

VARIAÇÃO DO POTENCIAL DE RETIRADA DE SEDIMENTOS NA BACIA DO RIO BONITO (SÃO PAULO – BRASIL) EM FUNÇÃO DAS ALTERAÇÕES NO USO DO SOLO, NO PERÍODO ENTRE 1971 E 2002

Cláudio Jorge CANÇADO¹

Reinaldo LORANDI²

Resumo

O presente trabalho estuda a relação entre o uso e ocupação do solo e o potencial de aporte de sedimentos em uma bacia hidrográfica urbano-rural, onde se inseriu uma nova cultura (cana-de-açúcar) e observaram-se perdas de vegetação nativa, no período compreendido entre os anos de 1971 e 2002. Utilizando-se de um software de árvore de decisão (SAGA) e um sistema de informações geográficas (SIG), buscou-se analisar o impacto advindo da inserção dessa nova cultura e da perda da vegetação nativa na área de estudo. Para tanto, usando-se de cartas relacionadas como área, chegou-se aos parâmetros necessários para se obter o resultado parcial desejado (carta de potencial de aporte de sedimentos – anos 1971 e 2002) para o período estudado. A partir da obtenção dos produtos cartográficos (carta de uso e ocupação do solo e carta de potencial de aporte de sedimentos – anos 1971 e 2002), buscou-se correlacionar os mesmos no intuito de observar as alterações ocorridas e os impactos ambientais resultantes. Acredita-se que os resultados obtidos por este estudo se revestem de grande importância para o diagnóstico da região de estudo e para subsidiar eventuais planejamentos de intervenções na mesma, principalmente no que tange à concepção de planos diretores.

Palavras Chaves: Planejamento regional; gestão de bacias hidrográficas; geoprocessamento; meio ambiente e geologia ambiental.

Abstract

Study of sediment load variation at the Bonito River Basin (Sao Paulo, Brazil) based on the alterations of the land use, between the years of 1971 and 2002

The current work analyzes the relationship between the use of the land and the potential sediment load in an urban/rural river basin, where a new sugarcane culture had been introduced and the loss of the native vegetation was observed, in the years 1971 and 2002. By utilizing a decision-making software (SAGA) and a geographic information system (SIG), an analysis was performed on the impact resulted from the introduction of this new culture, and the loss of the native vegetation in the field under study. Along with the use of charts related to the area, we attained the necessary parameters which led to our desired partial result (Potential Sediment Load Ratio Chart for the years 1971 and 2002) for the period under review. After obtaining the cartographic material, we correlated the same, so as to observe the changes that took place, as well as the resulting impact on the environment. It is our belief that the results obtained from this study will be of great importance for the diagnosis of the region under study, as well as for the subsidy of eventual intervention plans, and in particular for the conception of directing plans.

Key words: Regional planning; river basin management; geoprocessing; environment and environmental geology.

¹ Universidade do Estado de Minas Gerais – Professor Adjunto – Endereço: Rua José Sérgio de Paula, 172 / 201 – Belo Horizonte – Minas Gerais – CEP:31910-270 – email: ccancado@uai.com.br

² Universidade Federal de São Carlos – Professor Adjunto – Endereço: Via Washington Luiz, km 235 – São Carlos – São Paulo – CEP: 13565-905 – email: lorandi@power.ufscar.br

INTRODUÇÃO

A freqüência com que os brasileiros têm assistido aos alagamentos e enchentes pelo País mostra a seriedade do estudo das causas do fenômeno das inundações. Os malefícios observados durante e após as chuvas de maiores dimensões geralmente causam indignação, medo e comoção da sociedade.

Nas cidades brasileiras inexiste, na maioria dos casos, a observância das condições naturais e temporais do terreno pelo processo de ocupação e urbanização das mesmas, sendo que as enchentes e alagamentos decorrem da relação estabelecida entre a natureza e os empreendimentos humanos, especialmente os associados ao uso e à ocupação do solo.

No intuito de solucionar esses problemas, buscam-se modelos de desenvolvimento social e ambientalmente equilibrados, visando uma melhor qualidade de vida e a reversão destes sérios problemas urbanos, incluindo um planejamento e gerenciamento da expansão das cidades.

Nesse sentido, planos diretores calcados em estudos direcionados a uma ocupação mais ordenada e sustentável revestem-se de grande importância no cotidiano dos municípios.

Assim, estudos de aporte de sedimentos em bacias hidrográficas são estudos extremamente importantes para subsidiar planos diretores, incrementando, desta maneira, a compreensão dos parâmetros do meio físico e de seus relacionamentos com as atividades antrópicas e o ambiente.

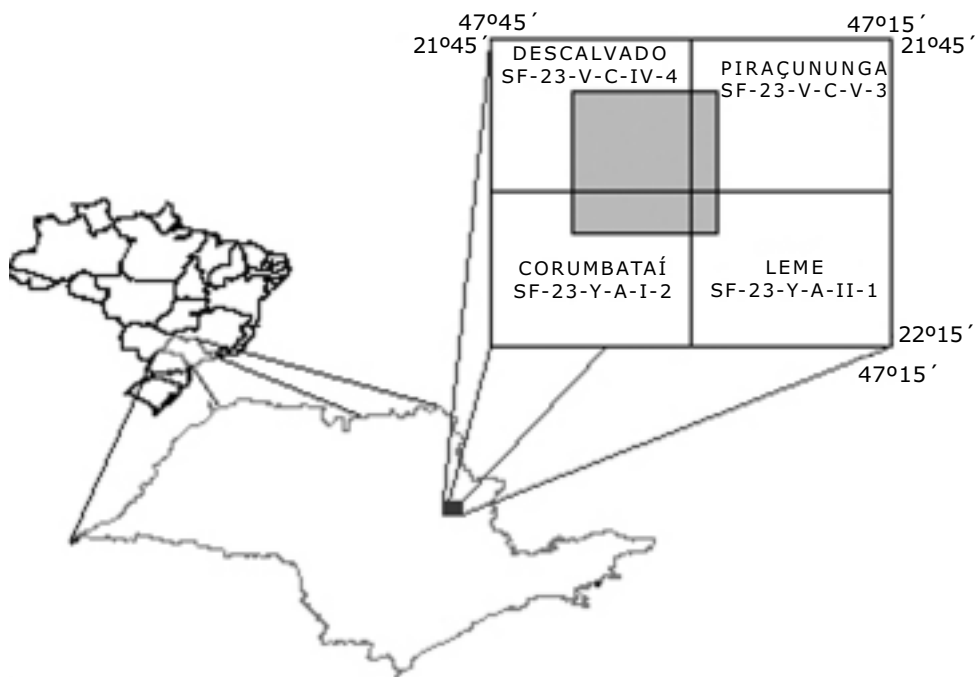
DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO NA ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo refere-se à bacia do rio Bonito, que abrange uma área de 223 km². A maior parte da área (200 km²) encontra-se dentro dos limites do município de Descalvado (SP), além de uma pequena porção (23 km²) no município de Porto Ferreira (SP). A área de estudo (Figura 1) abrange a bacia do rio Bonito de forma integral limitada pelas coordenadas UTM, zona 23: $x_{\min}=226200$; $x_{\max}=244000$; $y_{\min}=7558000$; e, $y_{\max}=7584000$. Essa bacia é uma sub-bacia do rio Mogi Guaçu, localizada na região econômica-ecológica do Médio Mogi Superior (SÃO PAULO - SMA, 1995a).

A escolha da área para este estudo se deve ao fato da região ser ambientalmente frágil apresentando problemas de erosão, minerações e possuir, ainda, uma considerável área de vegetação nativa. Além disso, faz parte da bacia hidrográfica do rio Mogi-Guaçu, a qual tem grande importância ecológica para o Estado de São Paulo.

Historicamente, o desenvolvimento, na bacia do rio Mogi-Guaçu, se transformou ao longo do século XX. A partir dos anos 50, a região já havia se recuperado da estagnação provocada pela crise do café. A infra-estrutura de transportes herdada do ciclo do café assumiria grande importância nesse processo. A pavimentação da Rodovia Anhangüera (SP-330), ligando Ribeirão Preto a Campinas e São Paulo, e as Rodovias Washington Luiz e SP-326 foram de suma importância para atender o setor industrial que se expandia buscando locações alternativas à região metropolitana.

Figura 1 – Localização da área de estudo e articulação da base cartográfica



A partir desses incentivos, incrementou-se ainda mais o processo de urbanização, alicerçado em um processo de migração interestadual e intermunicipal para esta região paulista, atraída pelas melhorias das condições de vida, e pela oferta de trabalho assalariado tanto em atividades urbanas quanto no setor primário. O desenvolvimento da agroexportação na região deveu-se à modernização do setor agrário e aos incentivos à produção do açúcar praticados pelo Instituto do Açúcar e do Alcool, principalmente o Plano Nacional do Alcool e do Açúcar - PLANALSUCAR, em 1971.

Com a primeira crise do petróleo, em 1973, novas alternativas energéticas, especialmente para combustíveis líquidos, passaram a ocupar o primeiro plano na política econômica vigente na época. Surgiu o Programa Nacional do Alcool - PROÁLCOOL, cujo objetivo principal era atender às diretrizes da política governamental de combustível automotivo, e com isso reduzir a pressão das importações sobre as contas externas brasileiras, frente à incerteza do mercado internacional. Com isso, houve um aumento significativo na área plantada e no volume de produção de açúcar e cana, atraindo novos grupos empresariais, tornando Ribeirão Preto e Campinas os principais centros desta expansão sucro-alcooleira.

Observou-se, também, neste período, que outros segmentos agroindustriais expandiram-se na região, tais como óleos vegetais, soja, carne e derivados do leite, com destaque para o ramo de sucos cítricos.

Atualmente, o compartimento econômico-ecológico Médio Mogi Superior, no qual a bacia do rio Bonito está inserida, apresenta poucas usinas sucro-alcooleiras,

ainda em conseqüência de sua proximidade com o complexo agropecuário do compartimento Médio Mogi Inferior que se caracteriza pelo domínio do setor secundário pelas indústrias sucro-alcooleiras e possui a maior concentração de usinas e destilarias do Estado. Entretanto, apresenta ampla expansão das áreas de cana-de-açúcar e de laranja entre o período de 1971 e 2002, as quais respondem, nos dias atuais, por quase 50% da bacia. Por isso, há o intuito de se estudar a influência da inserção da cultura da cana-de-açúcar e da redução da vegetação nativa e de seus respectivos impactos no potencial de aporte de sedimentos no período entre 1971 e 2002 na bacia do rio Bonito.

METODOLOGIA

Para a execução deste trabalho, utilizou-se uma composição dos seguintes documentos cartográficos: carta de classes de declive; carta de uso e ocupação do solo (anos de 1971 e 2002 – obtidas através de fotos aéreas e imagens do satélite LANDSAT 7); carta de formas do relevo; e carta de potencial de escoamento superficial, na qual já se considera o mapa de materiais inconsolidados.

Estes documentos e metodologias de confecção de cartas utilizados neste trabalho derivam de um trabalho conjunto de caracterização da bacia hidrográfica do Rio Bonito feito pelo Grupo de Geologia de Planejamento do Meio Físico / UFSCar, dos quais citam-se: CASTRO (1998), TOREZAN (2000), FERES (2002), TORRESAN et al (2002), CANÇADO (2003) e MORAES (2003).

Além destes, citam-se como referências e fonte de inspiração para a realização deste trabalho, os seguintes autores: BURROUGH (1986), EASTMAN (1997), LIPORACI et al (1999).

Para a confecção das cartas de uso e ocupação do solo, utilizaram-se imagens de satélite, no caso da carta de 2002, e fotos aéreas, no caso do uso do solo de 1971.

O mapeamento do uso e ocupação do solo para o ano de 1971 foi obtido através do método visual de interpretação das fotografias aéreas, considerando com base na textura, forma, cor e tamanho dos polígonos, de acordo com o proposto em Novo (1992). As classes identificadas com o auxílio de chaves de interpretação foram copiadas em overlay, digitalizadas no programa CartaLinx 1.2 e importadas para o Sistema de Informação Geográfica (SIG) IDRISI for Windows 3.2, onde foram analisadas espacialmente. No processo de digitalização, utilizou-se como base cartográfica, o Mapa de Documentação da área de estudo elaborado por Torezan (2000). No caso do mapeamento de uso e ocupação do solo em 2002, foi realizado a partir da classificação supervisionada de uma composição colorida TM/LANDSAT -5, bandas 3, 4 e 5 de abril de 2002, do trabalho de campo que auxiliou na identificação das principais classes de uso e da comparação, com o apoio do escritório da Coordenadoria de Assistência Técnica Integral (CATI) em Descalvado, dos documentos cartográficos desenvolvidos pelo mesmo (carta de uso e ocupação do solo de sub-bacias da região).

De posse das bases necessárias e visando estimar o aporte de sedimentos nos diferentes usos do solo e seus impactos ambientais, considerando as suas diversas intensidades e prevendo a ocorrência, intensidade, extensão e localização do mesmo, utilizou-se o método de avaliação ambiental do Software Sistema de Avaliação Geoambiental (SAGA) – Lageop/UFRJ.

Para que o método seja aplicável, fez-se necessário o prévio reconhecimento da área em estudo, confrontando os dados existentes e os de campo. Em uma análise

complementar, utilizaram-se os parâmetros do meio físico definidos e obtidos nas cartas desenvolvidas anteriormente, certificando-se o resultado final com um levantamento de campo.

Assim, o método se baseia na atribuição de notas (variando de 0 a 10) e pesos (variando de 0 a 100) levando-se em conta os parâmetros existentes em cada carta (notas) e a sua importância no cômputo geral (pesos) para o fenômeno estudado (aporte de sedimentos).

Para o estabelecimento desses valores foram estabelecidos através de consulta a profissionais especialistas (profissionais da área e pesquisadores com atuação na área de estudo), através de um questionário com perguntas fechadas, ponderando os pesos e notas adequados para cada carta (Figura 2). Assim, utilizando-se das respostas destes profissionais, fez-se a ponderação das notas. Para tanto, considerou-se que o desejável (nota 10) é não ter aporte de sedimentos. Por exemplo, atribuiu-se ao parâmetro declividade a nota 10 quando for de 0 a 5% (desejável), e nota 0 quando a declividade for maior que 30% (indesejável).

Para os pesos, utilizando-se do mesmo procedimento, por exemplo, a carta de potencial de escoamento superficial pode ter um valor de 20, enquanto a carta de declividade pode ser de 40, e assim sucessivamente até se obter o valor total equivalente a 100, dependendo das respostas dos profissionais e pesquisadores.

Segundo Lageop (1999), a atribuição das notas deve considerar a seguinte questão: "Em relação às cartas e mapas digitais selecionados, qual a importância relativa, em pontos percentuais do tipo de características ambientais contidas em cada uma, para a ocorrência da alteração ambiental (aporte de sedimentos) em estudo?".

Desta forma, o software cria um valor máximo de contribuição de cada classe de uma carta ou mapa digital que mais contribui para a ocorrência da alteração ambiental em estudo (aporte de sedimentos). A partir desta contribuição, todas as outras classes, ao serem avaliadas, estarão automaticamente aferidas em relação a este valor máximo. Assim sendo, cria-se um algoritmo para a avaliação:

$$A_{ij} = \sum_{k=1}^n (P_k \times N_k), \text{ onde:}$$

A_{ij} = pixel da base georreferenciada em estudo;

n = número de cartas ou mapas digitais utilizados

P_k = peso global de cada carta

N_k = nota de cada classe em cada carta, ou seja, possibilidade de ocorrência do fenômeno estudado em relação à classe "k".

Do resultado final, gerado pelo software SAGA, agruparam-se os dados fornecidos para o potencial de aporte de sedimentos em cinco classes: muito baixo, baixo, médio, alto e muito alto.

Após correções feitas em trabalhos de campo nas cartas parciais e a elaboração das cartas finais de potencial de aporte de sedimentos (1971 e 2002), com pesos e notas mostrados na Tabela 01, cruzaram-se as informações através da sobreposição das cartas (potencial de aporte de sedimentos versus uso e ocupação do solo – referente aos anos de 1971 e 2002) visando à análise crítica dos resultados, utilizando-se o Software SIG IDRISI 32 (Figura 2). Para tanto, agruparam-se as classes de uso e ocupação do solo em vegetação nativa, pastagem, outras culturas, cana-de-açúcar, café e outros usos.

Visando estas correções, fez-se observações sobre uso do solo com o apoio do escritório da CATI em Descalvado, visitando-se vários pontos da bacia (pontos críticos de erosão, áreas de cultivo de cana-de-açúcar e laranja, fundos de vale, entre outros) de meados de 2002 a meados de 2003.

Ao se utilizar este procedimento, uma limitação observada foi a subjetividade de cada profissional / pesquisador, minimizada pelo tratamento das respostas, buscando-se um valor que demonstre a composição de opiniões dos mesmos, ou seja, analisando-se as notas e pesos, os mesmos foram definidos pela consulta a especialistas de cada área, buscando-se uma melhor aproximação com a realidade observada em campo, alicerçada no conhecimento acumulado de cada um.

Outra limitação observada foi a estrutura do software que se apresenta fechada, onde o usuário não pode interferir no resultado final. Procurou-se minimizar esta limitação através de correções feitas em campo, conforme citado anteriormente.

Figura 2 – Fluxograma da Carta de Potencial de Aporte de Sedimentos

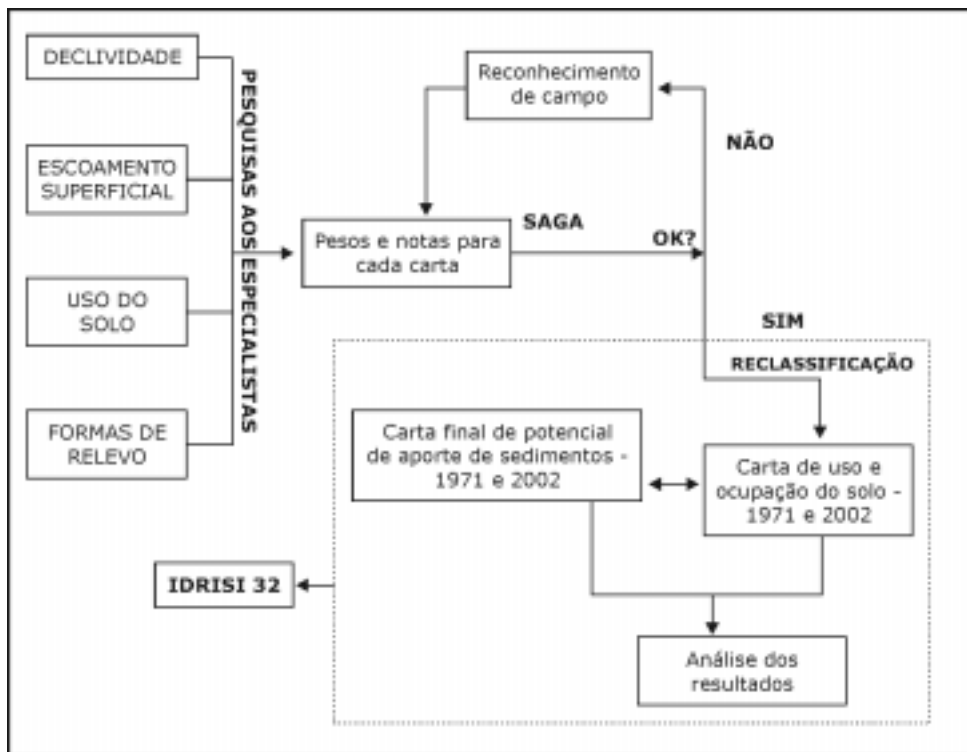


Tabela 01 – Notas e pesos utilizados para a confecção das Cartas de Potencial de Aporte de Sedimentos na bacia do Rio Bonito – anos 1971 e 2002

Cartas	Parâmetros	Notas	Peso
Declividade	0 – 5%	10	40
	5 – 15%	7	
	15 – 20%	5	
	20 – 30%	3	
	> 30 %	0	
Uso e Ocupação do Solo - 1971	Área Urbana	-*	25
	Café	5	
	Cerrado	8	
	Laranja	6	
	Mata	10	
	Mineração	0	
	Outras Culturas	5	
	Pastagem	5	
	Reflorestamento	7	
Solo Exposto	0		
Uso e Ocupação do Solo - 2002	Área Urbana	-*	25
	Cana-de-açúcar	4	
	Cerrado	8	
	Corpos D'água	-*	
	Laranja	6	
	Mata	10	
	Mineração	0	
	Outras Culturas	5	
	Pastagem	5	
	Reflorestamento	7	
Solo Exposto	0		
Potencial de Escoamento Superficial	1 (menor)	10	20
	2	7	
	3	5	
	4	3	
	5 (maior)	0	
Formas de Relevo	Côncavo	6	15
	Convexo	5	
	Inflectiva	3	
	Linear	0	
	Planície de Base	10	
	Planície de Topo	10	
	Sela (Saddle)	6	
	Serra	0	
Vale	8		

* Parâmetro não considerado

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A bacia do rio Bonito apresentou inúmeras alterações no uso e ocupação de seu solo (Tabela 2). Entre o período de 1971 e 2002, observa-se a expansão das áreas de outras culturas (laranja, café, milho, soja e sorgo) em 28,46%, das áreas de outros usos (área urbana, reflorestamento, solos expostos e semi-expostos, e corpos d'água) em 219,38%; e uma redução acentuada de 56,06% nas áreas de pastagem e de 44,50% na vegetação nativa. A expansão da cana-de-açúcar e da laranja na região acompanhou o desenvolvimento da mesma entre os anos de 1971 e 2002. Neste período, verificou-se o incremento das exportações e do mercado interno dos sucos cítricos (com a entrada de multinacionais), de açúcar e de álcool, visto que a área de estudo encontra-se próxima da maior concentração de usinas e destilarias do Estado de São Paulo e de grandes beneficiadoras de suco concentrado.

Constitui-se grande preocupação a redução ocorrida nas áreas de vegetação nativa, principalmente, matas ciliares, cerrado, cerradão e matas mesófilas, pois estas áreas compõem sistemas ecológicos complexos, apresentando uma singular e importante biodiversidade para o equilíbrio, proteção e conservação dos ecossistemas, preservando o meio físico, evitando fenômenos como erosões acentuadas, aportes de sedimentos e inundações entre outros.

Outro dado relevante é a expansão das áreas de "outros usos", principalmente na região urbana de Descalvado e Porto Ferreira, que no período aumentou aproximadamente três vezes.

Atualmente, a cana-de-açúcar responde por 25% da bacia, ocupando área maior que a pastagem, vegetação nativa e outras culturas (principalmente laranja). Destaca-se, a expansão de áreas urbanas (áreas não consideradas: áreas urbanas e corpos d'água) de 120,14%.

O decréscimo de 44,50% da vegetação nativa e de 56,06% da pastagem sugere uma modificação no uso econômico da área, possivelmente de pecuária para cana-de-açúcar e laranja.

Tabela 02 – Comparação do uso do solo da bacia do rio Bonito entre os anos de 1971 e 2002

1971			2002			Variação em % 1971 – 2002
Usos do Solo	Área (km ²)	%	Usos do Solo	Área (km ²)	%	
Outras culturas	37.88	16.99	Outras culturas	48.66	21.82	28.46
Pastagem	96.75	43.39	Pastagem	42.51	19.07	-56.06
Vegetação nativa	78.17	35.06	Vegetação nativa	43.39	19.46	-44.50
Outros usos	10.18	4.57	Outros usos	32.52	14.58	219.38
Cana-de-açúcar	-	-	Cana-de-açúcar	55.90	25.07	-
Total	222.98	100.00	Total	222.98	100.00	

Os dados da tabela 3 mostram um incremento no aporte de sedimentos nas classes intermediárias (baixo, médio e alto) variando entre 0,06 a 9,42% e apresentam uma redução nas classes, muito baixo e muito alto, de 36,34 e 32,37%, respectivamente. Isso indica uma forte alteração no uso e ocupação do solo na região, principalmente com a inserção da cana-de-açúcar e a diminuição da vegetação nativa existente.

Tabela 03 – Comparação do potencial de aporte de sedimentos da bacia do rio Bonito entre os anos de 1971 e 2002

Potencial de Aporte	Área 1971 (km ²)	%	Área 2002 (km ²)	%	Variação em % 1971 – 2002
Muito baixo	35.114	15.75	22.352	10.02	-36.34
Baixo	89.198	40.00	89.253	40.03	0.06
Médio	76.895	34.49	78.923	35.39	2.64
Alto	12.356	5.54	13.520	6.06	9.42
Muito alto	1.180	0.53	0.798	0.36	-32.37
Não considerado	8.238	3.69	18.135	8.13	120.14
Total	222.981	100.00	222.981	100.00	

Em uma análise comparativa e específica da cana-de-açúcar e da vegetação nativa em relação ao aporte de sedimentos (Tabela 4), observa-se, claramente, que o manejo da cana-de-açúcar aumentou as áreas de potencial de aporte de sedimentos nas classes mais críticas (médio, alto e muito alto) destacando-se a classe "muito alto" com um incremento de 87,42%. Ressalta-se também a redução das classes de potencial de aporte de sedimentos mais baixas (muito baixo e baixo), sendo que a classe "muito baixo" desapareceu e a classe "baixo" teve uma redução de 1,55%. Além disso, verifica-se um incremento de 0,04% da área em relação ao ano de 1971, possivelmente advindo de ocupação de áreas urbanas ou da ocupação de áreas de lagos ou açudes.

As áreas de vegetação nativa mostram-se reduzidas em toda a bacia no período de 1971 a 2002 concentrando-se nas áreas com classes inferiores de aporte de sedimentos (muito baixo, baixo e médio) que variam de 24,41% (médio) a 49,46% (muito baixo), o que indica que estas áreas são mais propícias para as atividades antrópicas. Logo, um incremento significativo do potencial de aporte de sedimentos da região pode resultar em problemas ambientais graves com o passar dos anos. Tais problemas têm sido vivenciados por algumas comunidades da bacia do rio Bonito, onde se observa um uso inadequado do solo associado a uma ocupação não planejada, levando a graves problemas sociais e econômicos como as enchentes e inundações.

Entretanto, ainda mais curioso é o incremento da vegetação nativa nas áreas classificadas como de maior potencial de aporte de sedimentos 95,43% (alto) e 50,00% (muito alto), o que sugere uma maior conscientização por parte dos empreendimentos em relação a um uso mais sustentável e mais racional do solo.

Atualmente, a vegetação nativa corresponde a 19,46% da área de estudo. Constatou-se no período de 1971 a 2002, uma redução em 44,49% da área total.

Tabela 04 – Análise do Potencial de aporte da bacia do rio Bonito com a inserção da cana-de-açúcar e em relação à vegetação nativa entre os anos de 1971 e 2002

Potencial de Aporte de Sedimentos (km ²)	Classes					Total área (km ²)
	Muito Baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito Alto	
Área relativa à cana-de-açúcar em 1971	6.90	23.04	22.88	2.53	0.26	55.62
Área relativa à cana-de-açúcar em 2002	0.00	22.68	29.27	3.19	0.50	55.64
Diferença (%)	-100.00	-1.55	27.91	25.82	87.42	0.04
Área relativa à vegetação nativa em 1971	25.98	34.73	9.38	1.97	0.02	78.17
Área relativa à vegetação nativa em 2002	13.13	19.28	7.09	3.85	0.03	43.39
Diferença (%)	-49.46	-44.49	-24.41	95.43	50.00	-44.49

O acréscimo do potencial de aporte de sedimentos na bacia necessita de uma maior compreensão, principalmente no que tange à cana-de-açúcar e à vegetação nativa. A tabela 5, na qual se apresenta a comparação do potencial de aporte de sedimentos no período de 1971 a 2002 por tipo de uso do solo existente no ano de 1971 e substituído por cana-de-açúcar em 2002, esclarece esta questão, focalizando-se a alteração do uso do solo no período estudado (1971 e 2002) através da análise comparativa dos parâmetros: uso, área e aporte de sedimentos para as regiões ocupadas por cana-de-açúcar e pela vegetação nativa.

Analisando-se especificamente a cana-de-açúcar neste período, verifica-se que a maior área cedida para esta cultura foi a de pastagem com 27.112 km², seguida das áreas de vegetação nativa (mata e cerrado) com 12.150 km² e por outras culturas (laranja, café, milho...) com 11.614 km². De uma forma geral, houve um incremento do potencial de aporte de sedimentos com a inserção da cana-de-açúcar na bacia do rio Bonito.

Cabe salientar que estas áreas em 1971 contribuíam com a maior parte do potencial de aporte de sedimentos entre as classes "baixo e médio". Os dados de potencial de aporte de sedimentos em 1971 de "muito baixo a médio" foram alterados para "baixo a alto", sugerindo um uso e ocupação do solo inadequado em relação aos parâmetros do meio físico estudados.

Em termos percentuais, e considerando os principais usos substituídos pela cana-de-açúcar, na Tabela 6, observa-se: a) um acentuado incremento percentual no potencial de aporte de sedimentos nas classes "médio", "alto" e "muito alto"; b) o desaparecimento da classe de menor potencial (muito baixo) em todos os usos; c) Pequena redução do aporte da classe "baixo", devido à mudança no potencial de aporte de sedimentos ou devido à expansão da área urbana (aporte não considerado).

Tabela 06 – Análise do Potencial de aporte de sedimentos da bacia do rio Bonito em relação aos principais usos substituídos por cana-de-açúcar entre os anos de 1971 e 2002

Uso do solo	Ano	Classes (km ²)				
		Muito Baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito Alto
Pastagem	1971	1.701	10.933	12.979	1.366	0.132
	2002	-	10.346	14.773	1.709	0.284
	Variação % (1971 – 2002)	-100.00	-5.37%	13.82	25.11	115.15
Vegetação Nativa (Cerrado e Mata)	1971	3.951	6.362	1.704	0.133	-
	2002	-	6.420	5.291	0.394	0.046
	Variação % (1971 – 2002)	-100.00	0.91	210.51	196.24	-
Outras Culturas (laranja, milho, café...)	1971	0.774	3.766	6.396	0.612	0.066
	2002	-	3.695	6.920	0.869	0.131
	Variação % (1971 – 2002)	-100.00	-1.89	8.19	41.99	98.49

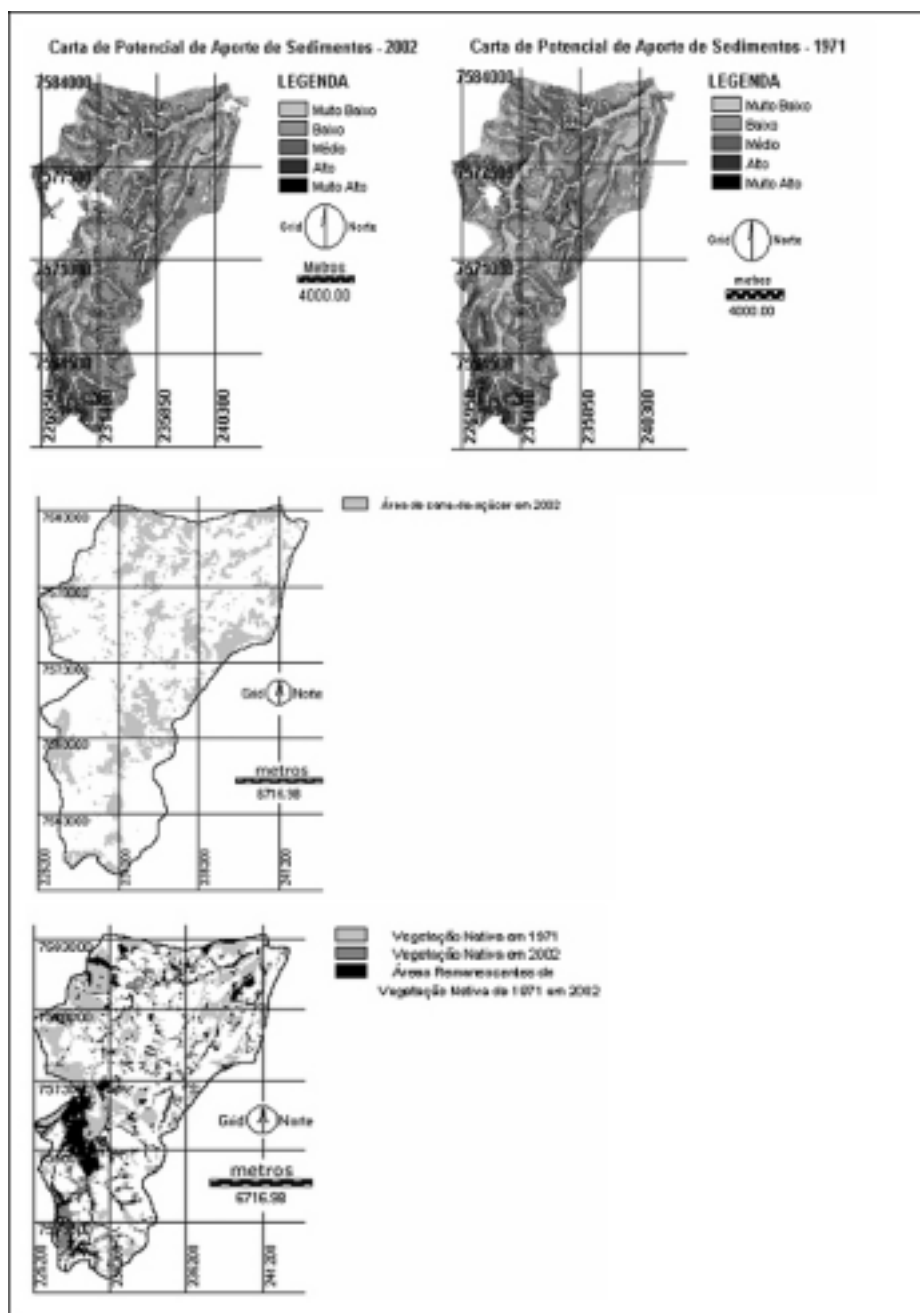
Por outro lado, na análise específica da vegetação nativa no mesmo período, vê-se uma drástica redução de área física em 44,50%. Entretanto, na tabela 7, verifica-se que a perda real da área original de 1971 foi de 64,14%. A diferença observada de 44,50% para 64,14% deve-se ao fato de ter havido a incorporação de áreas revegetadas das outras classes de uso com espécies nativas, o que explica o incremento nas classes de menor aporte de sedimentos. Assim, este fato associado à preservação local resultou em uma diminuição nas áreas das classes de potencial de aporte de sedimentos mais altas, e respectivamente, um aumento nas classes de menor aporte em relação ao uso original do solo, observado em 1971.

Tabela 07 – Análise da perda de área de vegetação nativa entre os anos de 1971 e 2002 na bacia do rio Bonito para diversas culturas

Uso do solo	Perda de área (km ²)	Perda em %
Pastagem	11.939	15.27
Outros usos	11.242	14.38
Outras culturas	15.200	19.45
Cana-de-açúcar	12.150	15.54
Total	50.137	64.14

Entretanto, a perda de vegetação nativa, principalmente nas áreas marginais aos rios, se reveste de preocupante gravidade para o equilíbrio entre as atividades antrópicas e sociais, e entre o meio físico e os ecossistemas envolvidos. Reportando-se, outra vez, para a Tabela 5, as maiores áreas substituídas por vegetação nativa são as pastagens com 15.156 km² e outras culturas com 5.105 km². Cabe salientar que, em pesquisas de campo e entrevistas na área de estudo, existem informações

Figura 3 – Alteração do uso e ocupação do solo entre os anos de 1971 e 2002 na bacia do rio Bonito



de programas de revegetação e reflorestamento da região com apoio da Prefeitura Municipal de Descalvado, o que corrobora os resultados obtidos acerca da incorporação de outras classes de uso e ocupação do solo nas áreas de vegetação nativa.

Na figura 3, verificam-se as mudanças ocorridas no uso e ocupação do solo em relação à cana-de-açúcar e à vegetação nativa na bacia do rio Bonito entre os anos de 1971 e 2002.

CONCLUSÕES

A bacia do rio Bonito, majoritariamente agrária, apresenta alteração de seu uso e ocupação, em um processo dinâmico. Existem alguns usos nela inseridos que requerem extremo cuidado no manejo de suas áreas, levando-se em conta os parâmetros do meio físico e os ecossistemas existentes, dos quais citam-se: cana-de-açúcar, vegetação nativa, laranja e mineração.

Relacionando-se com a visão econômica, percebe-se o peso econômico que a cultura da cana-de-açúcar adquiriu durante o período de 1971 a 2002 para a região, principalmente devido ao grande desenvolvimento do setor sucro-alcooleiro observado a partir dos anos 70. Do ponto de vista ambiental, o impacto advindo da inserção da cana-de-açúcar na região foi muito grande, visto que houveram significativas alterações observadas no potencial de aporte de sedimentos e nas áreas substituídas por essa cultura, áreas de pastagem, vegetação nativa (mata e cerrado) e de outras culturas (laranja, café, milho...).

A bacia apresenta, em um âmbito geral, aproximadamente 75% de seu potencial de aporte de sedimentos nas classes de "baixo a médio", sendo importante salientar que a bacia ainda possui um remanescente de 19,46% de áreas com vegetação nativa, o que auxilia sobremaneira nestes resultados. Além disso, cabe ressaltar as contribuições pontuais causadas pela presença de minerações de areia de grande porte para uso industrial, o que pode certamente agravar ainda mais o aporte de sedimentos na região.

Entretanto, torna-se extremamente relevante a avaliação sistemática das alterações no uso e ocupação do solo da bacia, principalmente quanto à inserção de culturas temporárias, visando salvaguardar o equilíbrio ambiental da bacia do rio Bonito. Além disso, preservar os remanescentes de vegetação nativa e avaliar os usos preponderantes atuais observados (cana-de-açúcar e outros usos - laranja), talvez aplicando práticas agrícolas sustentáveis (policultura e práticas agroecológicas) com a diversificação do uso e ocupação do solo através de um planejamento a longo prazo, seja um caminho para se alcançar o equilíbrio entre as atividades antrópicas e o ambiente.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) pelos auxílios concedidos (Processos 99/03981-3 e 00/05684-5).

REFERÊNCIAS

BURROUGH, Peter. A., MCDONNELL, Rachel. **Principles of geographic information systems for land resources assessment**. Oxford: Oxford University Press, 1998. 333 p.

CANÇADO, Cláudio Jorge. **Zoneamento conceitual da expansão das atividades antrópicas relacionado à inundação: estudo de caso – bacia do Rio Bonito (SP)**. 2003. 387 f. Tese (Doutorado em Ecologia e Recursos Naturais). – Centro de Ciência Biológicas e da Saúde, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2003.

CASTRO, Dalva Maria de. **Estudo Potencial à Erosão Acelerada das Áreas Urbana e de Expansão do Município de Descalvado (SP), Escala 1:10.000**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana) – Centro de Ciências Exatas e de Tecnologia, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 1998.

EASTMAN, Ronald. **Idrisi for Windows: Tutorial Exercises – Version 2.0**. Worcester: Clark University, 1997. 359p.

FERES, Roberto. **Análise de processos de erosão acelerada, com base em fotografias aéreas e geoprocessamento: Bacia do Rio Bonito (Descalvado, SP)**. Tese (doutorado em Ecologia e Recursos Naturais) – Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2002.

LABORATÓRIO DE GEOPROCESSAMENTO (LAGEOP). **Manual operacional do VistaSaga/UFRJ: módulo de Análise Ambiental**. Rio de Janeiro: LAGEOP, 1999. 64p.

LIPORACI, Silvana Ribeiro; ZUQUETTE, Lázaro Valentin; SOUZA, Marcelo Pereira de. **Carta de Potencial de escoamento superficial: metodologia de obtenção e suas aplicações em estudos visando o planejamento ambiental..** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA, 9., 1999, São Pedro, Associação Brasileira de Geologia de Engenharia (ABGE), 1999. p. 243-260.

MORAES, Maria Eugênia Bruck de. **Zoneamento Ambiental de Bacias Hidrográficas: uma abordagem metodológica aplicada na bacia do rio Bonito (SP)**. Tese (Doutorado em Ecologia e Recursos Naturais). Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2003.

SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE (São Paulo). **Macrozoneamento das Bacias dos Rios Pardo, Mogi-Guaçu e Médio Grande: questões sócio-ambientais Regionais**. São Paulo: Secretarias de Planejamento, do Meio Ambiente e da Fazenda do Estado de São Paulo, 1995. 2v.

TOREZAN, Fábio Enrique. **Análise Ambiental da Bacia do Rio Bonito (Descalvado,SP) com ênfase nas atividades de exploração mineral de areia**. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Recursos Naturais). Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2000.

TORRESAN, Fábio Enrique, LORANDI, Reinaldo, CANÇADO, Cláudio Jorge, MORAES, Maria Eugênia Bruck de, FERES, Roberto. (2002). **Potential surface runoff and infiltration rates chart of the Rio Bonito river basin (Brazil) as subsidy to the selection of adequate sites for installation of sanitary landfills.** INTERNATIONAL CONGRESS OF THE IAEG, 9., 2002, Durban. [*Proceedings eletronic.*] Durban: IAEG 2002. 1 CD-ROM.

Recebido em outubro de 2004
Revisado em fevereiro de 2005
Aceito em maio de 2005