

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JULIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CAMPUS DE BOTUCATU

**DIAGNÓSTICO DA EXPANSÃO DA CULTURA CANAVIEIRA E DOS
CONFLITOS AMBIENTAIS DE USO DO SOLO NO MUNICÍPIO DE BARRA
BONITA/SP**

FRANCIENNE GOIS OLIVEIRA

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da UNESP - Campus de Botucatu, para obtenção do título de Mestre em Agronomia (Energia na Agricultura).

Botucatu - SP
Dezembro – 2009

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JULIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CAMPUS DE BOTUCATU

**DIAGNÓSTICO DA EXPANSÃO DA CULTURA CANAVIEIRA E DOS
CONFLITOS AMBIENTAIS DE USO DO SOLO NO MUNICÍPIO DE BARRA
BONITA/SP**

FRANCIENNE GOIS OLIVEIRA

Orientador: Prof. Dr. Odivaldo José Seraphim

Dissertação apresentada à Faculdade de
Ciências Agronômicas da UNESP - Campus
de Botucatu, para obtenção do título de
Mestre em Agronomia (Energia na
Agricultura).

Botucatu - SP
Dezembro – 2009

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉCNICA DE AQUISIÇÃO E TRATAMENTO DA INFORMAÇÃO - SERVIÇO TÉCNICO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - UNESP - FCA - LAGEADO - BOTUCATU (SP)

O48d Oliveira, Francienne Gois, 1979-
Diagnóstico da expansão da cultura canavieira e dos conflitos ambientais de uso do solo no município de Barra Bonita/SP / Francienne Gois Oliveira. - Botucatu : [s.n.], 2009.
x, 57 f. : il., gráfs., fots. color., tabs.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agronômicas, Botucatu, 2009
Orientador: Odivaldo José Seraphim
Inclui bibliografia.

1. Satélite LANDSAT. 2. Uso do solo. 3. Conflitos ambientais. I. Seraphim, Odivaldo José. II. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (Campus de Botucatu). Faculdade de Ciências Agronômicas. IV. Título.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CAMPUS DE BOTUCATU

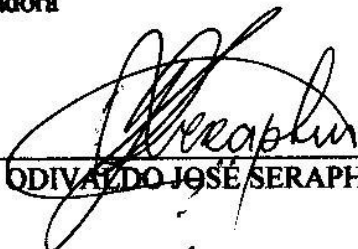
CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

**TÍTULO: "DIAGNÓSTICO DA EXPANSÃO DA CULTURA CANAVIEIRA E DOS
CONFLITOS AMBIENTAIS DE USO DO SOLO NO MUNICÍPIO DE
BARRA BONITA - SP."**

ALUNA: FRANCIEENNE GOIS OLIVEIRA

ORIENTADOR: PROF. DR. ODIVALDO JOSÉ SERAPHIM

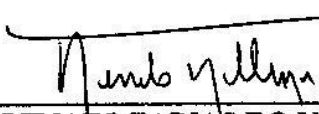
Aprovado pela Comissão Examinadora



PROF. DR. ODIVALDO JOSÉ SERAPHIM



PROF. DR. ZACARIAS XAVIER DE BARROS



PROF. DR. RENATO FARIAS DO VALLE JUNIOR

Data da Realização: 11 de dezembro de 2009.

Aos meus pais *Albertinho* e *Maria*, pelo amor, estímulo, orientações em minha vida e pelo presente mais valioso que já me deram: Educação.

Às minhas irmãs, *Élida* e *Juliana* pela amizade e incentivo.

“Instruir-te-ei, e ensinar-te-ei o caminho que deves seguir; guiar-te-ei com os meus olhos”.
Salmo 32:8

AGRADECIMENTOS

À DEUS sobre todas as coisas.

À minha família pelo amor incondicional, pela força, segurança, apoio e por compreenderem minha ausência neste período de aprendizado

Ao querido **Paulo**, pelo amor, amizade, companheirismo, paciência e compreensão.

Ao meu orientador, **Prof. Dr. Odivaldo José Seraphim** que acreditou em mim quando muitas portas foram fechadas. Muito obrigada por sua amizade, orientação, confiança em mim depositada.

Aos meus amados **AMIGOS de Uberaba** que eu os abandonei durante esta jornada.

As minhas queridas amigas **Cris, Laila e Jú** pela convivência e carinho.

Aos meus professores do IF Triângulo que me incentivaram a seguir este caminho.

Aos meus colegas e amigos do Grupo de Estudos e Pesquisas Georreferenciadas - GEPAG, especialmente a **Prof. Dra. Célia Regina Lopes Zimback, MSc. Ana Paula Barbosa, Anderson Antônio da Conceição Sartori e MSc. Rodrigo José Pisani**, que me capacitaram para a realização deste trabalho, pelo apoio, força, carinho e união.

À Faculdade de Ciências Agrômicas/UNESP, Campus de Botucatu-SP, por me abrir os caminhos do conhecimento e pelo crescimento pessoal e profissional.

Ao Departamento de Recursos Naturais/ Ciência do Solo, pela oportunidade de desenvolver o trabalho no laboratório de Geoprocessamento.

À todos funcionários e professores do Departamento de Engenharia Rural, pela atenção dedicada e ajuda prestada, especialmente ao ***Prof. Dr. Zacarias Xavier de Barros***, pela agradável convivência e amizade.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudos.

À todas as pessoas, que de maneira direta ou indireta, contribuíram para a realização deste trabalho.

"Enquanto estiver vivo, sinta-se vivo. Se sentir saudades do que fazia, volte a fazê-lo. Não viva de fotografias amareladas... Continue, quando todos esperam que desistas. Não deixe que enferruje o ferro que existe em você. Faça com que em vez de pena, tenham respeito por você. Quando não conseguir correr através dos anos, trote. Quando não conseguir trotar, caminhe. Quando não conseguir caminhar, use uma bengala. Mas nunca se detenha".

(Madre Teresa de Calcutá)

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	IX
LISTA DE TABELAS	X
RESUMO	1
SUMMARY	2
1. INTRODUÇÃO.....	3
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	5
2.1. Setor Sucroalcooleiro.....	5
2.2 Aspectos legais das Áreas de Preservação Permanente.....	7
2.3. Sensoriamento Remoto.....	9
2.3.1. Sistema de Informação Geográfica (SIG).....	12
2.4. Expansão da cultura da cana-de-açúcar e a questão ambiental.....	13
2.5. Impactos Ambientais ocasionados pelo setor sucroalcooleiro.....	14
2.6. Mecanismos favoráveis a questão ambiental.....	15
2.6.1. Proibição das queimadas e o Protocolo Agroambiental.....	16
2.6.2. Zoneamento Agroambiental do Estado de São Paulo.....	18
2.6.3. Mecanismo de Desenvolvimento Limpo – MDL.....	21
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	23
3.1. Material.....	23
3.1.1. Área de estudo.....	23

3.1.2. Cartas Planialtimétricas.....	25
3.1.3. Imagens de Satélite.....	25
3.2. Métodos	27
3.2.1. Mapeamento da área.....	28
3.2.2. Processamento das imagens	28
3.2.3. Mapa de ocupação do solo	28
3.2.4. Mapas de altitude e declividade	29
3.2.5. Mapeamento das áreas de preservação permanentes	30
4. Resultados e Discussão.....	31
4.1. Mapeamento da área	31
4.2. Mapas de altitude e Declividade.....	33
4.3. Análise espacial dos usos do solo	37
4.4. Análise espacial dos conflitos de uso nas áreas de preservação permanentes	42
5. CONCLUSÃO.....	48
6. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	49

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Variação da safra de cana em alguns estados da região centro-sul.....	6
Figura 2 – Obtenção de imagens por Sensoriamento Remoto	10
Figura 3 – Prazo para eliminação da queima da palha da cana no Estado de SP	18
Figura 4 – Aptidão Agroambiental para cultura da cana no Estado de SP	20
Figura 5 – Localização do município de Barra Bonita	24
Figura 6 – Fluxograma metodológico do estudo.....	27
Figura 7 - Rede de drenagem do município de Barra Bonita no ano de 1974	32
Figura 8 – Rede de drenagem do município no ano de 2008	33
Figura 9 – Mapa de altitude do município de Barra Bonita	35
Figura 10 – Mapa de classes de declive do município de Barra Bonita.....	36
Figura 11 – Distribuição espacial das classes de ocupação do solo em 1984	38
Figura 12 – Distribuição espacial das classes de ocupação do solo em 2008	40
Figura13– Distribuição Geográfica de área cultivada 2007/2008.....	42
Figura 14 – Piscinas de extração de argila	43
Figura 15 – Uso do solo nas áreas de preservação permanentes em 1984	44
Figura 16 –Mapas das classes de ocupação na APP em 1984	45
Figura 17 – Uso do solo nas áreas de preservação permanentes em 2008	46
Figura 18 – Mapas das classes de ocupação na APP em 2008.....	47

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Produção da Usina de açúcar e álcool de Barra Bonita	24
Tabela 2 – Cartas que compõem o Município de Barra Bonita	25
Tabela 3– Principais características das bandas do sensor TM	26
Tabela 4 – Imagens LANDSAT 5 TM	26
Tabela 5 – Intervalos de classe de declive	29
Tabela 6 – Determinação das APPs	30
Tabela 7 – Comprimento da rede de drenagem dos anos de 1974 e 2008	31
Tabela 8 – Área correspondente as altitudes do município de Barra Bonita.....	34
Tabela 9 – Distribuição das classes de declive do município de Barra Bonita	37
Tabela 10 – Estatísticas agrícolas, município de Barra Bonita, 2007/08	37
Tabela 11 – Classes de uso do solo no município de Barra Bonita em 1984.....	39
Tabela 12 – Classes de uso solo no município de Barra Bonita em 2008	39
Tabela 13 – Diferença das classes de uso dos anos de 1984 para 2008	41
Tabela 14 – Dados de chuva no município de Barra Bonita	42
Tabela 15 – Uso do solo e conflitos de ocupação da APP em 1984	44
Tabela 16 – Uso do solo e conflitos de ocupação da APP em 2008	46
Tabela 17 – Diferença das ocupações em conflito de uso na APP	47

RESUMO

Este trabalho teve como objetivo reconhecer as mudanças temporais significativas no uso do solo entre os anos de 1984 e 2008 no município de Barra Bonita/SP e analisar os conflitos de uso da terra em áreas de preservação permanente tendo como referência legal o Código florestal e a Resolução n. 303, do CONAMA.

Utilizou-se o sistema de informações geográficas – SIG Idrisi Andes 5.0 onde foram processadas as imagens do satélite LANDSAT TM5. A área de estudo possui declividade menor que 20%. A rede de drenagem do município reduziu 9,8 km³ na comparação da carta do IBGE de 1974 com escala de 1:50000 e a imagem LANDSAT 5 do ano de 2008. Através da classificação supervisionada Maxver obteve-se os mapas de uso do solo que revelaram que em 1984 a área ocupada pela cultura da cana-de-açúcar era de aproximadamente 10.500 ha (70%) e em 2008, 10.900 ha.

Na análise dos conflitos de uso do solo em áreas de preservação permanente evidenciou-se que nos 24 anos a cana-de-açúcar aumentou 3,6% sobre a APP. A ocupação adequada foi representada pela mata que ocupava por 279,25 ha (31,5% do total) no ano de 1984. No ano de 2008 verifica-se que a cultura da cana-de-açúcar representava o maior conflito na APP ocupando 357,9 ha da área e 11,4% corresponde ao solo em preparo. Neste ano, 59,5% do total da APP encontra-se em desacordo com a legislação ambiental.

DIAGNOSIS OF EXPANSION THE SUGARCANE PLANTATION AND ENVIRONMENTAL CONFLICTS OF USE OF LAND IN THE CITY OF BARRA BONITA/ SP. Botucatu, 2009. 57p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Energia na Agricultura) - Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista.

Author: FRANCIENNE GOIS OLIVEIRA

Adviser: ODIVALDO JOSÉ SERAPHIM

SUMMARY

This study aimed to recognize the significant temporal changes in land use between 1984 and 2008 in the Barra Bonita / SP and analyze the conflicts of land use in areas of permanent preservation with reference to the legal code forestry and Resolution N. 303 of CONAMA.

We used geographic information system - GIS Idrisi Andes 5.0 where the images were processed LANDSAT TM5. The study area has slopes less than 20%. The drainable area in the city decreased 9.8 kilometers ³ comparison of the letter from the IBGE 1974 with scale 1:50000 and LANDSAT 5 in the year 2008. By Maxver supervised classification was obtained maps of land use which showed that in 1984 the area occupied by the culture of cane sugar was about 10,500 ha (70%) and in 2008, 10,900 ha.

In the analysis of conflicts of land use in areas of permanent preservation showed that in 24 years the cane sugar increased 3.6% on the APP. The occupation was represented by adequate forest that occupied by 279.25 ha (31.5% of total) in 1984. In the year 2008 it appears that the cultivation of cane sugar was the biggest conflict in APP occupying 357.9 ha in area and 11.4% corresponds to the ground in preparation. This year, 59.5% of total APP is at odds with environmental legislation.

Key words: LANDSAT satellite; land use; environment conflits.

1. INTRODUÇÃO

A degradação das áreas de preservação permanente em especial as formações ciliares não pode ser discutida sem considerar a sua inserção no contexto do uso e da ocupação do solo brasileiro. No Brasil, assim como na maioria dos países, a degradação das áreas ciliares sempre foi e continua sendo fruto da expansão desordenada das fronteiras agrícolas. Esta tem se caracterizado pela inexistência (ou ineficiência) do planejamento ambiental prévio, que possibilite delimitar as áreas que deveriam ser efetivamente ocupadas pela atividade agrícola e as que deveriam ser preservadas em função de suas características ambientais ou mesmo legais.

A expansão da cultura canavieira se deu de forma mais expressiva nas décadas de 70 e 80 com a criação do Programa Nacional do Álcool – Proálcool. Na década de 90 com a queda dos preços do petróleo no mercado internacional o Proálcool entra em crise e o setor sucroalcooleiro diminui a produção. Com os constantes conflitos entre países, aumentos no preço do petróleo, crescente demanda por álcool como fonte alternativa de energia aos combustíveis fósseis e a cogeração de energia a partir da biomassa renovável, o setor acelerou seu crescimento.

O Código Florestal de 1965 institui as Áreas de Preservação Permanente (APPs) com intuito de proteger a diversidade biológica e garantir a qualidade ambiental dos ecossistemas, principalmente no tocante à integridade dos solos e à

disponibilidade dos recursos hídricos. Estas áreas funcionam como filtros, retendo defensivos agrícolas, poluentes e sedimentos que seriam transportados para os cursos d'água, afetando diretamente a quantidade e a qualidade da corpos d'água e conseqüentemente a fauna aquática e a população humana.

Com o avanço dos sistemas de informações geográficas (SIGs), nos últimos anos, o emprego de dados orbitais para mapeamento do uso do solo, foi bastante beneficiado, pois o tempo gasto na análise destes dados foi sensivelmente reduzido. Além disso, novas metodologias mais eficazes, com outros tipos de informações que permitem gerar banco de dados georreferenciados e integrar diferentes tipos de informações, têm proporcionado resultados mais precisos, quando comparados àqueles simplesmente pela interpretação visual de dados orbitais.

Conhecer o uso e ocupação do solo de um município se faz necessário para que haja um planejamento criterioso a fim de equacionar os conflitos gerados pelo uso inadequado. O mapeamento do uso solo torna-se uma ferramenta de apoio ao ordenamento das áreas agricultáveis em respeito às áreas verdes para planejar a utilização sustentável dos recursos para que estes possam persistir para futuras gerações em boa qualidade.

Este trabalho tem como objetivo diagnosticar as mudanças temporais significativas no uso do solo no período de 1984 e 2008 no município de Barra Bonita/SP analisando a rede de drenagem, a ocupação do solo e os conflitos de uso da terra nas áreas de preservação permanente conforme a legislação pertinente.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A busca por fontes de energia limpa e/ou menos poluentes tem impulsionado a produção de álcool a partir da cana-de-açúcar. O Estado de São Paulo é o maior produtor de álcool do Brasil. Apesar de ser um combustível menos poluentes em comparação aos combustíveis fósseis e fazer parte da matriz energética, a produção de álcool em larga escala tem causado impactos ambientais no processo produtivo e no cultivo da matéria prima. Dentro desta revisão serão apresentados os seguintes temas: aspectos legais das APP's; sensoriamento remoto; sistema de informações geográficas; expansão da cultura da cana e a questão ambiental; impactos ambientais do setor sucroalcooleiro e os mecanismos favoráveis a questão ambiental.

2.1. Setor Sucroalcooleiro

A cultura canavieira é praticada em quase todos os Estados brasileiros, ocupando uma área plantada de 7,8 milhões de hectares na safra 2008/2009 (Única, 2009). A maior região produtora é a Centro-Sul, com aproximadamente 78% da produção brasileira (Figura 1), sendo os 22% restantes produzidos na região Norte-Nordeste

No Brasil existem cerca de 400 usinas de processamento de cana-de-açúcar, das quais 230 estão localizadas na região centro-sul divididas em três tipos de instalações: usinas de açúcar, que produzem exclusivamente açúcar; usinas de açúcar com

destilarias anexas, que produzem açúcar e álcool; e instalações que produzem exclusivamente álcool, ou destilarias autônomas.

No Brasil, praticamente todas as usinas e destilarias realizam cogeração de energia a partir do bagaço de cana-de-açúcar em suas instalações durante o período da safra, sendo auto-suficientes em suas demandas térmicas e eletromecânica. Apesar da auto-suficiência energética, a geração de excedentes é ainda bastante limitada. A razão é que não houve intenção de produção de excedentes quando da instalação das usinas e destilarias. A maior parte delas possui instalações relativamente antigas que operam aquém do potencial técnico existente, considerando-se a quantidade de biomassa residual gerada e as novas tecnologias disponíveis (LEME, 2004).

O Estado de São Paulo abriga 169 unidades sucroalcooleiras. Segundo dados da UNICA (2009), na safra 2008/2009 as usinas e destilarias do Estado processaram aproximadamente 345 milhões de toneladas de cana-de-açúcar, o que representa 60% da produção nacional. A produção de álcool na safra 2007/08, alcançou 16,7 bilhões de litros e produção de açúcar foi de 19,6 milhões de toneladas. Ainda tímida diante do potencial, a cogeração seguramente vai crescer exponencialmente e se consolidar como fonte importante de energia.

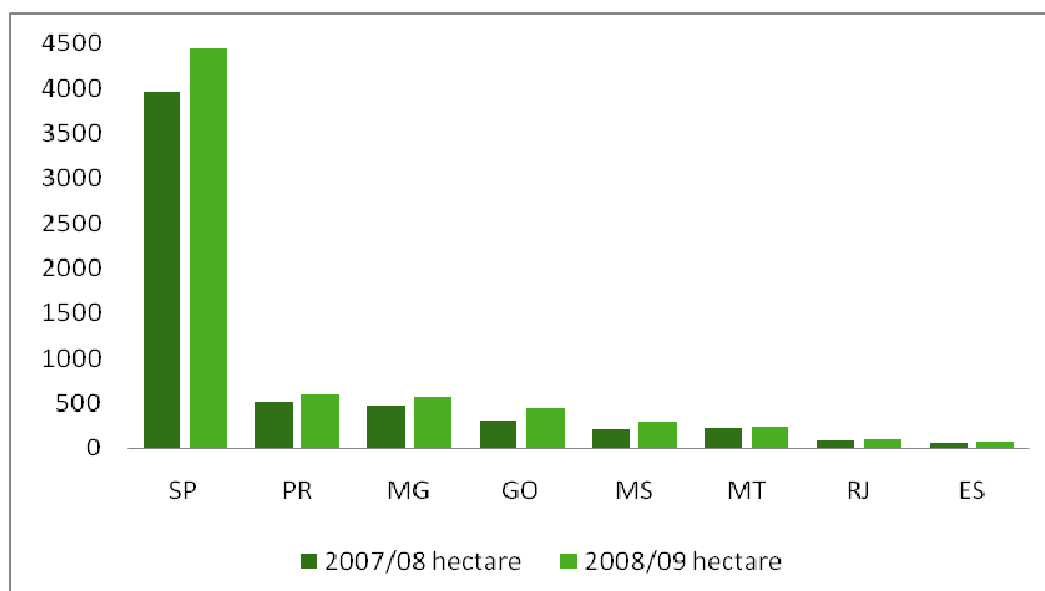


Figura 1. Variação da safra de cana-de-açúcar em alguns estados da região centro-sul
Fonte: UNICA, 2009.

Atualmente, a participação da bioeletricidade na matriz energética brasileira é de 3%, o que equivale a aproximadamente 1.400 MW médios. Em 2020, serão 14.400 MW. É uma capacidade semelhante à da usina hidrelétrica de Itaipu à disposição dos agentes privados, esperando para ser desenvolvida. (TAVARES, 2009).

2.2 Aspectos legais das Áreas de Preservação Permanente

As questões relacionadas à preservação e à conservação do ambiente têm se tornado uma crescente preocupação da sociedade nas últimas décadas. Esta constatação está ligada ao futuro do homem, pois sem que existam condições ambientais adequadas, a manutenção da vida é impossível. A exaustão das reservas naturais e seu impacto sobre os ecossistemas vêm firmando a consciência da necessidade da realização de ações que levem efetivamente ao resgate de um meio ambiente saudável (AZEVEDO, 2008).

De acordo com o Código Florestal Brasileiro (Lei Federal nº 4.771 de 15/setembro/1965, alterado pelas Leis nº 7.803 de 18/julho/1989 e nº 7.875 de 13/novembro/1989), áreas de preservação permanente (APP) são áreas

“...cobertas ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica, a biodiversidade, o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas”.

O Código Florestal considera as beiras de rios e lagoas como áreas de preservação permanente, estipulando as faixas marginais a serem respeitadas, de acordo com a largura dos rios. Consideram-se, de acordo com esta legislação, de preservação permanente as florestas e demais formas de vegetação situadas (artigo 2º):

- a) ao longo dos rios ou de qualquer curso d’água desde o seu nível mais alto em faixa marginal cuja largura mínima será:
 - 1 - de 30 (trinta) metros para os cursos d’água de menos de 10 (dez) metros de largura;

- 2 - de 50 (cinquenta) metros para os cursos d'água que tenham de 10 (dez) a 50 (cinquenta) metros de largura;
- 3 - de 100 (cem) metros para os cursos d'água que tenham de 50 (cinquenta) a 200 (duzentos) metros de largura;
- 4 - de 200 (duzentos) metros para os cursos d'água que tenham de 200 (duzentos) a 600 (seiscentos) metros de largura;
- 5 - de 500 (quinhentos) metros para os cursos d'água que tenham largura superior a 600 (seiscentos) metros;
- b) ao redor das lagoas, lagos ou reservatórios d'água naturais ou artificiais;
- c) nas nascentes, ainda que intermitentes e nos chamados "olhos d'água", qualquer que seja a sua situação topográfica, num raio mínimo de 50 (cinquenta) metros de largura;
- d) no topo de morros, montes, montanhas e serras;
- e) nas encostas ou partes destas, com declividade superior a 45°, equivalente a 100% na linha de maior declive;
- f) nas restingas, como fixadoras de dunas ou estabilizadoras de mangues;
- g) nas bordas dos tabuleiros ou chapadas, a partir da linha de ruptura do relevo, em faixa nunca inferior a 100 (cem) metros em projeções horizontais;
- h) em altitude superior a 1.800 (mil e oitocentos) metros, qualquer que seja a vegetação;
- i) nas áreas metropolitanas definidas em lei.

Parágrafo único. No caso de áreas urbanas, assim entendidas as compreendidas nos perímetros urbanos definidos por lei municipal, e nas regiões metropolitanas e aglomerações urbanas, em todo o território abrangido, observar-se-á o disposto nos respectivos planos diretores e leis de uso do solo, respeitados os princípios e limites a que se refere este artigo (BRASIL, 1965).

A Resolução CONAMA nº 302, de 20 de março de 2002 dispõe sobre os parâmetros, definições e limites de APP de reservatórios artificiais e o regime de uso do entorno. A Resolução CONAMA nº 303, de 20 de março de 2002, que regulamenta o art. 2º da Lei nº 4.771, de 15 de setembro de 1965, no que concerne às Áreas de Preservação

Permanente e outros espaços territoriais especialmente protegidos, como instrumentos de relevante interesse ambiental, integram o desenvolvimento sustentável, objetivo das presentes e futuras gerações, dispõe sobre parâmetros, definições e limites das APP.

A utilização de Sistemas de Informação Geográfica para a resolução de problemas espaciais é um procedimento já consolidado nesta última década. Assim, a geração de bases de dados codificados espacialmente que facilitam a manipulação dos eventos geográficos e a automatização da análise são, na atualidade, as alternativa mais viáveis para a comparação do uso efetivo do solo com o seu uso adequado segundo a lei (DAINESE, 2001).

2.3. Sensoriamento Remoto

O termo sensoriamento remoto foi introduzido a partir de 1960, ampliando a abrangência da capacidade das, já bem difundidas, fotografias aéreas. Segundo Novo (2008), sensoriamento remoto pode ser definido como a aquisição de informação sobre um objeto a partir de medidas feitas por um sensor que não se encontra em contato físico direto com ele. As informações sobre o objeto, neste caso, são derivadas da detecção e mensuração das modificações que ele impõe sobre os campos de força que o cercam. Estes campos de força podem ser eletromagnéticos, acústicos ou potenciais.

A dinâmica do uso da terra tem alterado significativamente as paisagens e os ecossistemas. Tais mudanças têm exigido que o monitoramento ambiental seja efetuado com maior rapidez e eficácia, gerando um aumento significativo no volume dos dados resultantes de sensoriamento remoto (EHLERS, 2005).

Segundo Rodrigues e Silva (2005), graças à grande facilidade de obtenção de imagens a partir de satélites é possível monitorar e identificar de forma contínua as mudanças ocorridas na superfície terrestre, pois as imagens geradas optoeletronicamente permitem detalhamento das informações espaciais. Sensoriamento remoto pode ser definido como a ciência e a arte de se obter informações sobre um objeto, área ou fenômeno, por meio da análise de dados adquiridos por um sistema que não está em contato com esse objeto, área ou fenômeno sob investigação (LILLESAND & KIEFER, 1994).

Para Florenzano (2002), sensoriamento remoto é a tecnologia que permite obter imagens e outros tipos de dados, da superfície terrestre, através da captação e do registro da energia refletida ou emitida pela superfície. O termo “sensoriamento” refere-se à obtenção dos dados, e “remoto” que significa distante conforme ilustrado na Figura 2.

Uma imagem é o resultado do registro da energia refletida, emitida e/ou transmitida das diferentes partes do espectro eletromagnético. Pela variedade de situações possíveis, conhecimentos básicos de interpretação de imagem são essenciais para o uso efetivo dos dados disponíveis (GARCIA, 1982).

A energia refletida ou emitida por um determinado objeto na superfície é registrada pelos sensores que operam em certas faixas espectrais do espectro eletromagnético, como a região do visível, do infravermelho próximo, médio e distante, etc. Estes sensores podem registrar estas informações em condições de campo, aerotransportados ou colocados em plataformas orbitais. Quando colocado em plataformas orbitais, como é o caso do satélite LANDSAT, os dados coletados apresentam algumas vantagens em relação àqueles coletados no campo ou aerotransportados. Os sensores orbitais permitem realizar um imageamento sinóptico (visão ampla da área imageada) e periódico. Além disso, a energia refletida ou emitida pelo alvo pode ser gravada em diferentes faixas espectrais, permitindo assim, fazer uma análise do comportamento espectral em diferentes bandas do espectro eletromagnético (DAINESE, 2001).



Figura 2. Obtenção de imagens por sensoriamento remoto (FLORENZANO, 2002).

O desenvolvimento de sistemas computacionais para aplicações gráficas e de imagens vem influenciando de maneira crescente as áreas de mapeamento, análise de recursos naturais, planejamento urbano e regional. Esta tecnologia automatiza tarefas realizadas manualmente e facilita a realização de análises complexas, através da integração de dados de diversas fontes e da criação de um banco de dados geocodificado. Os sistemas para tal fim são denominados de Sistemas de Informação Geográfica (SIG) (ASSAD & SANO, 1998).

Num país de dimensão continental como o Brasil, onde existe uma grande carência de informações adequadas para a tomada de decisões sobre problemas urbanos e ambientais, tais sistemas apresentam um enorme potencial, principalmente se forem baseados em tecnologias de custo relativamente baixo e se todo o conhecimento for adquirido localmente (ASSAD & SANO, 1998).

A tecnologia de sensoriamento remoto apresenta um grande potencial para ser utilizada na agricultura. Através desta técnica, é possível obter informações sobre: estimativa de área plantada, produção agrícola, vigor vegetativo das culturas, além de fornecer subsídios para o manejo agrícola em nível de país, estado, município ou ainda microbacia ou fazenda (RUDORFF e MOREIRA, 2002).

O papel relevante do sensoriamento remoto na agricultura tem sido atribuído principalmente ao monitoramento e mapeamento de áreas agrícolas por meio da utilização de imagens orbitais, que permite a identificação do dinamismo do ambiente agrícola pela integração de diversos tipos de dados em diferentes momentos no tempo (GIANNOTTI, 2001).

Segundo Catelani et al. (2003), a evolução das geotecnologias permitiu que o processo de fiscalização e a aplicação da legislação ambiental se tornem mais eficientes e com menor custo, já que as técnicas utilizadas atualmente auxiliam a vistoria nas propriedades rurais, além de realizar monitoramento das mesmas, em um tempo menor do que era efetuado até então.

Os trabalhos de Costa et al. (1996), Catelani et al. (2003), Moreira et al. (2003), Barros et al. (2007), Francisco et al. (2007), Fushita et al. (2007), Gerdenits et al. (2007), e Nascimento et al. (2007) evidenciam a importância destas ferramentas como

importante aliado na identificação das áreas que devem ser recuperadas e as áreas que devem ser preservadas de acordo com o Código Florestal.

A utilização das geotecnologias pode ser considerada como um importante aliado para analisar, diagnosticar e propor o monitoramento das Áreas de Preservação Permanente e das Reservas Legais em várias escalas (propriedade, bacia, município), mostrando-se instrumentos indispensáveis na detecção de conflitos de uso e no planejamento da restauração e/ou recuperação dos usos adequados e cumprimento da legislação (AZEVEDO, 2008).

2.3.1. Sistema de Informação Geográfica (SIG)

Segundo Rocha (2000) citado por Dainese (2001), SIG é um sistema com capacidade para aquisição, armazenamento, tratamento, integração, processamento, recuperação, transformação, manipulação, modelagem, atualização, análise e exibição de informações digitais georreferenciadas, topologicamente estruturadas, associadas ou não a um banco de dados alfanuméricos.

Para Eastman (2006), um SIG pode ser definido como um sistema auxiliado por computador para aquisição, armazenamento, análise e visualização de dados geográficos; possuindo basicamente três importantes componentes: *Hardware*, *Software* e um contexto organizacional apropriado.

Baseiam-se na coleta, armazenamento, recuperação, análise e tratamento de dados espaciais, não espaciais e temporais, auxiliando as tomadas de decisões e dando suporte às atividades de gerenciamento, manutenção, operação, análise e planejamento (TEIXEIRA et al., 1992).

Os SIGs têm sido aplicados no gerenciamento em diversas áreas, tais como, urbana, regional, floresta, de infra-estrutura, de utilidade pública, de utilidade privada, além de serem utilizados também na otimização de tráfego, na atualização de dados cartográficos, no monitoramento agrícola etc. Mesmo com a diversidade de aplicações de um SIG, sua forma de utilização se resume em três funções: 1) ferramenta para produção de

mapas; 2) suporte para análise espacial e de fenômenos; 3) banco de dados geográficos com funções de armazenamento e recuperação de informações espaciais (Câmara Neto, 1995).

2.4. Expansão da cultura da cana-de-açúcar e a questão ambiental

A expansão da cana para produção de etanol é assunto que vem sendo acompanhado com muita preocupação por todos os órgãos e agências ambientais, já que são diversos os impactos desse setor, que emprega intensivamente recursos naturais, cada vez menos abundantes, como corpos d'água e solo, comprometendo-os por meio da prática muitas vezes abusiva, de adubação química e aplicação de herbicidas e defensivos agrícolas.

Muito se fala sobre os impactos ambientais da produção dos biocombustíveis. E com razão, pois a expansão dos cultivos para a produção requererá os devidos cuidados socioambientais. Como qualquer atividade humana em grande escala, o potencial de impacto é sério e assim deve ser tratado, mas, lembrando que a alternativa a eles é a continuidade do uso dos combustíveis fósseis, principalmente o petróleo, cujos efeitos ambientais já se mostraram consideravelmente negativos e apresentam-se cada vez mais ameaçadores. Cabe, portanto, uma análise equilibrada dos projetos de expansão da produção de etanol. Não se trata de olhar a cana-de-açúcar como ameaça a ser combatida, nem como algo que deva passar despercebido, sem cuidados especiais. Como qualquer monocultura, a cana pode ameaçar a biodiversidade, afetar os recursos hídricos e produzir contaminação pelo uso intensivo de agrotóxicos (ZVEIBIL, 2006).

De acordo com Coelho (2008), o principal efeito positivo para expansão da cana para produção do etanol é a qualidade do ar nos centros urbanos: a eliminação dos compostos de chumbo da gasolina, redução das emissões de monóxidos de carbono, eliminação de enxofre e materiais particulados, emissões de compostos orgânicos menos tóxicos e fotoquimicamente reativos.

No plantio, colheita, transporte e processamento da cana são consumidos combustíveis fósseis que geram emissões de gases de efeito estufa; também há processos não relacionados com o uso de combustíveis que geram emissões não compensadas

por reabsorção pela fotossíntese no crescimento da cana. No caso das usinas de geração de energia elétrica a biomassa de cana-de-açúcar, apesar de ser emitido carbono na fase da queima do combustível, ocorre o seqüestro do carbono da fase do crescimento da cana, assim o balanço das emissões é nulo e os créditos de carbono são obtidos devido às emissões que são evitadas pela geração de energia elétrica nestas usinas em substituição às usinas térmicas a gás natural ou a óleo combustível, que possuem um balanço de emissões desfavorável (MACEDO, 2007).

A utilização da cana-de-açúcar na produção de etanol não resulta em significativa das emissões líquidas de gases de efeito estufa (principalmente dióxido de carbono - CO₂). A razão para isto é que o CO₂ liberado partir da queima de etanol (e do bagaço em caldeiras) e reabsorvido pela fotossíntese durante o crescimento da cana na época seguinte. Todas as necessidades energéticas para a produção do etanol (vapor e eletricidade) provêm do bagaço e excesso é usado para gerar eletricidade e grande parte desta pode ser introduzida na rede, contribuindo com a matriz energética (GOLDEMBERG, et al, 2008).

2.5. Impactos Ambientais ocasionados pelo setor sucroalcooleiro

A Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) nº 01/86 (artigo 1º), define impacto ambiental como:

(...) qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente (...) resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente afete: a saúde, a segurança e o bem-estar da população; as atividades sociais e econômicas; a biota; as condições sanitárias e estéticas do meio ambiente; e a qualidade dos recursos ambientais (BRASIL, 1986).

Estes impactos podem ser reversíveis ou irreversíveis e apresentar efeitos positivos ou negativos. Qualquer que seja a atividade agrícola, na medida em que emprega recursos naturais, como corpos d'água e solo, usa insumos e defensivos químicos, como fertilizantes e praguicidas, apresenta algum impacto ambiental. Contudo, segundo

Andrade e Diniz (2007), a partir de planejamento e ocupação criteriosa do solo agrícola, emprego de técnicas de conservação para cada cultura e região, pode-se reduzir muito os possíveis impactos ambientais gerados, garantir proteção aos recursos ambientais, de maneira a perdurar seus serviços e permitir que as gerações futuras desfrutem de sua qualidade.

A produção de cana traz consigo:

- Redução da biodiversidade, causada pelo desmatamento e pela implantação de monocultura;
- Contaminação das águas superficiais e subterrâneas e do solo, por meio da prática excessiva de adubação química, corretivos minerais, disposição de vinhaça no solo e aplicação de herbicidas e defensivos agrícolas;
- Compactação do solo, pelo tráfego de máquinas pesadas, durante o plantio, tratos culturais e colheita;
- Assoreamento de corpos d'água, devido à erosão do solo em áreas de reforma;
- Poluição do ar, através da emissão de fuligem e gases de efeito estufa, na queima, ao ar livre, de palha, durante o período de colheita e processamento da cana;
- Danos à flora e fauna, causados por incêndios descontrolados;
- Supressão de vegetação nativa devido à expansão;
- Mudança na paisagem;
- Consumo intenso de óleo diesel, nas etapas de plantio, colheita e transporte;
- Concentração de terras, rendas e condições subumanas do trabalho do cortador de cana; dentre outros.

2.6. Mecanismos favoráveis a questão ambiental

A queimada praticada durante a colheita também colabora significativamente para a emissão de substâncias químicas para a atmosfera, afetando a qualidade do ar e produzindo efeitos nocivos para a saúde. A expansão descuidada pode vir a potencializar estes efeitos nocivos, afetando negativamente o meio ambiente. Mas, se olharmos em volta, poderemos observar práticas diferenciadas dentro do setor sucroalcooleiro,

com efeitos ambientais significativamente diferentes. Isto abre a possibilidade de se articular uma agenda positiva entre o setor ambiental e os produtores, com a adoção das melhores práticas possíveis.

2.6.1. Proibição das queimadas e o Protocolo Agroambiental

A proibição das queimadas nos canaviais do estado de São Paulo é objeto de vários decretos e leis estaduais que regulamentam esta prática, os principais são:

- Decreto Estadual 41.719 de 16/ abril/1997 - determina a proibição da queimada da cana e institui a redução gradativa desta prática determinando sua extinção em 8 anos, nas áreas definidas como mecanizáveis, e em 15 anos nas áreas definidas como não mecanizáveis;
- Lei Estadual 10.547 de 02/ maio/ 2000 - Mantém a proibição das queimadas, altera o prazo de sua extinção para 20 anos e regulamenta de forma detalhada a prática das queimadas durante este período;
- Lei Estadual 11.241 de 19/setembro/2002 - Mantém a proibição das queimadas e determina sua extinção no ano de 2021 para as áreas mecanizáveis, e em 2031 nas áreas não mecanizáveis.

Para Gonçalves (2002), apesar de essas leis entrarem em vigor de forma gradativa, não há dúvidas de que a proibição das queimadas como prática de preparo para colheita da cana-de-açúcar acelerou significativamente o processo de mecanização da colheita, aumentando a disponibilidade do palhiço da cana-de-açúcar para seu aproveitamento com matéria prima para a produção de energia elétrica nas usinas.

Segundo Ripoli (2002), abandonando-se a prática da queima dos canaviais, o palhiço da cana-de-açúcar constituído por ponteiros, folhas verdes, palhas e frações de colmos remanescentes após operações de colheitas poderia ser recolhido e utilizado para a produção de vapor visando à geração de energia elétrica nas usinas e destilarias. Em estudo sobre o enfardamento do palhiço recolhido após a colheita mecanizada da cana-de-açúcar, o autor concluiu que o seu equivalente energético médio é de 11,22 barris de petróleo por hectare. A energia contida no palhiço - que hoje, na sua grande maioria é descartado como

prática de queima pré - colheita é considerável e deve ser levada como componente relevante na matriz energética brasileira, mesmo este não sendo recolhido em sua totalidade.

Por outro lado, Vieira (2003), comparando o corte da cana com e sem queima prévia, de forma manual e mecanizada, em duas usinas de São Paulo conclui que, com a introdução da colheita mecanizada, sempre haverá diminuição na mão-de-obra empregada, fato que provocará mudanças sociais e econômicas locais.

O Protocolo Agroambiental do setor sucroalcooleiro Paulista, elaborado pelo Governo do Estado de São Paulo, Secretaria de Estado de Meio Ambiente, Secretaria de Estado de Agricultura e abastecimento e a União da Agroindústria Canavieira de São Paulo, que tem por objetivo promover a cooperação técnica e institucional entre as partes de forma a criar condições que viabilizem, de forma objetiva e transparente, o desenvolvimento de um conjunto de ações para a consolidação do processo de desenvolvimento sustentável do setor sucroalcooleiro do Estado de São Paulo.

Dentre as diretivas técnicas, os produtores e as indústrias de cana-de-açúcar que aderirem ao Protocolo deverão:

- antecipar nos terrenos com declividade até 12%, o prazo final para eliminação da queimada da cana, de 2021 para 2014, aumentando as áreas de colheita mecanizada, em 2010 que seria de 50% para 70% (Figura 3);
- não utilizar a pratica da queima para fins de colheita nas áreas de expansão de canaviais;
- proteger as áreas de mata ciliar das propriedades canavieiras;
- proteger as nascentes de corpos d'água das áreas rurais do empreendimento canavieiro; implementar plano técnico de conservação do solo e de recursos hídricos;
- adotar praticas que minimizem a poluição atmosférica de processos industriais, entre outras (SMA, 2009).

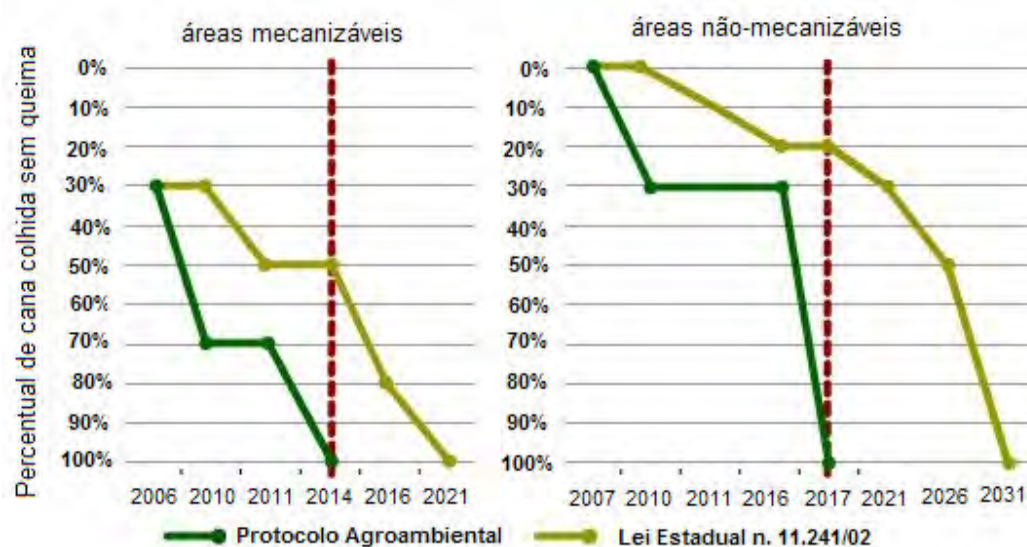


Figura 3. Prazo para eliminação da queima da palha da cana no Estado de São Paulo.

2.6.2. Zoneamento Agroambiental do Estado de São Paulo

Governo do Estado de São Paulo, por intermédio das secretarias do Meio Ambiente e de Agricultura e Abastecimento, disponibiliza para a sociedade uma nova ferramenta para o planejamento agrícola-ambiental, notadamente para o setor sucroalcooleiro. Trata-se do primeiro zoneamento agroambiental elaborado por um Estado a partir de parâmetros hidrográficos, físicos, topográficos e climáticos, entre outros. O zoneamento possibilita o efetivo planejamento da canavicultura, que atualmente ocupa uma área de 4,9 milhões de hectares no estado de São Paulo, levando em conta a sustentabilidade da atividade. Junto com o zoneamento, foram estabelecidas regras claras para o licenciamento de novas usinas de álcool no território paulista. O zoneamento foi elaborado pelas secretarias do Meio Ambiente e da Agricultura e Abastecimento tendo como diretriz o desenvolvimento sustentável da cana-de-açúcar no Estado. Ele leva em consideração não só fatores importantes como o clima e o tipo de solo da área, mas também fatores ambientais como a vulnerabilidade das águas subterrâneas, a disponibilidade de corpos d'águas superficiais, a biodiversidade presente na área (com base no Projeto Biota - Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de

São Paulo - FAPESP), as unidades de conservação, a declividade e a qualidade do ar (Secretaria da Agricultura e Abastecimentos - SAA, 2008).

O zoneamento agroambiental mostra que ainda há áreas adequadas para a expansão do cultivo da cana. Segundo estimativas baseadas nos pedidos de licença para novas unidades, até 2010 a área da cultura poderá chegar a 6,2 milhões de hectares (Figura 4).

- I. Áreas adequadas, que correspondem aos territórios que apresentam aptidão edafoclimática favorável para o desenvolvimento da cultura da cana de açúcar e sem restrições ambientais específicas;
- II. Áreas adequadas com limitação Ambiental, que correspondem aos territórios com aptidão edafoclimática favorável para cultura da cana- de- açúcar e com a incidência de áreas de proteção ambiental (APA); reservas particulares do patrimônio natural (RPPN), áreas de media prioridade para incremento da conectividade e as bacias hidrográficas consideradas críticas;
- III. Áreas adequadas com restrições ambientais, que correspondem aos territórios com aptidão edafoclimática favorável para o desenvolvimento da cultura da cana de açúcar e com incidência de zonas de amortecimento das Unidades de Conservação de Proteção Integral UCPI; as áreas de alta prioridade para Incremento de conectividade; e as áreas de alta vulnerabilidade de corpos d'águas subterrâneas do Estado de São Paulo;
- IV. Áreas adequadas, que corresponde as Unidades de Conservação de Proteção integral – UCPI Estaduais e Federais; aos fragmentos classificados como de extrema importância biológica para conservação, indicados pelo projeto Biota FAPESP para a criação de Unidades de Conservação de Proteção integral – UCPI, às Zonas de vida silvestre das Áreas de Proteção Ambiental - APAs, às áreas de restrições edafoclimáticas para cultura da cana-de-açúcar e às áreas com declividade superior a 20%.

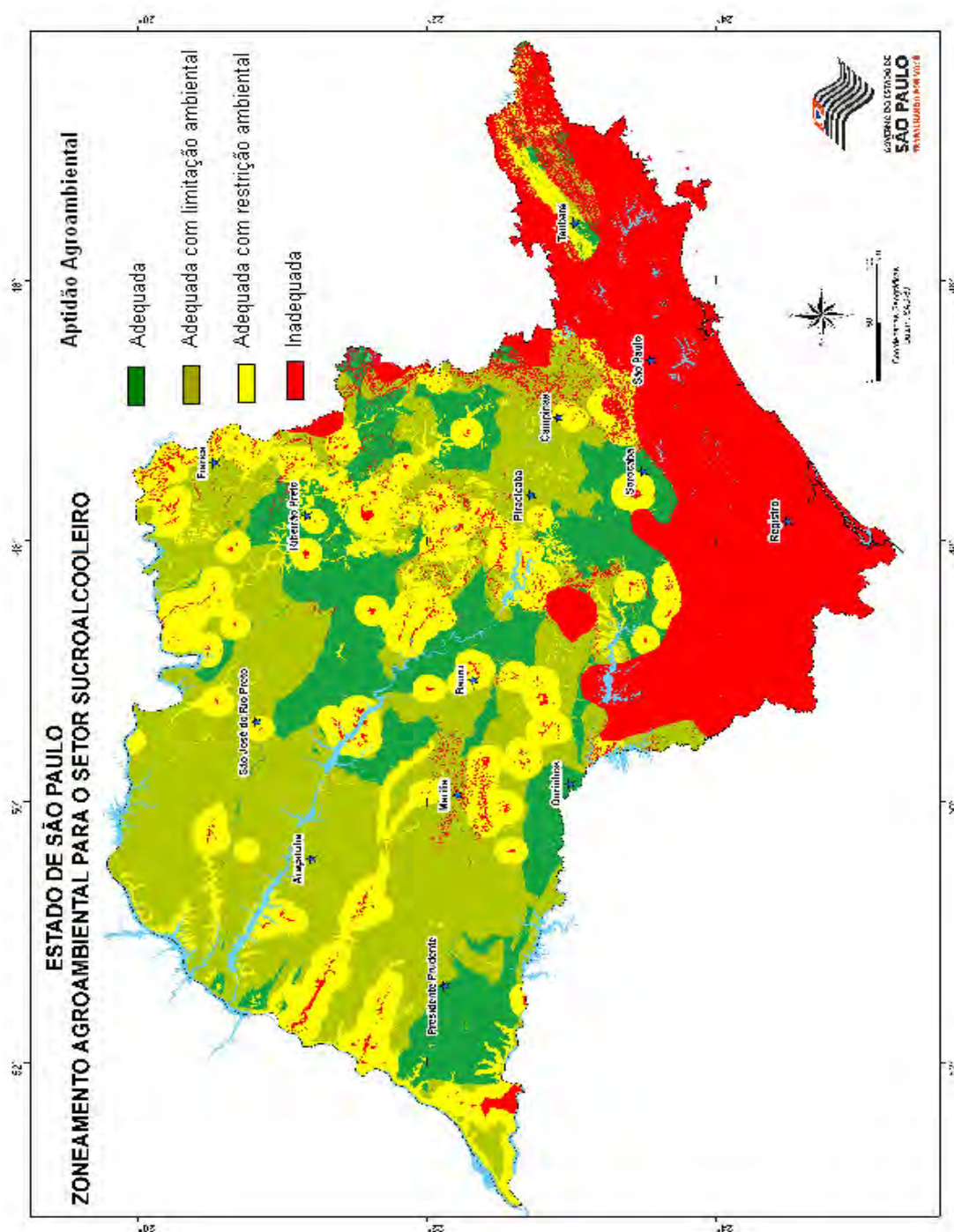


Figura 4. Aptidão Agroambiental para cultura da cana no Estado de São Paulo.
 Fonte: SAA, 2008.

2.6.3. Mecanismo de Desenvolvimento Limpo – MDL

As mudanças climáticas são alvo de preocupações mundial desde a década de 60 e se intensificaram em 1972 com a Conferência sobre o Meio ambiente em Estocolmo. Em dezembro de 1997 em Quioto, Japão, foi adotado um protocolo segundo o qual, os países desenvolvidos (países do ANEXO I) reduziriam suas emissões de GEE em pelo menos 5% em relação aos níveis de 1990 até o período entre 2008 e 2012. O Protocolo de Quioto criou vários mecanismos de flexibilização (Comércio Internacional de Emissões, Mecanismo de Desenvolvimento Limpo e Implementação Conjunta) para reduzir as emissões do conjunto de países industrializados (ROCHA, 2003).

O Mecanismo de Desenvolvimento limpo (MDL) permite que os países desenvolvidos realizem investimentos em projetos que variam desde reflorestamento, substituição de combustíveis, uso final da energia, eficiência energética até a inserção de formas de geração de energia renovável nos países em desenvolvimento. Em troca, essas nações investidoras recebem créditos de carbono que contabilizarão para atingir as metas internas estabelecidas pelo Protocolo de Quioto. Assim, constitui-se uma nova oportunidade aos países em desenvolvimentos para atrair investimentos externos e melhorar as tecnologias (CUNHA, 2005).

No contexto do MDL cada tonelada de CO₂ (que se deixa de emitir) dá direito à emissão de uma redução certificada de emissões (RCE). São os chamados créditos de carbono, que podem ser vendidos a países com metas obrigatórias de redução de emissões, de acordo com o acordo mundial para evitar as mudanças climáticas, o Protocolo de Quioto (IPCC, 2007).

As atividades de projeto do MDL, bem como as reduções de emissões de gases de efeito estufa e/ou remoção de CO₂ a estas atribuídas deverão ser submetidas a um processo de avaliação e verificação por meio de instituições e procedimentos estabelecidos pela Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas (CQNUMC) e após adequação o proponente do projeto entrará na fase seguinte do ciclo dos projetos MDL quando, necessariamente, deverá se submeter às seguintes etapas (MCT, 2006):

- Elaboração do documento de concepção de projeto - descrição de todas as atividades relacionadas ao projeto;
- Aprovação/ validação - atestado que a atividade contribui para o desenvolvimento sustentável do país.
- Registro - emissão do parecer formal sobre o aceite da atividade de projeto, com base no relatório de validação da Entidade Operacional Designada.
- Monitoramento - processo de coleta e armazenamento de todos os dados necessários para o cálculo da redução das emissões de gases de efeito estufa ou o aumento da remoção de CO₂, de acordo com a metodologia de linha de base da atividade de projeto
- Verificação/Certificação - por meio de auditoria periódica e independente, e é relatado por escrito se a redução de emissões previstas pelo Documento de concepção efetivamente ocorreram. A certificação garante que as reduções de GEE foram de fato adicionais às que ocorreriam na ausência do projeto.
- Emissão e aprovação das RCEs - configura-se a partir do relatório de certificação quando o Conselho Executivo poderá emitir um montante de RCEs correspondentes ao total de emissões reduzidas pela atividade de projeto do MDL.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Material

3.1.1. Área de estudo

O município de Barra Bonita localiza-se no centro Oeste do Estado de São Paulo tendo como principal atividade econômica a agricultura voltada para o cultivo e processamento da cana-de-açúcar. Possui uma área de 150 km² e localiza-se entre as coordenadas geográficas de 22°29'41" de latitude sul e 48°33'29" longitude oeste de Greenwich. É delimitado pelos municípios de Jaú, Igarapu do Tietê, São Manuel, Mineiros do Tietê e Macatuba (Figura 5) e é banhado pelo Rio Tietê.

A usina de açúcar e álcool instalada no município iniciou suas atividades em 1954. De acordo com a União dos Produtores de Bioenergia - UDOP (2009), destaca-se por ser uma das maiores processadoras de cana e está no primeiro lugar do ranking do setor de Bioenergia e de produção na região centro-sul na safra 2007/08 (Tabela 1).

O clima é do tipo Cwa, segundo a classificação de Köppen, caracterizado por apresentar inverno seco e verão chuvoso. A precipitação média anual é de aproximadamente 1.278 mm, ocorrendo uma precipitação média no mês mais chuvoso de 204,0 mm e de 28,3 mm no mês mais seco. A temperatura média anual é de 22,6° C, sendo 25,4° C a média dos meses mais quentes e 18,9° C a média dos meses mais frios (CEPAGRI, 2009).

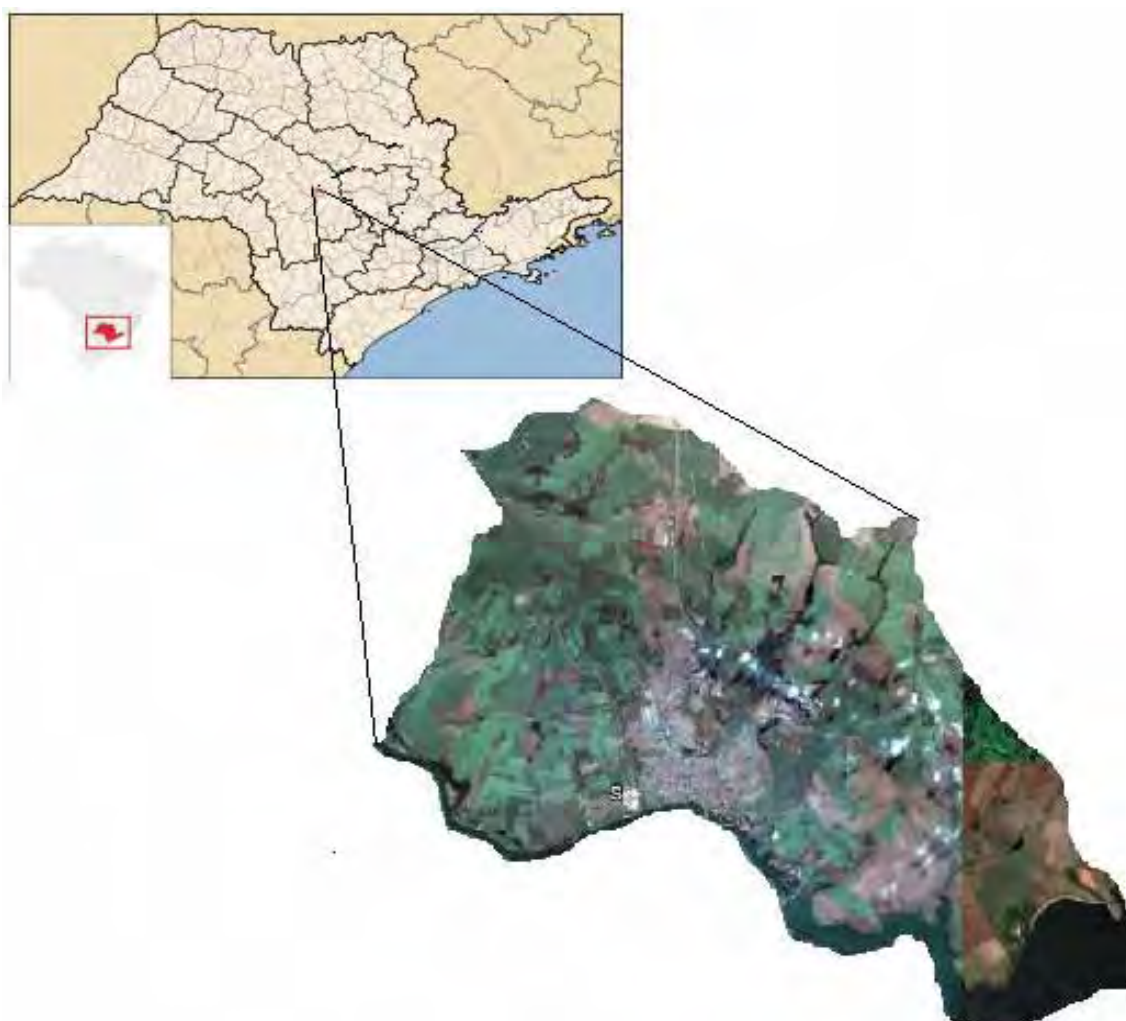


Figura 5. Localização do município de Barra Bonita.

Tabela 1 – Produção da Usina de açúcar e álcool de Barra Bonita

Safra	Moagem de Cana (t)	Produção de Açúcar (t)	Produção de Etanol (m³)
2004/05	6.898.571	570.790	262.148
2005/06	6.229.588	546.309	254.661
2006/07	7.018.366	528.674	289.268
2007/08	6.815.821	489.723	290.126
2008/09	7.378.408	499.772	315.804

Fonte: UDOP, 2009.

Na região são encontrados dois tipos de latossolo e nitossolo. LV1 latossolos vermelhos eutróféricos e distroféricos A moderado textura argilosa relevo plano e suave ondulado; LV54 latossolos vermelhos distróficos textura argilosa e média + latossolos vermelhos eutróféricos e distroféricos textura argilosa ambos A moderado relevo plano e suave ondulado; NV1 nitossolos vermelhos eutróféricos + latossolos vermelhos eutróféricos ambos A moderado textura argilosa relevo suave ondulado e ondulado e NV7 nitossolos vermelhos eutróficos e distróficos relevo ondulado + latossolos vermelhos eutróféricos relevo suave ondulado todos A moderado textura argilosa (EMBRAPA, 1999).

3.1.2. Cartas Planialtimétricas

Foram utilizadas cartas planialtimétricas digitalizadas do IBGE em escala de 1:50000 (Tabela 2).

Tabela 2. Cartas que compõem o Município de Barra Bonita.

Carta do Brasil 1:50000	Quadrícula	Ano
Barra Bonita	SF-22-Z-B-VI-1	1974
Dois Córregos	SF-22-Z-B-III-3	1974
Jaú	SF-22-Z-B-II-4	1973
São Manuel	SF-22-Z-B-V-2	1973

3.1.3. Imagens de Satélite

O satélite LANDSAT 5 apresenta uma órbita de aproximadamente 98° de inclinação, girando em órbita da Terra a uma altitude de 705 km. Existem dois tipos de sensores a bordo do LANDSAT 5, o MSS (Multispectral Scanner Subsystem) e o TM (Thematic Mapper). A faixa de imageamento do sensor TM é de 185 km de largura e a resolução temporal é de 16 dias (CHUVIECO, 1990 citado por DAINESE, 2001).

O sensor TM possui uma resolução espacial de 30m x 30m nas bandas do visível, infravermelho próximo e médio, e de 120m x 120m no infravermelho termal (Tabela 3).

Tabela 3. Principais características das bandas do sensor TM.

Banda	Faixa Espectral (μm)	Aplicações
1	0,45 - 0,52	Mapeamento de águas costeiras Diferenciação entre solo e vegetação Diferenciação entre vegetação coníferas e decíduas
2	0,52 - 0,60	Reflectância de vegetação verde e sadia
3	0,63 - 0,69	Absorção da clorofila Diferenciação de espécies vegetais
4	0,76 - 0,90	Levantamento de biomassa Delineamento de corpos d'água
5	1,55 - 1,75	Medidas de umidade de vegetação Diferenciação entre nuvens e neve
6	10,4 - 12,5	Mapeamento de estresse térmico em plantas Outros mapeamentos térmicos.
7	2,08 - 2,35	Mapeamento hidrotermal

Fonte: MOREIRA, 2005.

Na composição colorida das bandas TM3 (R), TM4 (G) e TM5 (B) podem ser observadas diferentes cores. Associando-se essas cores ao comportamento espectral de alvos, pode-se verificar que o verde é o resultado da alta reflectância da vegetação na banda da vegetação na TM4 (associada à G de green – verde). A cor rósea do solo se deve à relativamente alta reflectância dos solos na banda TM3 (associada a R de red – vermelho) e TM4. A cor preta da água se deve à baixa reflectância da água nas bandas TM3 e TM4, NOVO (2008).

As Imagens do satélite LANDSAT 5 TM no formato digital (Tabela 4), foram disponibilizadas pelo Instituto de Pesquisas Espaciais (INPE). Utilizaram-se as bandas 3, 4 e 5 correspondentes ao azul , verde e vermelho na composição colorida (5R4G3B).

Tabela 4. Imagens LANDSAT 5 TM.

Sensor	Órbita/Ponto	Data de passagem
TM	220/76	20/06/1984
TM	220/76	08/07/2008

3.2. Métodos

O procedimento metodológico utilizado para a obtenção dos mapas de uso e ocupação do solo e dos conflitos nas áreas de preservação permanente são apresentados inicialmente resumidos na Figura 6.

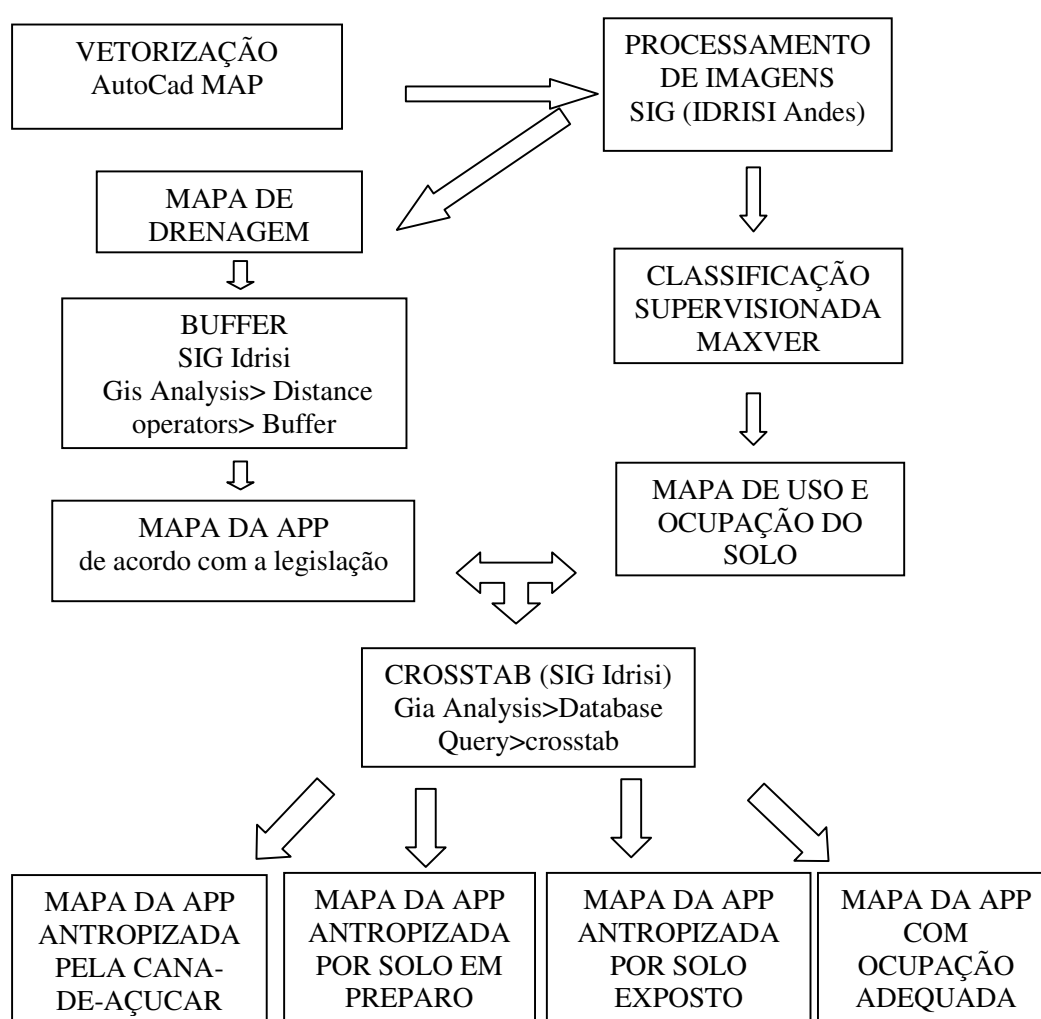


Figura 6. Fluxograma metodológico do estudo.

3.2.1. Mapeamento da área

As cartas plantialtimétricas do IBGE digitalizadas foram vetorizadas utilizando-se um software CAD (ferramenta de desenho) onde se extraiu o limite e curvas de nível do município. Os arquivos foram salvos no formato DXF para serem importados pelo SIG.

3.2.2. Processamento das imagens

As imagens dos anos de 1984 e 2008 foram importadas pelo SIG Idrisi Andes e processadas seguindo as etapas:

- Correção geométrica imagem – georreferenciamento, utilizando-se como base uma imagem LANDSAT TM do ano 2000 georreferenciada;
- Realce - ajuste dos tons de cinza e composição da imagem com as 3 bandas 5R, 4G e 3B;
- Redimensionamento da imagem.

3.2.3. Mapa de ocupação do solo

O mapa de ocupação dos solos foi obtido pela classificação das imagens LANDSAT 5 “pixel a pixel” pelo método MAXVER (Máxima Verossimilhança) considerado o método de classificação mais comum desta modalidade.

Foram gerados dois mapas referentes as imagens LANDSAT 5 TM dos anos de 1984 e 2008. Utilizou-se as bandas 3,4 e 5 na composição 543 - RGB. A imagem foi recortada usando o módulo *reformat – window*, a fim de reduzir o tempo de processamento e classificação apenas nas áreas de interesse.

Este método considera a ponderação das distâncias entre médias dos níveis digitais das classes, utilizando parâmetros estatísticos. Para que a classificação por máxima verossimilhança seja precisa o suficiente, é necessário um número razoavelmente

elevado de "pixels", para cada conjunto de treinamento. Os conjuntos de treinamento definem o diagrama de dispersão das classes e suas distribuições de probabilidade, considerando a distribuição de probabilidade normal para cada classe do treinamento (JIM, 2006).

A classificação foi efetuada através dos módulos *image processing*, *signature development* e *hard classifiers*. Foram definidas seis de uso de solo: área urbana, cana-de-açúcar, solo em preparo, solo exposto, mata e corpos d'água.

3.2.4. Mapas de altitude e declividade

Os mapas de altitude e declividade foram gerados através da interpolação das curvas de nível. Esta interpolação foi efetuada através do Idrisi, utilizando-se a metodologia TIN (Triangular Irregular Network). O processo consistiu no uso do arquivo vetorial contendo as curvas de nível no módulo *TIN interpolation*, que efetuou a interpolação. 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- 3, 3-6, 6-12, 12-20, 20-40 e >40%.

O mapa de declividade, calculado em porcentagem, foi executado a partir do modelo digital de elevação (MDT), sendo as classes de declive determinadas a partir do agrupamento dos valores acima. Estes valores são indicados para estudos de conservação de solo, e tem suas características descritas na Tabela 5.

Tabela 5 - Intervalos de classe de declive segundo Lepsch et al. (1991).

Intervalo	Relevo	Cor característica
0 – 3%	Plano	Verde claro
3 – 6 %	Suave ondulado	Amarelo
6 – 12%	Ondulado	Vermelho
12 – 20%	Forte ondulado	Azul
20 – 40%	Montanhoso	Verde escuro
> 40%	Escarpado	Roxo

3.2.5. Mapeamento das áreas de preservação permanentes

Os mapas das áreas de preservação permanentes foram elaborados através da vetorização da rede de drenagem utilizando-se o módulo *Digitize*. Foram gerados três arquivos: rede de drenagem, represas e nascentes. As larguras dos corpos d'água foram medidas utilizando-se o AutoCad Map. Em seguida com o módulo *Buffer* (ferramenta do SIG Idrisi onde cada pixel da imagem assume um valor de distância determinada), determinou-se as distâncias conforme a legislação ambiental para cada elemento (Tabela 6). Utilizando o módulo *overlay*, agrupou-se os três elementos (rio, represa e nascentes) transformando em um único arquivo.

A partir da elaboração do mapa das APP's de acordo com a legislação vigente e do mapa de uso e ocupação do solo foi possível elaborar o mapa de conflitos na APP. O respectivo mapa foi elaborado mediante uso do SIG Idrisi Andes através da sobreposição dos mapas de uso do solo e de APP's, utilizando o módulo *Crosstab* (menu GIS ANALYSIS> DATABASE QUERY> CROSSTAB). Desta forma após o uso do módulo *Crosstab*, utilizou-se o menu Edit para separar em classes (área urbana, cana, solo em preparo, e solo exposto) as áreas antropizadas nas áreas de preservação permanente.

Tabela 6. Determinação das APPs

Situação	Largura mínima da faixa
Cursos d'água com até 10m de largura	30m em cada margem
Cursos d'água de 10 a 50m	50m em cada margem
Cursos d'água de 50 a 200m	100m em cada margem
Cursos d'água de 200 a 600m	200m em cada margem
Cursos d'água com mais de 600m	500m em cada margem
Lagos ou reservatórios em zona urbana	30m ao redor do espelho d'água
Lagos ou reservatórios em zona rural (menor que 20ha)	50m ao redor espelho d'água
Lagos ou reservatórios em zona rural (a partir de 20ha)	100m ao redor de espelho d'água
Nascentes (mesmo intermitentes) e olhos d'água	Raio de 50m
Represas de hidrelétricas	100m ao redor de espelho d'água

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Mapeamento da área

Com a vetorização da área gerou-se os produtos: limite do município, curvas de nível e rede de drenagem.

A rede de drenagem do município de Barra Bonita é formada por córregos (Barreirinho, da Aliança, da Conceição, da Estiva, da Fazenda Amaral, de Iguatemi, Itaipu, Pau D'alho, Santa Maria), ribeirões (Barra Bonita e das Três barras) que em sua maioria dos corpos d'água deságuam no Rio Tietê.

Através da Carta do IBGE do ano de 1974 de escala 1:50000 e da vetorização da imagem LANDSAT referente ao ano de 2008, mediu-se o perímetro da rede de drenagem conforme as Figuras 7 e 8 e Tabela 7. De acordo com a Carta do 1974 o município tinha um perímetro de drenagem de 358,70 km² e através da imagem verificou-se a no ano de 2008 a mesma rede de drenagem mediu 348,90 km².

Tabela 7. Comprimento da rede de drenagem dos anos de 1974 e 2008 do município de Barra Bonita – SP.

Rede de drenagem (ano)	Comprimento da rede de drenagem (km ²)
1974	358,70
2008	348,90

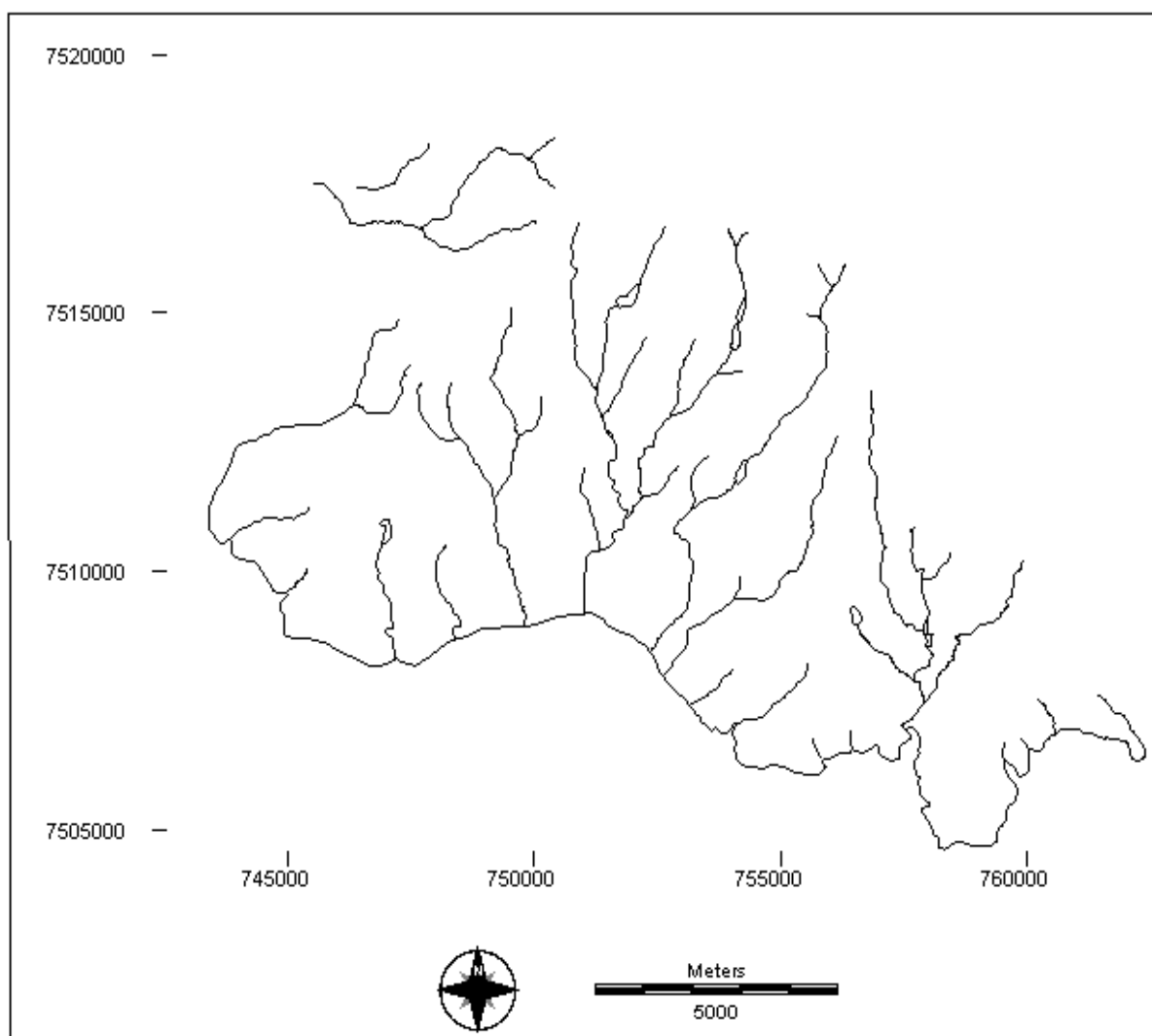


Figura 7. Rede de drenagem do município de Barra Bonita – SP no ano de 1974.

Dentro de um período 34 anos rede de drenagem reduziu 2,7% (9,8km²). Possivelmente essa redução pode ser atribuída pelo uso indiscriminado do solo; aterramento de nascentes; assoreamento das redes de drenagem e principalmente pela degradação ambiental.

Ribeiro (2002) relatou que na comparação entre os anos de 1972 e 1995 houve redução de 3,6% no comprimento dos corpos d'água nas sub-bacias da porção média da Bacia do Rio Capivari – SP e as possíveis causas foram: alteração da cobertura

vegetal; cultivo agrícola da cana; solo exposto; diminuição de áreas cobertas por mata ciliar; desmatamento; mineração de argila; expansão urbana; dentre outras.

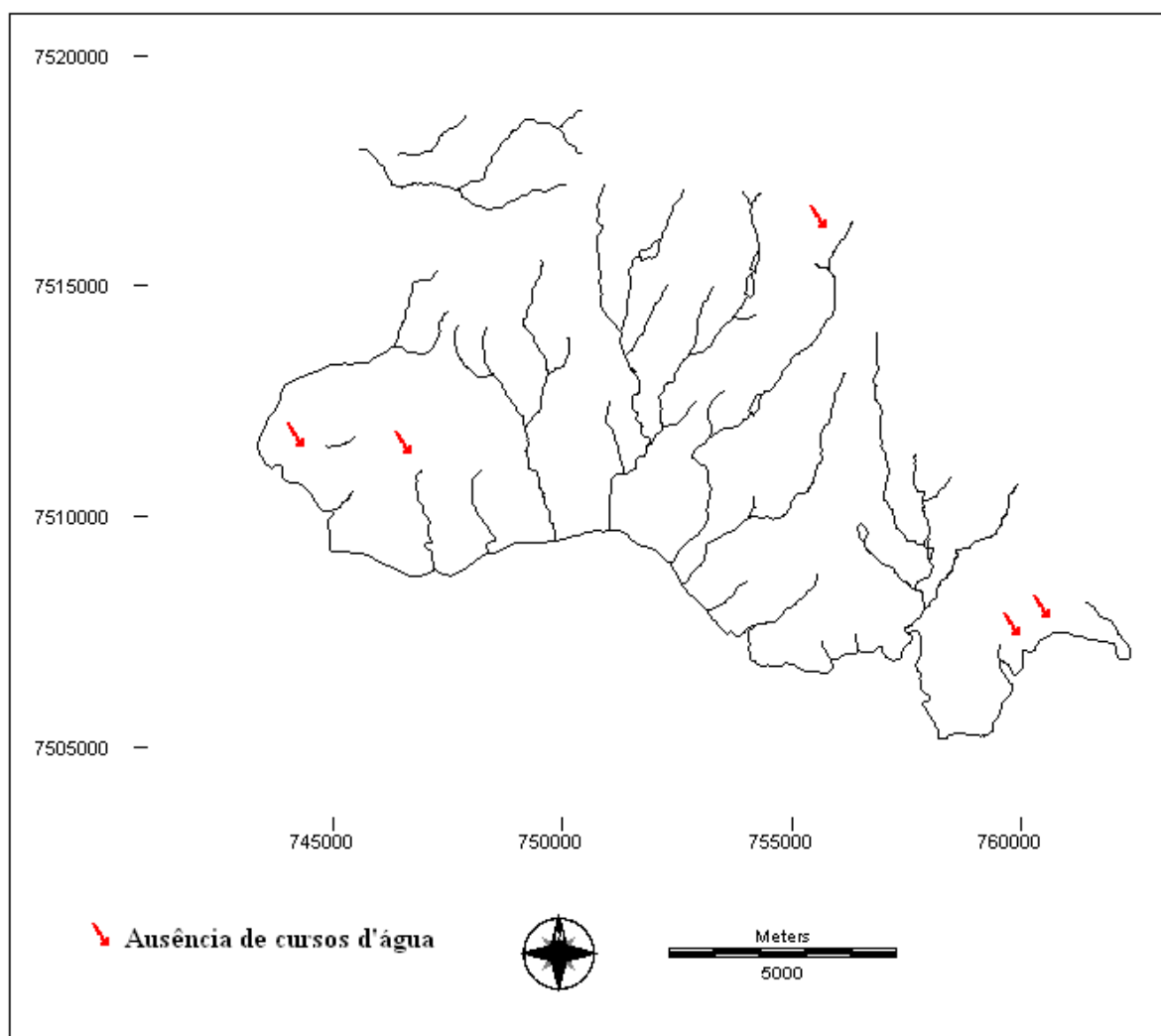


Figura 8. Rede de drenagem do município no ano de 2008

4.2. Mapas de altitude e Declividade

As altitudes encontradas no município de Barra Bonita estão compreendidas entre 420 e 720 metros. A Figura 9 demonstra a ocorrência das altitudes distribuídas dentro do município.

Na Tabela 8 pode-se observar a distribuição das altitudes encontradas na área estudada. Predomina em sua área a altitude de 500 a 550m (35,8%), seguida de 450 a 500m (22,0%) e 550 a 600m (15,9%).

Tabela 8. Área correspondente as altitudes do município de Barra Bonita – SP

Altitude	Área (ha)	Área (%)
400 a 450m	190,88	1,3
450 a 500m	3.281,81	22,0
500 a 550m	5.346,23	35,8
550 a 600m	2.367,14	15,9
600 a 650m	2.061,41	13,8
650 a 700m	1.437,11	9,6
700 a 750m	219,15	1,6
TOTAL	14.903,73	100

O relevo do município é predominantemente plano (37,17%), suave ondulado (38,45%) e ondulado (20,10%). Possui pequenas porcentagens de terras em áreas de declive fortemente ondulado e não possui declividade na faixa maior que 40% conforme Tabela 6 áreas com declividade maior que 20% representaram 0,3% da área total.

Conforme o zoneamento agroambiental do Estado de São Paulo, o município inserido em: I - áreas adequadas, que correspondem aos territórios que apresentam aptidão edafoclimática favorável para o desenvolvimento da cultura da cana de açúcar e sem restrições ambientais específicas e II- áreas adequadas com limitação Ambiental, que correspondem aos territórios com aptidão edafoclimática favorável para cultura da cana-de-açúcar e com a incidência de áreas de proteção ambiental (APA); reservas particulares do patrimônio natural (RPPN), áreas de media prioridade para incremento da conectividade e as bacias hidrográficas consideradas críticas (Figura 4).

De acordo com as especificações do Protocolo Agroambiental o município pode antecipar o prazo final para eliminação da queimada da cana, de 2021 para 2014, adiantando o percentual de cana não queimada, em 2010, de 50% para 70% por ter a maior parte de suas terras com declividade até 12% (Figura 3).

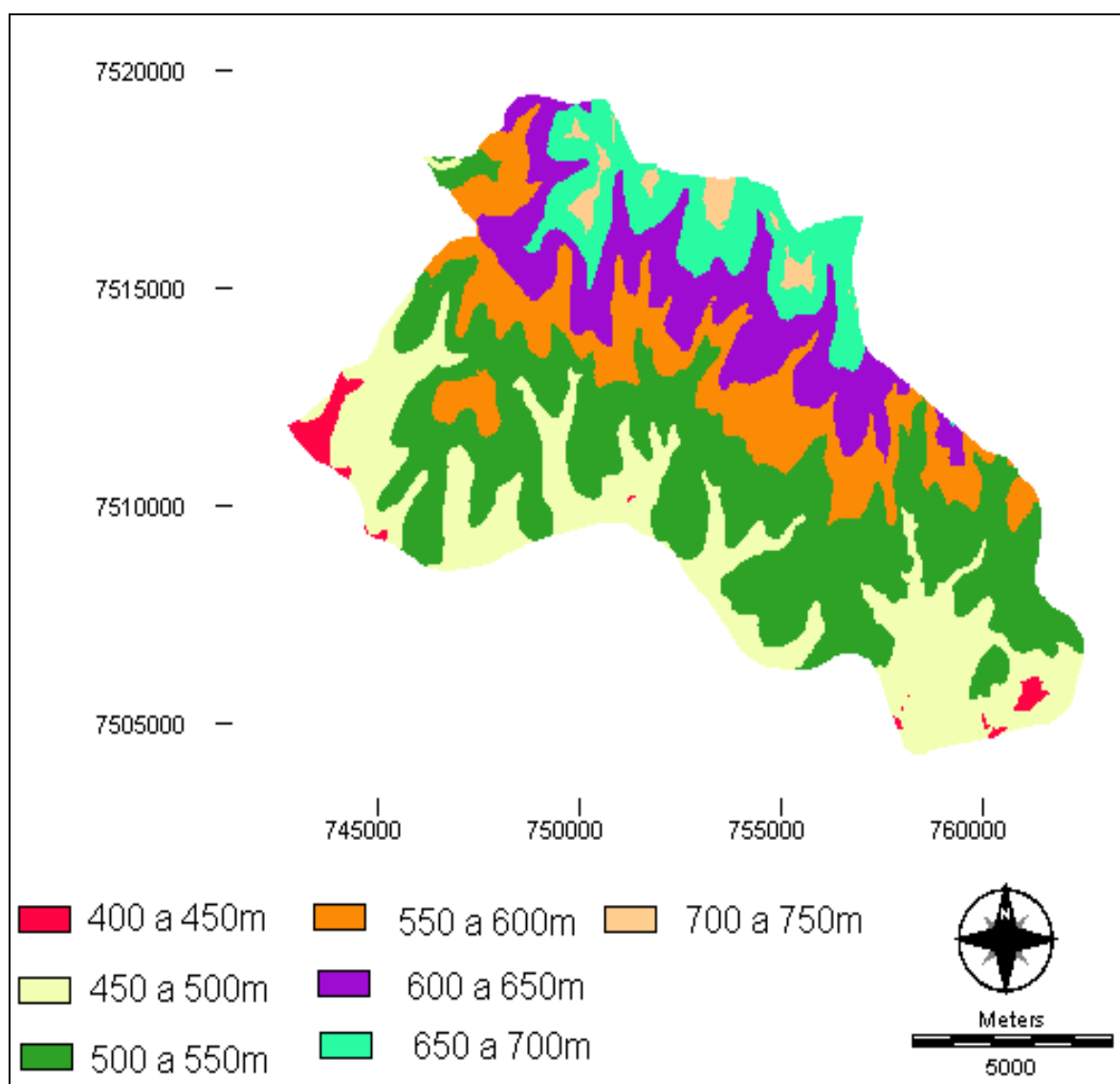


Figura 9. Mapa de altitude do município de Barra Bonita – SP.

Na Figura 10 pode-se observar a distribuição das classes de declive no município observando as cores características e os locais com as respectivas declividades: verde claro (0 – 3 %); amarelo (3 – 6 %); vermelho (6 – 12 %); azul (12 – 20 %); verde escuro (20 – 40 %). A declividade maior que 40 % que corresponde a cor roxa, não houve ocorrência. Desta forma a região poderá fazer uso da colheita mecanizada em toda sua extensão conforme a legislação vigente e o protocolo agroambiental.

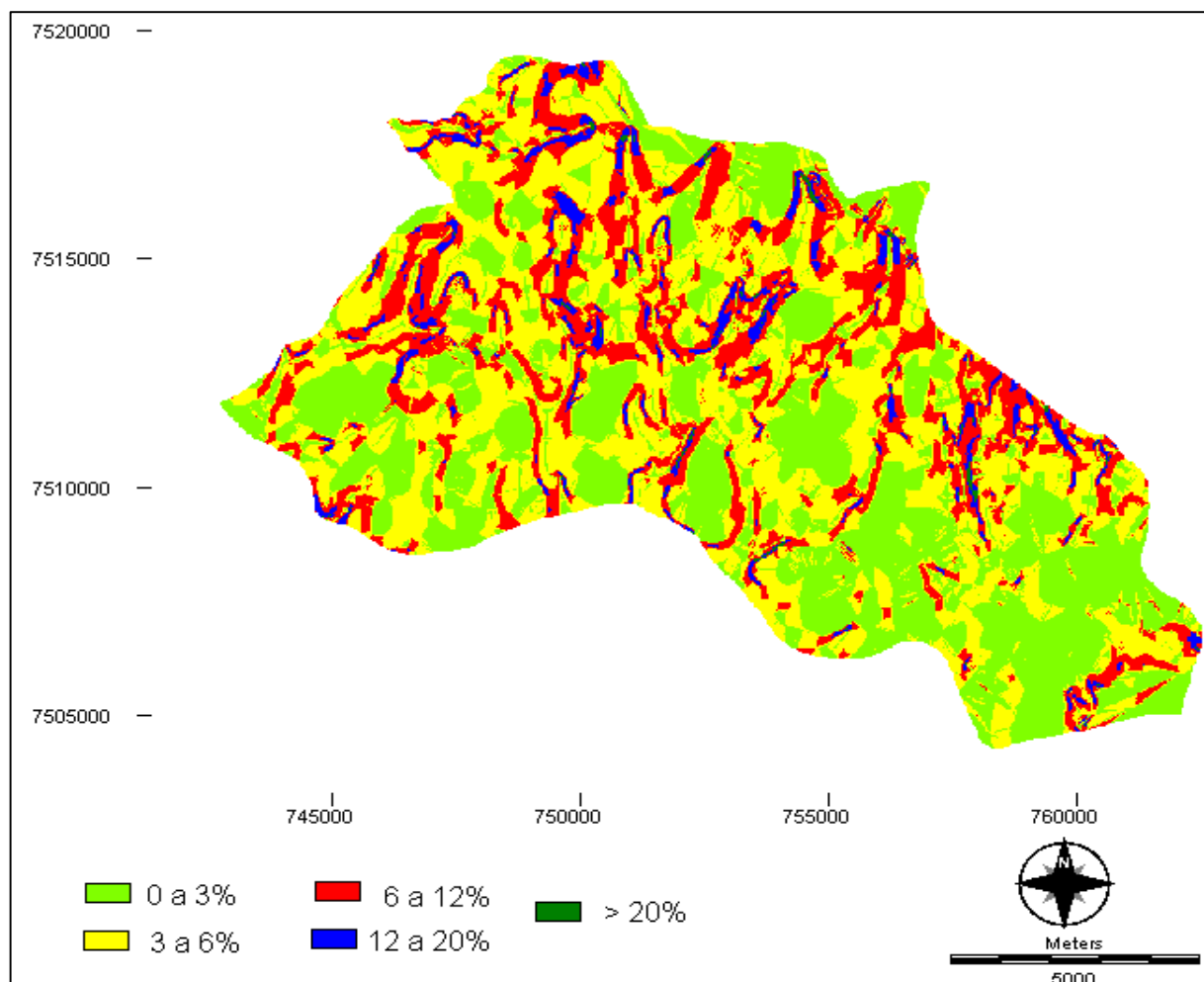


Figura 10. Mapa de classes de declive do município de Barra Bonita – SP

Tabela 9. Distribuição das classes de declive do município de Barra Bonita

Faixas de declividade	Área	
	Hectare	%
0 a 3%	5.540,68	37,17
3 a 6%	5.729,94	38,45
6 a 12%	2.995,82	20,10
12 a 20%	593,75	3,98
>20%	43,54	0,29
TOTAL	14.903,73	100

4.3. Análise espacial dos usos do solo

O mapa de ocupação do solo foi elaborado através da classificação supervisionada (Mavxer) das imagens de satélite dos anos de 1984 e 2008, onde foram identificadas as classes de uso: área urbana, cana-de-açúcar, solo em preparo, solo exposto, mata e corpos d'água. No município como mostra as Figura 11 e 12, a cultura da cana-de-açúcar é predominante.

Com o uso das imagens de satélite LANDSAT 5 não foi possível visualizar outras culturas mas, as estatísticas agrícolas elaboradas pela CATI – Coordenadoria de Assistência Técnica Integral conforme Tabela 10, mostram que no município existem outras ocupações do solo além das listadas na classificação supervisionadas. Estas áreas representam 7,09% da área total do município.

Tabela 10. Estatísticas agrícolas, município de Barra Bonita - SP, 2007/2008

Ocupação do solo	Área (Km ²)	Área (ha)	% (ha)
Cultura perene	0,183	18,3	1,7
Pastagem	5,754	575,4	54,4
Reflorestamento	1,852	185,2	17,5
Vegetação natural	1,083	108,3	10,2
Vegetação de brejo e várzea	0,225	22,5	2,1
Área de descanso	1,474	147,4	13,9
TOTAL	10,571	1.057,1	100

Fonte: CATI, 2009

No mapa de uso referente ao ano de 1984 a cultura da cana-de-açúcar estava presente em 54,5% da área do município. A classe solo em preparo que ocupava 15,65% da área, em observação à imagem LANDSAT pode-se notar que estava sendo preparada para receber um novo plantio de cana. Com isso a área total ocupada por cana-de-açúcar no ano de 1984 era de aproximadamente 70% do município (Tabela 11). A área de mata está representada em 14% do total.

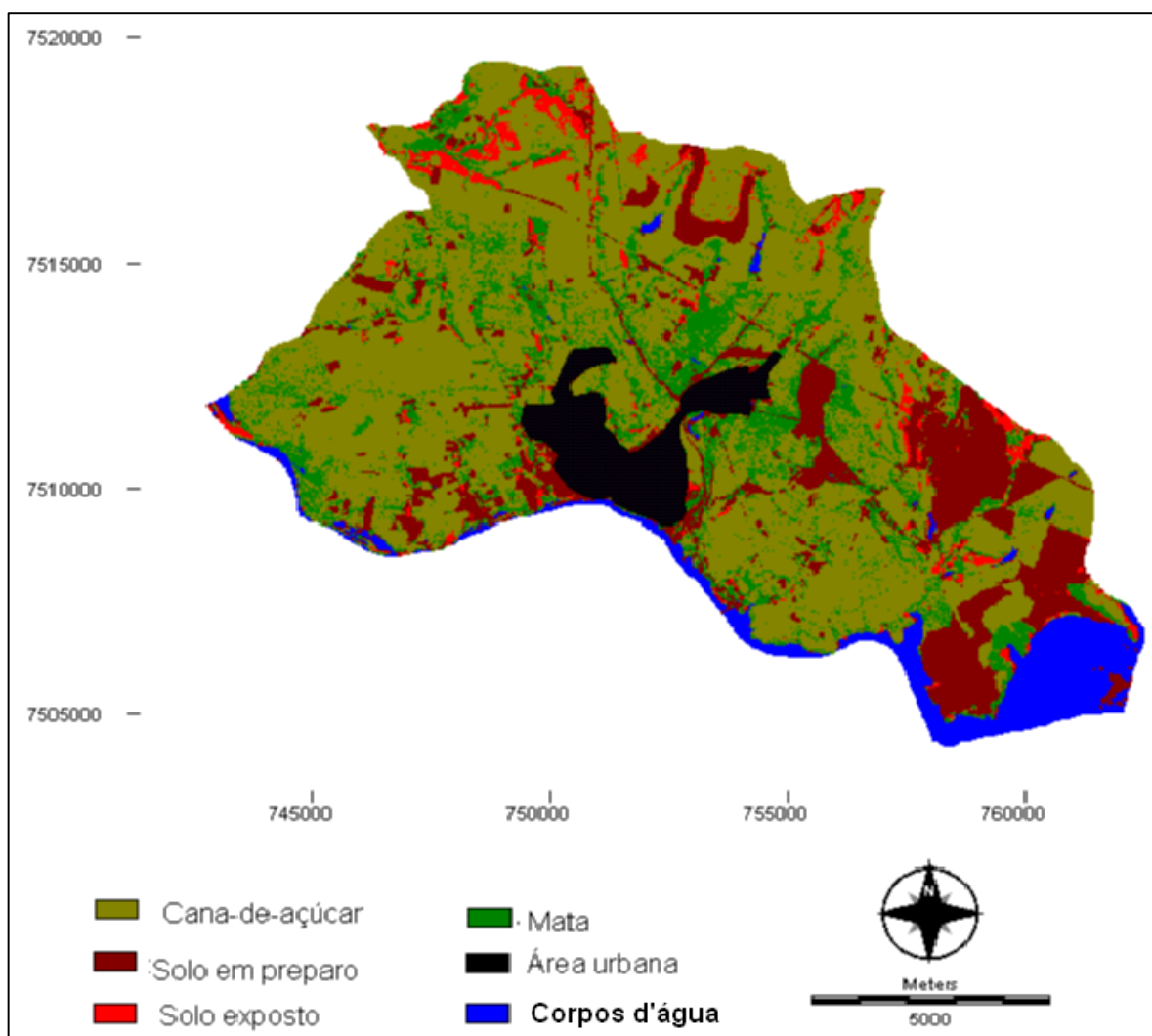


Figura 11. Distribuição espacial das diferentes classes de ocupação do solo em 1984.

Tabela 11. Classes de uso do solo no município de Barra Bonita em 1984

Classes de uso do solo	Área – hectare	Área - %
Área urbana	769,36	5,16
Cana-de-açúcar	8.117,87	54,47
Solo em preparo	2.333,44	15,65
Solo exposto	533,07	3,58
Mata	2.139,39	14,35
Corpos d'água	1007,6	6,76
TOTAL	14.903,73	100

No mapa referente ao ano de 2008 (Figura 14) a cultura da cana-de-açúcar representava 53,2% da área. A classe solo em preparo que ocupava 20,2% da área, em observação à imagem LANDSAT pode-se notar que estava sendo preparada para receber um novo plantio de cana. Com isso a área total ocupada por cana-de-açúcar no ano de 2008 era de aproximadamente 73,4% do município e a área da mata 8,7% (Tabela 12).

Tabela 12. Classes de uso solo no município de Barra Bonita em 2008

Classes de uso	Área – hectare	Área - %
Área urbana	926,71	6,22
Cana-de-açúcar	7.924,63	53,17
Solo em preparo	3.009,79	20,19
Solo exposto	639,16	4,29
Mata	1.299,03	8,72
Corpos d'água	1.104,38	7,41
TOTAL	14.903,73	100

Politano et al. (1983), Barros et al. (1987) e Cardoso et al. (1988), entre outros, discutiram em seus trabalhos que a expansão canavieira na região foi em detrimento da ocupação do espaço deixado por outras culturas, provocada em consequência dos incentivos governamentais na década de 70. Segundo Cardoso et al. (1992) além dos incentivos governamentais, o aumento significativo das áreas de cana-de-açúcar também foi provocado pela necessidade de se buscar fontes alternativas de energia para produção de biomassa.

De acordo com a Tabela 13 a cana-de-açúcar decresceu 1,3% e a área de solo em preparo cresceu 4,53%. Somando-se as áreas de cana e de solo em preparo observou-se que a cultura em 1984 era de 70,12% da área total e em 2008 73,36%. Como fica evidente que ao longo dos 24 anos a cultura da cana-de-açúcar expandiu apenas 3,24% (483,11ha). Para justificar a posição número 1 no ranking do setor de Bioenergia no processamento de cana, possivelmente a usina situada no município de Barra Bonita deve estar processando cana-de-açúcar vinda de municípios vizinhos como se pode observar na Figura 13.

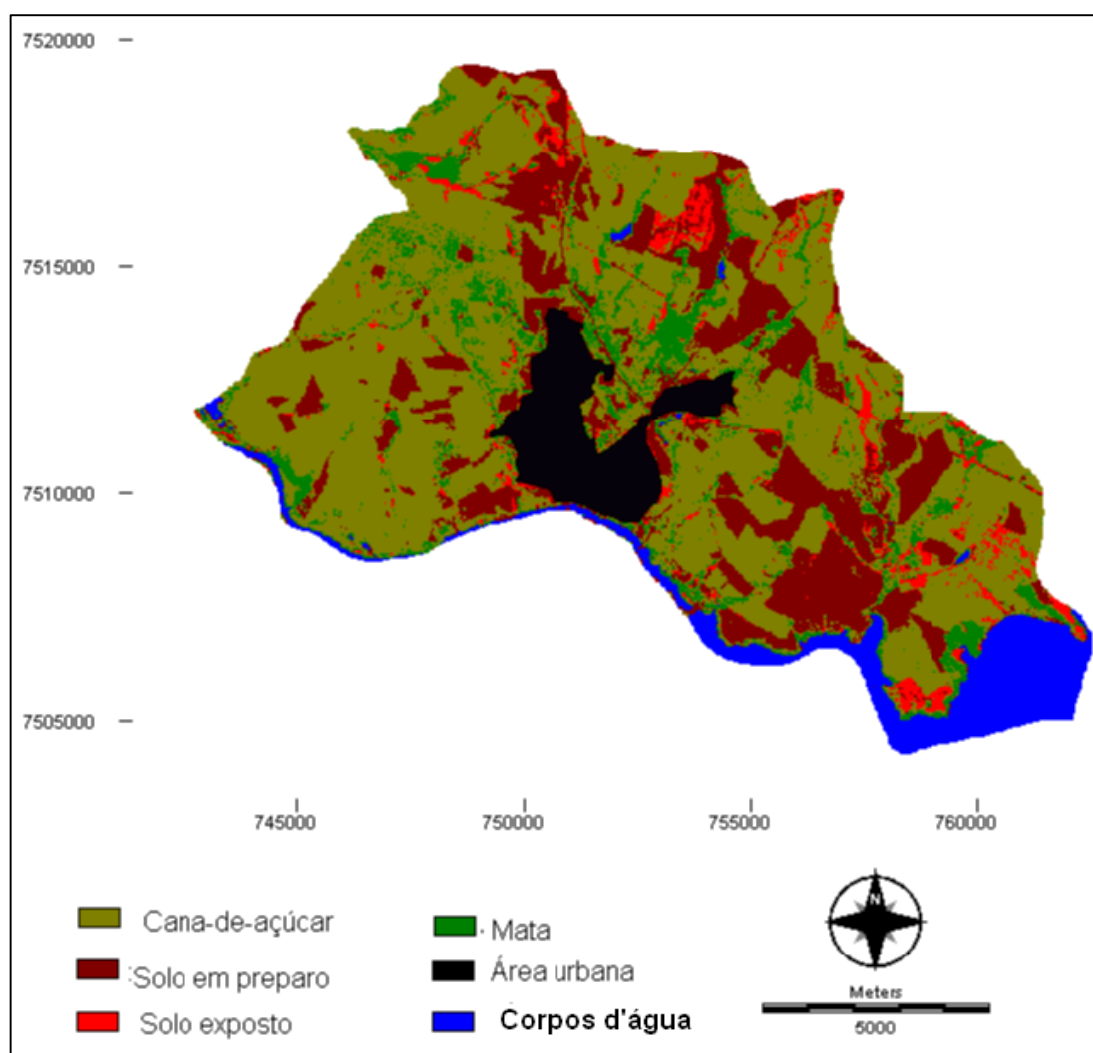


Figura 12. Distribuição espacial das diferentes classes de ocupação do solo em 2008.

Tabela 13. Diferença das classes de uso dos anos de 1984 para 2008

Classes de uso	1984%	2008 %	%	Área (ha)
Área urbana	5,16	6,22	1,06	157,35
Cana-de-açúcar	54,47	53,17	-1,3	-193,24
Solo em preparo	15,65	20,19	4,53	676,35
Solo exposto	3,58	4,29	0,71	6,09
Mata	14,35	8,72	-5,63	-840,36
Corpos d'água	6,76	7,41	0,65	96,78
TOTAL	100	100	-	-

As áreas de solo exposto aumentaram em 0,7% enquanto as matas tiveram uma redução de 5,6% (Tabela 13). A classe corpos d'água teve aumento de 0,65%, supõe-se que este incremento seja decorrente ao volume de chuvas registrado no ano que 2008 que foi superior ao ano de 1984 (Tabela 14) e também das atividades de olarias instaladas no município que retiram argila do solo ao longo das margens rio deixando grandes piscinas (Figura 14); assoreamento do leito dos rios aumentando a área molhada (lâmina d'água) e não o volume de corpos d'água; e outros fatores.

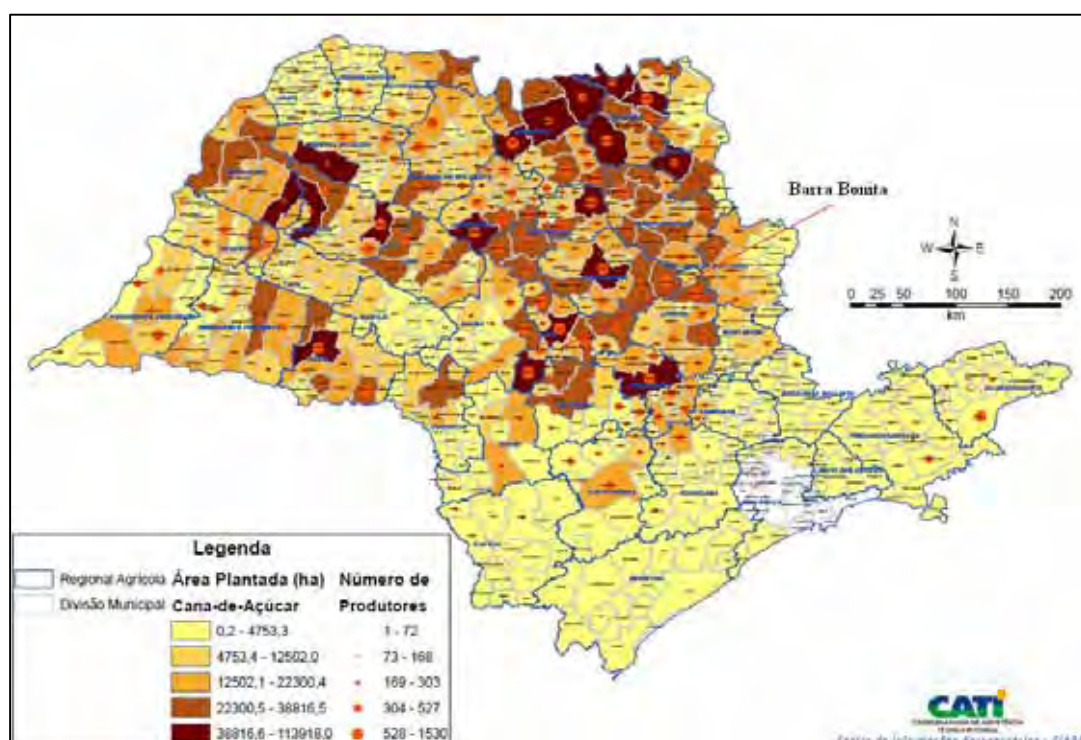


Figura 13. Distribuição Geográfica de área cultivada e número de produtores, 2007/2008.

Fonte: CATI, 2009.

Tabela 14. Dados de chuva (mm) no município de Barra Bonita

Imagem LANDSAT 5	Chuva Mensal (mm)			
	Abril	Maio	Junho	Julho
20/06/1984	122,2	44,4	0,0	5,7
08/07/2008	69,0	65,6	53,7	28,3

Fonte: SIGRH (2009).



Figura 14. Piscinas de extração de argila.
Fonte: Google Earth (04 de julho de 2008).

4.4. Análise espacial dos conflitos de uso nas áreas de preservação permanentes

As áreas de preservação permanentes são legalmente protegidas pelo Código Florestal de 1965 e pelas Resoluções Conama nº 302 e 303 de março de 2002, mas observando as Figuras 15 e 17 e as Tabelas 15 e 16, nota-se que a legislação não é totalmente cumprida. Nas Figuras 16 e 18 pode-se visualizar a distribuição das áreas em conflito com a APP e a áreas de mata.

Extraindo os dados da Tabela 14 verifica-se que no ano de 1984 a cultura da cana-de-açúcar ocupava 39,1% da APP e as áreas de solo em preparo 21,1%. Observa-se que 68,5% (608,135 ha) do total da APP estavam sendo usadas inadequadamente de acordo com a legislação ambiental. A área de mata na ocasião era de 279,25ha correspondendo a aproximadamente 1/3 do total da APP. Na figura 16 pode-se observar os mapas detalhados das áreas de APP's antropizadas pela cana-de-açúcar, solo em preparo, solo exposto e mapa da APP devidamente ocupada por mata.

Tabela 15. Uso do solo e conflitos de ocupação da APP em 1984

Ocupação da APP	Área (ha)	%
Área urbana	3,736	0,4
Cana-de-açúcar	347,075	39,1
Solo em preparo	187,305	21,1
Solo exposto	70,422	7,9
Mata	279,251	31,5
TOTAL	887,789	100

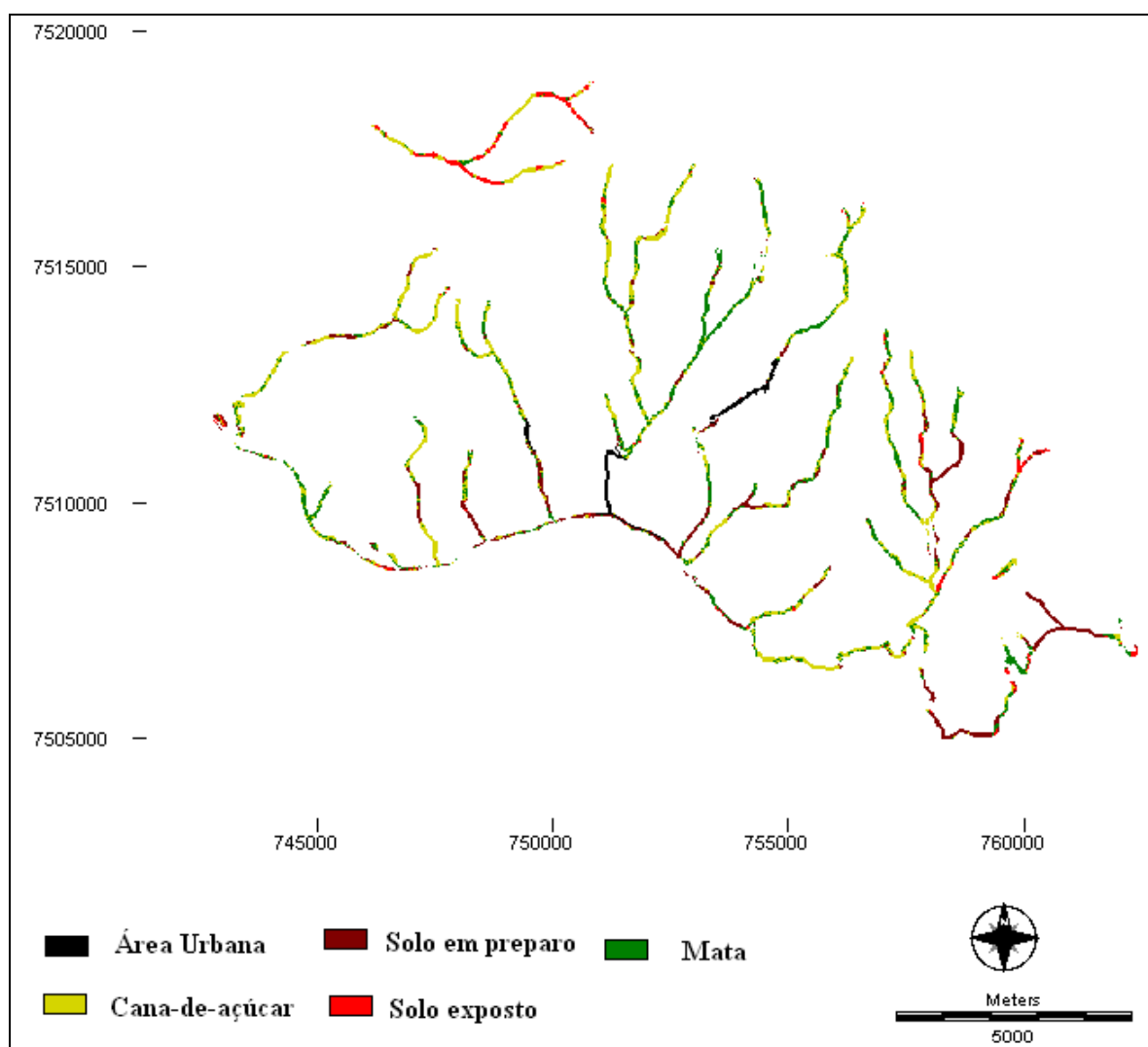


Figura 15 – Uso do solo nas áreas de preservação permanentes em 1984.

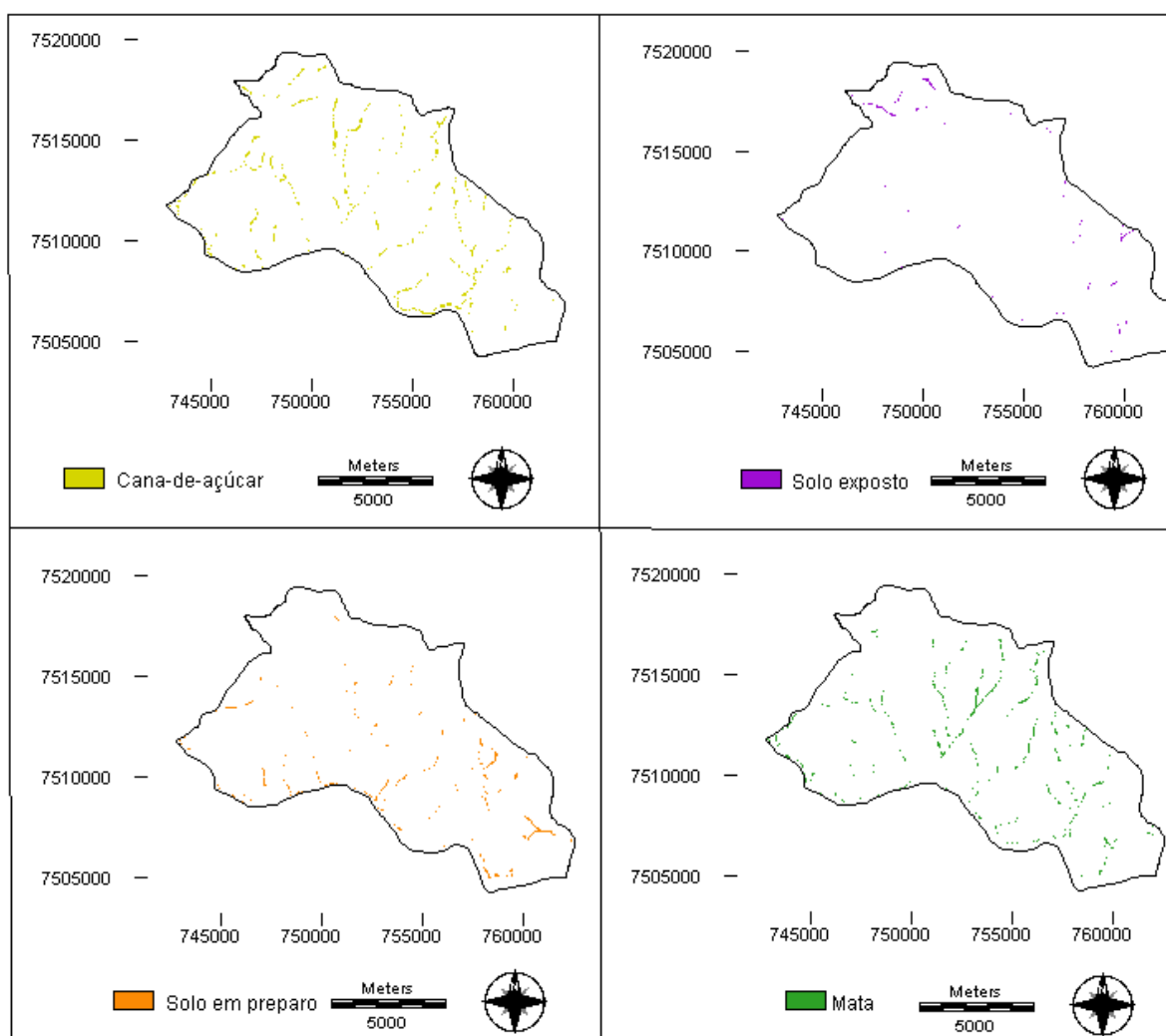


Figura 16. Mapas das classes de ocupação das áreas de APP em 1984.

No ano de 2008 verifica-se que novamente a cultura da cana-de-açúcar representava o maior conflito na APP ocupando 357,878 ha da área e 11,4% corresponde ao solo em preparo (Tabela 16). Neste ano, 59,5% do total da APP encontra-se em uso inadequadas de acordo com a legislação ambiental. A área de mata que representa a ocupação adequada ocupava 339,846 hectares. Isto representa menos que 50% da área total da APP onde a ocupação da mata deveria ser de 100%. Na figura 18 observa-se os mapas detalhadas das áreas de APP antropizadas por cana-de-açúcar, solo em preparo, solo exposto e mapa de ocupação adequada – mata.

Tabela 16. Uso do solo e conflitos de ocupação da APP em 2008

Ocupação da APP	Área (ha)	%
Área urbana	4,304	0,5
Cana-de-açúcar	357,878	42,7
Solo em preparo	94,709	11,4
Solo exposto	41,344	4,9
Mata	339,846	40,5
TOTAL	838,081	100

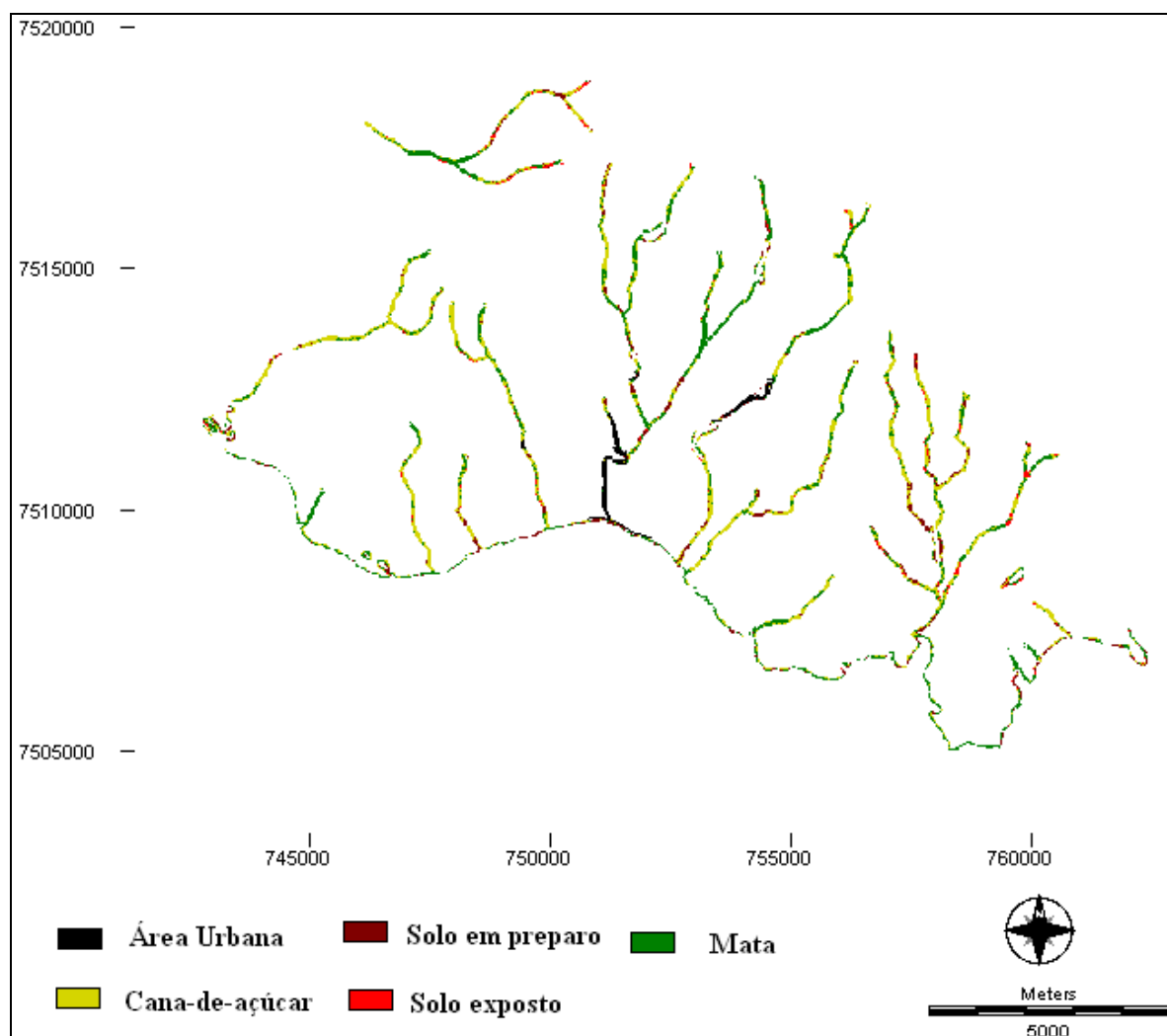


Figura 17 – Uso do solo nas áreas de preservação permanentes em 2008.

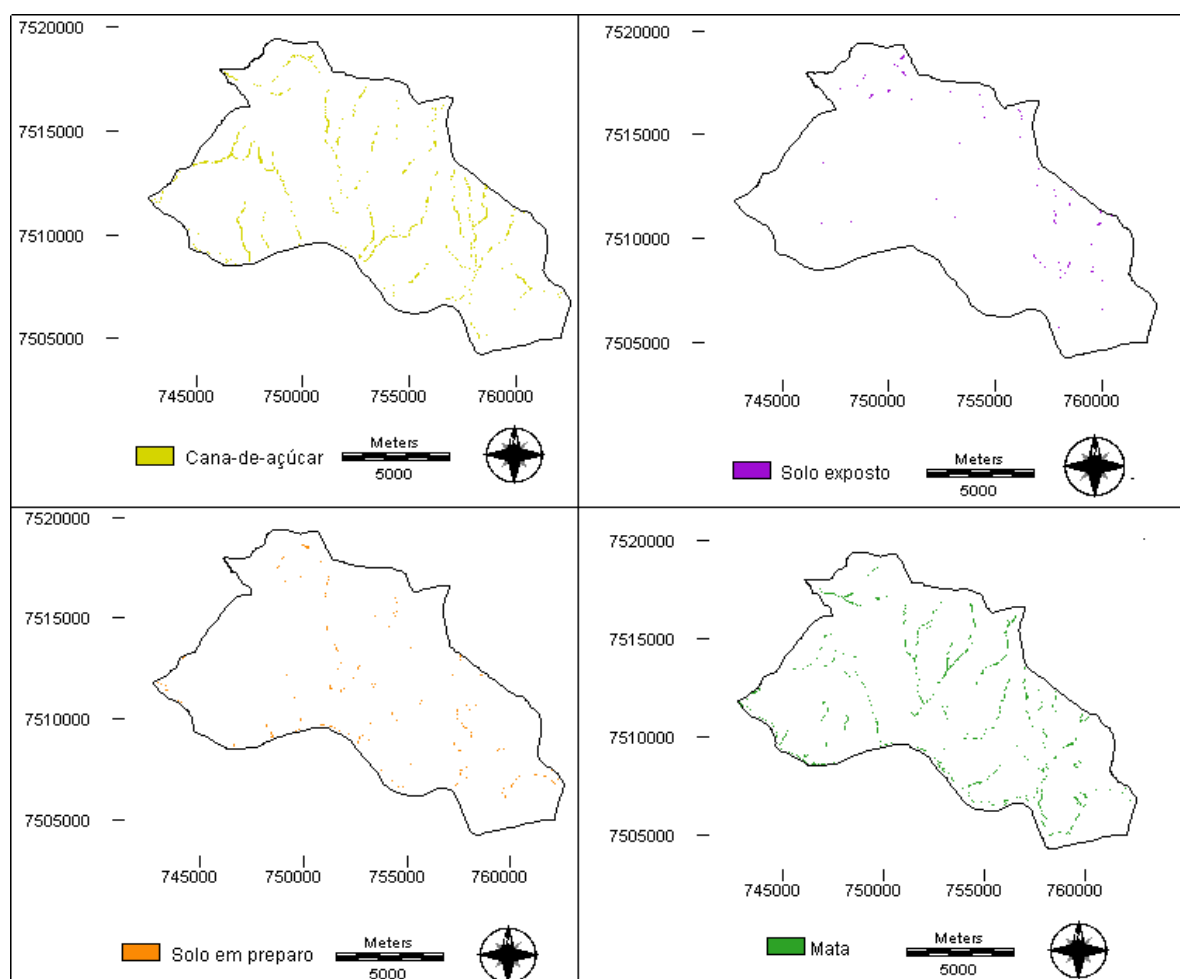


Figura 18. Mapas das classes de ocupação das áreas de APP em 2008.

Tabela 17. Diferença das ocupações em conflito de uso na APP

Classes de uso	2008%	1984 %	2008% - 1984%	Área (ha)
Área urbana	0,5	0,4	0,1	0,568
Cana-de-açúcar	42,7	39,1	3,6	10,803
Solo em preparo	11,4	21,1	-9,7	92,596
Solo exposto	4,9	7,9	-3,0	29,078
Mata	40,5	31,5	9,0	60,595
TOTAL	100	100	-	-

No período compreendido entre os anos de 1984 e 2008 a área plantada de cana-de-açúcar aumentou 3,6% sobre a APP (Tabela 17). As áreas de solo em preparo diminuíram em 92,596 ha e o solo exposto regrediu 29,078ha. A área mata expandiu 60,595 ha. Provavelmente este incremento foi devido a recomposição das matas que a legislação ambiental exige.

5. CONCLUSÃO

Com o mapeamento da rede de drenagem foi possível visualizar que houve diminuição de corpos d'água e grande extensão da rede encontra-se sem mata ciliar.

A classificação supervisionada das imagens utilizando o classificador Maxver, mostrou-se eficiente para a obtenção dos mapas de uso e ocupação do solo no município de Barra Bonita. Na comparação dos anos de 1984 e 2008 verificou-se que todas as classes (corpos d'água, área urbana, cana-de-açúcar, solo em preparo, solo exposto e mata) não apresentaram mudanças significativas.

A cultura da cana-de-açúcar não teve uma expansão expressiva, com um aumento de apenas 10,8 ha (3,6%).

As áreas de preservação permanentes apresentaram-se em conflito principalmente com a cana-de-açúcar e solo em preparo que ocupam 73,4% da área total do município e 60,2% da APP. O uso inadequado da APP foi quantificado em 59,5% da área total. Em relação a mata ciliar, houve uma expansão de 9% no período de 24 anos. Este fato mostra que legislação ambiental começa a ser cumprida.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

AZEVEDO, T. S. Legislação e Geotecnologias na Definição das Áreas de Preservação Permanente e das Reservas Legais: Aplicação à Bacia do Córrego das Posses, Município de Extrema – MG. 2008. Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista - Instituto de Geociências e Ciências Exatas. Rio Claro, 2008.

ANDRADE, J. M. F.; DINIZ, K. M. Impactos Ambientais da Agroindústria da Cana-de-açúcar: Subsídios para a Gestão. 2007. 131 p. Monografia (Especialização) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo. Piracicaba. 2007.

ASSAD, E. D.; SANO, E. E. Sistema de informações geográficas: Aplicações na agricultura. 2. ed. Brasília: Embrapa, 1998. 434 p.

BARROS, Z.X. de, CARDOSO, L.G., TARGA, L.A. Utilização de Fotografias aéreas em ocupação do solo por cobertura vegetal. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 16, Jundiaí - SP., 1987. **Anais...** Jundiaí, SBEA, 1987. P. 598-603.

BARROS, E. K. E. et al. Mapeamento do conflito de uso em áreas de preservação permanente na microbacia Santa Cruz, município de Porto Nacional- Tocantins- Brasil. In: XIII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 2007, **Anais...** Florianópolis: 2007. p. 3739 – 3745.

BRASIL. Resolução Conama n.001, de janeiro de 1986. Disponível em: <www.mma.gov.br/port/conama/res/res86/res0186.html>. Acesso em 20 jan. 2009.

CÂMARA, G. Modelos, Linguagens e Arquiteturas para banco de dados geográficos. Tese (Doutorado). Instituto de Pesquisas Espaciais – INPE. São José dos Campos. 1995. Disponível em: <http://www.inpe.br/noticias/noticia.php?Cod_Noticia=1630> Acesso em 06 nov. 2008.

BRASIL. CÓDIGO FLORESTAL Lei No 4.771, DE 15 DE SETEMBRO DE 1965. **Diário Oficial da União**, Brasília: 18 de Setembro de 1965. Disponível em: <<http://legislacao.planalto.gov.br>>. Acesso em: 15 de Abril de 2009.

BRASIL. Resolução CONAMA N.302, de 20 de março de 2002. Disponível em: www.mma.gov.br/port/conama-res/res02\0res30202.html. Acesso em: 12 de março de 2009.

BRASIL. Resolução CONAMA N.303, de 20 de março de 2002. Disponível em: www.mma.gov.br/port/conama-res/res02\0res30302.html. Acesso em: 12 de março de 2009.

CATELANI et al. Adequação do uso da terra em função da legislação ambiental In: XI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 2003, **Anais...** Belo Horizonte: 2003. p. 559 - 566.

CATI – Coordenadoria de assistência técnica e extensão. Disponível em: www.cati.sp.gov.br/Cati/_servicos/lupa/lupa.shtml . Acesso em 20 jul. 2009.

CEPAGRI - Centro de Pesquisas meteorológicas e climáticas aplicadas à agricultura.

Disponível em: http://www.cpa.unicamp.br/outras-informacoes/clima_muni_060.html.

Acesso em 15 set. 2009

CARDOSO, L. G. PIEDADE, G. C. R., BARROS, Z. X. DE. Fotointerpretação da rede de drenagem de áreas reflorestadas com eucalipto no município de Botucatu nos períodos de 1962-1972 e 1972-1977. *En. Agric.*, Botucatu, v.3, n.3, p.21, 1988 (Resumo de Dissertação de Mestrado).

CARDOSO, L. G. PIEDADE, G. C. R., BARROS, Z. X. DE. Implantação de canaviais em Latossolo Roxo (LR) e o comportamento do processo erosivo analisado em bacias hidrográficas de 3ª ordem de ramificação. *Científica*, São Paulo, v. 20(1), n.1.p. 119-128, 1992.

COELHO, S. T. A sustentabilidade da expansão da cultura canavieira. Cadernos Técnicos da Associação Nacional de Transportes Públicos. São Paulo. v. 6, 2007. Disponível em: <<http://www.embrapa.br/imprensa/artigos/2008/A%20expansao%20da%20cana-de-acucar%20e%20a%20sua%20sustentabilidade.pdf>> .Acesso em 01 out. 2008.

COSTA, T. C. C. Delimitação de Áreas de Preservação Permanente, por meio de um sistema de informações geográficas (SIG) In: VIII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 1996, **Anais...** Salvador: 1996. p. 121 - 127.

CUNHA, K. B. Mecanismo de desenvolvimento limpo: evolução do instrumento e suas perspectivas. 2005. 212 p. Dissertação (mestrado) – Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2005.

DAINESE, R. C. Sensoriamento remoto e geoprocessamento aplicado ao estudo temporal do uso da terra e na comparação entre classificação não-supervisionada e análise visual. 2001.

Dissertação (Mestrado). Faculdade de Ciências Agronômicas de Botucatu, Universidade Estadual Paulista, 2001.

EHLERS, M. Sensoriamento remoto para usuários em SIG In: BLASCHKE, T.; KUX, H. (Ed.) **Sensoriamento remoto e sig avançados**: novos sistemas sensores métodos inovadores, São Paulo: Oficina de Textos, 2005. p. 19-32.

EASTMAN, J. R. IDRISI 15: The Andes Edition.2006. Manual version 15.0. Worcester, MA: Clark University. 2006.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Embrapa Clima, 1999. Disponível em: < <http://www.cnpf.embrapa.br/pesquisa/efb/clima.htm>>. Acesso em: 11 fev. 2008.

FRANCISCO, C. E. S. et al. Espacialização de análise multicriterial em SIG: prioridades para recuperação de áreas de preservação permanente In: XIII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 2007, **Anais...** Florianópolis: 2007. p.2643 - 2650.

FLORENZANO, T. G. **Imagens de satélite para estudos ambientais**. São Paulo: Oficina de Textos, 2002. 97 p.

FUSHITA, A. T. et al. Dinâmica da vegetação natural e das áreas de preservação permanente em função das ações desenvolvidas na paisagem In: XIII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 2007, **Anais...** Florianópolis: 2007. p.3937 - 3944.

GERDENITS, A. et al. Cenários de ocupação do solo fundamentados no Código Florestal Brasileiro em um fragmento contínuo de Mata Atlântica localizado na divisa estadual de Minas Gerais e São Paulo mediante aplicação de técnicas de geoprocessamento In: XIII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 2007, **Anais...** Florianópolis: 2007. p.2673 - 2680.

GARCIA, G. J. Sensoriamento remoto: princípios e interpretação de imagens. São Paulo: Nobel, 1982. 357 p.

GIANNOTTI, M. A. Geotecnologias na análise de impactos sócio-ambientais: o caso da queima da cana-de-açúcar na região de Piracicaba. 2001. 147p. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais: INPE, São José dos Campos. 2001.

GOLDEMBERG, J.R, Coelho, S.T. and Guardabassi, P.M. The sustainability of ethanol production from sugarcane. Energy Policy, n. 36, p.2086-2097, 21 fev. 2008. Disponível em: <english.unica.com.br/download.asp?mmdCode=DC7D519C-866B-44BE-8D0F-5BE7E497DB47 ->. Acesso em: 12 jan. 2009.

GONÇALVES, D. B. A regulamentação das queimadas e as mudanças nos canaviais paulistas, São Carlos: Rima, 2002. 54 p.

IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change. Climate Change: Syntheses Report 2007. Disponível em: <http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/syr/ar4_syr_sp.pdf> Acesso em 13 fev. 2009.

JIM, A. S. Geoprocessamento aplicado no diagnóstico físico-ambiental do Ribeirão Descalvado, Botucatu-SP. 2006. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 2006.

LEME, R. M. Estimativa das emissões de poluentes atmosféricos e uso de corpos d'água na produção de eletricidade com biomassa de cana-de-açúcar. 2004. Dissertação (mestrado) - Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2004.

LEPSCH, I. F., BELLINAZZI Jr., R., BERTOLINI, D., ESPÍNDOLA, C. R. Manual para levantamento utilitário do meio físico e classificação de terras no sistema de capacidade de uso. 4a aproximação. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1991. 175p.

LILLESAND, T.M., KIEFER, R.W. Remote sensing and image interpretation. New York. John Miley & Sons, Inc., 1994. 721p.

LOCH, C., KIRCHNER, F. F. Imagem de satélite na atualização cadastral. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 5., Natal, 1988. *Anais*. São José dos Campos: INPE, 1988, v. 1, p. 3-6.

MACEDO, Isaias de Carvalho (Org.). A Energia da Cana-de-açúcar – Doze estudos sobre a agroindústria da cana-de-açúcar no Brasil e sua sustentabilidade: Impactos no clima global: emissões de gases de efeito estufa. 2. ed. São Paulo: Berlendis, 2007. 243 p.

MCT - Ministério da Ciência e Tecnologia. Manual do MDL para Desenvolvedores de Projetos e Formadores de Políticas. 2006. Disponível em:
<<http://www.mct.gov.br/index.php/content/view/72117.html>>. Acesso em 01 mar. 2009.

MOREIRA, M. A. Fundamentos do sensoriamento remoto e metodologias de aplicação. 3. ed. Viçosa: Ed. UFV, 2005. 320 p.

MOREIRA, A. A. et al. Determinação de áreas de preservação permanente em uma microbacia hidrográfica a partir de fotografia aéreas de pequeno formato In: XI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 2003, **Anais...** Belo Horizonte: 2003. p.1381 - 1389.

NASCIMENTO, L. A. et al. Diagnóstico da Reserva legal e Área de Preservação Permanente em uma propriedade rural Estação Experimental Canguiri da Universidade Federal do Paraná

In: XII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 2007, **Anais...** Florianópolis: 2007. p.4081 - 4087.

NOVO, E. M. L. M. **Sensoriamento Remoto: Princípios e Aplicações**. São Paulo. Ed. Edgard Blucher, 2008.

POLITANO, W. et al. Caracterização por fotointerpretação da ocupação do solo no município de Monte Alto-SP. **Rev. Eng. Agrícola, Botucatu**, v. 7, n. 1, p. 17-25, 1983.

RIBEIRO, R. P. Avaliação das alterações na rede de drenagem de sub-bacias hidrográficas da porção méida da bacia do rio Capivari (SP): escal 1:25.000 – subsídio para o planejamento integrado. 2002. 231 p. Dissertação (Mestrado). Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, São Carlos, 2002.

RIPOLLI, M. L. C. Mapeamento do palhiço enfardado de cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*) e do seu potencial energético. 2002. 91p. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, 2002.

ROCHA, M. T. Aquecimento global e o mercado de carbono: uma aplicação do modelo CERT. Tese (doutorado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003.

RODRIGUES, D. A; SILVA, E. A. Extração de Feições em Imagens de Média e Alta Resolução In: XII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 2005, **Anais...** Goiânia: 2005. p. 1229- 1236.

RUDORFF, B. F. T.; MOREIRA, M. A. Sensoriamento Remoto Aplicado à Agricultura. INPE – São Jose dos Campos. 2002. Disponível em: <[http:// mtc-m12.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/sergio/2005/06.14.13.14/doc/CAP9_MAMoreira](http://mtc-m12.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/sergio/2005/06.14.13.14/doc/CAP9_MAMoreira)> Acesso em 12 dez. 2007.

SAA – Secretaria da Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo. Disponível em: www.saa.sp.gov.br. Acesso em 12 dez. 2008.

SIGRH – Sistema de Informações e Gerenciamento dos Recursos Hídricos do Estado de São Paulo. Banco de dados pluviométricos do Estado de São Paulo. Disponível em: www.sigrh.sp.gov.br/CGI-bin/bdhm-exe/plu?qwe=qwe. Acesso em 20/12/2009.

SMA – Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo. Disponível em: <http://www.ambiente.sp.gov.br/cana/default.asp>. Acesso em 16 fev. 2009.

TAVARES, P. C. C. Bagaço de cana: alternativa para a geração de energia. Folha da Região - Araçatuba/SP. 2009. Disponível em: <http://www.udop.com.br/index.php?item=noticias&cod=1049749>. Acesso em 12 mar. 2009.

TEIXEIRA, A. L. A.; MORETTI, E.; CHRISTOFOLETTI, A. Introdução aos sistemas de informação geográfica. Rio Claro, Ed. do Autor, 1992. 80 p.

UDOP - União dos Produtores de Bioenergia. Disponível em: http://www.udop.com.br/download/estatistica/ranking_2007_2008/.pdf. Acesso em 29 jan. 2009.

ÚNICA - União da Indústria da cana-de-açúcar. Produção Brasil. 2009. Disponível em: www.unica.com.br/dadosCotacao/estatistica/. Acesso em: 10 fev. 2009.

VIEIRA, G. Avaliação do custo, produtividade e geração de emprego no corte de cana-de-açúcar, manual e mecanizado, com e sem queima prévia. 2003. 64p. Dissertação (Mestre em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agronômicas Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho, Botucatu, 2003.

ZVEIBIL, V. Z. Bicombustíveis: oportunidade e cuidados para o desenvolvimento sustentável. Revista Opiniões: A expansão da indústria alcooleira e sua relação com o Meio Ambiente. nº 09. Jul.- set., 2006.