

USO DE TÉCNICAS DE SENSORIAMENTO REMOTO NA ANÁLISE MULTITEMPORAL DO DESMATAMENTO OCORRIDO NA MICROBACIA DO CÓRREGO DO GALO, DOMINGOS MARTINS, ES

ALMEIDA, André Quintão de

Doutorando em Meteorologia Agrícola – Universidade Federal de Viçosa/UFV, MG
andreaq@gmail.com

SANTOS, Alexandre Rosa dos

Docente do Departamento de Engenharia Rural– Centro de Ciências Agrárias da UFES/CCA-UFES, ES

SOUZA, Carlos Alberto Martinelli de

Docente do curso de Engenharia Florestal – Universidade Federal de São Carlos/UFSCar, SP

TULLI, Livia Maria Albertasse

Mestre em Engenharia Ambiental – Universidade Federal do Espírito Santo/UFES, ES

RESUMO – (USO DE TÉCNICAS DE SENSORIAMENTO REMOTO NA ANÁLISE MULTITEMPORAL DO DESMATAMENTO OCORRIDO NA MICROBACIA DO CÓRREGO DO GALO, DOMINGOS MARTINS, ES) O trabalho teve como objetivo realizar uma análise multitemporal (1975 a 2005) da situação da cobertura florestal da microbacia hidrográfica do córrego do Galo, Domingos Martins, ES. Imagens de dois diferentes sensores do satélite LANDSAT foram utilizadas, MSS/LANDSAT para o ano de 1975 e 1985 e TM/LANDSAT para os anos de 1995 e 2005. As imagens foram rotuladas através de classificação visual via tela do computador em duas categorias de uso do solo, vegetação (V) e não vegetação (NV). Em um período de 25 anos (1975 a 1995), a taxa de cobertura florestal arbórea diminuiu em aproximadamente 20%, passando de 581,31 Km² em 1975 para 393,63 Km² em 1995. Nos próximos dez anos analisados (1995 a 2005) a taxa de desmatamento diminuiu em 7%, passando a microbacia a apresentar 457,73 Km² de cobertura florestal no ano de 2005.

PALAVRAS-CHAVE: multitemporal, sensoriamento remoto, SIG.

ABSTRACT – (USE THE TECHNIQUES OF REMOTE SENSORIAMENTO IN THE MULTITEMPORAL ANALYSIS OF THE DEFORESTATION OF THE RIVER BASIN OF THE STREAM OF THE ROOSTER, DOMINGOS MARTINS, ES) The assignment had as objective realize a multitemporal analysis (1975 to 2005) of the situation of the forest covering of the river microbasin of the stream of the Rooster, Domingos Martins, ES. Images of two different sensor of the LANDSAT satellite were used, MSS/LANDSAT for the year of 1975 and 1985, TM/LANDSAT for the year of 1995 and TM+/LANDSAT for the year of 2005. The images were labeled through visual classification by screen computer in two categories of use of the soil, vegetation (V) and no vegetation (NV). In a period of 25 years (1975 to 1995), the tax of arboreal forest covering decreased in approximately 20%, passing from 581,31 Km² in 1975 to 393,63 Km² in 1995. In the next ten analyzed years (1995 to 2005) the tax of deforestation decreased in 7%, passing the microbasin to present 457,73 Km² of forest covering in the year of 2005.



KEY WORDS: GIS, remote sensing, time series.

1. INTRODUÇÃO

Quinhentos anos de desmatamentos descontrolados, acabaram por ameaçar drasticamente umas das maiores biodiversidades do planeta, a Mata Atlântica. Originalmente este bioma ocupava 2.000.000 Km² ao longo de 17 estados brasileiros (Queiroz, 1984). Levantamentos mais recentes, utilizando-se de técnicas de sensoriamento remoto, mostram que 8% da área original de Mata Atlântica permaneceram com sua cobertura original (Fundação SOS Mata Atlântica, 2002). Apesar de toda legislação vigente, o processo de fragmentação ocorre até os dias de hoje. A maioria dos remanescentes situa-se em áreas de difícil acesso, como topos de morros, áreas com declividade acentuada e altitude elevada.

No Estado do Espírito Santo, o processo de desmatamento ocorreu desde o início da colonização (Moraes, 1974), originou-se no litoral e avançou ao interior com a cultura de café. Os desmatamentos nesse estado aconteceram também, devido a construção de residências e pela exploração do Pau-Brasil (Kiseo 1984). Assim, com o aumento dos serviços que dependiam dos recursos florestais, a área desmatada na década de oitenta, somente para a demanda energética, foi superior a uma média de 35.000 ha/ano (Schettino, 2000). Embora os remanescentes da Mata Atlântica situados nas terras altas estejam mais bem conservados e protegidos que nas baixas, devido, em grande parte as áreas montanhosa, que torna difícil e onerosa a exploração, esse estado tem apresentado taxas mais altas de desmatamento que em anos anteriores (CEPF, 2001).

O avanço da tecnologia computacional, associado ao crescimento exponencial do volume dos dados geográficos, decorrente do uso intensivo do conjunto de atividades multidisciplinares possíveis de serem realizados por meio das geotecnologias, tem permitido investigar diversas situações ambientais, bem como o monitoramento do desmatamento.

As geotecnologias envolvem a utilização de um conjunto de recursos computacionais e metodológicos para o cumprimento de suas funções, entre esses, destacam-se os sistemas de informações geográficas e o sensoriamento remoto. A panacéia sensoriamento remoto preocupa-se em estudar um determinado alvo (nesse caso os remanescentes florestais arbóreos) sem entrar em contato com o mesmo (Harrison & Jupp, 1989). Tal processo é realizado através da manipulação de dados orbitais.

O uso de técnicas de sensoriamento remoto aplicadas ao monitoramento da cobertura florestal é cada vez mais freqüente (Ustin, *et al.*, 1999). Vários são os trabalhos realizados (Cohen *et al.*, 1998; Pax-Lenney *et al.*, 2001). Uma das técnicas utilizadas com assiduidade no monitoramento da cobertura florestal é a análise multitemporal de observações sensoriadas (Foody *et al.*, 1996; Lucas *et al.*, 2002), esse procedimento permite avaliar a evolução dos desmatamentos.

No Brasil, vários autores já empregaram análise multitemporal de observações sensoriadas, como por exemplo, (Skole & Tucker, 1993), em um estudo da evolução temporal do desmatamento ocorrido na Floresta Amazônica. Também para essa mesma floresta, (Mausel & Wuy, 1993), estudou as diferentes fases ocorridas durante o processo de desmatamento.

Em estudos mais recentes, o uso de técnicas de sensoriamento remoto por radar são empregadas. Thiel *et al.*, (2006), avaliou o potencial do Japanese Earth Resource Satellite (JERS)-1 no mapeamento da cobertura florestal e na detecção do desmatamento. Saatchi *et al.*, (2001), examinou a fragmentação florestal por meio de técnicas de interferometria ocorrida na vegetação de Mata Atlântica na porção Sudeste do Estado da Bahia, Brasil.

Considerando o exposto acima, o presente trabalho tem por objetivo caracterizar o padrão de desmatamento ocorrido ao longo de 30 anos (1975 a 2005) na bacia hidrográfica do córrego do Galo, Domingos Martins, ES, através do uso da ferramenta sensoriamento remoto.

2. MATERIAL E MÉTODOS

A área analisada nesse estudo consiste a sub-bacia hidrográfica do córrego do Galo (figura 1) com uma superfície de 973 Km². O córrego do Galo nasce na serra do Castelo, um ramo da serra da Pedra Azul. As cabeceiras estão em cotas altimétricas ao redor de 1.200 m, localizando-se ao sul do povoado de São Paulinho, no município de Domingos Martins.

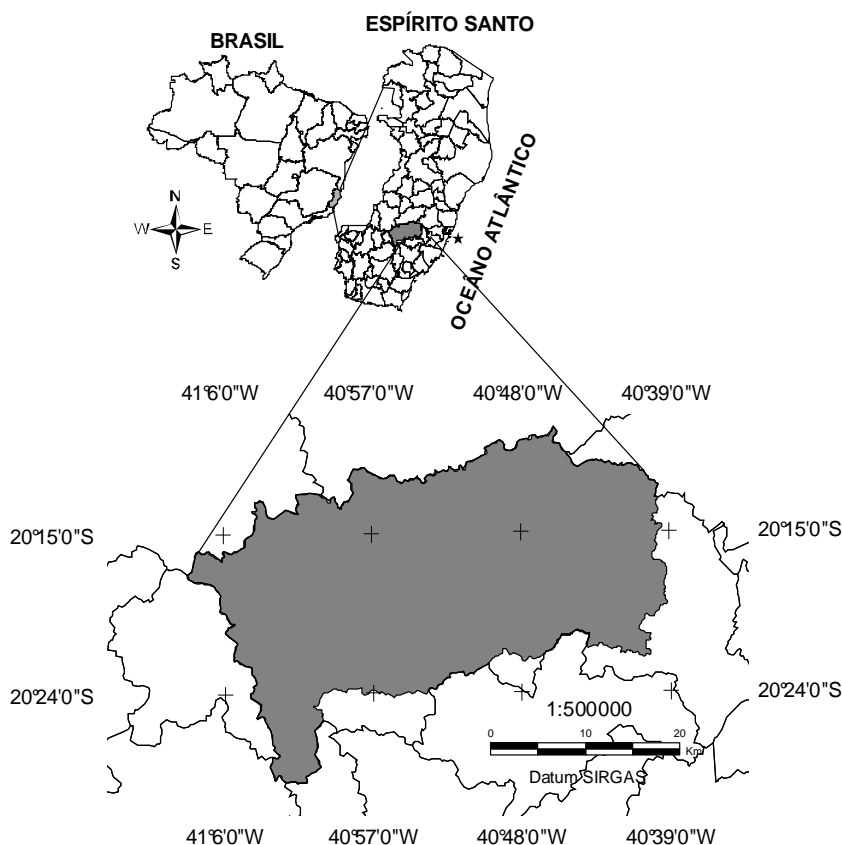


Figura 1 – Localização da bacia hidrográfica do Córrego do Galo, Domingos Martins, ES.

O clima da região é Brando Úmido (Cwa, segundo Köppen), com inverno seco, onde a temperatura no mês mais quente não ultrapassa 22°C e no mês mais frio é inferior a 18°C (Thornthwaite & Mather, 1955).

A geologia da bacia está representada por rochas com idades variando desde o Pré-Cambriano até o Terciário-Quaternário / Recente, havendo grandes lacunas estratigráficas do Paleozóico ao Mesozóico (Brasil, 1981). O relevo é fortemente ondulado, com grandes formações montanhosas, destacando-se o pico granítico da

Pedra Azul, considerada como pedra símbolo do Estado do Espírito Santo. Podem-se observar regiões de relevo mais suave, com encostas em meia laranja de declives menos acentuados, com amplos fundos de vale, onde se intensifica o plantio de hortaliças, principalmente o cultivo de alho. Os solos da bacia são bastante pobres. Os solos das encostas possuem, muitas vezes, um teor elevado de matéria orgânica (cor escura quando úmidos), cuja decomposição é desestimulada pela baixa temperatura do ambiente e, principalmente, pela fertilidade: são os Latossolos Húmicos (Radambrasil, 1981).

A bacia do córrego do Galo se insere no bioma da Mata Atlântica. O mapa de vegetação na escala de 1:1.000.000 do Projeto RADAM (Ururahy *et al.*, 1983), indica que a bacia abrange parcelas das regiões fitoecológicas originais Floresta Ombrófila Densa e Aberta.

Informações cartográficas

Para a obtenção dos dados necessários à realização deste trabalho, utilizou-se bases cartográficas planialtimétricas em formato digital (tabela 1) na escala de 1:50.000, contendo as curvas de nível e hidrografia (IBGE, 1977). O tratamento e análise dos dados foram realizados por meio do software Sistema de Processamento de Informações Georeferenciadas - SPRING 4.1 (Câmara *et al.*, 1996).

Tabela 1 – Nome e folhas das Cartas do IBGE utilizadas no estudo

Nome	Folha
Araguaia	SF-24-V-A-III-3
Conceição do Castelo	SF-24-V-A-II-4
Domingos Martins	SF-24-V-A-III-4
Garrafão	SF-24-V-A-III-1
Matilde	SF-24-V-A-VI-1
Santa Leopoldina	SF-24-V-A-III-2

A primeira e mais importante informação obtida foi a definição da área de drenagem da bacia, que se faz a partir da delimitação dos divisores topográficos. Com base nas curvas de nível, os topos de morros foram identificados e interligados. O polígono correspondente à área de drenagem da bacia serviu como máscara de recorte de todos os demais planos de informação gerados, visando diminuir o tempo de processamento em função da diminuição de informação.

Informações da cobertura florestal

Os dados de cobertura vegetal arbórea da bacia hidrográfica do Córrego do Galo foram recuperados a partir de imagens orbitais dos sensores MSS/LANDSAT 2 (anos de 1975 e 1985) e TM/LANDSAT 5 (ano de 1995 e 2005), em formato digital e a partir das bandas espectrais 3, 4, 5 e 6. A bacia hidrográfica está compreendida em apenas uma cena LANDSAT (figura 2), não havendo necessidade de realização de mosaicos. As imagens utilizadas no estudo correspondiam à estação seca, entre junho e setembro, minimizando a ocorrência de nuvens. O tratamento e análise dos dados foram realizados por meio do software SPRING 4.1.

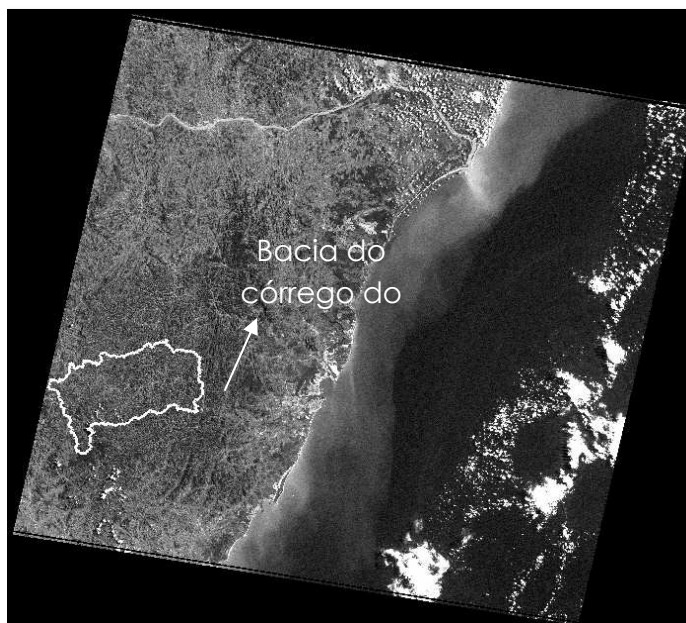


Figura 2 – Cena TM/LANDSAT que recobre a bacia hidrográfica do Córrego do Galo, Domingos Martins, ES. Banda 4 com filtro monocromático, órbita 231, cena 74.

Mapeamento da cobertura florestal

Ao trabalhar com imagens de satélite, empregam-se técnicas de sensoriamento remoto (registro, realce, contraste, segmentação, classificação, etc.). Nesse estudo, as imagens analisadas compreenderam os anos de 1975, 1985, 1995 e 2005, totalizando quatro (4) observações. Os motivos pelos quais esses anos e esse intervalo de tempo foram adotados são: o do início da disponibilidade de imagens orbitais pelo Programa LANDSAT, no ano de 1973; e pela redução significativa na taxa anual de desmatamento dos remanescentes florestais de Mata Atlântica, por consequência de uma maior conscientização e fiscalização sobre os mesmos.

Na fase de pré-processamento das imagens digitais, essas foram registradas pelo algoritmo de vizinho mais próximo com relação ao mosaico ortorretificado de imagens TM/LANDSAT, um produto da National Aeronautics and Space Administration (NASA), disponível na Internet (NASA, 2002). Este mosaico recobre todo o globo terrestre e foi elaborado a partir de imagens TM/LANDSAT do ano de 1990 (± 3 anos). Está disponível nas bandas 7(R) 4(G) 2(B), com resolução espacial de 28,5 metros e na projeção/datum UTM/WGS 84. Detalhes da importação e da manipulação do mosaico dentro do ambiente SPRING podem ser vistos em Silva & Valeriano (2003). Como a maior parte das imagens possuía correção de sistema, foram necessários poucos pontos de controle (quatro), distribuídos pela cena, para que a qualidade final do registro fosse satisfatória. Esta qualidade consistiu em um erro interno geral inferior a um (1) pixel, confirmando que a escolha do mosaico ortorretificado da NASA como base para o registro foi acertada em vista da facilidade e da excelente qualidade do resultado.

Foram elaborados mapas da cobertura vegetal para os respectivos anos dentro do contexto da bacia. A legenda dos mapas consistiu em apenas duas classes, vegetação (V) e não vegetação (NV). A classe V inclui toda e qualquer cobertura vegetal arbórea (floresta nativa, floresta em qualquer estágio de regeneração, reflorestamento) e a classe NV a área desmatada (agricultura, solo, área urbana) (figura 3). A definição desta legenda baseia-se na hipótese a ser testada no trabalho, qual seja, a de que a presença de



vegetação arbórea, seja ela qual for, possui relação direta com a resposta hidrológica de uma bacia. Desta forma, todos os demais alvos representam desmatamento (“não vegetação”), desempenhando, em princípio, um papel negativo em relação à resposta hidrológica, não necessitando serem discriminados.

Após a elaboração dos mapas de cobertura vegetal, a área em km² foi calculada através do somatório das áreas dos polígonos de cada classe (NV e V), para cada ano. Também foram calculados os percentuais de desflorestamento em cada ano analisado e a taxa de desflorestamento anual para bacia. A quantificação da cobertura vegetal deu-se pelo somatório da área coberta pelos polígonos da classe V, em termos absolutos (km²) e em termos relativos (%) com relação à data inicial de observação.

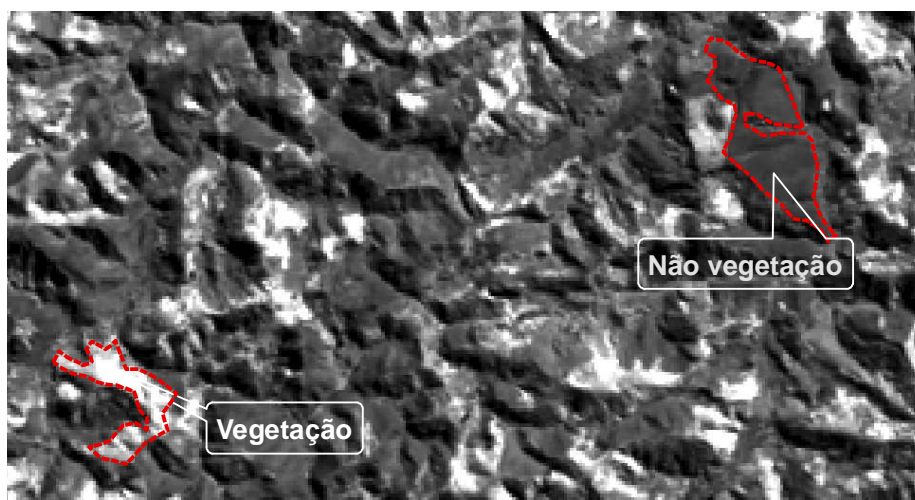


Figura 3 – Banda 4 da imagem MSS/LANDSAT de 1985 com filtro monocromático. As áreas claras representam locais com vegetação arbórea e áreas escuras as demais classes de uso do solo.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O mapeamento dos remanescentes florestais de Mata Atlântica, no contexto da bacia hidrográfica do Córrego do Galo, foi realizado a partir de imagens de satélite por meio de digitalização manual via tela do computador. A escala estabelecido para o mapeamento foi de 1:50.000. O erro gráfico associado a essa escala é da ordem de 10 m, assim, os resultados de desmatamento encontrados para os respectivos anos de análise (1975, 1985, 1995 e 2005), podem variar para mais ou para menos 100 m².

A análise de exatidão, ou seja, a comprovação dos resultados encontrados foi realizada por meio de cartas planialtimétricas do IBGE, dados da Fundação SOS Mata Atlântica (2002) e INPE (2002) e levantamentos de campo realizados com GPS.

Ao ano de 1975, a taxa de desmatamento na bacia do Córrego do Galo era de 391,00 Km². A bacia ainda se encontra bem preservada (figura 4), com mais da metade de sua área (972,21 Km²) coberta por floresta (581,30 Km²), apresentando uma taxa de desmatamento.

Na década de 80, ao ano de 1985, o desflorestamento aumentou em aproximadamente 4,5%, com um total de 434,00 Km² de área desmatada (Figura 5). A taxa anual de desmatamento, no período de 1975 a 1985 foi de aproximadamente 0,45%, ou seja, uma perda média anual de 4,3 Km²/ano de cobertura florestal.

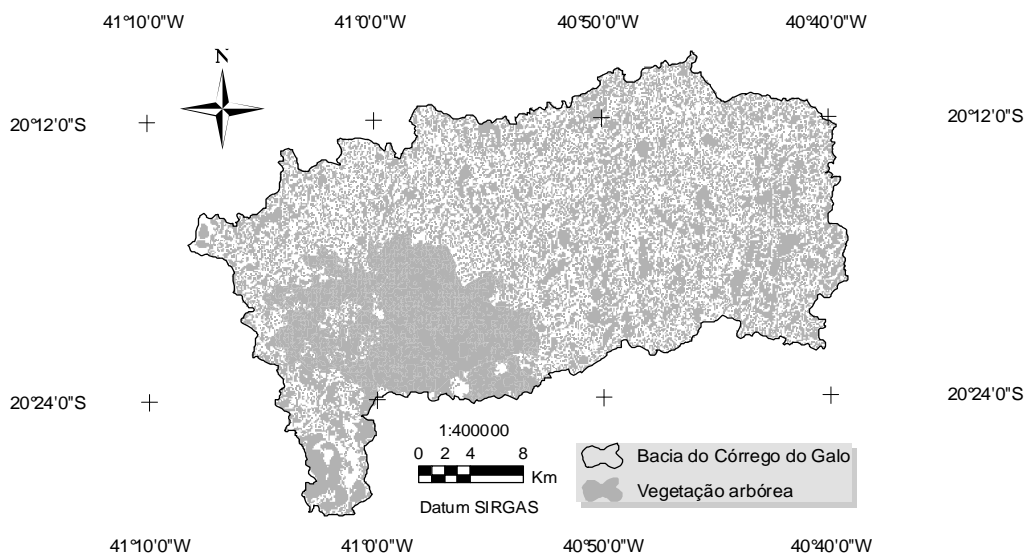


Figura 4 – Desmatamento na bacia do Córrego do Galo, Domingos Martins, ES, para o ano de 1975 e plantações da espécie *Pinus* na porção sudoeste da bacia hidrográfica.

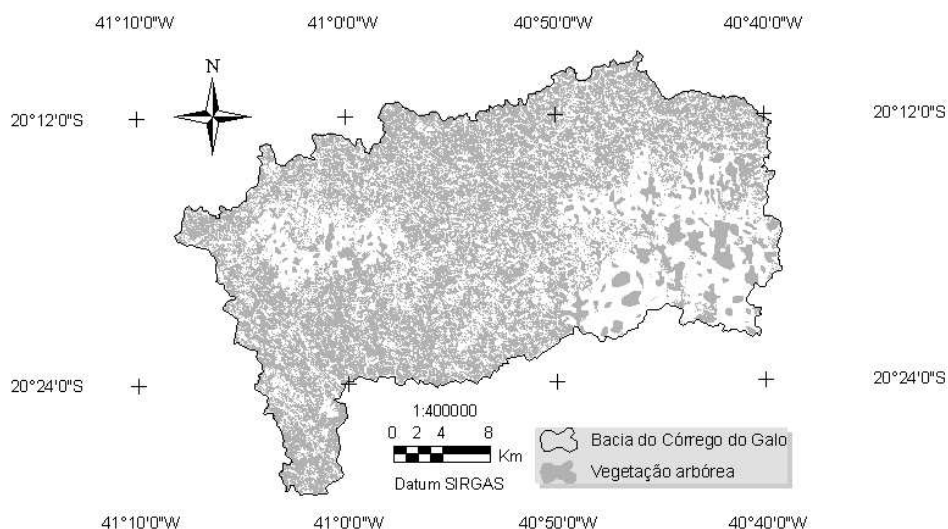


Figura 5 – Desmatamento na bacia do Córrego do Galo, Domingos Martins, ES, em 1985.

No ano de 1995 a mudança na paisagem da bacia do Córrego do Galo é marcante (figura 6). O total de floresta diminuiu significativamente, apenas 394 Km² de uso do solo são de cobertura florestal, o que equivale a 40% da bacia. Em dez anos, a quantidade de vegetação arbórea suprimida foi de aproximadamente 144,27 Km², correspondendo a uma perda média anual de 14,42 Km²/ano de floresta. O total de área desmatada foi de 578,25 Km².

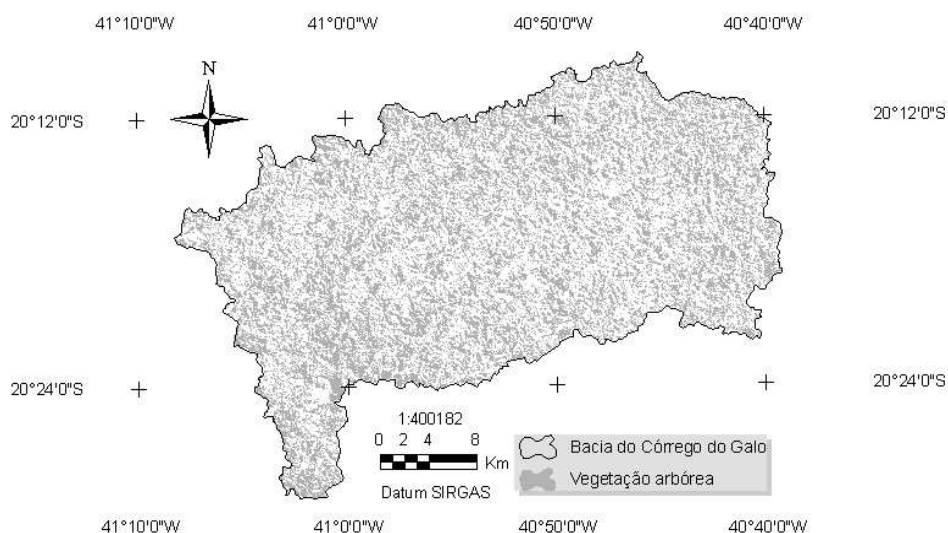


Figura 6 – Desmatamento na bacia do Córrego do Galo, Domingos Martins, ES, em 1995.

Ao analisar a tabela 2, temos que o aumento do número de fragmentos nas menores classes de tamanho é considerável. Com isso os remanescentes de floresta ficam mais vulneráveis aos agentes externos de degradação. Tal resultado corrobora o panorama de uma área em constante processo de degradação.

Tabela 2 – Número de fragmentos florestais por centro de classe de área (Km²)

Centro de classe (Km ²)	1975	1985	1995
	Número de fragmentos		
2,25	5445	6370	26942
7,25	14	3	0
12,25	3	0	0
17,25	0	0	1
22,25	1	0	0
27,25	0	0	0
32,25	0	0	0
37,25	0	0	0
42,25	0	0	0
47,25	0	0	0
52,25	0	0	0
57,25	1	0	0

Já no ano de 2005, ao contrário dos demais analisados, houve um incremento no total de florestas. O aumento foi de 63,77 Km², passando de 393,95 Km² no ano de 1995 para 457,53 Km² no ano de 2005 (Tabela 3). O incremento médio anual de floresta em dez anos foi de 6,37 Km²/ano (figura 7). Fatores relacionados à mudança de padrão do desmatamento, é a adoção de medidas que visam à desaceleração do mesmo, como o manejo florestal sustentável e práticas silviculturais de reflorestamento. Tal resultado mostra uma possível mudança no comportamento daqueles intrínsecos à bacia, passando esses, a explorar de forma sustentável os recursos presentes na mesma.

A tabela 3 mostra o total de área (Km²) de remanescentes florestais para cada ano analisado, além do total de área (Km²) desflorestada e os respectivos percentuais de perda de cobertura florestal para a bacia do Córrego do Galo. É notório o aumento do

desmatamento até o ano de 1995 (figura 8), com uma perda total de aproximadamente 578,25 Km² de cobertura florestal na bacia.

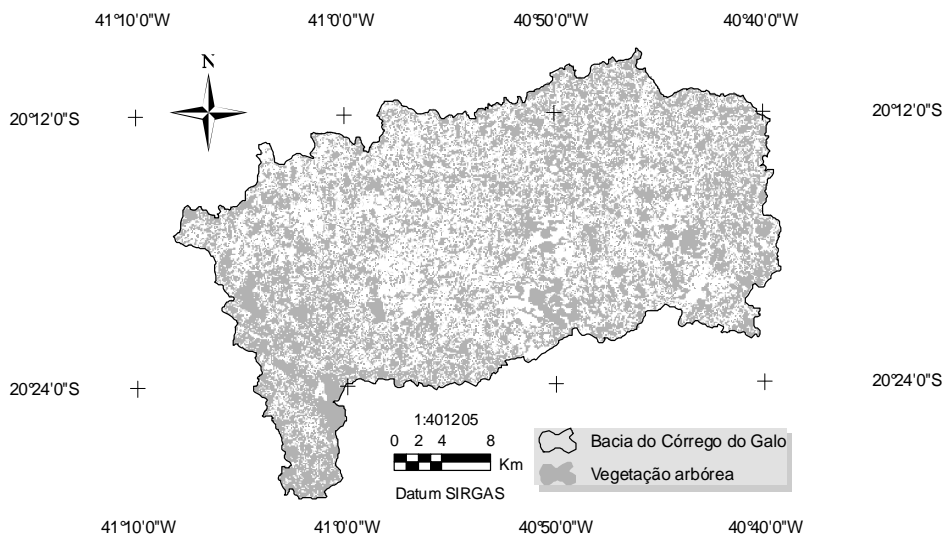


Figura 7 – Desmatamento na bacia do Córrego do Galo, Domingos Martins, ES, em 2005.

O padrão de desflorestamento encontrado pode ter influência direta no comportamento hidrológico da bacia do Córrego do Galo. A análise estatística de séries temporais sobre os dados hidrológicos (precipitação e vazão), buscará demonstrar tendências significativas nesses, evidenciando assim uma possível relação com o desmatamento.

Tabela 3 – Total de área remanescente e preservada na bacia do Córrego do Galo, Domingos Martins, ES

ano	Área total de remanescentes Florestais (Km ²)	Área total desflorestada	Percentual desflorestado na bacia
1975	581,31	391,00	40,22
1985	538,23	433,98	44,64
1995	393,63	578,25	59,48
2005	457,73	514,48	52,92

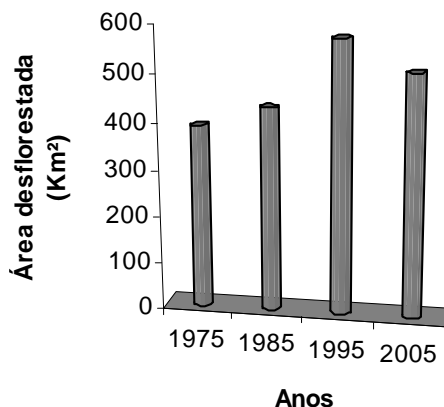


Figura 8 – Evolução do desmatamento na bacia do Córrego do Galo, Domingos Martins, ES.

4. CONCLUSÕES

A utilização de técnicas de sensoriamento remoto permitiu o mapeamento dos remanescentes florestais de Mata Atlântica a partir da classificação visual de imagens de satélites e verificação de campo.

A bacia hidrográfica do Córrego do Galo apresentou um constante processo de desmatamento até o ano de 1995, onde que ao ano de 1975 havia 391,00 Km² de área desmatada (40% da área da bacia) e em 1995 havia 578,25 Km², equivalente a 60% da bacia.

No período entre 1995 e 2005 houve uma redução no processo de desmatamento, passando de 578,25 Km² para 514,48 Km² de área desmatada, correspondendo a um acréscimo de 63,77 Km² de área de cobertura florestal.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRASIL. MINISTÉRIO DAS MINAS E ENERGIA. DNPH. **Projeto RADAMBRASIL: geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra**. Rio de Janeiro, 1981. 740p. (Levantamento dos recursos naturais, 23).

CÂMARA, G.; SOUZA, R.C.M.; FREITAS, U. M.; GARRIDO, J. C. P. SPRING: Integrating Remote Sensing and GIS with Object-Oriented Data Modelling. **Computers and Graphics**, v.15, n.6, p.13-22, 1996.

CEPF – CRITICAL ECOSYSTEM PARTNERSHIP FUND. **Perfil do ecossistema: Mata Atlântica hotspot de biodiversidade.** Brasil: CEPF, versão final, 2001. Disponível em: www.cepf.net/xp/cepf/static/pdfs/final. Acesso em: 15 nov. 2006.

COHEN, W. B.; FIORELLAN, M.; GRAY, J.; HELMER, E.; ANDERSON, K. An efficient and accurate method for mapping forest clearcuts in the Pacific Northwest using Landsat Imagery. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**, 64(4), p 293–300, 1998.

FOODY, G. M.; PALUBINSKAS, G.; LUCAS, R. M.; CURRAN, P. J.; HONZAK, M. Identifying terrestrial carbon sinks: classification of successional stages in regenerating tropical forest from Landsat TM data. **Remote Sensing of Environment**, 55, 205–216, 1996.

FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA. Atlas dos remanescentes florestais de Mata Atlântica: período de 1995 – 2000. São Paulo, SP: relatório final, 2002. 43p.

HARRISON, B. A.; JUPP, D. L. B. **Introduction to Remotely Sensed Data.** SCIRO Publications. Austrália, 1989. 141p.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Cartas topográficas: Araguaia Conceição do Castelo, Domingos Martins, Garrafão, Matilde e Santa Leopoldina.** Escala 1:50.000. 1977.

KISEO, C. M. **Análise da situação da indústria madeireira no Estado do Espírito Santo.** Viçosa, MG: UFV, 1984, 66p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, 1984.

LUCAS, R. M.; HONZAK, M.; DO AMARAL, I.; CURRAN, P. J.; FOODY, G. M. Forest regeneration on abandoned clearances in central Amazonia. **International Journal of Remote Sensing**, 23(5), 965–988, 2002.

MAUSEL, P.; WUY, L. Spectral identification of successional stages following deforestation in the Amazon. **Geocarto International**, 4, p. 61–71, 1993.

MORAES, C. **Geografia do Espírito Santo.** Vitória: Fundação Cultural do Espírito Santo, 1974. 213.

NATIONAL AERONAUTICS AND SPACE ADMINISTRATION (NASA). **ESAD - MrSid Image Server.** Disponível em: <http://zulu.ssc.nasa.gov/mrsid>. Acesso em: 10 ago. 2002.

PAX-LENNEY, M.; WOODCOCK, C. E.; MACOMBER, S. A.; GOPAL, S.; SONG, C. Forest mapping with a generalized classifier and landsat tm data. **Remote Sensing of Environment**, 77, 241–276, 2001.

QUEIROZ, W.T. Análise de fatores pelo método da máxima verossimilhança: aplicação ao estudo da estrutura de florestas tropicais. 1984. **Tese – Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura Luíz de Queiroz**, Piracicaba. 1984.

SAATCHI, S.; AGOSTI, D.; ALGER, K.; DELABIE, J.; MUSINSKY, J. Examining fragmentation and loss of primary forest in the Southern Bahian Atlantic forest of Brazil with radar imagery. **Conservation Biology** 15(4): 867 – 875. 2001.

SCHETTINO, L. F. **Gestão Florestal: um diagnóstico no Espírito Santo**. Vitória, ES, 2000. 182p.

SILVA, B.S.G.; VALERIANO, D.M. Georeferenciamento e análise da correção atmosférica para o cálculo de albedo usando o sensor Landsat ETM+. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 11., 2003, Belo Horizonte. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2003. p. 2143-2150. 1 CD-ROM.

SKOLE, D.; TUCKER, C. Tropical deforestation and habitat fragmentation in the Amazon: satellite data from 1978 to 1988. **Science**, 260, 1905–1910, 1993.

THIEL, C.; WEISE, S.; QUEGAN, C. S. Radar remote sensing for the delineation of forest cover maps and the detection of deforestation. **Forestry**, 79, p. 589 – 597, 2006.

THORNTHWAITE, C.W.; MATHER, J.R. **The water balance**. New Jersey: Laboratory of Climatology, 1955. 125p.

URURAHY, J.C.C.; COLLARES, J.E.R.; SANTOS, M. M.; BARRETO, R.A.A. Vegetação: as regiões fitoecológicas, sua natureza e seus recursos econômicos _ estudo fitogeográfico. In: **Brasil, Ministério das Minas e Energia, Secretaria Geral**. In: *Projeto RadamBrasil, Levantamento de Recursos Naturais*, vol.32, 1983. Rio de Janeiro: Vitória. Brasília, DF.

USTIN, S.L.; SMITH, M.O.; JACQUEMOUD, S.; VERSTRAETE, M.; GOVAERTS, Y. Geobotany: Vegetation Mapping for Earth Sciences. In **Remote Sensing for the Earth Sciences – Manual of Remote Sensing** . A.N. Rencz (ed.). 3rd edn. Vol. 3. John Wiley & Sons, New York, p. 189–249, 1999.