

Fragilidade ambiental do Ribeirão Água da Lúcia – Botucatu (SP), visando o desenvolvimento sustentável

Environmental fragility of Stream Água de Lúcia - Botucatu (SP), aiming at sustainable development

Fragilidad ambiental del Ribeirão Água de Lucía - Botucatu (SP), buscando el desarrollo sostenible

Sérgio Campos

Prof. Dr., UNESP, Brasil
seca@fca.unesp.br

Felipe de Souza Nogueira Tagliarini

MSC, UNESP, Brasil
Felipe_tagliarin@hotmail.com

Marcelo Campos

Prof. Dr., UNESP, Brasil
marcelocampos@tupa.unesp.br

RESUMO

Sistemas de informação geográfica (SIG), juntamente com a técnica de análise multi-critério, permite a padronização e integração de dados, que normalmente com de várias fontes, permitindo uma avaliação conjunta da mesma, proporcionando mais eficiência e confiabilidade no processo de tomada de decisão para promover a adequação do uso do solo. O presente estudo destinado a analisar a fragilidade ambiental no Ribeirão Água da Lúcia - Botucatu (SP). O uso de um Sistema de Informação Geográfica para a elaboração de mapas de fragilidade: classes de pedologia, declividade, geologia e uso e ocupação do solo. Os fatores foram integrados e interpolados, onde todos receberam as mesmas variáveis de peso na análise e a sobreposição de destes mapas geraram informações da fragilidade ambiental da microbacia. Os resultados mostraram que as classes de fragilidade ambiental alta, média e muito alta merecem maior atenção, uma vez maior atenção, pois representam quase 86% da área, mostrando que mal planejada e se não forem tomadas precauções, essas áreas tendem a ser mais facilmente degradadas.

PALAVRAS-CHAVE: Microbacia. Geoprocessamento. Sistema de Informação Geográfica.

ABSTRACT

Geographic information systems (GIS), along with the multi-criteria analysis technique, allows the standardization and integration of data, which normally eat from several sources, allowing a joint evaluation of the same, providing more efficiency and reliability in the process of making Decision to promote the adequacy of land use. The present study aimed at analyzing the environmental fragility in Stream Água da Lúcia - Botucatu (SP). The use of a Geographic Information System for the elaboration of maps of fragility: classes of pedology, declivity, geology and land use and occupation. The factors were integrated and interpolated, where all received the same weight variables in the analysis and the overlap of these maps generated information on the environmental fragility of the microbasin. The results showed that the classes of environmental fragility high, medium and high very deserve greater attention, once more attention, since they represent almost 86% of the area, showing that poorly planned and if no precautions are taken, these areas tend to be more easily degraded.

KEYWORDS: Microbasin. Geoprocessing, Geographic Information System.

ABSTRACTO

Los sistemas de información geográfica (SIG), junto con la técnica de análisis multicriterio, permiten la estandarización e integración de datos, que normalmente se alimentan de varias fuentes, permitiendo una evaluación conjunta de los mismos, proporcionando más eficiencia y fiabilidad en el proceso de toma de decisiones Para promover la adecuación del uso de la tierra. El presente estudio tuvo como objetivo analizar la fragilidad ambiental en Ribeirão Água da Lúcia - Botucatu (SP). El uso de un Sistema de Información Geográfica para la elaboración de mapas de fragilidad: clases de pedología, declive, geología y uso y ocupación de la tierra. Los factores fueron integrados e interpolados, donde todos recibieron las mismas variables de peso en el análisis y la superposición de estos mapas generó información sobre la fragilidad ambiental de la microcuenca. Los resultados mostraron que las clases de fragilidad ambiental alto, medio y muy alta merecen mayor atención, una vez más atención, ya que representan casi 2/3 del área, mostrando que mal planificadas y si no se toman precauciones, estas áreas tienden a ser más fácilmente degradadas .

PALABRAS CLAVE: Microbacia. Geoprociamiento, Sistema de Información Geográfica.

Introdução

As mudanças ambientais vêm ocorrendo devido ao desenvolvimento industrial, crescimento populacional e o desmatamento de vastas florestas, para o uso e exploração do solo sem planejamento, de forma inadequada da terra, sem preocupação de protegê-la contra diversos impactos ambientais e sua capacidade produtiva.

A escolha por uma microbacia como unidade de planejamento ambiental, características de um sistema natural delimitado, de regiões altas, onde se encontram nascentes dos rios, córregos, áreas de encostas e de baixadas e problemas com a água, a solução está diretamente relacionada ao manejo e manutenção (SANTOS, 2004).

A utilização dessas ferramentas da geotecnologia permite fazer uma análise ambiental de forma a entender como essas alterações se comportam no espaço, sendo um dos pontos mais fortes como estudo do ambiente como um todo (PIRES et al., 2012).

As imagens de satélite auxiliam na identificação dos fenômenos naturais ou ação humana e na verificação das áreas com vegetação, diferentes tipos de solo, além de analisar os recursos hídricos, possuindo assim, uma grande vantagem por ter um custo baixo e fácil obtenção e fornecendo informações para resolução de problemas ambientais (SANTOS et al., 1993).

Esse trabalho teve como objetivo identificar e avaliar a fragilidade ambiental da microbacia do Ribeirão água da Lúcia - Botucatu (SP), conforme proposta de Ross (1994), segundo os mapeamentos temáticos e sua inter-relação dos elementos da paisagem, ou seja, visando as probabilidades de uso e ocupação do solo ideal, a fim de ter um planejamento de uso futuro menos impactante.

Material e Métodos

O presente trabalho foi desenvolvido na bacia do Ribeirão Água da Lúcia, localizada no Município de Botucatu (SP), por ser uma área muito importante e representativa do município onde a paisagem sofreu uma nítida transformação. A área situa-se geograficamente entre as coordenadas geográficas: 22° 45' 49" a 22° 49' 26" de latitude S e 48° 18' 35" a 48° 21' 31" de longitude W de Greenwich, abrangendo 1900,06ha.

O clima predominante do município, classificado segundo o sistema Köppen é do tipo Cwa – Clima Mesotérmico de Inverno Seco – em que a temperatura do mês mais frio é inferior a 18°C e do mês mais quente ultrapassa os 22°C.

A temperatura média anual na região, é de 20,2 °C, sendo as temperaturas médias dos meses mais quentes de 23,2 °C e de 16,9 °C nos meses mais frios.

A precipitação média anual está ao redor de 1.447 mm, ocorrendo uma precipitação média no mês mais chuvoso e mais seco, respectivamente, de 223,4 mm e 37,8 mm.

Para a análise da imagem de satélite de 2011 utilizou-se o software IDRISI juntamente com as imagens de satélite digital, bandas 3,4 e 5 do Sensor TM do LANDSAT 5, da órbita 220, ponto 56, quadrante A e passagem de 2011.

A carta de solos da microbacia foi extraída da Carta de Solos de Botucatu (Piroli, 2002), em escala 1:50000.

Os solos (Piroli, 2002) ocorrentes na área foram classificados como: Neossolo Quartzarênico órtico (RQótípico), Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico (PVA_d) e Gleissolo Háptico (GX_{bd}).

Os pontos de controle (coordenadas) para o georreferenciamento e os pontos de máxima altitude para digitalização do limite da microbacia tiveram como base cartográfica a Carta Planialtimétrica, editada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE em 1969, folha de Botucatu (SF-22-R-IV-3), em escala 1:50000, com distância vertical entre curvas de 20

m. A conversão dos dados vetoriais em imagem raster e o seu processamento foi realizada com auxílio do Sistema de Informações Geográficas – Idrisi Selva, bem como a determinação do mapa de declividade da microbacia.

O contorno da área da microbacia foi realizado manualmente na Carta Planialtimétrica editada pelo IBGE (1969), segundo os pontos mais elevados de altitude que delimitam a área, tendo-se como base a definição de Rocha (1991).

O mapa de solos foi obtido a partir do mapa de solos do Município de Botucatu (Piroli, 2002). A partir deste mapa, foi feita a scannerização da área referente à microbacia, sendo importado para o software Idrisi Selva pelo módulo *File/Import* num formato passível de entrada, sendo posteriormente georreferenciado.

As diferentes classes de solo foram digitalizadas e, posteriormente, foram indicados os nomes de cada área, associados aos seus respectivos identificadores. As áreas e as porcentagens de cada classe de solo foram determinadas através do comando *Area* do menu *Database Query* pertencente ao módulo *Analysis*.

As curvas de nível com equidistância vertical de 20m foram obtidas a partir das cartas topográficas, nas quais foram convertidas do formato analógico para o digital, através do scanner.

As classes de declive foram obtidas através da digitalização e identificação das curvas conforme os valores de suas altitudes pelo Software Idrisi Selva, para realização da interpolação das curvas de nível, pelo módulo *TIN interpolation*. Em seguida, fez-se o cálculo de declives no módulo *surface* e finalmente usando-se o módulo de reclassificação de valores, *reclass*, os valores interpolados foram agrupados nos intervalos de classes de declividade de 0-0,6, 6-12, 12-20, 20-30 e >30%. O mapa de declividade foi executado a partir do modelo digital de elevação segundo as classes de declive utilizadas para conservação do solo preconizadas pela Soil Survey Staff (1975).

Através do *SIG IDRISI Selva* foi elaborada uma composição colorida com a combinação das bandas 3, 4 e 5, obtida a partir da imagem de satélite digital, bandas 3, 4 e 5 do sensor *Thematic Mapper* do LANDSAT – 5, da órbita 220, ponto 76, quadrante A, passagem de 2011, escala 1:50000, pois esta apresenta uma boa discriminação visual dos alvos, possibilitando a identificação dos padrões de uso da terra de maneira lógica.

Esta composição apresenta os corpos d'água em tons azulados, as florestas e outras formas de vegetações em tons esverdeados e os solos expostos em tons avermelhados. A seguir, foi realizado o georreferenciamento da composição, utilizando-se para isso do módulo *Reformat/Resample do SIG – IDRISI Selva*, sendo os pontos de controle obtidos nas cartas planialtimétricas, utilizando o sistema de coordenadas planas, projeção UTM, datum Córrego Alegre, bem como dois arquivos de pontos de controle, sendo o primeiro da imagem digital e o outro das cartas. Foram determinadas as coordenadas de cada ponto e com estes dados foi feito um arquivo de correspondência, através do comando *Edit* do menu *Database Query*, presente no módulo *Analysis*. Após o georreferenciamento, foi feito o corte, extraindo-se apenas a área de estudo da microbacia. A classificação supervisionada foi realizada, buscando diferenciar os alvos com radiâncias semelhantes. .

Após a elaboração do mapa de uso do solo, as áreas foram determinadas com o auxílio do *software SIG – IDRISI Selva*, utilizando-se do comando *Area* do menu *Database Query*, pertencente ao módulo *Analysis*, sendo posteriormente determinadas as porcentagens de cada classe.

Para a elaboração do mapa de Fragilidade Ambiental, posteriormente os mapas de pedologia, declividade, geologia e uso e ocupação dos solos foram agrupados e sobrepostos para a obtenção do mapa de fragilidade ambiental da microbacia do Ribeirão Água da Lúcia,

segundo as recomendações propostas por Ross (1994) e Crepani et al. (2001). A hierarquia das classes de fragilidade foi feita conforme Ross (1994) que estabeleceu as classes: Muito Baixa, Baixa, Moderada, Alta e Muito Alta, de acordo com a classe de fragilidade. Para cada uma das classes, atribuiu-se um peso indicando o nível de risco, o qual foi a base para a álgebra de mapas (Tabela 1).

Tabela 1. Classes hierárquicas da fragilidade ambiental (Ross, 1994).

Classes de Fragilidade	Peso
Muito Baixa	1
Baixa	2
Moderada	3
Alta	4
Muito Alta	5

Resultados e Discussão

A fragilidade do ambiente natural e não natural a partir da inter-relação dos elementos da paisagem, como a pedologia, geologia, declividade e uso e ocupação da terra associada a análise multicritérios permite determinar a fragilidade ambiental da microbacia segundo classes hierárquicas de fragilidade ambiental, pois os fatores físicos são os principais constituintes de uma microbacia e para compreender a dinâmica desta, faz-se necessário compará-los e correlacioná-los obtendo, de forma adaptada, a fragilidade potencial ambiental da referida área de estudo.

Os solos (Figura 1 e Tabela 2) de textura arenosa (Piroli, 2002), RQotípico e PVAd1 abrangendo 1841,31ha (96,91%), são solos que apresentam estruturas frágeis e são susceptíveis a erosão, além de possuírem baixa fertilidade natural, para estes solos a probabilidade de erosão aumenta com a diminuição de sua cobertura vegetal.

Figura 1. Unidades de solo e fragilidade ambiental da bacia do Ribeirão Água da Lúcia, Botucatu –SP, (PIROLI, 2002).

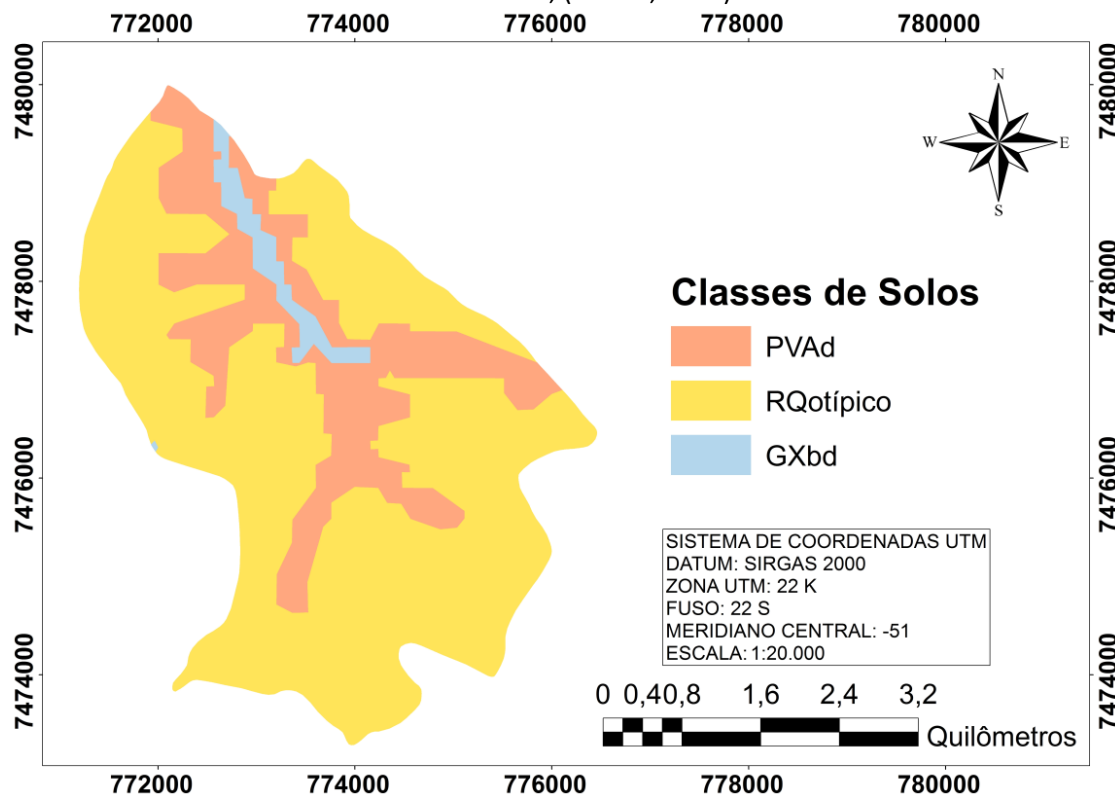


Tabela 2. Unidades de solo e fragilidade ambiental do Ribeirão Água da Lúcia, Botucatu –SP, (PIROLI, 2002).

Unidades de solo	Sigla	Área em relação à microbacia		Fragilidade Ambiental	Pesos
		ha	%		
Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico	PVAAd	460,79	24,25	Muito Baixa	1
Gleissolo Háptico TB	GXbd	58,75	3,09	Alta	5
Neossolo Quartzarênico Distrófico	RQotípico	1380,52	72,66	Muito Alta	5
Total		1900,06	100		

O solo hidromórfico, representado pelo GXbd, que está presente em cerca de 58,75ha (3,09%) de área da microbacia, é encontrado em baixadas e no entorno de cursos d’água, geralmente em áreas encharcadas, apresentando baixa fertilidade.

A classe de declive de 0 a 6% (Figura 2 e Tabela 3) com 560,20ha (29,20%) classificadas como relevo plano e suavemente ondulado por Chiarini e Donzeli (1973) e por Lepsch et al. (2001) como áreas destinadas para o plantio de culturas anuais com o uso de práticas simples de conservação do solo, uma vez que o próprio plantio em nível da cultura já controla o processo erosivo do solo.

Figura 2. Classes de declividade e fragilidade ambiental do Ribeirão Água da Lúcia, Botucatu – SP.

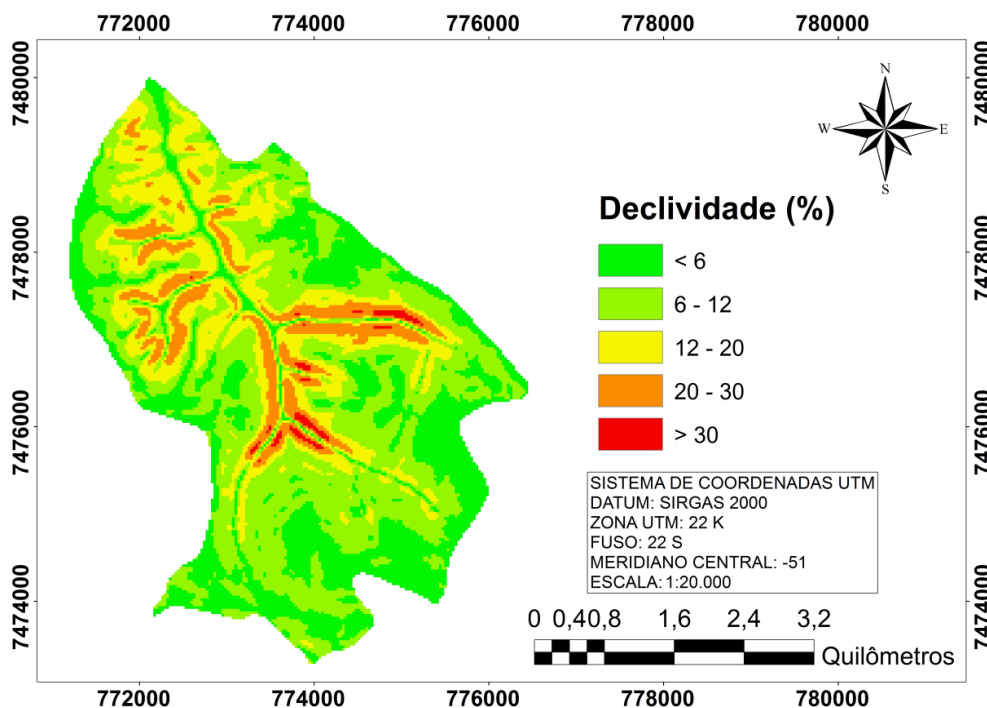


Tabela 3. Classes de declividade e fragilidade ambiental do Ribeirão Água da Lúcia, Botucatu – SP.

Classes de Declive %	Relevo	Área em relação à microbacia		Fragilidade Ambiental	Pesos
		ha	%		
<6	Plano e Suavemente Ondulado	560,20	29,48	Muito Baixa	1
6 – 12	Ondulado	784,89	41,31	Baixa	2
12 – 20	Forte Ondulado	380,70	20,04	Média	3
20 – 30	Acidentado	160,51	8,45	Alta	4
> 30	Montanhoso	13,77	0,72	Muito Alta	5
Total		1900,06	100		

As áreas com declividade de 6 a 12 % com 784,89ha (41,31%), relevo ondulado, foram as mais significativas, são indicadas para o plantio de culturas anuais com o uso de práticas complexas de conservação do solo, de acordo com Lepsch et al. (2001).

O relevo forte ondulado (12 a 20%), indicado para culturas permanentes, as quais exigem uma menor mobilização do solo, propiciando menores riscos de erosão como as culturas de café, cana-de-açúcar, pastagens, etc., conforme Lepsch et al. (2001) predominaram em 20,04% (380,70ha)..

Apenas 160,51ha (8,45%) apresentaram relevo acidentado (Chiarini e Donzelli, 1973), ou seja, com declividade de a 20 a 40%, podendo ser utilizado para o desenvolvimento da pecuária e silvicultura, ou ainda, destinam-se à preservação ambiental, evitando-se dessa maneira a erosão do solo (Lepsch et al., 2001).

O uso e ocupação do solo na microbacia (Figura 3 e Tabela 4) está associado principalmente com a cana-de-açúcar que vem abrangendo 667,47ha (35,13%) e o reflorestamento com 696,09ha (36,64%). Essas classes de uso do solo por reflorestamento são utilizadas de modo comercial, ou seja, para extração de celulose, enquanto que a cultura da cana-de-açúcar é utilizada para produção de álcool e açúcar em alguns casos. Estas requerem um cuidado especial no manejo do solo, visando minimizar os impactos positivos e maximizar os positivos referentes às classe de ocupação do solo. Assim, as práticas conservacionistas são de fundamental importância na contenção dos processos erosivos de degradação da qualidade da terá (ROSS, 1994).

Figura 3 – Classes de uso e ocupação do solo e fragilidade ambiental do Ribeirão Água da Lúcia - Botucatu (SP).

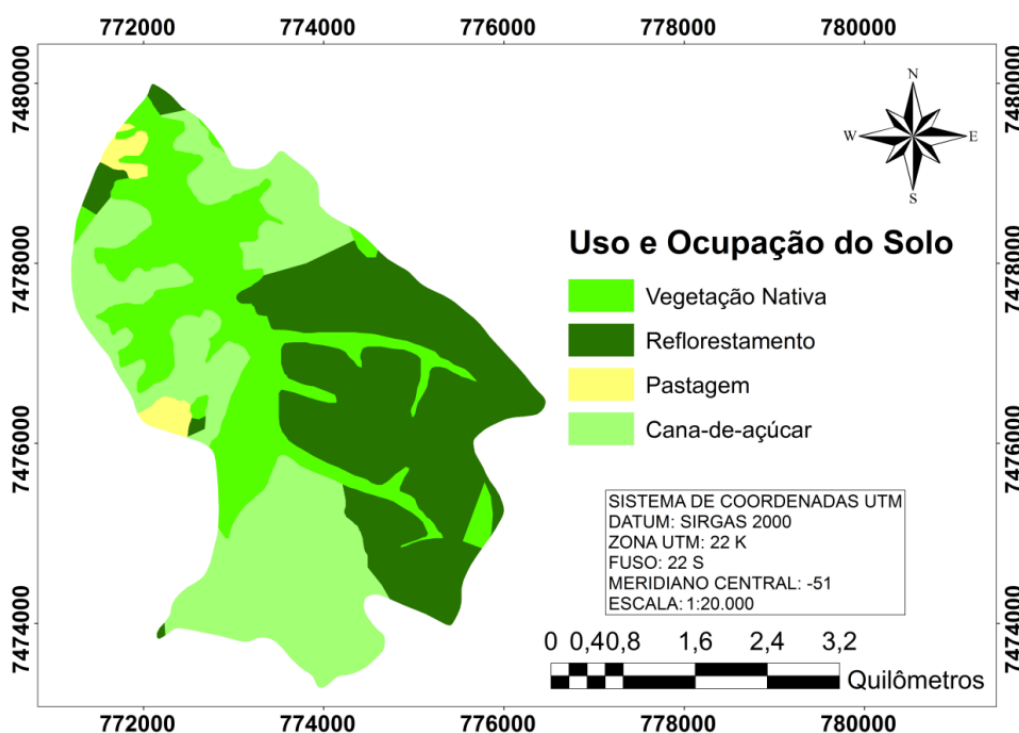


Tabela 4 – Classes de uso e ocupação do solo e fragilidade ambiental do Ribeirão Água da Lúcia - Botucatu (SP).

Usos	Área		Fragilidade Ambiental	Pesos
	Há	%		
Vegetação Nativa	501,43	26,39	Baixa	1
Reflorestamento	696,09	36,64	Moderada	3
Pastagem	35,07	1,85	Alta	4
Cana-de-açúcar	667,47	35,13	Alta	4
Total	1900,06	100		

A vegetação nativa também possui uma grande abrangência dentro da área da microbacia com 501,43ha (26,39%), sendo a terceira em ordem de ocorrência.

A microbacia é composta geologicamente por rochas de Depósitos Aluvionários e Terciários e Formação Pirambóia (Figura 4 e Tabela 5), sendo que os Depósitos Terciários abrangem mais de 80% da área, enquanto que a Formação Pirambóia situada nas partes mais baixas com 304,82 há (16,04%), segundo Crepani et al., (2001) é constituída principalmente por arenitos.

Figura 4 – Geologia e fragilidade ambiental do Ribeirão Água da Lúcia - Botucatu (SP).

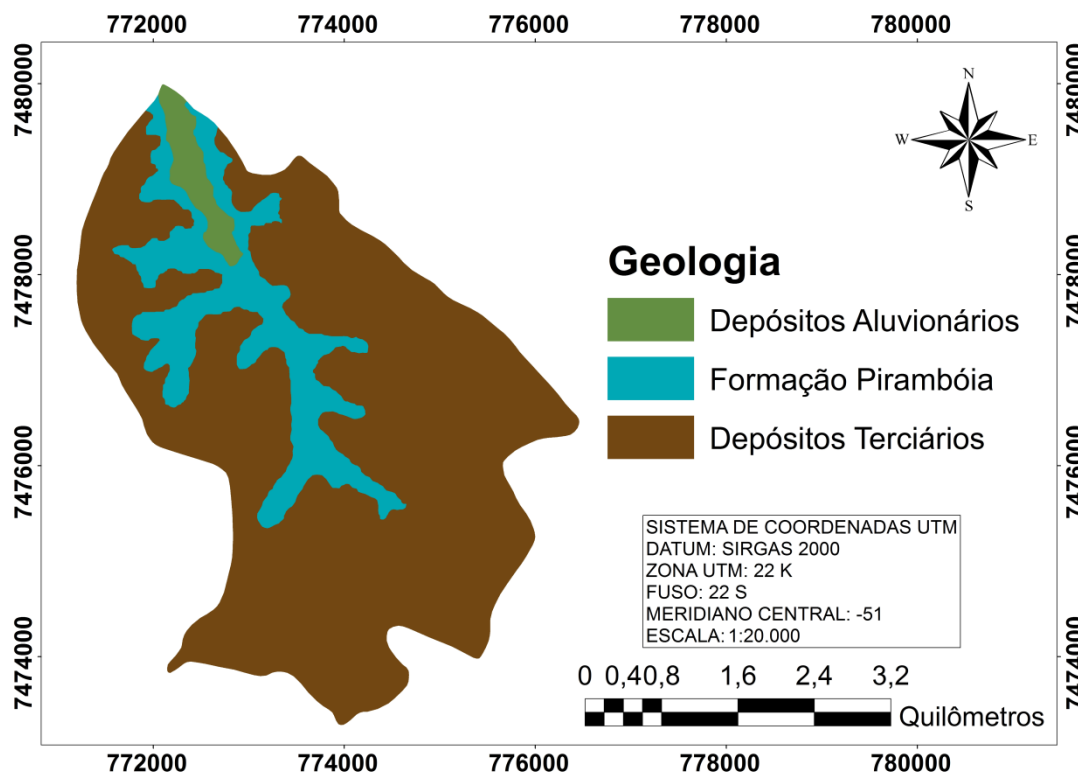


Tabela 5 – Geologia e fragilidade ambiental do Ribeirão Água da Lúcia - Botucatu (SP).

Classes de Geologia	Área (ha)	Área (%)	Fragilidade ambiental	Pesos
Depósitos Aluvionários	53,73	2,83	Muito alta	5
Formação Pirambóia	304,82	16,04	Baixa	2
Depósitos Terciários	1541,51	81,13	Muito alta	5
Total	1900,06	100		

A fragilidade ambiental da microbacia do Ribeirão Água da Lúcia (Figura 5 e Tabela 6) classificada como alta vem predominando numa área de 6798,54ha (66,24%), pois grande parte desta é composta por relevo forte ondulado e acidentado e Neossolo Quartzarênico Distrófico, que possui fragilidade muito alta devido as suas características físicas; além do uso do solo por reflorestamento que possui fragilidade moderada.

A classe Muito Alta apresentou uma área total de 397,22ha (20,91%), pois está relacionada principalmente com as declividades mais acentuada e relevo forte ondulado que possuem classe média, além do solo RQotípico que possui fragilidade muito alta e do uso do solo por pastagem que possui fragilidade alta.

Figura 5 – Fragilidade ambiental do Ribeirão Água da Lúcia - Botucatu (SP).

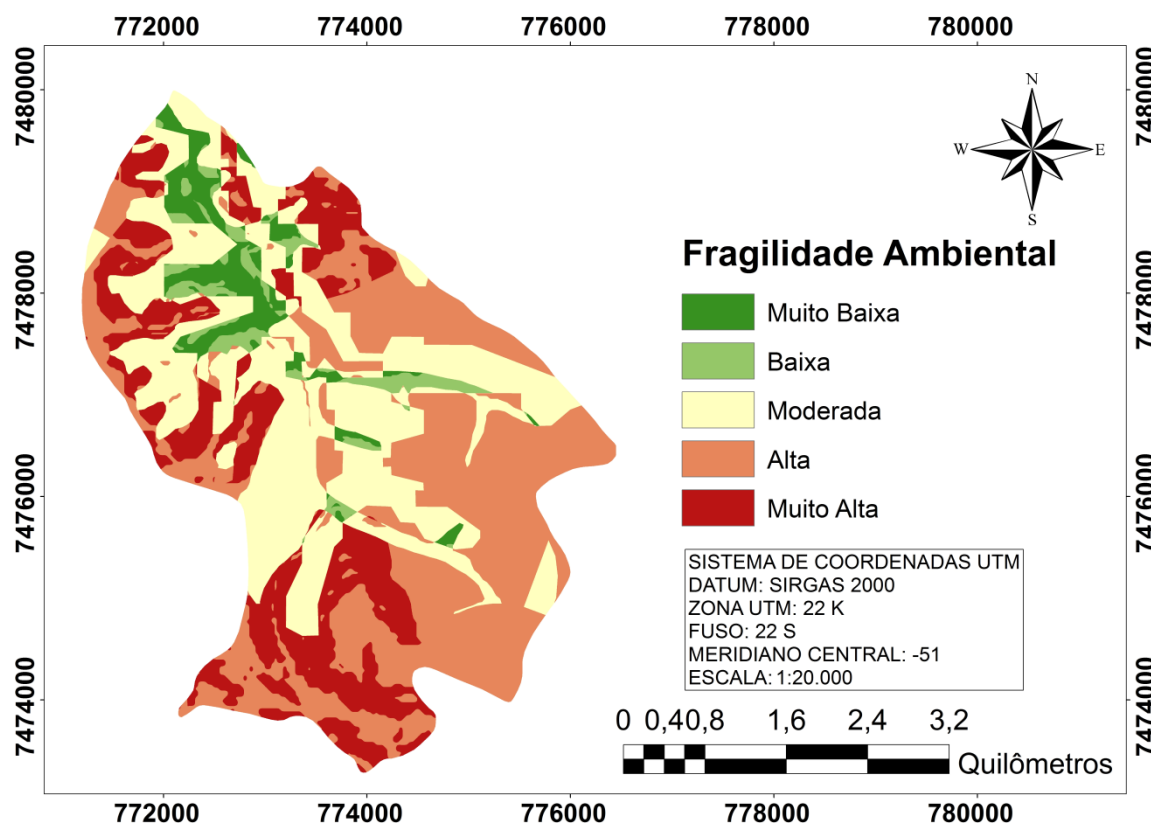


Tabela 6 – Fragilidade ambiental do Ribeirão Água da Lúcia - Botucatu (SP).

Classes de fragilidade	Área (ha)	Área (%)	Pesos
Muito Baixa	152,25	8,01	1
Baixa	114,30	6,02	2
Média	514,08	27,06	3
Alta	722,21	38,01	4
Muito Alta	397,22	20,91	5
Total	1900,06	100	

Conclusão

A microbacia do Ribeirão Água da Lúcia – Botucatu (SP) apresentou fragilidade ambiental alta, pois por ser uma classe que classe composta principalmente de relevo forte ondulado, de Neossolos e por pastagem.

As classes de fragilidade ambiental Alta, Média e muito alta merecem uma maior atenção, pois representam quase 86% da área, mostrando que mal planejada e se não forem tomadas precauções, essas áreas tendem a ser mais facilmente degradadas.

Referências Bibliográficas

MOREIRA, K.F; BARROS, Z.X. **SIG aplicado na análise do conflito de uso da terra em áreas de preservação permanentes numa microbacia**. Pesquisa Aplicada &Agrotecnologia,v.3, n.2. p 64, 2010.

CHIARINI, J.J., DONZELLI, P.L. Levantamento por fotointerpretação das classes de capacidade de uso das terras do Estado de São Paulo. **Bol.Tec.Inst.Agron.**, Campinas, n.3, p.1-29, 1973.

CREPANI, E.; MEDEIROS, J. S. DE; HERNANDEZ, P.; FLORENZANO, T.G.; DUARTE, V.; BARBOSA, C. C. F. 2001. **Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento aplicados ao zoneamento ecológico-econômico e ao ordenamento territorial**. São José dos Campos. SAE/INPE.(INPE-8454-RPQ/722).

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Carta topográfica**: folha de Botucatu (SF-22-R-IV-8) Serviço gráfico do IBGE, 1969. Escala 1:50.000.

PIRES, E. V. R.; SILVA, R. A.; IZIPPATO, F. J; MIRANDOLA, P. H. Geoprocessamento Aplicado a Análise do Uso e Ocupação da Terra para Fins de Planejamento Ambiental na Bacia do Córrego Prata – Três Lagoas (MS). **Revista Geonorte**, v.2, n.4, p.1528–1538, 2012.

LEPSCH, J.F. et al. Manual para levantamento utilitário do meio físico e classificação de terras no sistema de capacidade de uso. Campinas, **Soc.Bras.Cien.do Solo**, 2001.175p.

PIROLI, E.L. **Geoprocessamento na determinação da capacidade e avaliação do uso da terra do município de Botucatu – SP**. 2002. 108 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2002.

ROCHA, J.S. M. da. 1991. **Manual de manejo integrado de bacias hidrográficas**. ed. UFSM, Santa Maria, RS. 181p.

ROSS, J. L. S. Análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais e antropizados. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, v. 8, n. 2, p. 63-74, 1994.

SOIL SURVEY STAFF. **Soil Taxonomy: a basic system of soil classification for making and interpreting soil survey**. USDA, Washington, D.C., 1975. 930p.