

Desmatamento na Bacia do Rio Mucuri (MG, Brasil) no período de 1989 a 2008: uso de imagens Cbers e Landsat na espacialização dos remanescentes florestais ¹

Miguel Fernandes Felipe ²
Justine Bueno ²
Alfredo Costa ²

² Universidade Federal de Minas Gerais – IGC/UFMG
Av. Antônio Carlos, 6627 – 31270-901 – Belo Horizonte, MG Brasil
felippegeo@yahoo.com.br; jugeobueno@yahoo.com.br; alfredo.ufmg@yahoo.com.br.

Abstract. This paper aims to show how the deforestation advances in the Mucuri River hydrographic Basin (Northeast of Minas Gerais, Brazil). The space unit was originally covered by Atlantic Rainforests. Nevertheless, since the pioneer occupation in the 17's Century the vegetation has been moved away and replaced mainly by pasture. Nowadays only 25% of the basin is covered by forests. Furthermore, the rate of deforestation is about 1,06% by year, what shows that the process is still significant. The methodological procedures were based in the manual interpretation of Cbers 2 and Landsat 5 images for the years of 2008 and 1989. Also, fieldworks were realized to answer some doubts that have appeared in the images processing, supporting the remote sensing. The rates were calculated to both years and the data crossed to find the rate of deforestation in the period. Besides, the data was studied by each Sub-basin of Mucuri River to better understand the spatialization of the remaining forests. Knew as one of the poorest regions of Minas Gerais state, the Mucuri River Basin may have been target of development policies that care with the environment. It's the really only way to improve life quality of the population; by searching the sustainability.

Palavras-chave: Vegetation, remote sensing, space-time studies; vegetação, sensoriamento remoto, estudos espaço-temporais.

1. Introdução

A vegetação é um dos elementos do quadro natural de maior susceptibilidade à intervenção antrópica. Desde os primórdios até a atualidade, as ocupações humanas no espaço são invariavelmente precedidas pela retirada da cobertura vegetal (Christofolletti, 1995; Guerra e Marçal, 2006). Ademais, o modelado da paisagem é largamente influenciado pela vegetação, determinante em diversos processos geomorfológicos: além de minimizar a intensidade dos processos erosivos e resguardar o solo da ação da chuva, ela também favorece a infiltração das águas e a conseqüente recarga dos aquíferos, garantindo a perpetuação do ciclo hidrológico (Thornes, 1990). No mesmo sentido, é fonte importante de matéria orgânica ao solo, essencial a conservação do ecossistema. Por tudo isso, é possível afirmar que a vegetação é um elemento fundamental do geossistema, e suas relações diretas e indiretas com outros elementos implicam na estruturação da paisagem e na definição de sua qualidade ambiental.

Com base na importância da vegetação e como esta é alterada ao longo do tempo, objetivou-se realizar um estudo espaço-temporal acerca da retirada da cobertura vegetal, na porção mineira da bacia do rio Mucuri, a partir dos remanescentes florestais atuais. A multiescalaridade dos processos foi abordada em um segundo momento, alcançando, especificamente, cada sub-bacia.

¹ O Instituto de Geociências Aplicadas, vinculado à Secretaria de Estado de Ciência, Tecnologia e Ensino Superior do Governo de Minas Gerais, com o patrocínio da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG), é o responsável pela execução do projeto endogovernamental: “Diagnóstico Socioambiental da Bacia do Mucuri em Minas Gerais: geohistória, (re)estruturas espaciais, desenvolvimento humano e econômico” – DEG 2338/07.

1.1 Caracterização geográfica da Bacia do Mucuri

A bacia do rio Mucuri drena dezessete municípios nos estados de Minas Gerais (16) e Bahia (1). É formada pela confluência do rio Mucuri do Norte, com nascentes no município de Ladainha, e do rio Mucuri do Sul, com nascentes no município de Malacacheta, e abrange aproximadamente 14 mil km² do território mineiro, foco do estudo, onde se localizam 30 sub-bacias de primeira grandeza e numerosos pequenos canais que se conectam diretamente ao rio principal.

A vegetação da bacia compõe-se de quatro tipos predominantes (IBGE, 2004): Floresta Ombrófila Densa, Floresta Ombrófila Aberta, Floresta Estacional Semidecidual e Floresta Estacional Decidual. Em toda a bacia, as áreas de matas existentes são poucas e estão, em sua maioria, restritas a hiatos entre pastagens, rodovias, cultivos e áreas urbanas, larga medida devido à alta degradação conseqüente do seu uso intenso ao longo dos séculos. A vegetação original encontra-se, atualmente, bastante descaracterizada.

Na porção mineira da bacia há climas dos tipos semi-úmidos a úmidos, com variação do quente ao subquente. Apresenta períodos de seca de um a três meses no centro-leste, e de quatro a cinco meses na porção nordeste-sudoeste, com temperaturas variando a média de 15 a 18 graus centígrados (IBGE, 2002).

A bacia apresenta diversos tipos de solos, em que se destacam como principais os Argissolos e Latossolos (IBGE, 2001). Litologicamente, é composta principalmente por rochas de composição félsica e máfica de diferentes períodos geológicos, localizadas próximas a rochas que sofreram metamorfismo em médio grau, correspondendo ao gnaiss (CPRM, 2004).

2. Procedimentos Metodológicos

A metodologia utilizada para a determinação dos indicadores de vegetação da Bacia do Mucuri se baseou no sensoriamento remoto. A grande extensão da área de estudo inviabiliza o mapeamento da cobertura superficial a partir de procedimentos de campo. Assim, as imagens de satélite foram utilizadas para determinar as áreas de mata na bacia. Porém, o mapeamento remoto gera uma série de dúvidas e imprecisões que foram, na medida do possível, sanadas em trabalho de campo, reduzindo as possibilidades de erro.

As seguintes imagens do satélite Cbers-2 (CCD), banda 2, foram adquiridas junto ao Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE – em seu sítio da Internet a partir do catálogo de imagens:

- ✓ Órbita/ponto: 150/120, de 22/06/2008;
- ✓ Órbita/ponto: 150/119, de 22/06/2008;
- ✓ Órbita/ponto: 149/120, de 19/06/2008;
- ✓ Órbita/ponto: 149/120, de 19/06/2008.

Para a elaboração do mapa de remanescentes florestal do passado, foi feita uma seleção no catálogo de imagens do INPE, sob critérios similares aos primeiros. Porém, objetivando-se a imagem mais antiga possível com qualidade que viabilizasse a utilização da metodologia prevista.

Assim, foram selecionadas as seguintes imagens do satélite Landsat-5 (TM), banda 3, para a elaboração do mapa de remanescentes florestais de 1989:

- ✓ Órbita/ponto: 217/72, de 29/06/1989;
- ✓ Órbita/ponto: 216/72, de 24/07/1989.

Apesar da utilização de imagens de dois satélites distintos – Cbers-2 e Landsat-5 – com resoluções espectral, temporal e espacial distintas, não houve qualquer incompatibilidade metodológica. Como o procedimento utilizado foi a vetorização manual, não foi necessário o

cruzamento das imagens, o que poderia provocar distorções. Em contraponto, a interpretação visual é menos sujeita a tais falhas, uma vez que trabalha comparativamente com tons de cinza e não com níveis absolutos de reflectância, como na automatizada.

O tratamento das imagens teve por objetivo melhorar a visualização dos alvos, bem como minimizar a interferência da atmosfera. Não se fez necessária a composição falsa-cor das imagens, já que o procedimento selecionado foi a vetorização manual. O tratamento se restringiu à alteração nos histogramas pelo método do desvio padrão. Esse procedimento permite aumentar o contraste dos alvos, facilitando a delimitação das áreas de mata, como mostra a Figura 1.

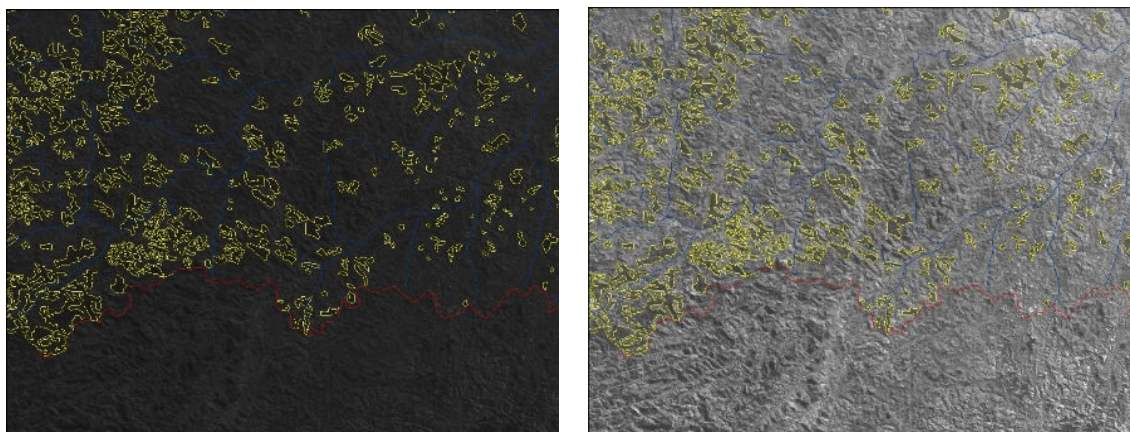


Figura 1: Recorte da imagem CBERS-2 para a mesma porção da bacia. A figura da esquerda corresponde à imagem original sem tratamento; a da direita teve seu histograma tratado pelo método do desvio padrão. Escala aproximada das imagens: 1:1.000.000.

O procedimento de delimitação das áreas identificadas como remanescentes florestais foi a vetorização manual. Esse método exige uma maior capacidade de interpretação por parte dos pesquisadores e demanda maior tempo, posto que cada fragmento de mata deve ser trabalhado individualmente. Todavia, acredita-se esta seja a melhor forma de trabalho, posto que as classificações automáticas e semi-automáticas incorrem, freqüentemente, em erros de interpretação, sobretudo quando há imagens de distintos sensores.

Os fragmentos florestais nas bandas das imagens selecionadas podem ser distinguidos prioritariamente a partir de sua cor, textura e forma. Comparativamente com as demais coberturas superficiais, as matas apresentam, na imagem, coloração muito escura, alguns níveis de cinza abaixo das sombras e dos corpos d'água. A textura é áspera, apresentando ligeiras rugosidades, demonstrando um padrão heterogêneo de dossel. Por último, sua forma, na maioria das vezes não é definida, sendo que as bordas são irregulares. A Figura 2 apresenta uma porção da bacia em que as matas encontram-se destacadas.

O principal fator complicador do procedimento utilizado foi a distinção das áreas de mata e de silvicultura de eucalipto. A cor de ambas, nas imagens, é muito parecida, sendo os eucaliptais ligeiramente mais escuros. Porém, a maior diferenciação ocorre em função da textura e da forma. A silvicultura apresenta textura aveludada, resultado do dossel homogêneo, sensivelmente diferente das matas; ademais, a forma das plantações de eucalipto é bem definida, marcada por linhas retas. Na Figura 3 ilustra-se a diferenciação das matas – destacadas – para os eucaliptais adjacentes.

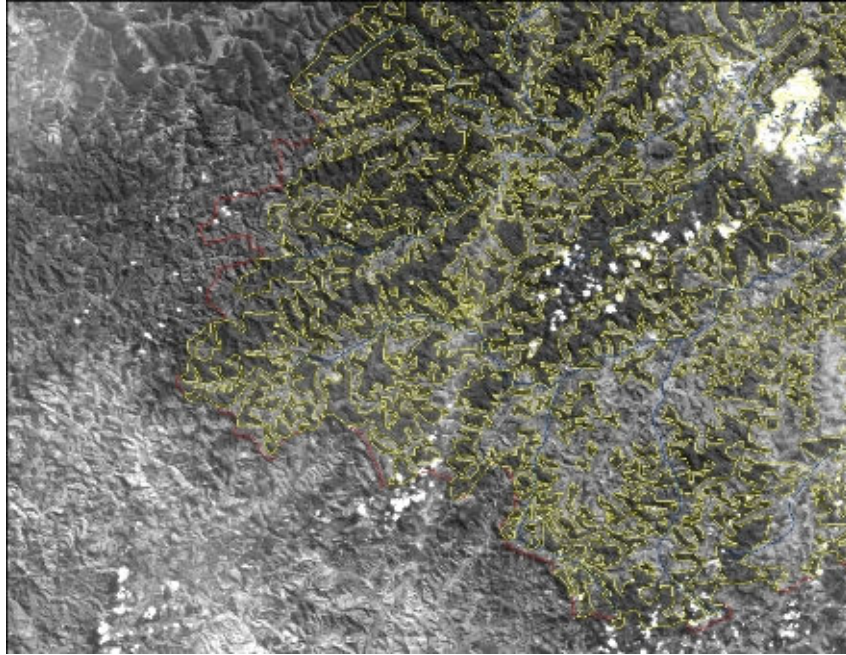


Figura 2: Extremo oeste da bacia do Mucuri na imagem CBERS-2. As matas encontram-se delimitadas por curvas amarelas, correspondendo às manchas mais escuras da imagem. Escala aproximada da imagem: 1:500.000.

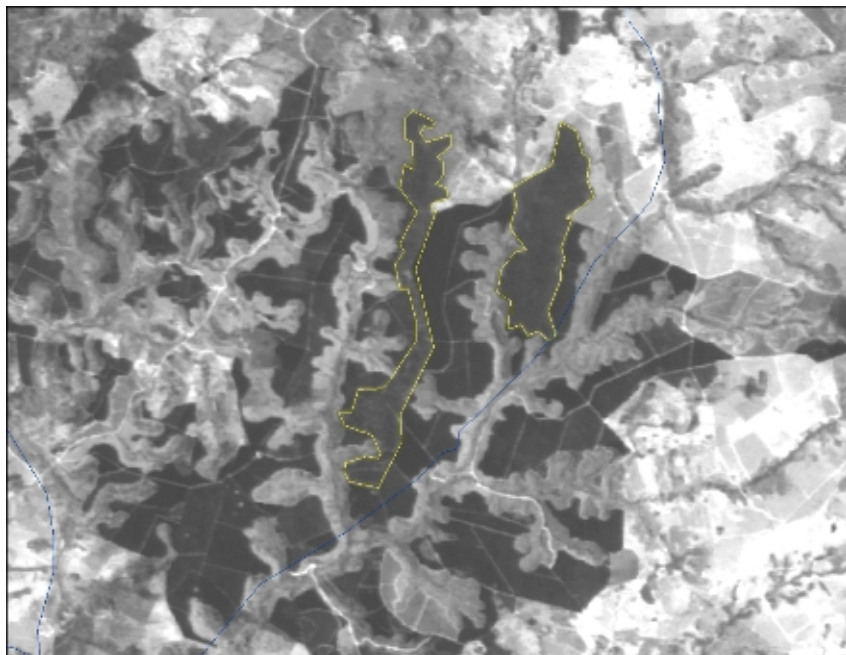


Figura 3: Remanescentes florestais (áreas contornadas de amarelo) entre plantações de eucalipto em Nanuque-MG. Nota-se a diferença de cor e textura entre essas coberturas. Escala aproximada da imagem: 1:100.000.

Para minimizar possíveis erros de interpretação das imagens, foi realizada a coleta, em campo, de pontos notáveis de cobertura superficial. Além disso, após a vetorização dos remanescentes florestais em toda a bacia, novos pontos duvidosos foram marcados para verificação em campo. Dessa forma, uma segunda expedição à bacia do Mucuri foi realizada buscando eliminar as últimas imprecisões da interpretação.

3. Resultados e discussões

O resultado da vetorização das imagens de satélite é apresentado nos Mapas 1 e 2, que evidenciam os remanescentes florestais na bacia do Mucuri para os anos de 2008 e 1989, respectivamente.

É possível visualizar a heterogeneidade da distribuição da cobertura de matas na região da bacia, principalmente no sentido leste-oeste. Na porção nordeste-sudoeste a presença de remanescentes florestais é notadamente maior, mormente nas bacias do Rio Mucuri do Sul e do Rio Mucuri do Norte. A porção centro-leste, por sua vez, apresenta fragmentos florestais raros e esparsos, em que se destacam as bacias do Córrego Barreado, Córrego das Voltas, Rio das Pedras e Rio Pau Alto. Os mapas de 1989 e 2008 também permitem visualizar as alterações ocorridas na cobertura vegetal, bastantes expressivas. Destacam-se neste processo as regiões das bacias do Pampã e do Rio Preto.

De modo a verticalizar a análise e comparação dos cartogramas, foi realizada sua estatística descritiva onde, além do viés quantitativo, foi realçada a distribuição espacial das áreas de mata que não ocorrem de forma homogênea na bacia. A Tabela 1 sintetiza os resultados encontrados.

Estatística	Área Total (Km ²)		Crescimento no período	Taxa (% a.a.)
	1989	2008		
Número de fragmentos	2.664,00	1.642,00	-38,36%	-2,5148
Área média	1,41	1,86	32,32%	1,4849
Área mediana	0,45	0,74	63,71%	2,6281
Área máxima	208,60	69,48	-66,69%	-5,6215
Área mínima	0,02	0,02	4,08%	0,2106
Desvio Padrão	6,06	4,29	-29,31%	-1,8088
Coefficiente de variação	4,31	2,30	-46,57%	-3,2455
Soma Total	3.747,35	3.056,27	-18,44%	-1,0672
Taxa de cobertura por remanescentes florestais	25,33%	20,66%	-18,44%	-1,0672

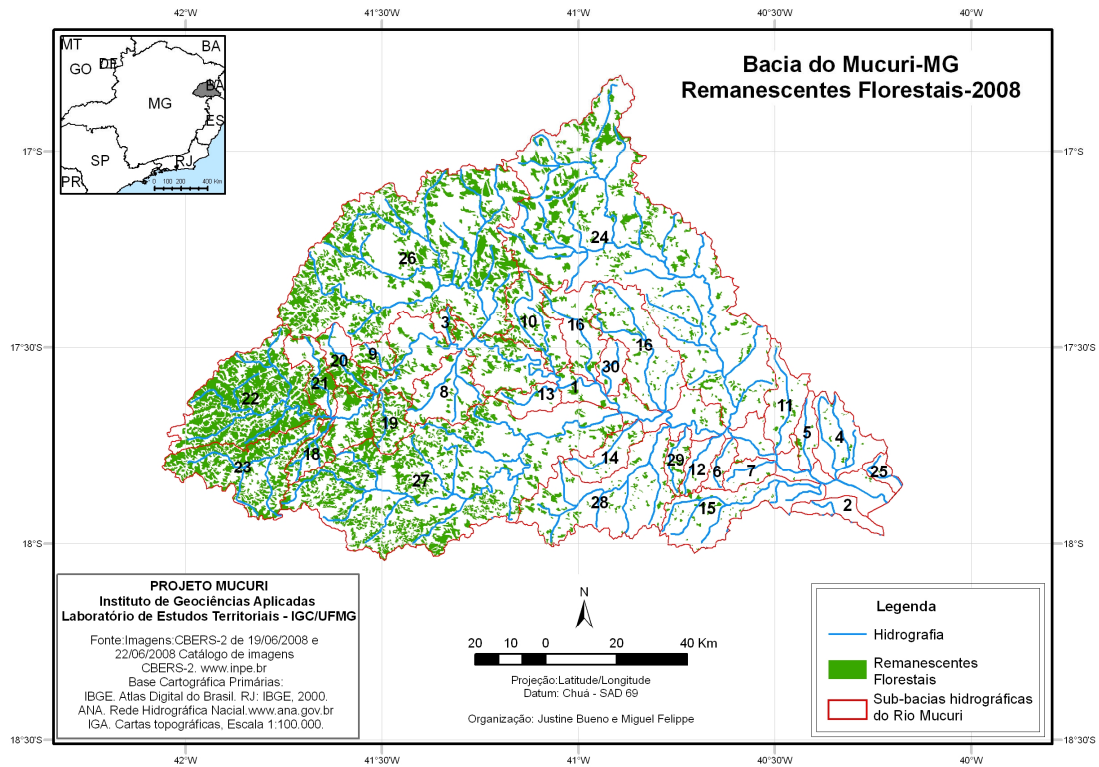
Fonte: Elaboração própria a partir da vetorização de imagens de satélite para as respectivas datas.

Nota: A área total da bacia do Mucuri em Minas Gerais é de 14.793,09 km².

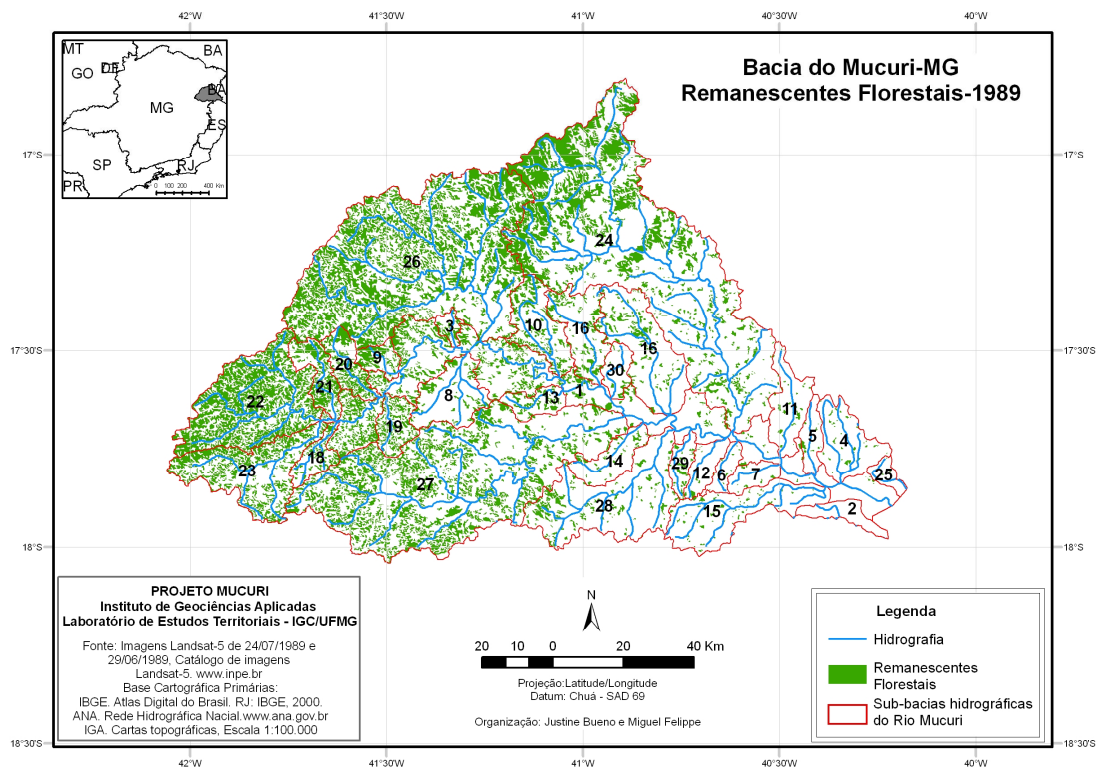
Apesar da média dos remanescentes florestais ter subido em 32% no período analisado, constata-se uma queda significativa do número de fragmentos de remanescentes florestais, de 38% entre 1989 e 2008. Em termos absolutos, isso significou uma redução de quase 700 Km² de áreas florestadas, a uma taxa de - 2,51% a.a..

Os fragmentos suprimidos no período de 1989 a 2008 foram, mormente, aqueles de menor área. Esta primeira conclusão foi alcançada pela avaliação dos parâmetros estatísticos, que resultaram em uma queda no número de unidades, mas, em contrapartida, em um aumento da área média e mediana, posto que apenas os fragmentos maiores foram prioritariamente preservados.

Vale ressaltar, em contrapartida, que o maior fragmento de remanescente florestal em 1989 apresentou-se 300% maior que o maior fragmento detectado em 2008. Isso ocorreu devido, entre outros fatores, à pressão exercida sobre os recursos naturais nas porções noroeste e oeste da bacia. Apesar desse sensível decréscimo, as grandes porções florestadas continuam, todavia, com tamanho reduzido.



Mapa 1: Bacia do Mucuri-MG: Remanescentes Florestais – 2008.²



Mapa 2: Bacia do Mucuri-MG: Remanescentes Florestais – 1989.⁹

² 1-Calha do Rio Mucuri; 2-Córrego Barreado; 3-Córrego Cristal; 4-Córrego das Voltas; 5-Córrego do Ene; 6-Córrego do Oito; 7-Córrego do Sangue; 8-Córrego Jacaré; 9-Córrego Mutum; 10-Córrego Novo; 11-Córrego Ponciano; 12-Córrego Quatorze; 13-Córrego São Julião; 14-Ribeirão da Areia; 15-Ribeirão das Pedras; 16-Ribeirão do Gavião; 17-Ribeirão do Pavão; 18-Ribeirão Mandacaia; 19-Ribeirão Mestre Campos; 20-Ribeirão Pedra D'água; 21-Rio Manso; 22-Rio Mucuri do Norte; 23-Rio Mucuri do Sul; 24-Rio Pampã; 25-Rio Pau Alto; 26-Rio Preto; 27-Rio Todos os Santos; 28-Rio Urucu; 29-Córrego da Lama; 30-“Sem nome”.

Após a vetorização assistida dos fragmentos florestais encontrados na bacia do Mucuri, foi realizada a segmentação destes por sub-bacias, o que permitiu que as áreas e taxas fossem calculadas em uma escala mais específica. A Tabela 2 sintetiza as estatísticas dos remanescentes florestais nas sub-bacias do Rio Mucuri, apresentando a área florestada em 1989 e 2008, bem como o crescimento no período e a taxa de desmatamento.

Tabela 2: Desmatamento dos Remanescentes Florestais das sub-bacias do Rio Mucuri

ID	Sub-bacias do Rio Mucuri	Área Total (Km ²)		Crescimento no período	Taxa (% a.a.)
		1989	2008		
1	Calha do Rio Mucuri	264,49	231,46	-12,49%	-0,6996
2	Córrego Barreado	-	-	-	-
3	Córrego Cristal	14,30	11,19	-21,72%	-1,2806
4	Córrego da Lama	11,31	12,61	11,44%	0,5718
5	Córrego das Voltas	8,02	5,43	-32,30%	-2,0321
6	Córrego do Ene	4,12	4,65	12,88%	0,6398
7	Córrego do Oito	1,60	1,92	20,47%	0,9849
8	Córrego do Sangue	2,75	2,29	-16,68%	-0,9556
9	Córrego Jacaré	35,24	36,91	4,75%	0,2446
10	Córrego Mutum	35,62	23,49	-34,05%	-2,1670
11	Córrego Novo	72,37	56,80	-21,52%	-1,2674
12	Córrego Ponciano	8,79	9,38	6,74%	0,3437
13	Córrego Quatorze	4,08	3,00	-26,33%	-1,5955
14	Córrego São Julião	25,83	10,39	-59,78%	-4,6808
15	Ribeirão da Areia	15,47	12,91	-16,54%	-0,9472
16	Ribeirão das Pedras	16,31	17,58	7,79%	0,3957
17	Ribeirão do Gavião	52,48	34,22	-34,79%	-2,2254
18	Ribeirão do Pavão	48,74	34,94	-28,31%	-1,7365
19	Ribeirão Mandaçaia	30,12	42,41	40,79%	1,8169
20	Ribeirão Mestre Campos	50,25	54,40	8,24%	0,4178
21	Ribeirão Pedra D'água	65,51	54,49	-16,83%	-0,9652
22	Rio Manso	71,17	51,46	-27,70%	-1,6924
23	Rio Mucuri do Norte	423,24	440,62	4,11%	0,2121
24	Rio Mucuri do Sul	185,35	241,58	30,34%	1,4043
25	Rio Pampã	735,27	397,75	-45,90%	-3,1820
26	Rio Pau Alto	0,35	0,38	8,24%	0,4176
27	Rio Preto	922,58	659,80	-28,48%	-1,7489
28	Rio Todos os Santos	567,61	546,14	-3,78%	-0,2028
29	Rio Uruçu	66,52	54,36	-18,28%	-1,0571
30	Sem Nome	7,88	3,72	-52,75%	-3,8687
BACIA DO MUCURI		3.747,35	3.056,27	-18,44%	-1,0672

Fonte: Vetorização das imagens Landsat-5 de 29/06/1989, 24/07/1989, CBERS-2 de 19/06/2008, 22/06/2008.

Nota: Na bacia do Córrego Barreado, não foi encontrado nenhum remanescente florestal, a partir da metodologia aplicada, que não possibilita a individualização de fragmentos menores que 0,0004 km².

Constatou-se que o desflorestamento nas 30 sub-bacias do rio Mucuri não apresentou um comportamento homogêneo: se por um lado 19 bacias apresentaram perda de remanescentes florestais, 11 apresentaram reflorestamento.

Como esperado, as maiores taxas de desmatamento foram registradas nas sub-bacias da porção centro-leste do rio Mucuri, onde a pressão ambiental se deu em maior intensidade. Neste status ressaltaram-se as bacias dos rios São Julião, “Sem Nome” e Pampã, que perderam mais de 45% de suas áreas de floresta no período. Em termos absolutos, as perdas registradas apenas na bacia do rio Pampã (337,52 Km²) representaram quase a metade da perda total da bacia do Mucuri.

Outro destaque é a bacia do córrego Barreado, que não teve fragmentos de floresta registrados nem em 1989, nem em 2008. Conjecturou-se que isso aconteceu devido a sua localização no extremo leste da bacia do Mucuri, configurando-se como uma região de limite entre três estados (Minas Gerais, Bahia e Espírito Santo). Além disso, pela sua posição geográfica, é provável que esta tenha sido a área de maior uso ao longo da história da bacia do Mucuri. O estudo de campo eliminou possíveis erros, uma vez que a metodologia utilizada em gabinete não permite distinguir fragmentos de vegetação com área inferior a 400 m², e

comprovou que a área está tomada pelas culturas de cana-de-açúcar e eucalipto.

A maior parte das 11 bacias que apresentaram reflorestamento encontra-se na porção nordeste-sudoeste da bacia do Mucuri. Credita-se a recuperação dessas áreas à regeneração de feições que foram consideradas capoeiras no mapa relativo a 1989. Nesta perspectiva, ressaltam-se as bacias dos Córregos Mandaçaia e Mucuri do Sul, cujos reflorestamentos representaram acréscimos de 40,8% e 30,3%, respectivamente, em relação à área de 1989. Essas bacias representam um contraponto ao aspecto crítico de degradação ambiental da bacia do Mucuri como um todo.

Por fim, o estudo aponta a necessidade de se desenvolver estudos aprofundados no sentido de fornecer propostas de manejo e conservação do meio ambiente na bacia do Mucuri, com vistas à inversão do processo de desmatamento e a conseqüente recuperação das áreas degradadas.

4. Conclusões

Apesar da já pequena cobertura por remanescentes florestais que a bacia do Mucuri apresenta atualmente (20%), a taxa de desmatamento, registrada no período 1989-2008, mostra que o processo recente de retirada da cobertura de florestas ainda é significativo, com prognósticos críticos para o futuro próximo.

Pode-se afirmar que há uma necessidade eminente de intervenções no espaço da bacia do Mucuri, com o intuito de melhorar as condições de preservação dos remanescentes florestais, bem como, a criação de possibilidades para a regeneração de áreas de capoeiras. Com isso, haveria uma redução na taxa de desmatamento e, conseqüentemente, um aumento relativo no percentual de cobertura de matas.

Por outro lado, mantendo-se a taxa de desmatamento do período avaliado, (1,06% a.a.), o percentual de remanescentes florestais na bacia do Mucuri seria de apenas 18%, em 2018. Continuando esses processos nos próximos 50 anos, chegar-se-ia a uma cobertura de 12%. E, em 100 anos, apenas 7% da área total da bacia estaria coberta por florestas.

Dessa maneira, afirma-se que os procedimentos metodológicos utilizados foram extremamente satisfatórios em relação aos objetivos propostos. A vetorização assistida apresentou um grau de acerto muito significativo, sendo que apenas 1% dos pontos duvidosos marcados para a visita de campo teve que ser corrigido.

Porém, ressalta-se a importância para a confiabilidade dos dados que as duas campanhas de campo promoveram. Destarte a grande contribuição do sensoriamento remoto, sobretudo na economia de tempo para o estudo, sem a avaliação *in loco* seria extremamente difícil de alcançar resultados extremamente precisos como esses.

5. Referências

Christofolletti, A. A geografia física no estudo das mudanças ambientais. In: Christofolletti, A.; Becker, B.; Davidovich, F.; Geiger, P. **Geografia e meio ambiente no Brasil**. São Paulo; Rio de Janeiro: Hucitec, 1995. Parte IV, p.334-345.

CPRM. **Carta geológica do Brasil ao Milionésimo**. s.l.: CPRM, 2004.

Guerra, A. J. T.; Marçal, M. S. **Geomorfologia ambiental**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2006.

IBGE. **Atlas digital do Brasil**. Rio de Janeiro: IBGE, 2000. Disponível em: <www.ibge.gov.br>. Acesso em: 26 out. 2008.

IBGE. **Mapa de climas do Brasil**. Rio de Janeiro: IBGE, 2002. Escala 1:5.000.000.

IBGE. **Mapa de solos do Brasil**. Rio de Janeiro: IBGE, 2001. Escala 1:5.000.000.

IBGE. **Mapa de vegetação do Brasil**. Rio de Janeiro: IBGE, 2004. Escala 1:5.000.000.

Passos, M. M. **Biogeografia e paisagem**. s.l.: s.n., 1998.

Thornes, J.B. The interaction of erosional and vegetational dynamics in land degradation. In: Thornes, J.B. (ed.) **Vegetation and erosion: processes and environments**. Chichester: John Willy & Sons, 1990. p. 41-53.