

Análise multitemporal da cobertura vegetal do Parque Estadual da Cachoeira da Fumaça/ES

Lomanto Zogaib Neves¹
Maiara Rodrigues Miranda¹
Reinaldo Baldotto Ribeiro Filho¹
Carlos Henrique Rodrigues de Oliveira²
Fabricia Benda de Oliveira¹

¹Universidade Federal do Espírito Santo - UFES
Centro de Ciências Agrárias - CCA
Alto Universitário, s/n, Caixa Postal 16 – Guararema - 29500-000 – Alegre/ES, Brasil
{lomantozogaib, maiaram123, reinaldobrfilho}@gmail.com; fabricia.oliveira@ufes.br

²Instituto Federal do Espírito Santo – IFES
Campus Ibatiba
Avenida 7 de novembro, s/n, Centro - 29395-000 – Ibatiba/ES
engcarloshenrique@yahoo.com.br

Abstract. Multitemporal analysis is the extraction of information from the same location data obtained at different times and is used in various studies, including monitoring of plant cover in parks. The study area includes the State Park “Cachoeira da Fumaça”, which is a conservation area and is part of the Atlantic forest biome. Its creation took place in the year 1984 and there was expansion of its area in 2009. To analyze the behavior of the vegetation in the Park, the present work had as objective to make a multitemporal analysis of its plant cover, in 1985, 1998 and 2010 years, using images from the satellite Landsat 5 TM sensor, in the bands 3, 4 and 5. The processing and analysis of data was carried out by means of *software* Spring 5.2. and ArcGIS®10. Supervised classification was used by maximum likelihood and picture from it were generated thematic maps with three classes: forest, pasture area and others to monitor the processes of forest regeneration and/or deforestation of the area. The results showed that during the period of 25 years the area classified as forest had an increase of 18.73%, this increase can be explained by initiatives of conservation management for conservation and reforestation of areas with native species. The pasture was 19.55% reduction and the other had increased 0.92 percent. The application of supervised classification of pictures proved effective for detection of changes in vegetation cover and environmental monitoring.

Palavras-chave: supervised classification, use and occupation, maximum likelihood, image processing, classificação supervisionada, uso e ocupação, máxima verossimilhança, processamento de imagens.

1. Introdução

A Mata Atlântica estendia-se, no período do descobrimento do Brasil, por 17 estados brasileiros, com uma área de 1.315.460 km², atualmente essa ocupação foi restrita a apenas 7,91% desse total. Sendo uma das áreas de maior biodiversidade do planeta e onde se encontram 61% da população do país (FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA, 2002). Para que essas áreas fossem melhores conservadas, criou-se as Unidades de Conservação (UC), oficializadas pela Lei Nº 9.985/2.000 e que foram definidas como meios ao qual se aplicam garantias adequadas de conservação, restauração e recuperação da biodiversidade. Segundo a mesma lei o Sistema Nacional de Unidades de Conservação – SNUC divide-se em dois grupos de conservação, as de uso sustentável, onde são permitidos o uso direto e indireto dos recursos oriundos das UC, e as de proteção integral, onde é permitido apenas o uso indireto dos recursos naturais. Neste grupo de conservação é que se encaixam os Parques Nacionais (ou Estaduais e Naturais Municipais quando criados pelo Estado ou pelo município respectivamente), que são áreas de domínio público e possuem o objetivo básico de preservar ecossistemas naturais de relevância ecológica e beleza cênica, e onde pesquisas científicas,

atividades de educação ambiental e turismo ecológico são permitidos desde que estejam estabelecidos no Plano de Manejo da unidade de conservação (BRASIL, 2000).

O Parque Estadual Cachoeira da Fumaça (PECF) foi criado em 24 de agosto de 1984 pelo decreto nº 2.791-ES como reserva florestal, e complementado pelo decreto nº 4.568-ES de 1990 e ampliado em 21 de Fevereiro de 2009 pelo artigo 1º do Diário Oficial. O PECF possui área aproximada de 162,50 hectares, situando-se nos municípios de Alegre e Ibitirama. O Parque possui queda d'água de 144 metros de altitude que é o principal atrativo turístico devido a grande beleza cênica da região que se insere no bioma da Mata Atlântica (SANCHES, 2012). Não há um relato científico de monitoramento da cobertura vegetal da área total do PECF, porém o INPE (1980) citado por Kleinpaul *et al.* (2005) relata a importância da realização deste tipo de trabalho para que se tenha conhecimento, de forma atualizada, de quais são os registros do uso do solo e sua localização na região, podendo acompanhar atividades que possam causar um impacto à Unidade de Conservação.

Segundo Torres (2011) o monitoramento de uma área de cobertura vegetal é essencial para adquirir informações sobre a realidade ambiental da área de estudo e contribui na busca de soluções de problemas que possam surgir. Ainda segundo a autora com o mapeamento temático da região pode-se verificar mudanças da paisagem e indicar a distribuição espacial real de distintos meios de uso dos recursos naturais, que estão sendo cada vez mais modificados pela ação antrópica. Aronoff (1991) e Burrough (1986) citados por Almeida (2007) mostram outra importância do uso integrado do sensoriamento remoto e sistemas de informações geográficas há possibilidade de agrupar numa mesma base de dados, dados espaciais ou não, com procedência e formato distintos, além de poder gerar novos elementos, admissíveis de serem observados na forma cartográfica.

De acordo com Carvalho Júnior *et al.* (2005) os trabalhos que abordam a análise multitemporal são cada vez mais usados considerando as características espectrais das imagens de satélite. Esses procedimentos permitem monitorar e auxiliar os trabalhos de extensão agrícola assim como avaliar a evolução ou diminuição dos grandes projetos agrários.

Assim, o presente trabalho tem por objetivo fazer uma análise multitemporal do PECF, utilizando imagens do satélite Landsat, sensor TM 5, nas bandas 3, 4 e 5, através da classificação supervisionada de imagens, gerando mapas temáticos com as seguintes classes: floresta, área de pastagem e outros, visando monitorar os processos de regeneração e desmatamento florestal.

2. Metodologia de Trabalho

A área analisada neste estudo compreende o Parque Estadual da Cachoeira da Fumaça, conforme ilustrado na Figura 1, que está compreendido entre as coordenadas W: 227500m e 229400m e S: 7717700m e 7715800m, localizado entre os municípios de Alegre e Ibitirama, na região Sul do Estado Espírito Santo. De acordo com o Incaper (2011) a topografia da região se caracteriza por ser acidentada e elevada, sendo que o clima caracteriza-se por verão quente e úmido e inverno seco.



Figura 1. Ortofoto do Parque Estadual da Cachoeira da Fumaça.
Fonte: Adaptado de IEMA, 2007.

Os dados da cobertura vegetal do Parque Estadual da Cachoeira da Fumaça foram obtidos a partir de imagens orbitais do satélite Landsat, sensor TM 5, nas bandas espectrais 3, 4, 5. De acordo com o INPE (2011), na banda 3, a vegetação verde, densa e uniforme, apresenta grande absorção, ficando escura, permitindo bom contraste entre as áreas ocupadas com vegetação, apresentando também bom contraste entre diferentes tipos de cobertura vegetal. Na banda 4, do infravermelho próximo, a vegetação verde, densa e uniforme, reflete muita energia aparecendo clara nas imagens. Já a banda 5, do infravermelho médio, apresenta maior sensibilidade ao teor de umidade das plantas. Além das imagens orbitais, foi utilizada a ortofoto da área de estudo (IEMA, 2007) para comparações visuais.

De acordo com Beluco (2002) o processo de classificação multiespectral ocorre da seguinte forma: atribui-se a cada pixel da imagem uma classe, com base em observações no pixel em si e na sua vizinhança. Na classificação supervisionada se identificam alguns pixels das classes desejadas e o programa localiza os demais pertencentes à mesma classe. Para este trabalho foi utilizada a classificação supervisionada de imagens por máxima verossimilhança, que trata da união entre os elementos do terreno e seus atributos na imagem, de maneira implícita, baseadas na lógica booleana. Essa técnica de representação apresenta dificuldade em lidar com fenômenos que não podem ser descritos por pertinência em um único conjunto, como misturas de cobertura que ocorrem frequentemente, implicando em perda substancial de informação espectral útil (Wang et al., 1990 citado por CADENA e GALO, 2010).

Nesse estudo foram analisadas três imagens Landsat, referentes à órbita 216 e cena 74, para os anos de 1985, 1998 e 2010. O ano de 1985 foi escolhido devido à criação do Parque Estadual da Cachoeira da Fumaça que ocorreu no ano anterior e ao início da disponibilização das imagens do satélite em questão.

O tratamento e análise dos dados foram realizados por meio dos softwares Spring 5.2. e Arcgis® 10. As imagens utilizadas foram recortadas a partir da delimitação do PECF para diminuir o tempo de processamento, visto que cada cena do sensor TM possui dimensões de 185 x 185km. A metodologia consistiu do pré-processamento, por meio da aplicação da técnica de contraste que de acordo com Rios *et al.* (2010) tem por objetivo modificar os níveis de cinza ou os valores digitais das imagens, de modo a destacar informações espectrais e melhorar a qualidade visual da imagem. Posteriormente coletaram-se amostras e a partir delas foram criadas três classes distintas, área de floresta, área de pastagem e outros. Para realização da classificação supervisionada utilizou-se o classificador de máxima verossimilhança (*maxver*).

3. Resultados e Discussão

O uso da classificação pelo classificador *maxver* e o treinamento de amostras se mostrou eficiente para a classificação da cobertura do solo proposta no PECF, demonstrando alto índice de desempenho nas classificações. Entretanto é possível observar regiões de confusão conforme mostra a Tabela 1.

Tabela 1. Percentual de desempenho geral e confusão média da classificação das imagens para os anos de 1985, 1998 e 2010.

Anos	Percentual de desempenho geral	Percentual de confusão média
1985	98.92	1.08
1998	89.79	10.21
2010	87.27	12.73

Esses resultados já eram aguardados, e podem ser explicados pelo trabalho de Correia *et al.* (2007), que os justifica a confusão devido ao problema de estabelecer classes temáticas na resolução das imagens de satélite utilizadas, que possuem uma limitação para discriminar alvos, misturando vários elementos na imagem, em virtude de não possuírem um nível de detalhe elevado como é o caso das florestas e pastagens, gerando impactos na resposta espectral das imagens e refletindo assim na caracterização dessas classes.

Ao compararmos visualmente as classificações dos anos de 1985, 1998 e 2010 (Figura 2), é possível observar um aumento efetivo na área de florestas, que pode ser confirmado através do cálculo das áreas na Tabela 2, principalmente na área ao sul. Este aumento pode ser explicado pela fiscalização mais rigorosa, principalmente pelo fato de que com a criação do parque em 1984 houve um aumento na área de preservação e a implantação da zona de amortecimento, restringindo atividades impactantes no entorno, assim como controle do desmatamento, e iniciativas da gestão do PECF para preservação e reflorestamento de áreas com espécies nativas.

Tabela 2. Áreas referentes às classes analisadas para os anos 1985, 1998 e 2010.

Anos	Floresta (ha)	Pastagem (ha)	Outros (ha)
1985	78.89	57.43	26.10
1998	100.09	35.59	26.84
2010	109.35	25.52	27.61

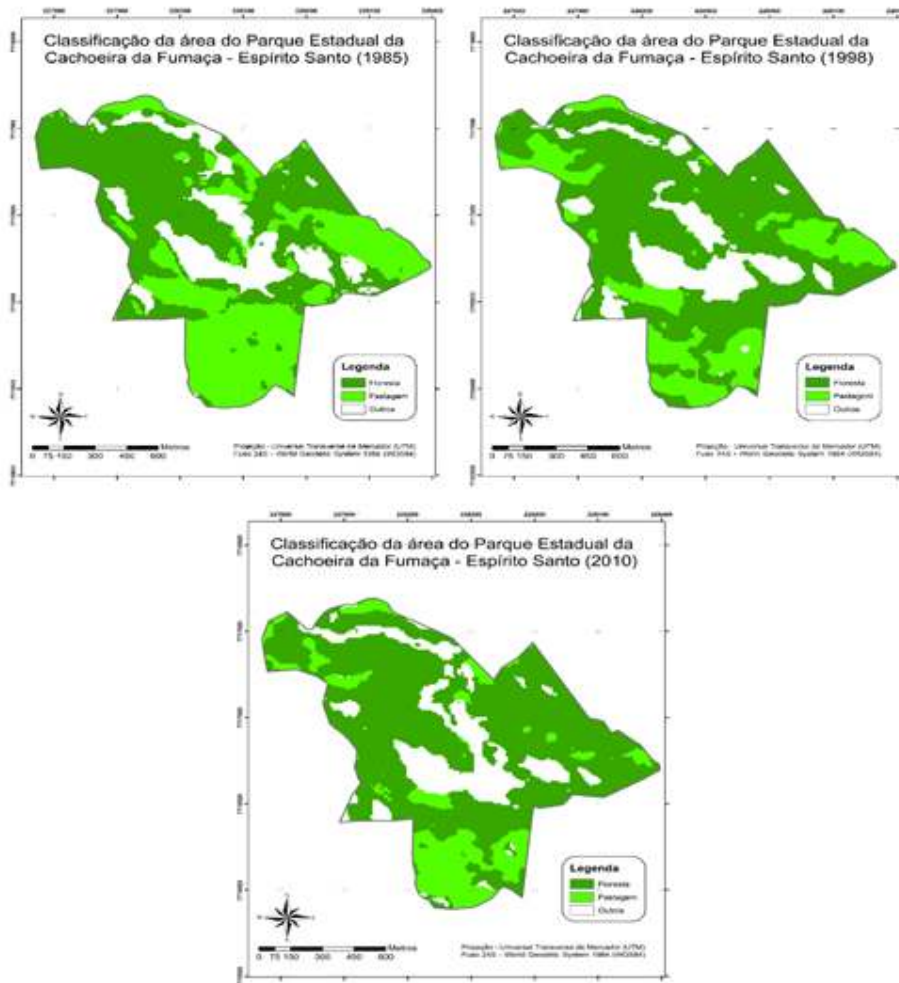


Figura 2. Classificação da área de estudo para os anos de 1985, 1998 e 2010.

Podemos notar que entre os anos de 1985 e 1998 houve um aumento da área classificada como floresta, enquanto a área de pastagem reduziu. Já no período compreendido entre os anos de 1998 e 2010 foi possível verificar que a área de floresta teve aumento, em menor proporção que no período anterior estudado, e a área de pastagem reduziu.

Na Figura 3 temos uma comparação entre a ortofoto da área de estudo e a classificação realizada para o ano de 2010, onde é possível perceber regiões de pastagens e florestas classificadas como outros, e o oposto também é verificado, regiões apontadas erroneamente como pastagens e floresta quando na verdade pertencem a outras classes.

De acordo com Silva (2002) esses erros podem ser explicados devido à presença de sombras nas imagens que diminui a visibilidade e que é comum em áreas de relevo acidentado. Dessa forma áreas de sombra são visualizadas mais escuras pelos sensores gerando imagens com áreas de confusão e comprometendo a classificação.

Resultados semelhantes foram encontrados no trabalho de Rodrigues e Szlafsztein (2011), onde ao analisar uma área de Reserva Extrativista, os autores constataram que a percentagem de floresta vinha aumentando nos primeiros anos estudados, 1986 e 2001, mas decaiu em 2009, último ano analisado. Esse decréscimo não foi atribuído a um aumento no desmatamento e sim a um provável aumento na quantidade de nuvens na imagem analisada.

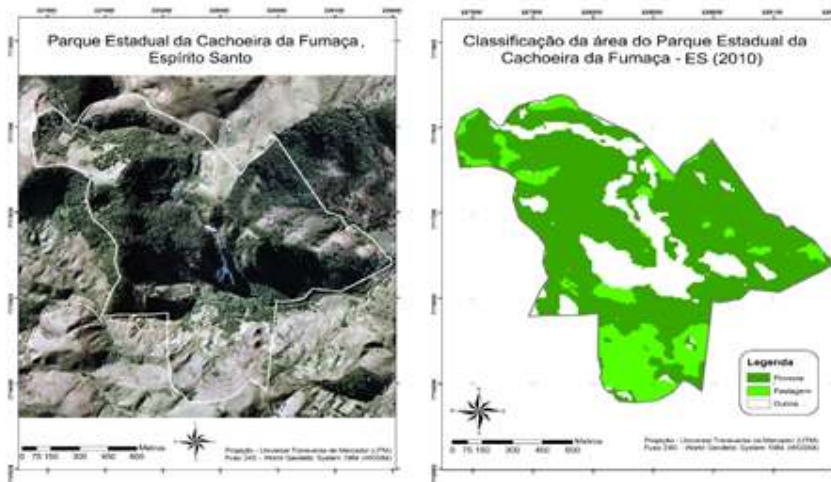


Figura 3. Detalhamento comparando a ortofoto da área de estudo no ano com a classificação de 2010.

4. Conclusões

A aplicação da classificação supervisionada de imagens se mostrou eficaz para detecção das mudanças na cobertura vegetal da área estudada, constituindo uma ferramenta de grande importância para o monitoramento ambiental.

As classificações a partir das imagens do satélite do Landsat, sensor TM 5 demonstraram-se eficientes para o trabalho, visto que as áreas das classes que foram observadas condizem com a realidade.

Nota-se que o PECF cumpre com seu papel como unidade de conservação de uso integral, visto que de acordo com os resultados, ele vem contribuindo para preservação de ecossistemas naturais de grande relevância ecológica e beleza cênica, além da recuperação de áreas de pastagem utilizando espécies nativas.

O software Spring 5.2. mostrou-se uma boa ferramenta para analisar as questões de reflorestamento e por ser um software livre, serve como opção para planejamento e análises com baixo custo.

Agradecimentos

Os autores agradecem à Fundação de Amparo à Pesquisa do Espírito Santo (FAPES), pelo financiamento do trabalho e pelas bolsas concedidas, aos chefes e gestores do Parque Estadual Cachoeira da Fumaça (PECF), pela contribuição para o desenvolvimento desta pesquisa e a Universidade Federal do Espírito Santo, por disponibilizar toda a sua infraestrutura necessária para o processamento dos dados.

Referências Bibliográficas

Almeida, A. Q. de. **Influência do desmatamento na disponibilidade hídrica da bacia hidrográfica do Córrego do Galo, Domingos Martins, ES**. Vitória: UFES, 2007. 92 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2007.

Beluco, A. **Classificação de Imagens de Sensoriamento Remoto Baseada em Textura por Redes Neurais**. Porto Alegre: UFRGS, 2002. 154 f. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2002.

Brasil. Lei nº 9.985, de 18 de Julho de 2000. **Constituição Federal**, Brasília, DF. Institui o Sistema Nacional de Unidade de Conservação.

Brasil. Lei nº 2.791-ES, de 24 de agosto de 1984. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 21 fev. 2009. Espírito Santo. Institui o Parque Estadual da Cachoeira da Fumaça e dá outras providências.

Cadena, G. T.; Galo, M. de L. B. T. Classificação supervisionada utilizando classificadores *fuzzy* e por máxima verossimilhança. In: Simpósio Internacional Selper, 14., 2010, Guanajuato. **Anais...** Presidente Prudente: Unes, 2010. Artigos, p. 03-07. Disponível em: < <http://www.selper-mexico.org.mx/XT%20PDF/SENSORES/SEN-01.pdf>> Acesso em: 28 out. 2012.

Carvalho Júnior, O. A.; Guimarães, R. F.; Carvalho, A. P. F.; Gomes, R. A. T.; Melo, A. F.; Silva, P. A. Processamento e análise de imagens multiespectrais para o perímetro de irrigação de Gorutuba (MG). In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 12., 2005, Goiânia. **Anais...** São José dos Campos, SP: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2005, p. 473-480.

Correia, V. R de M., Monteiro A. M. V., Carvalho M. S., Werneck G. L.. **Uma aplicação do sensoriamento remoto para a investigação de endemias urbanas.** Cad. Saúde Pública, Rio de Janeiro, RJ, 2007.

Fundação SOS Mata Atlântica, São Paulo, 2012. Disponível em: <<http://www.sosma.org.br/nossa-causa/a-mata-atlantica/>>. Acesso em: 20 out. 2012.

IEMA – Instituto Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos. Ortofoto Mosaico cedido pelo IEMA. Vitória (ES), 2007. 06 Ortofotos.

Incapar - Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural. 2011. Vitória. Disponível em: <www.incapar.es.gov.br/proater/municipios/Caparao/Alegre.pdf>. Acesso em: 28 out. 2012.

INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. 2011. São José dos Campos. Disponível em: http://www.dgi.inpe.br/Suporte/files/Cameras-LANDSAT57_PT.php. Acesso em 02 nov. 2012.

Kleinpaul, J. J.; Pereira, R. S.; Hendges, E. R.; Benedetti, A. C. P.; Zorzi, C.; Ferrari, R. Análise multitemporal da cobertura florestal da microbacia do Arroio Grande, Santa Maria, RS. **Bol. Pesq. Fl.**, n. 51, p. 171-184, 2005. Revista ES Brasil. Vitória: Next Editorial n. 82, mai. 2012.

Rios R. O.; Almeida M. das G.; Ribeiro M. M. 2010. Análise do Uso e Ocupação do Solo da Cidade de Vitória-ES Usando A Composição Colorida De Imagens Orbitais Fornecidas Pelo Satélite LANDSAT-7. ERMAC 2010: I Encontro Regional De Matemática Aplicada E Computacional. 11-13 de Novembro de 2010, São João Del Rey, MG; p. 251-257.

Rodrigues, T. W. P.; Szlafsztein, C. Análise multi-temporal da cobertura da terra antes e depois da criação da Resex Marinha de Soure-PA. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 15., 2011, Curitiba. **Anais...**, São José dos Campos, SP: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2011, p. 6963-6967.

Sanches, J. **Parque Estadual da Cachoeira da Fumaça.** Revista ES Brasil. Vitória: Next Editorial n. 82, mai. 2012.

Silva, L. B. de S. M. . **Análise multitemporal do uso da terra e a organização do espaço do parque nacional de chapada dos Guimarães – Estado do Mato Grosso.** Cuiabá: UFMG, 2002. 145 f. Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical) – Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2002.

Torres, D. R. **Análise multitemporal do uso da terra e cobertura florestal com dados dos satélites Landsat e Alos.** Santa Maria: UFSM, 2011. 96 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2011.