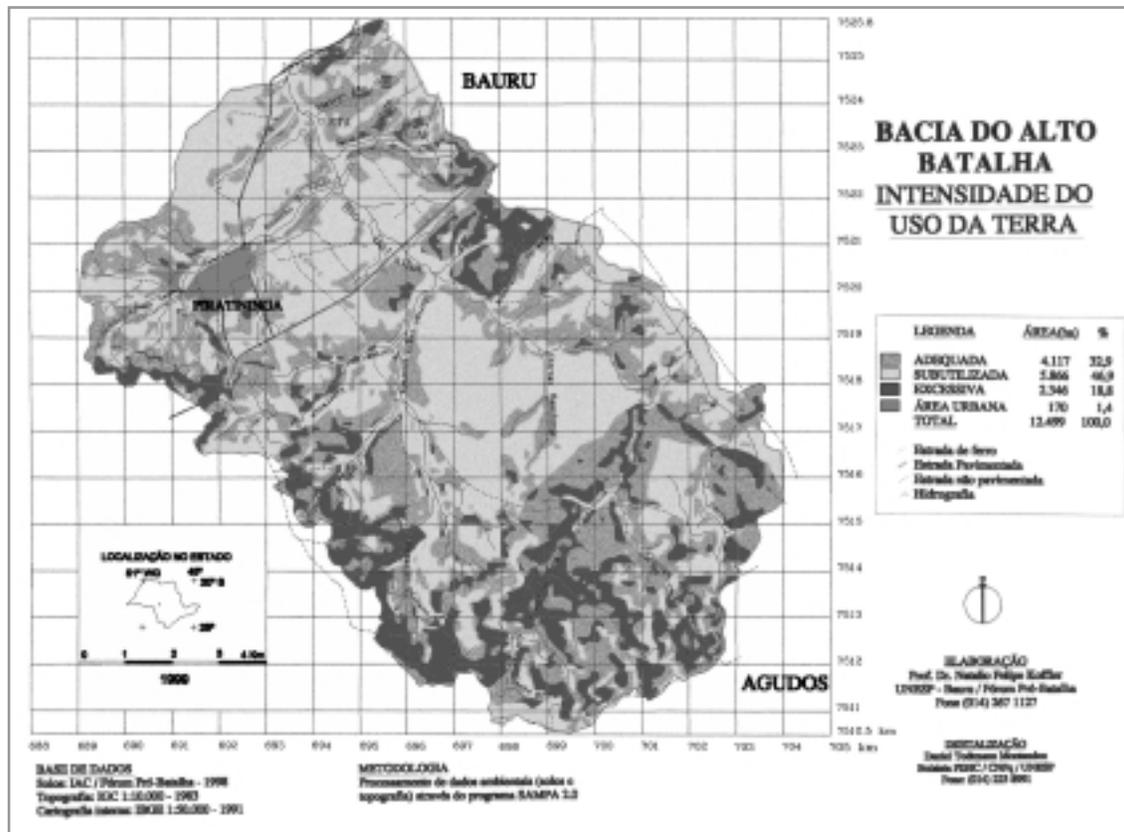


FIGURA 3 - Mapa de intensidade de uso da bacia do alto Batalha em 1998.

KOFFLER, Natalio Felipe, MONTANDON, Daniel Todtmann. Diagnóstico do uso da terra e suscetibilidade à erosão da bacia do alto Batalha (sp), usando técnicas automáticas. *Mimesis*, Bauru, v. 21, n. 1, p. 53-72, 2000.

Segundo esse mapa, quase um terço das terras da bacia estariam sendo utilizadas dentro dos limites recomendados (4.117ha), havendo 46,9% (5.866ha) que poderiam ser usados mais intensivamente e 18,8% (2.346ha) usados acima do potencial máximo.

A TABELA 3 mostra que os maiores desvios ocorrem nas áreas disponíveis para culturas de ciclo longo (5.768ha), nas quais 3.580ha estão sendo ocupados, a um nível menos intensivo, por pastagens. Nas áreas recomendadas para pastagem (4.448ha), ocorrem 992ha com cana-de-açúcar e 45ha com café, ambos os casos configurando-se como uso excessivo.

TABELA 3 - Matriz de comparação entre o potencial máximo e o uso real em 1998.

USO PREFERENCIAL		USO DA TERRA EM 1992 (ha)							
Tipo	Área (ha)	Cana	Café	Pasto	Silvicultura	Mata/Capoeira	Campo de várzea	Área urbana	Outros
Ciclo curto	195	18	0	48	0	4	124	0	1
Ciclo longo	5.768	1.109	25	3.580	49	511	177	149	168
Pastagem	4.448	992	45	2.502	50	447	243	20	149
Silvicultura	920	151	39	427	6	196	83	1	17
Preservação	1.168	198	160	286	48	436	0	0	40
Total	12.499	2.468	269	6.843	153	1.594	627	170	375

Nas áreas recomendadas para silvicultura (920ha), ocorrem 151ha com cana-de-açúcar, 39ha com café e 427ha com pastagens, todos eles configurando-se como uso além do potencial.

Nas áreas recomendadas para preservação natural (1.168ha), apenas 436ha estavam adequadamente cobertos por matas, havendo 198ha com cana-de-açúcar, 160ha com café, 286ha com pastagens e 48ha com silvicultura, todos esses casos devendo ser verificados quanto aos problemas ambientais que poderão causar ou já estão causando ao meio ambiente.

É interessante observar que predomina uma área significativa classificada como sub-utilizada, envolvendo 5.866ha, bem maior do que aquela classificada como estando com uso excessivo, 2.346ha. Por outro lado, existem 5.768ha potencialmente disponíveis para culturas de ciclo longo, como cana-de-açúcar, café e frutíferas, para uma demanda inferior a 3.000ha.

Isto aponta para a existência de grandes espaços disponíveis para se adequarem a um planejamento do uso da terra da bacia, sem prejuízo para a produção atual, com sobras suficientes para atender a uma possível expansão na demanda de matéria-prima por parte das agroindústrias da região.

Suscetibilidade à erosão

A FIGURA 4 apresenta o mapa de suscetibilidade à erosão da bacia do alto Batalha. Observa-se que 50,8% da bacia apresentam-se com solos cujas características físicas e topográficas os tornam altamente suscetíveis aos processos erosivos. Tratam-se das áreas constituídas por Solos Podzólicos de textura arenosa/média, com alta variação textural no perfil, associados aos Solos Litólicos. Também contribui para isso a topografia mais acidentada que caracteriza as áreas das nascentes do rio Batalha e de seus afluentes da margem esquerda, bem como dos vales dos afluentes de menor extensão da margem direita.

Outra grande parte (46,8%) possui suscetibilidade moderada a forte, localizada nos interflúvios suave ondulados a ondulados, constituídos por Solos Podzólicos com textura arenosa/média e pequena variação textural no perfil e Latossolos de textura média.

Áreas de baixa suscetibilidade à erosão têm ocorrência muito pequena (2,4%), estando localizadas nas largas baixadas que ocorrem ao longo do curso d'água principal do rio Batalha, associadas aos Solos Gley, e em pequenas áreas esparsas localizadas nos topos dos interflúvios.

KOFFLER, Natalio Felipe, MONTAN-
DON, Daniel
Todtmann.
Diagnóstico do uso
da terra e suscetibi-
lidade à erosão da
bacia do alto
Batalha (sp),
usando técnicas
automáticas.
Mimesis, Bauru,
v. 21, n. 1, p. 53-72,
2000.

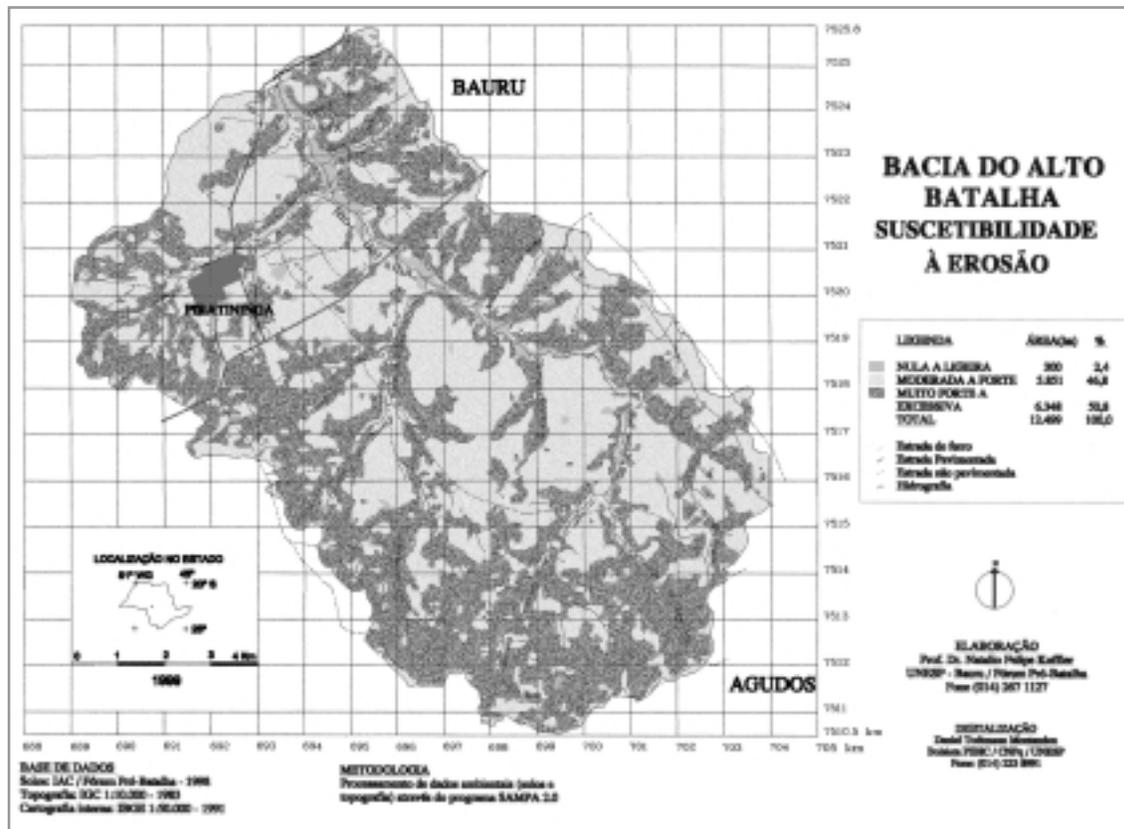


FIGURA 4 - Mapa de suscetibilidade à erosão da bacia do alto Batalha.

KOFFLER, Natalio Felipe, MONTANDON, Daniel Todtmann. Diagnóstico do uso da terra e suscetibilidade à erosão da bacia do alto Batalha (sp), usando técnicas automáticas. *Mimesis*, Bauru, v. 21, n. 1, p. 53-72, 2000.

CONCLUSÕES

A Bacia do alto Batalha apresenta grande parte da sua área com condições ambientais favoráveis para a utilização agro-silvo-pastoril. O quadro idealizado do potencial de uso da terra indica existirem situações que favorecem as culturas de ciclo longo, pastagem e silvicultura, mas bastante limitadas para culturas de ciclo curto.

Predominam as terras com potencial máximo para culturas de ciclo longo, que dispõem de 5.768ha, cerca de 46,1% do território. Em segundo lugar, ocorrem terras com potencial máximo para pastagens, com 4.448ha disponíveis para esse fim, ou seja, 35,6% da bacia. As culturas de ciclo curto, que concentram as plantas destinadas à alimentação básica da população, possuem pouca área disponível, cerca de 196ha, representando 1,6% da área total.

O confronto entre os mapas de uso atual das terras e de potencial máximo apontou que grande parte da área do território – cerca de 82% - apresenta uso adequado às condições ambientais. Tal fato ocorre, pois 32,9% da área da bacia é ocupada conforme o seu potencial e 46,9% estão sendo sub-utilizados; entretanto, existem 2.346ha utilizados acima do recomendado e que devem ser verificados para se avaliar a adequação

das práticas conservacionistas aplicadas ou se promover a substituição das atividades agrícolas.

As maiores distorções no uso das terras ocorrem nas áreas recomendadas para preservação, silvicultura e uma pequena parcela para pastagem, estando ocupadas por culturas de ciclo longo, como café e cana-de-açúcar. Essa ocorrência implica a contabilidade de um uso excessivo em 18,8% da área da bacia. A existência de uma grande área considerada sub-utilizada evidencia a viabilidade de um remanejamento dessas atividades.

Apesar da considerável porcentagem de uso adequado das terras, grande parte do território ocupado pela pastagem está sendo utilizada abaixo de seu potencial agrícola, definido como cultura de ciclo longo, evidenciando existirem amplas possibilidades de expansão de culturas que fornecem matéria-prima para agroindústrias da região, como a cana-de-açúcar e o café.

As principais limitações das terras da bacia para a agricultura são derivadas da predominância de solos de textura arenosa e alta variação textural no perfil, que acentuam o efeito erosivo das enxurradas na presença dos terrenos declivosos de ampla ocorrência na área. O levantamento desse problema em potencial mostrou que mais da metade da bacia apresenta-se com suscetibilidade à erosão muito forte a excessiva e 46,8% com suscetibilidade moderada a forte, apenas 2,4% da área tendo suscetibilidade nula a ligeira.

A automatização do diagnóstico do uso da terra através do SAMPA 2.0 facilitou a análise e interpretação da aptidão agrícola de uma maneira eficaz e praticamente sem subjetividade. O seu processamento foi bastante simplificado pelo uso do AutoCAD na geração dos mapas digitais de solos e de uso da terra e do IDRISI para a transformação desses mapas em arquivos compatíveis para a análise, eliminando a operação de digitalização via teclado durante a entrada desses dados no sistema.

A utilização de um sistema com estrutura vetorial (AutoCAD) serviu, ainda, para melhorar a qualidade dos dados cartográficos analisados por permitir uma melhor resolução de trabalho nos SIGs de estrutura matricial, como o IDRISI e o SAMPA. Além de simplificarem bastante o processo, possibilitaram a representação dos resultados em cartogramas com configuração próxima dos mapas convencionais, mais familiares aos usuários.

KOFFLER, Natalio
Felipe, MONTAN-
DON, Daniel
Todtmann.
Diagnóstico do uso
da terra e suscetibi-
lidade à erosão da
bacia do alto
Batalha (sp),
usando técnicas
automáticas.
Mimesis, Bauru,
v. 21, n. 1, p. 53-72,
2000.

KOFFLER, Natalio Felipe, MONTAN-DON, Daniel Todtmann. Diagnóstico do uso da terra e suscetibilidade à erosão da bacia do alto Batalha (sp), usando técnicas automáticas. *Mimesis*, Bauru, v. 21, n. 1, p. 53-72, 2000.

KOFFLER, Natalio Felipe. Land use and erosion susceptibility diagnostic of upper Batalha basin (SP-Brazil) using automatic techniques. *Mimesis*, Bauru, v. 21, n. 1, p. 53-72, 2000.

ABSTRACT

The upper Batalha river basin, approximately 12500ha, located in the center of Sao Paulo State between parallels 22°20' and 22°30' south and meridians 49°00' and 49°10'WG, is evaluated in respect to agricultural aptitude, the environmental adequacy of present land exploration and soil susceptibility for erosive processes. The analysis is made automatically through SAMPA 2.0 software using soil and topographic data. The results are maps and frequency tables. The main conclusions are: a) Most of the basin area presents favourable environment conditions for agricultural exploration, prevailing land suitability for long cycle cultures like sugarcane and fruit plants (46.1%) and pasture (35.6%). Short cycle potential areas stand for only 1.6% of the total area; b) 32.9% of the basin area is used according to the potential, 46.9% are used below the potential and 18.8% are used above potential; c) Lands with very high to excessive erosion susceptibility levels are predominant (50.8% of the area), followed by lands with moderate to high susceptibility (46.8%) and 2.4% with null to slight susceptibility; d) Vector structure systems (AutoCAD) improved the quality of cartographic data analysis in raster structure GIS (IDRISI and SAMPA), simplifying the data input process and making it possible to obtain the results in cartographic representation similar to conventional analogical maps.

Key words: Rural planning, land use, soil erodibility, geoprocessing, GIS, Batalha river.

AGRADECIMENTOS

Aos Senhores: Prof. Dr. Ailton Luchiari e Pesquisador Sérgio Luiz Antonello, da Unesp, *Campus* de Rio Claro e Richard Avante, do Departamento de Água e Esgoto, Prefeitura Municipal de Bauru, pela disponibilidade dos equipamentos e orientação no uso de *software* de geoprocessamento. Ao Prof. Ms. José Aparecido dos Santos, pela colaboração no desenvolvimento da metodologia de trabalho. Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e à UNESP, *Campus* de Bauru, por terem fornecido os recursos materiais que incentivaram a presente realização.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BIASI, M. *Cartas de declividade: confecção e utilização*. São Paulo: Instituto de Geografia/USP, 1970 (*Geomorfologia*, 21).
- FABRIS, E. E. Assoreamento e danos na represa de captação do rio Batalha. In: *SIMPÓSIO NACIONAL DE CONTROLE DE EROSÃO*, 5., 1995, São Paulo. *Anais...*São Paulo: ABGE/IPT, 1995. p. 509.
- FONTES, J. L., POHL, B. A. P. Cabeceira do rio Batalha. In: *SIMPÓSIO NACIONAL DE CONTROLE DE EROSÃO*, 5., 1995, São Paulo. *Anais...*São Paulo: ABGE/IPT, 1995. p. 515-7.
- FUNDAÇÃO EDUCACIONAL DE BAURU. *Um estudo do clima de Bauru*. São Paulo. Bauru: Instituto de Pesquisas Meteorológicas, 1974. 28p.
- IPT. Mapa geomorfológico do Estado de São Paulo; escala 1:1.000.000. 2v. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas, 1981a. 94p. (*Monografias*, 5).
- _____. Mapa geológico do Estado de São Paulo; escala 1:500.000. 2 v. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas, 1981b. 126p. (*Monografias*, 6)
- _____. *Mapa de erosão do Estado de São Paulo; escala 1:1.000.000*. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas, 1995.
- KOFFLER, N. F. Carta de declividade da bacia do rio Corumbataí para análise digital (SIG). *Geografia*, Rio Claro, v. 19, n. 2, p.167-182, 1994.
- _____. *Técnicas de geoprocessamento aplicadas ao planejamento e diagnóstico do uso da terra: A bacia do rio Bauru*. Bauru: UNESP/FAAC/DAUP, 1997. 60 p. (Relatório Trienal/CPRT).
- _____. et al. *SAMPA: Sistema de análise ambiental para planejamento agrícola (Versão 2.0)*. Rio Claro: UNESP/IGCE, 1995. 34 p. (Manual do Usuário).
- _____, MONTANDON, D. T. *Levantamento do uso da terra da bacia do Alto Batalha (SP) através de imagens orbitais*. Bauru: UNESP/DAUP e Fórum Pró-Batalha, 1999. 16p. + 4 figs.
- LEPSCH, I. F. et al. *Manual para levantamento utilitário do meio físico e classificação de terras no sistema de capacidade de uso*. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1991. 175 p.
- PRADO, H. et al. *Levantamento pedológico semi-detalhado – Microbacia do Alto Batalha*. Campinas: Instituto Agrônomo, 1998 (Mapa digital).
- _____, MORAES, J. *Levantamento pedológico semi-detalhado da microbacia do Alto Batalha*. Campinas: Instituto Agrônomo, 1998. 15p.
- RAMALHO F^o et al. *Sistema de avaliação da aptidão agrícola das ter-*

KOFFLER, Natalio
Felipe, MONTAN-
DON, Daniel
Todtmann.
Diagnóstico do uso
da terra e suscetibi-
lidade à erosão da
bacia do alto
Batalha (sp),
usando técnicas
automáticas.
Mimesis, Bauru,
v. 21, n. 1, p. 53-72,
2000.

KOFFLER, Natalio
Felipe, MONTAN-
DON, Daniel
Todtmann.
Diagnóstico do uso
da terra e suscetibi-
lidade à erosão da
bacia do alto
Batalha (sp),
usando técnicas
automáticas.
Mimesis, Bauru,
v. 21, n. 1, p. 53-72,
2000.

ras. Brasília: EMBRAPA/SNLCS, 1978. 70p.

VERDADE, F. C. et al. *Zoneamento agrícola do Estado de São Paulo*.
São Paulo: Secretaria da Agricultura, 1974.

_____. *Zoneamento agrícola do Estado de São Paulo*. São Paulo: Se-
cretaria da Agricultura, 1977.