

# CONFLITO DE USO DO SOLO EM ÁREA DE RECARGA DO ÁQUIFERO GUARANI NA BACIA DO MÉDIO RIO DAS CINZAS

Daniel Campanelli de ANDRADE<sup>1</sup>; Teresinha Esteves da Silveira REIS<sup>1</sup>; Luís Carlos REIS<sup>1</sup>

(1) Laboratório de Geomática da Universidade Estadual do Norte do Paraná (UENP), Campus Luiz Meneghel, Departamento de Mestrado em Agronomia, Rodovia BR-369 Km 54, Vila Maria, CP 261, CEP 86360-000 - Bandeirantes - Paraná – Brasil, Fone: +55 (0xx43) 3542 8000 | Fax: +55(0xx43) 3542 8008, Endereços eletrônicos: campanelli@uenp.edu.br, lcreis@uenp.edu.br

Introdução  
Materiais e métodos  
Localização e caracterização da área de estudo  
Aquisição e tratamento dos dados  
Uso atual do solo  
Aptidão agrícola das terras  
Conflito de uso das terras  
Resultados e discussão  
Conclusões  
Referências

**RESUMO** - A falta de conhecimento sobre a aptidão agrícola das terras, assim como a ausência do planejamento para a implantação das culturas, tem causado impactos negativos ao meio ambiente. O objetivo do presente estudo foi analisar o conflito de uso dos solos em seis microbacias na área de recarga do Aquífero Guarani. A metodologia utilizada partiu da determinação do uso atual do solo e da aptidão agrícola das terras, que foram cruzadas utilizando técnicas de geoprocessamento e lógica booleana para a criação de mapas. Foram encontradas situações preocupantes em três microbacias que apresentaram superutilização em relação à aptidão agrícola. Constatou-se também que na maior parte da área estudada a utilização das terras está abaixo de seu potencial agrícola (subutilizadas), caracterizando sustentabilidade da utilização dos recursos naturais, particularmente dos solos. Porém, essa subutilização subentende desconhecimento das técnicas de produção agrícola, concomitante ao uso de práticas agrícolas inadequadas, o que pode gerar degradação ambiental das áreas de recarga, vitais para a qualidade das águas contidas no Aquífero Guarani.

**Palavras Chaves:** uso atual do solo, aptidão agrícola, incompatibilidade de uso do solo.

**ABSTRACT** - The lack of knowledge about the agricultural aptitude of grounds, and also the absence of planning to the cultivation's implantation, has caused negative impacts to the environment. The aim of this essay was to analyze the conflict of the use in six watersheds in the recharging area of Guarani Aquifer. The methodology used came from the determination of the current use of the soil and the agricultural aptitude of grounds, which were crossed using techniques of geoprocessing and Boolean logic for the creation of the maps. It was found worrying situations in three watersheds, which presented overutilization in relation to the agricultural aptitude. Also confirmed is the fact that in the major part of the studied area, the utilization of the grounds is below its agricultural potential (underutilized), featuring sustainability of the natural sources utilization, particularly the soils. Although this underutilization implies ignorance of the agricultural production's techniques, concomitant with the use of inadequate agricultural practices, which might generate environmental degradation in the recharging areas, vital for the quality of the waters held in Guarani Aquifer.

**Key words:** Current land use, land suitability, land use incompatibility.

## INTRODUÇÃO

As condições atuais dos atributos do meio físico são, parcialmente, resultados das diferentes formas do uso e ocupação do solo pela sociedade, nas quais as ações do homem interferiram na evolução natural desses componentes (Romão & Souza, 2011).

O produtor rural moderno além de se preocupar com o aumento da produção também tende a se preocupar com o meio ambiente, principalmente com o solo e a manutenção para

sustentabilidade produtiva. Surge um novo conceito de produção rural em que a variável ambiental passa a ser parte do cotidiano, denominado produção sustentável (Hawken et al., 2002).

Segundo a FAO (1976), é compreendido como avaliação de terra, o processo para estimar o seu valor e comportamento quando usada para fins específicos. Para tanto, existem vários métodos de avaliação, de acordo com os

objetivos a que se destinam as terras. Assim, pode-se avaliar quanto as suas características fisiográficas ou pode-se ter uma classificação para um fim definido, como por exemplo, em relação ao potencial erosivo, às reservas minerais, à aptidão agrícola, ou à capacidade de uso.

Uma das etapas básicas na exploração do solo de forma conservacionista é a classificação da aptidão agrícola das terras. Essa aptidão é baseada nas características, como relevo, tipo de solo, clima, entre outras e serve para dividir uma área em glebas, de acordo com as melhores aptidões. Um dos principais métodos de avaliação do potencial agrícola de uso das terras é o Sistema de Avaliação da Aptidão Agrícola das Terras (SAAT), desenvolvido por Ramalho Filho & Beek (1995).

Os impactos ambientais causados pelo uso inadequado do solo trazem consequências para a qualidade das águas dos rios, nascentes e até das reservas subterrâneas (Arcova & Cicco, 1999). Esta qualidade é o resultado das influências do clima, geologia, fisiografia, solos e vegetação da bacia hidrográfica e, principalmente, das atividades antrópicas, pois o uso do solo de maneira inadequada pode

afetar as características físicas, químicas e biológicas da água nele contida.

Para fazer a classificação da aptidão agrícola de terras é fundamental o uso de sistemas de informações geográficas (SIG), pois se trata de um trabalho que se feito de forma manual pode ser muito subjetivo. Com o uso das geotecnologias, fomenta-se o banco de dados com as variáveis necessárias, que são cruzadas de acordo com as equações e programações necessárias para a geração do mapa de aptidão agrícola, evitando que haja tal subjetividade no produto final (Miguel et al., 2011).

Outra etapa fundamental no processo de avaliação do conflito de uso do solo, é o levantamento do atual uso e ocupação do solo, que é a interpretação, seja a campo ou por sensores remotos, como fotografias aéreas ou imagens de satélite, obtendo informações acerca da cobertura existente no local, naquele momento.

O objetivo do estudo foi realizar o levantamento do uso atual do solo e da aptidão agrícola das terras, a fim de com base nessas informações elaborar um mapa de conflito de uso do solo da área de recarga do Aquífero Guarani na média bacia do Rio das Cinzas.

## MATERIAL E MÉTODOS

### **Localização e caracterização da área de estudo**

O estudo ocorreu na área de recarga do Sistema Aquífero Guarani(SAG), entre as coordenadas 24° 00' 28'' S, 51° 00' 01'' W e 22° 53' 03'' S, 49° 29' 19'' W, região do Norte Pioneiro do Paraná, abrangendo parte dos municípios de Jacarezinho, Santo Antônio da Platina, Jundiá do Sul, Ribeirão do Pinhal, Nova Fátima e Congonhinhas. (Figura 3). O clima é classificado como Cfa (subtropical) com verões quentes e chuvosos e baixa frequência de geadas, precipitação média anual em torno de 1600 a 1800 mm e umidade relativa do ar entre 75 e 80% (Cavaglione et al., 2010).

Foram selecionadas seis microbacias integrantes da bacia do médio Rio Cinzas, uma por município supracitado, proporcionando áreas amostrais em todas as regiões do estudo, estas áreas que quando somadas apresentam 3.397 hectares de extensão (Figura 1).

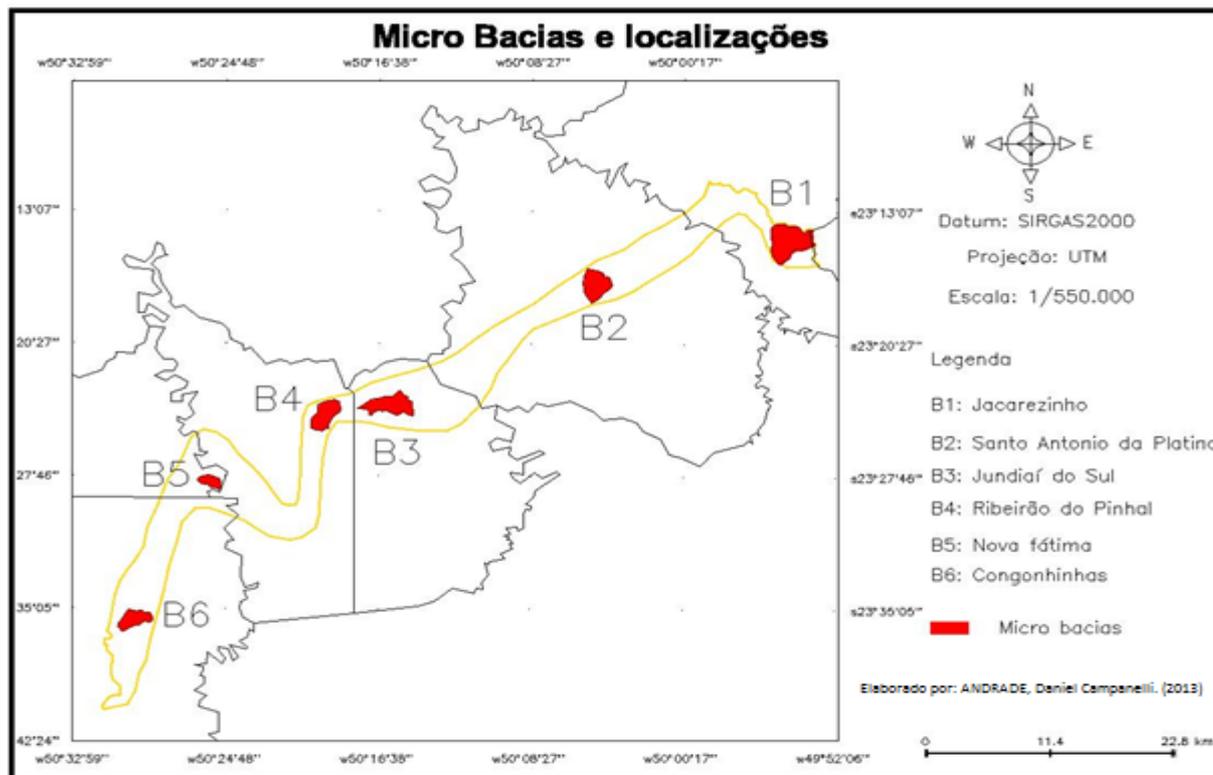
### **Aquisição e tratamento dos dados**

#### *Uso Atual do Solo*

Foi gerado a partir da classificação supervisionada da imagem do sensor LISS3 (ResourceSat-1), bandas 3, 4 e 5, na composição falsa cor R(5) G(4) B(3), do ano de 2013. Foi utilizado o classificador estatístico Bhattacharya, disponível no software Spring – Sistema de Processamento de Informações Georreferenciada, versão 5.2.6, desenvolvido pelo INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Classificador que identifica regiões, medindo a separabilidade estatística entre um par de classes espectrais, ou seja, mede a distância média entre as distribuições de probabilidades de classes espectrais.

Foram pré-estabelecidas seis classes de uso, sendo elas: floresta (nativa), silvicultura, lavoura (culturas anuais, perenes e semi-perenes), pastagem (pastagens plantadas e naturais), água (nascentes, rios, riachos,

córregos e lagos) e urbano.



**Figura 1.** Distribuição das microbacias ao longo da área de recarga.

#### *Aptidão Agrícola das Terras*

A aptidão agrícola foi levantada utilizando-se de informações contidas no levantamento semidetalhado dos solos do Estado do Paraná (Larach et al., 1984). O mapa de solos foi digitalizado e sua legenda atualizada conforme o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SBCS, 2013).

Adotou-se a metodologia preconizada por Ramalho Filho & Beek (1995), que são mensurados os seguintes fatores de limitação: deficiência de fertilidade, deficiência de água, deficiência de oxigênio (excesso de água), susceptibilidade a erosão e impedimento à mecanização. Os fatores foram avaliados conforme o grau de limitação como nulo, ligeiro, moderado, forte e muito forte.

O grau de limitação extremamente forte, utilizado por Ramalho Filho & Beek (1995), foi reunido junto à classificação para o grau muito forte, de modo que houvesse sempre cinco graus possíveis para cada um dos fatores de limitação.

As classes de aptidão foram definidas como: boa, regular, restrita e inapta, para cada tipo de uso, sendo os usos identificados por algarismos arábicos (1 a 6), em que 1, 2 e 3 significa respectivamente, bom, regular e restrito para lavoura, 4 evidencia aptidão para pastagens plantadas, 5 pastagens naturais e/ou silvicultura e 6 resume-se a áreas sem aptidão agrícola, destinadas a preservação da fauna e da flora (Ramalho Filho & Beek, 1995). Com relação ao nível de manejo, foi adotado apenas o nível B, manejo intermediário, que é a prática agrícola comumente utilizada na região do estudo.

#### *Conflito de Uso do solo*

O mapa de conflitos de uso do solo foi gerado a partir dos cruzamentos dos mapas de aptidão agrícola das terras e o mapa do uso atual do solo, excluindo-se áreas hídricas, áreas urbanas e áreas de floresta nativa, que foram consideradas como áreas consolidadas, conforme o organograma (Figura 2).

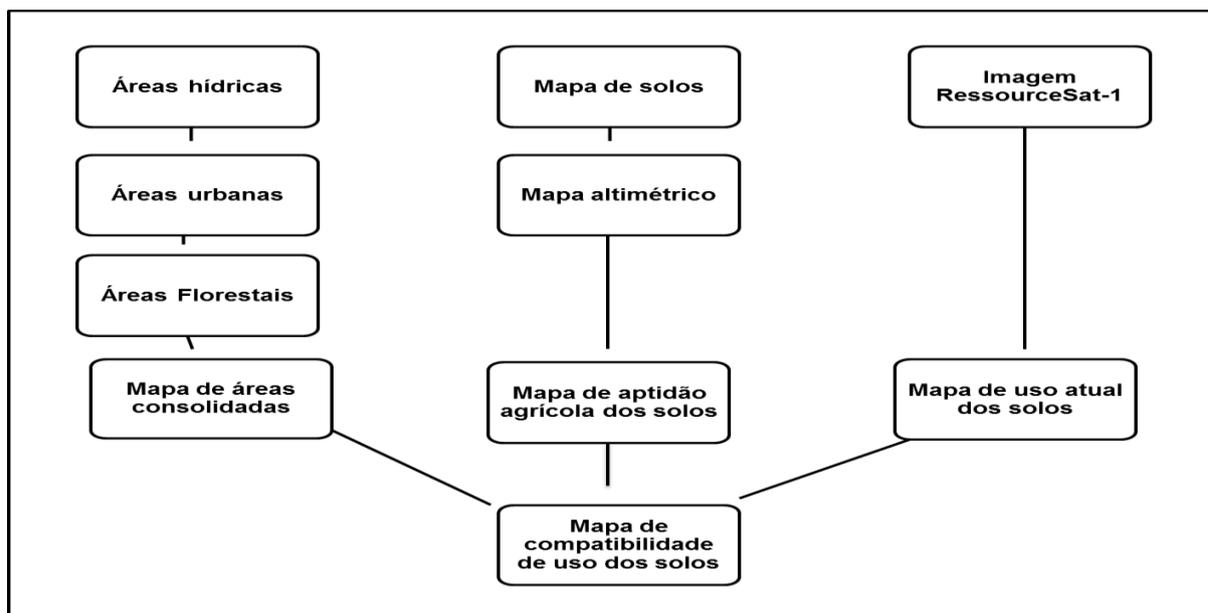


Figura 2. Organograma do método de construção e cruzamento dos PIs.

O cruzamento dos PIs foi realizado por meio de lógica booleana, utilizando a ferramenta de análise LEGAL (Linguagem Espacial para Geoprocessamento Algébrico) do software Spring.

Foram adotadas as seguintes classes de aptidão: adequado, superutilizado e subutilizado. A classe adequada se deu quando

o uso atual do solo era igual à aptidão agrícola encontrada, subutilizado quando o uso atual do solo era menos intensivo e superutilizado quando o uso atual do solo era mais intensivo do que a aptidão agrícola indicada para a área em questão (Quadro 1).

Quadro 1. Organização dos cruzamentos das classes e respectivo conflito de uso.

Aptidão agrícola	Uso do solo	Conflito de uso do solo
1B, 2b, 3(b)	Lavoura	Adequado
4P, 4p	Lavoura	Superutilizado (Inadequado)
1B, 2b, 3(b)	Pastagem	Subutilizado
4P, 4p	Pastagem	Adequado
1B, 2b, 3(b), 4P, 4p	Silvicultura	Subutilizado

Aptidão agrícola: 1B – bom para lavoura, 2b – regular para lavoura, 3(b) – restrito para lavoura, 4P – bom pastagem, 4p – regular pastagem.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram observadas todas as classes predeterminadas de uso do solo (lavoura, pastagem, floresta, silvicultura, urbano e água), destacou-se a cobertura por pastagens (Tabela 2), seguido da classe lavoura, sendo que a soma dessas duas classes ultrapassaram 50% do total das microbacias em todas as áreas de estudo, chegando a 95% na microbacia B3 de Jundiá do Sul. A única microbacia que apresentou cobertura com silvicultura foi a de Congonhinhas (B5), com apenas 4,31% de abrangência. A microbacia B2, foi a única a

apresentar uso urbano, o município de Santo Antônio da Platina, com 210,64 hectares de urbanização, correspondente a 35% do total da área da microbacia. A cobertura por floresta nativa, variou de 1,09% na microbacia B6, em Congonhinhas, até 40,39% na B4 em Ribeirão do Pinhal. A microbacia com área expressiva de cobertura por lâmina d'água foi a B5, apresentando duas represas que somadas, possuem área de 4,4 hectares, equivalente a 2,19% de área.

**Tabela 2.** Uso atual do solo.

Microbacia	B1		B2		B3		B4		B5		B6	
	ha	%										
<b>Floresta *</b>	182,88	18,15	67,44	11,46	34,36	4,99	217,08	40,39	41,24	20,55	4,08	1,04
<b>Urbano *</b>			210,64	35,79								
<b>Água *</b>									4,40	2,19		
<b>Pastagem</b>	593,98	58,94	195,66	33,24	479,54	69,61	175,56	32,66	28,04	13,97	326,91	83,04
<b>Lavoura</b>	230,86	22,91	114,85	19,51	175,02	25,40	144,86	26,95	126,99	63,28	45,72	11,61
<b>Silvicultura</b>											16,98	4,31

\* - Áreas consolidadas.

Tendo em vista a aptidão agrícola das terras (Tabela 3) observou-se duas microbacias com 100% de sua área apta para lavoura (B3 e B4) em alguma das classes de restrição (1B - boa, 2b - regular e 3(b) - restrita) e uma terceira

microbacia com mais de 96% de aptidão para lavoura (B2). A área com menor aptidão para lavouras foi localizada em B1, que apresentou 43,96% de seu território com tal aptidão.

**Tabela 3.** Aptidão agrícola das terras em percentual de área.

Aptidão Agrícola das terras	B1	B2	B3	B4	B5	B6
<b>1B</b>	11,02	48,66	68,87	64,18	24,80	56,90
<b>2b</b>	0	41,20	25,55	29,42	8,91	2,66
<b>3(b)</b>	32,94	6,46	5,58	6,40	26,22	15,03
<b>4P</b>	42,04	0	0	0	0	25,41
<b>4p</b>	14,00	3,69	0	0	40,07	0

Aptidão: 1B- boa para lavoura, 2b - regular para lavoura, 3(b) - restrita para lavoura, 4P - boa para pastagem e 4p - regular para pastagem.

Também foi encontrada aptidão para pastagem em encostas com declives mais acentuados, fator que agrava o impedimento à mecanização e susceptibilidade a erosão, implicando na necessidade da implantação de culturas menos intensivas, que possam vir a amenizar alguns problemas ambientais, tal como a erosão. A microbacia B1, (Jacarezinho), foi a que apresentou maior porção de área apta a pastagens, com 56,04% de seu território, seguido da B5 (Nova Fátima) com cerca de 40%. A microbacia B6 apresentou esta aptidão em cerca de um quarto de suas áreas e B2 com apenas 3,69% (Figura 3).

A classe que mais se destacou dentre as classes de aptidão agrícola das terras foi a boa para lavoura (1B), classe sem restrições, na qual pode-se instalar as culturas mais intensivas e consequentemente de maior rendimento produtivo e financeiro. Essa classe foi a mais abrangente em quatro das seis microbacias: B3 com 68,7%, B4 com 64,18%, B6 com 56,9% e B2 com 48,66%, mostrando um bom panorama para o plantio de dois ciclos de culturas ano, como por exemplo, soja e milho, cenário

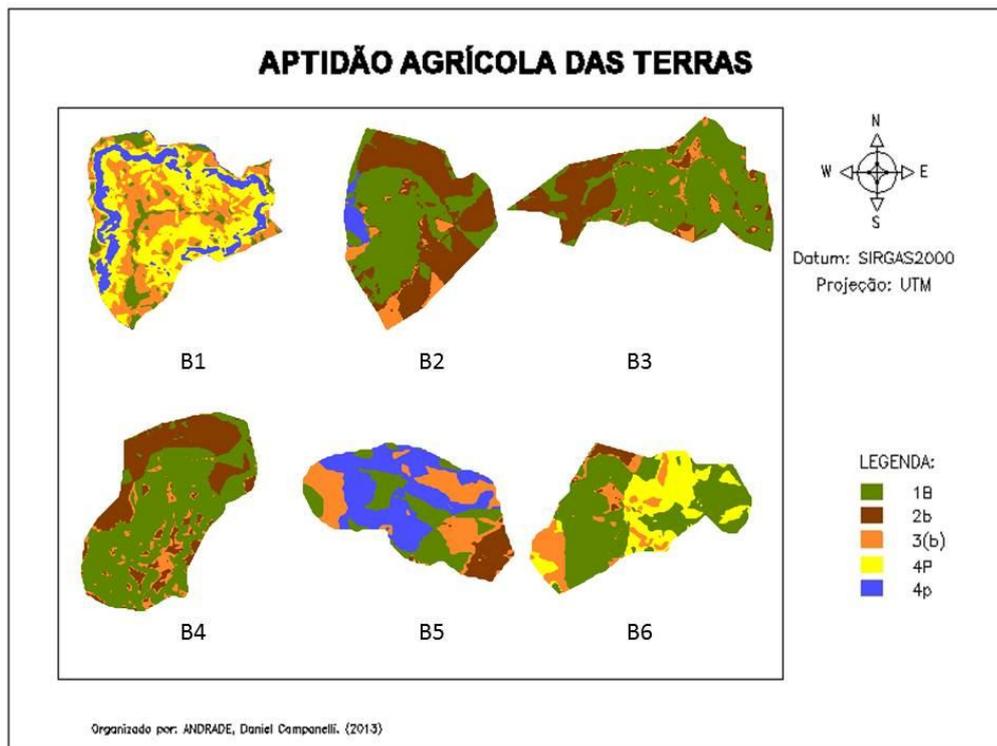
comumente encontrado na região (Figura 4).

Não foi possível realizar o levantamento das áreas destinadas à preservação permanente (APP), para obtenção do mapa de conflito ambiental de uso do solo, visto que o novo Código Florestal, Lei 12.561 de 25 de maio de 2012, vincula a área de abrangência ao tamanho da propriedade, de acordo com o número de módulos fcais que a compõem.

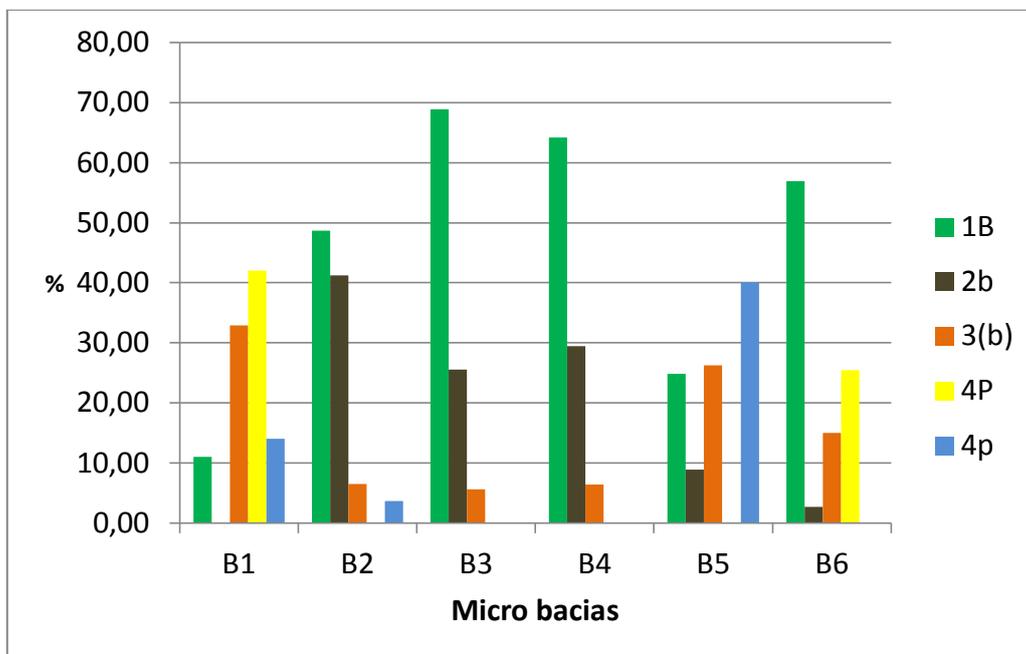
Porém, como no novo código florestal é vedada a supressão de qualquer área com cobertura florestal nativa para a conversão a outros usos, estas áreas foram consideradas como áreas consolidadas, não sendo avaliadas no estudo de conflito de uso. Da mesma maneira as áreas cobertas por água e os perímetros urbanos também não foram avaliadas (Brasil, 2012).

Com base nos resultados nota-se que os conflitos de uso do solo foram apresentados em B5, com 27,88% de área com uso superutilizado (inadequado), em seguida aparece B1, com 14,32%, B6 com 2,2% e inexpressivos 0,08% em B2, (Tabela 4). Estas áreas apresentaram uso do solo mais intensivo

do que o recomendado na aptidão agrícola, 5).  
 configurando superutilização (Tabela 4 e Figura



**Figura 3.** Espacialização da aptidão agrícola das terras.



**Figura 4.** Percentual de área para cada classe de aptidão agrícola das terras.

**Tabela 4.** Conflito de uso do solo em percentual de área

Conflito de uso	B1	B2	B3	B4	B5	B6
<b>Adequado</b>	36,01	22,97	25,42	26,82	39,89	31,69
<b>Superutilizado</b>	14,32	0,08	0,00	0,00	27,88	2,20
<b>Subutilizado</b>	31,40	29,71	69,59	32,76	9,42	65,07

A superutilização pode ao longo do tempo, acarretar em efeitos negativos para a produção e manutenção da sustentabilidade ambiental dessas áreas. As áreas que

apresentam superutilização são geralmente ocupadas por lavoura em locais com aptidão para alguma das classes para pastagens.

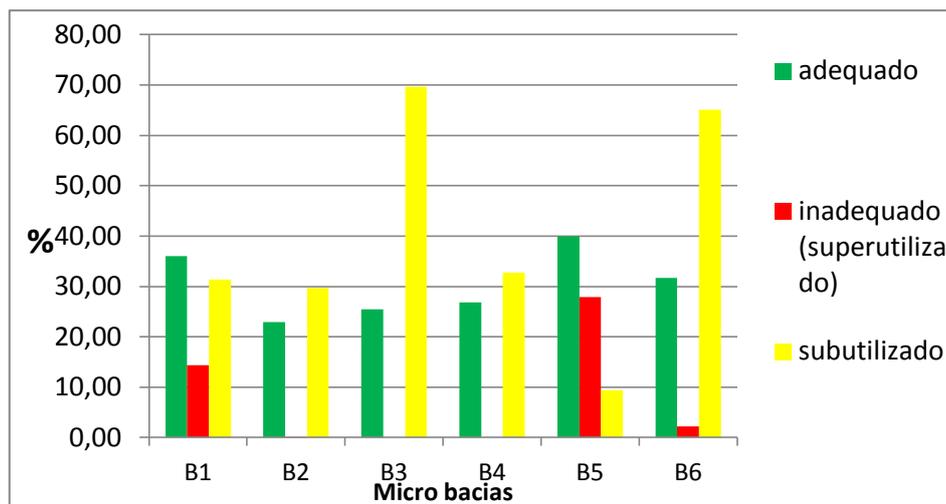


Figura 5. Distribuição das áreas de acordo com o conflito de uso do solo.

Com relação à subutilização, a microbacia B3 (Jundiá do Sul), apresentou maior percentual de área subutilizada, com 69,59% do seu território com uso menos intensivo do que o recomendado na aptidão agrícola. Em seguida B6 com 65,07%. As microbacias B1, B2 e B4 apresentaram cerca de um terço de seus territórios subutilizado e B5 apresentou menos de 10% de suas áreas com

subutilização. O fator subutilização ocorreu na maioria dos casos devido à presença de terras aptas em alguma classe para lavoura com uso atual menos intensivo, como pastagem ou até mesmo silvicultura, fator que não compromete o meio ambiente, pois o uso é menos intensivo do que o suportado de acordo com a declividade e as características físicas, químicas e biológicas do solo (da Silva et al., 2010).

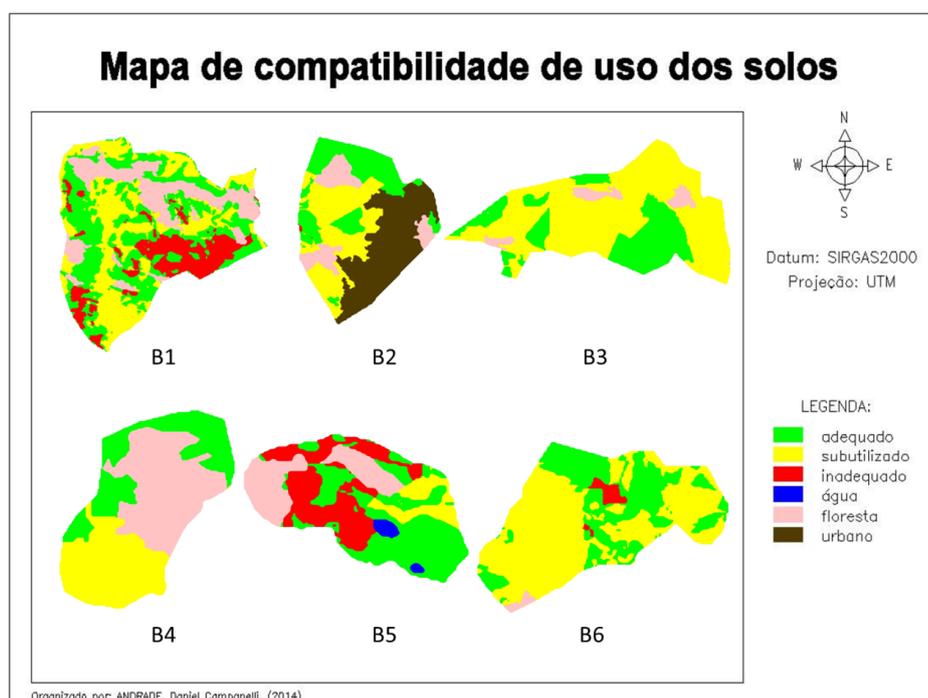


Figura 6. Mapa de compatibilidade de uso do solo.

## CONCLUSÕES

A microbacia do município de Nova Fátima (B5) apresentou a situação mais crítica com quase 30% de suas terras sendo superutilizadas, ou seja, com usos mais intensivos do que o meio ambiente local pode suportar. Levando-se em consideração o tamanho de cada microbacia, a B1 de Jacarezinho, também apresenta um cenário desfavorável com mais de 144 hectares apresentando superutilização, somado a outros 316 hectares subutilizados. Ainda com relação

à subutilização das terras, a microbacia B3 (Jundiá do Sul) foi a que apresentou a maior porção de áreas subutilizadas, cerca de 70% da da microbacia.

A utilização de técnicas de geoprocessamento e principalmente a ferramenta de análise LEGAL permitiram a obtenção dos mapas de conflito de uso do solo, expressando de maneira não subjetiva os dados desejados.

## REFERÊNCIAS

1. ARCOVA, F. C. S.; CICCIO, V. Qualidade da água de microbacias com diferentes usos do solo na região de Cunha, Estado de São Paulo. **ScientiaForestalis**, Piracicaba, v. 5, n. 6, p. 125-34, 1999.
2. CAVIGLIONE, J. H.; KIIHL, L. R. B.; CARAMORI, P. H.; OLIVEIRA, D. **Cartas climáticas do Paraná**. Londrina : IAPAR, 2000. CD.
3. Da SILVA, E. B.; NOGUEIRA, R. E.; UBERTH, A. A. A. Avaliação da aptidão agrícola das terras como subsídio ao assentamento de famílias rurais, utilizando sistemas de informações geográficas. **R. Bras. Ci. Solo**, v. 34. P.1977-1990, 2010.
4. FAO. A Framework for land evaluation. Roma: **Food and Agriculture organization of the united nations**, 1976. 72p.
5. HAWKEN, P.; LOVINS, A.; LOVINS, H. **Capitalismo natural**. São Paulo: Cultrix, 2002. 358p.
6. LARACH, J. O. I. et al. Levantamento e reconhecimento dos solos do Estado do Paraná. Curitiba: EMBRAPA, 1984. 408 p.
7. MIGUEL, P.; DALMOLIN; R. S. D.; PEDRON; F. de A.; SAMUEL-ROSA; A.; MEDEIROS; A. P. S. C de.; MOURA-BUENO; J. M.; BALBINOT, A. Solo e dinâmica de ocupação das terras em áreas do rebordo do planalto do rio grande do sul. **R. Bras. Agrociência**, Pelotas, v.17, n.4-4, p.447-455, 2011.
8. RAMALHO FILHO, A.; BEEK, K.J. **Sistema de avaliação da aptidão agrícola das terras**. 3.ed. rev. Rio de Janeiro: EMBRAPA – CNPS, 1995. 65p.
9. RHEINHEIMER, D.S.; GONÇALVES, C.; PELLEGRINI, J.B.R. Impacto das atividades agropecuárias na qualidade da água. **Ciência & Ambiente**, v. 27, p.85-96, 2003.
10. ROMÃO, A. C. B. C.; SOUZA, M. L. D. **Análise do uso e ocupação do solo na bacia do Ribeirão São Tomé, noroeste do Paraná (1985 e 2008)**. **Ra'ega, Curitiba**, n. 21, p. 337-364, 2011.
11. **SISTEMA BRASILEIRO DE CLASSIFICAÇÃO DOS SOLOS (SBCS)**/ SANTOS, H. G. dos.; JACOMINI, P. K. T.; ANJOS, L. H. C. dos.; OLIVEIRA, V. A. de.; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A. de.; CCUNHA, T. J. F.; OLIVEIRA, J. B. de. 3 ed. Ver. Amp. Brasília, DF: EMBRAPA, 2013, 353 p.

*Manuscrito recebido em: 10 de Outubro de 2014  
Revisado e Aceito em: 15 de Dezembro de 2014*