

As perspectivas de uso de imagens de alta resolução em estudos ecológicos – um estudo de caso para o Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba, RJ.

Elisa Araujo Penna Caris
Bruno Coutinho Kurtz
Carla Bernadete Madureira Cruz
Fabio Rubio Scarano

Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ
Departamento de Geografia – Av. Athos da Silveira Ramos, 283, sala I-012
Cidade Universitária, Ilha do Fundão, Rio de Janeiro, Brasil
elisacaris@yahoo.com.br
cmad@ufrj.br

Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro
Rua Pacheco Leão 915, Rio de Janeiro, Brasil
bkurtz@jbrj.gov.br
fscarano@jbrj.gov.br

Abstract: The creation of maps reflecting land use and occupation, through interpretation of satellite images, facilitates and promotes the understanding and monitoring of the terrestrial situation. Among the best known geotechnologies, remote sensing is a key data source that provides periodic images at different resolutions. The objectives of this study were to identify and characterize the *Clusia* shrub formation, using Ikonos II images in the Restinga de Jurubatiba National Park (PNRJ). Ikonos II images allowed a better class subdivision for use and land occupation, and the theme map at a 1:10.000 scale for the southwest area of PNRJ, resulted in the identification of 15 classes. In this area, the *Clusia* shrub formation, represented 46.71% of the area. The individualization of vegetation islands took place in 247 ha of the area, and counted 3,374 vegetation islands. Sand covered 60.13% of the surface and vegetation islands added up to 39.87%. Vegetation island distribution was not uniform throughout the formation, and areas with high or low vegetation cover appeared. Most islands (81.5%) had elongated and very elongated shapes, in contrast with studies that define them as hemispheric. On the one hand, digital processing of the images clusters closely neighbouring islands in homogeneous regions. On the other hand, islands proximity might mean that merging and splitting of islands might be a frequent process in this vegetation.

Palavras-chave: remote sensing, sandy coastal plans ecosystem, *Clusia* formation, sensoriamento remoto, ecossistemas de restinga, formação de *Clusia*

1. Introdução

Atualmente, os satélites de alta resolução surpreendem os usuários pelo grau de detalhe das informações e conseqüente discriminação dos elementos da superfície terrestre. Dentre os satélites de alta resolução está o Ikonos II lançado em 1999 pela *Space Imaging* para fornecer imagens de alta resolução, com fins de mapeamento e monitoramento (Dial et al. 2003), permitindo trabalho em escala até 1:10.000. Em função da sua resolução, seus dados vêm sendo amplamente aplicados na identificação de fisionomias vegetais com discriminação de espécies (Dlugosz et al. 2005), manejo (Goetz et al. 2003) e monitoramento de recursos (Sawaya et al. 2003), entre outras aplicações.

O Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba (PNRJ) está localizado no norte do estado do Rio de Janeiro. No que diz respeito à diversidade vegetal, Araujo et al. (1998)

identificaram 10 comunidades vegetais na área do PNRJ: três formações florestais, três arbustivas abertas, uma arbustiva fechada, duas formações herbáceas e uma aquática. Entre estas formações, a melhor estudada até agora é a arbustiva aberta de *Clusia* que é constituída por moitas (ilhas de vegetação) de variados tamanhos, intercaladas por espaços de areia, onde a cobertura vegetal é esparsa. *Clusia hilariana* Schltdl. (Clusiaceae) ocupa posição central em grande parte das moitas, onde domina o dossel (Dias et al. 2005).

Os estudos desenvolvidos no PNRJ mostraram que *Clusia hilariana* contribui decisivamente para a ciclagem de nutrientes nesta vegetação, já que 80% do seu material foliar é encontrado na serapilheira (Dias et al. 2006). Esta espécie vem também sendo apontada como facilitadora à germinação e crescimento de um grande número de outras espécies vegetais (Dias & Scarano 2007). Acredita-se que parte do seu sucesso esteja relacionado ao fato de possuir metabolismo ácido das crassuláceas (CAM, i.e. assimilação noturna de carbono; Franco et al. 1999), o que torna a vegetação do PNRJ uma das únicas do planeta a ter uma cobertura vegetal predominantemente CAM. Em função disto, tem-se especulado acerca do seu potencial para seqüestro de carbono, já que uma composição mista e proporcional de plantas C3 e CAM garantiria assimilação contínua de carbono ao longo das 24 horas do dia.

Assim, a grande importância de *Clusia hilariana* para o funcionamento deste ecossistema tem demandado esforços científicos, que vão desde o nível molecular (Martins et al. 2007) até o ecossistêmico (Dias et al. 2006). Este trabalho amplia estes estudos em mais uma escala, incorporando o nível da paisagem, e tem como objetivo identificar e caracterizar a formação de *Clusia* e quantificar as ilhas de vegetação que compõem esta formação. Para isto, foi primeiro elaborado um mapa temático do trecho em questão, a partir de imagens de satélite de alta resolução, para depois, num recorte deste mapa, quantificar as ilhas de vegetação em 247 ha.

2. Metodologia de Trabalho

O PNRJ (22°-22°23'S; 41°15'-41°45'W), está localizado nos municípios de Macaé, Carapebus e Quissamã, norte do estado do Rio de Janeiro, tem área de 14.839 ha e abriga um dos mais importantes e extensos remanescentes de restinga do Brasil (Figura 1). Foram utilizadas duas imagens Ikonos II Geo de 24 de agosto de 2001, cedidas pelo CENPES-BR. A área abrangida por estas imagens compreende a porção sudoeste do PNRJ, onde está localizada a maior parte dos estudos ecológicos desenvolvidos na Formação de *Clusia*

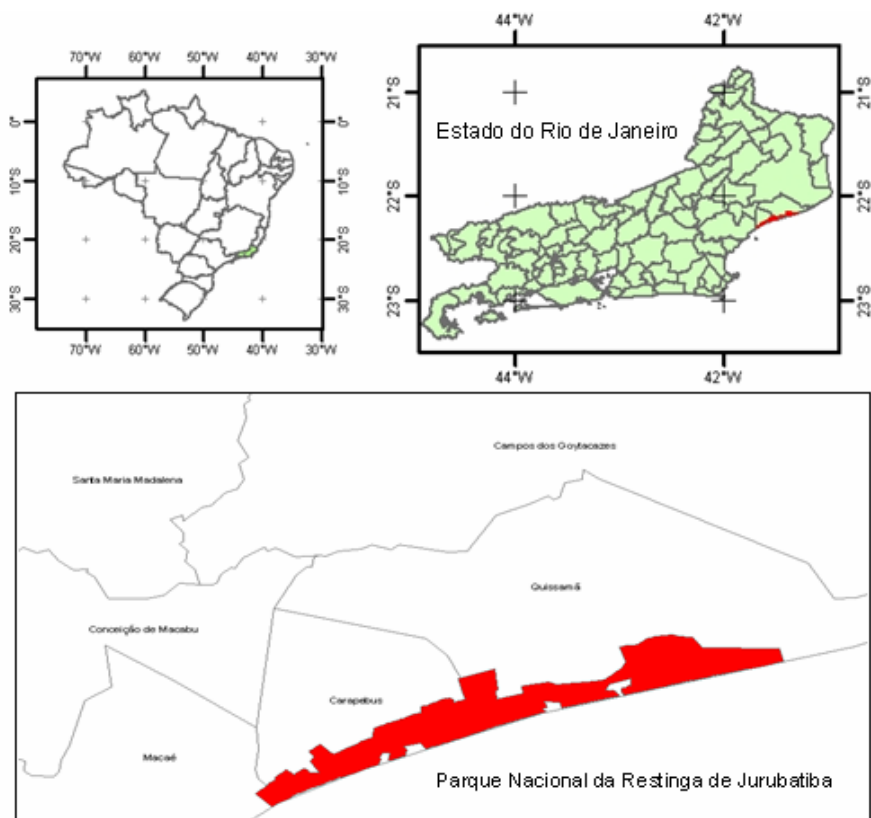


Figura 1: Localização do PNRJ.

Estas imagens foram ortorretificadas, a partir da coleta de pontos de controle no terreno, utilizando aparelhos DGPS (*Differential GPS*). Depois que as imagens foram corrigidas, as cenas foram mosaicadas no PCI – (*Gemomatica OthoEngine Version 10.0*). O limite do PNRJ foi obtido através do *site* do IBAMA (www.ibama.gov.br) no formato *shapefile*. Foram utilizadas as 4 bandas (azul, verde, vermelho e infravermelho próximo), com resolução de 1 m. Para escolha das amostras das classes e validação da classificação foram efetuadas duas excursões a campo.

O PDI para elaboração do mapa temático e identificação e quantificação das ilhas de vegetação da formação de *Clusia* foi realizado em duas etapas. Na elaboração do mapa temático foi utilizada classificação orientada ao objeto (Baatz et al. 2004) desenvolvida no *software e-Cognition*. O parâmetro de escala utilizado para segmentação foi de 30. As classes foram definidas como:

- Formação Florestal: matas encontradas em terreno de restinga;
- Formação de Ericaceae: moitas alinhadas em “faixas” aproximadamente paralelas à praia, separadas entre si por corredores de vegetação herbácea, densa ou esparsa;
- Formação de *Clusia*: moitas de variados tamanhos, intercaladas por espaços de areia onde a cobertura vegetal é esparsa;
- Formação Arbustiva fechada de pós-praia: faixa de vegetação que cobre a crista do cordão arenoso externo;
- Formação Halófila-psamófila reptante: faixa de vegetação que tem início próximo à escarpa praial;
- Formação Herbáceo-brejosa: vegetação que ocorre nas depressões intercaladas às cristas de praia e também nas extremidades dos braços de lagoas onde o terreno é um pouco mais elevado;

- Agricultura: áreas de cultivo de coco;
- Pastagem: vegetação graminóide para o pastoreio de bovinos;
- Solo exposto: área com exposição do solo;
- Estradas: estradas de terra;
- Área Edificada: pequenas edificações;
- Corpos d'água: lagoas;
- Linha de praia: faixa de areia entre o mar e a formação halófila-psamófila reptante;
- Área degradada: áreas em que a vegetação nativa está degradada;
- Oceano Atlântico.

Após esta etapa foram selecionadas amostras de cada uma das classes a serem mapeadas. Foi gerada uma primeira classificação baseada no vizinho mais próximo. As amostras selecionadas serviram para identificação dos descritores, que constituiu a caracterização de cada uma das classes através do seu comportamento espectral em cada banda. Os descritores utilizados foram: média, desvio padrão e razão entre bandas. Gerou-se uma segunda classificação mais refinada, a partir da modelagem destes descritores. Esta técnica de classificação garantiu um alto grau de automatização no processo, tendo-se obtido mais de 90% de acertos para grande parte das classes, diminuindo bastante a necessidade de edição manual, que foi realizada no *software ArcGis* no módulo *ArcMap*. Posteriormente, as classes foram quantificadas para este trecho do PNRJ. Todos os cruzamentos e cálculos foram realizados no *ArcGis*.

Para individualização das ilhas de vegetação foi utilizada a classificação supervisionada (parâmetros de segmentação: similaridade 20 e área 40; algoritmo: distância de *Battacharya* com 99,5% de aceitação) desenvolvida no Spring (Versão 4.1), uma vez que o resultado da segmentação neste software permitiu uma melhor individualização das ilhas de vegetação, se comparada com o *software e-Cognition*.

Para cada uma das ilhas de vegetação foi calculado um índice de circularidade, conforme descrito na equação abaixo:

$$IC = \frac{2 \cdot \sqrt{I \cdot S}}{P}$$

onde:

IC = índice de circularidade;

S = área da ilha de vegetação;

P = perímetro da ilha de vegetação.

Quando este índice é menor que 0,6 as ilhas são consideradas “muito alongadas”, entre 0,6 e 0,8 “alongadas”, e maiores que 0,8, “arredondadas” (Viana & Pinheiro 1998).

3. Resultados e Discussão

A legenda da Figura 3 é o resultado do processo de classificação automática aliada à interpretação visual da imagem e compreende 15 classes de uso e cobertura do solo.

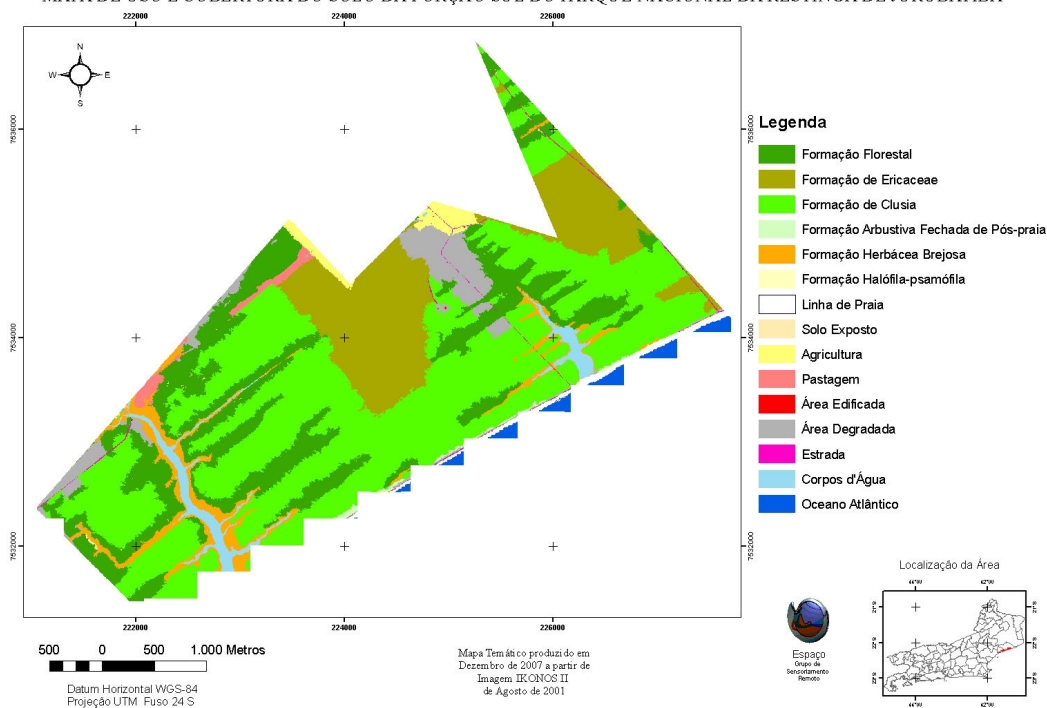


Figura 3: Mapa temático produzido a partir de imagens Ikonos II da porção sudoeste do PNRJ.

A área e porcentagem de cada classe estão apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1: Área (em hectares) e porcentagem de cada uma das classes de uso e cobertura do solo da porção sudoeste do PNRJ.

Classes	Área em hectares	%
Formação florestal	266,93	20,11
Formação de Ericaceae	217,83	16,41
Formação de <i>Clusia</i>	619,96	46,71
Formação halófila-psamófila	1,35	0,10
Formação arbustiva fechada de pós-praia	4,02	0,30
Formação herbáceo-brejosa	57,46	4,33
Área degradada	61,87	4,67
Área edificada	0,10	0,01
Pasto	11,92	0,90
Agricultura	17,98	1,35
Corpos d'água	32,53	2,45
Solo exposto	0,72	0,05
Não classificado	0,02	0,002
Linha de praia	11,92	0,90
Estrada	4,56	0,34
Oceano Atlântico	17,96	1,35
Total	1327,13	100,00

Com relação à cobertura vegetal, a classe com maior representatividade é a formação de *Clusia* (46,71%). Esta classe apresenta áreas em que o adensamento das ilhas de vegetação é maior e áreas com menor adensamento, gerando respostas espectrais diferenciadas.

Foram encontradas 3.374 ilhas de vegetação nos 247 ha mapeados (Figura 4). O tamanho das ilhas de vegetação variou de 9,41 m² até 5.354,87 m². A cobertura vegetal destas ilhas é de 39,87%, enquanto que a de areia é de 60,13%. No entanto, o presente trabalho pode

ter subestimado, em cerca de 5%, a cobertura vegetal, em função da limitação de individualização de ilhas com área menor que 9 m². Considerando-se a distribuição de tamanho de 278 ilhas, Zaluar (1997) encontrou que a maior parte delas (82%) tinha área menor que 5 m². De acordo com o autor, estas ilhas contribuíam apenas com cerca de 5% da cobertura vegetal.

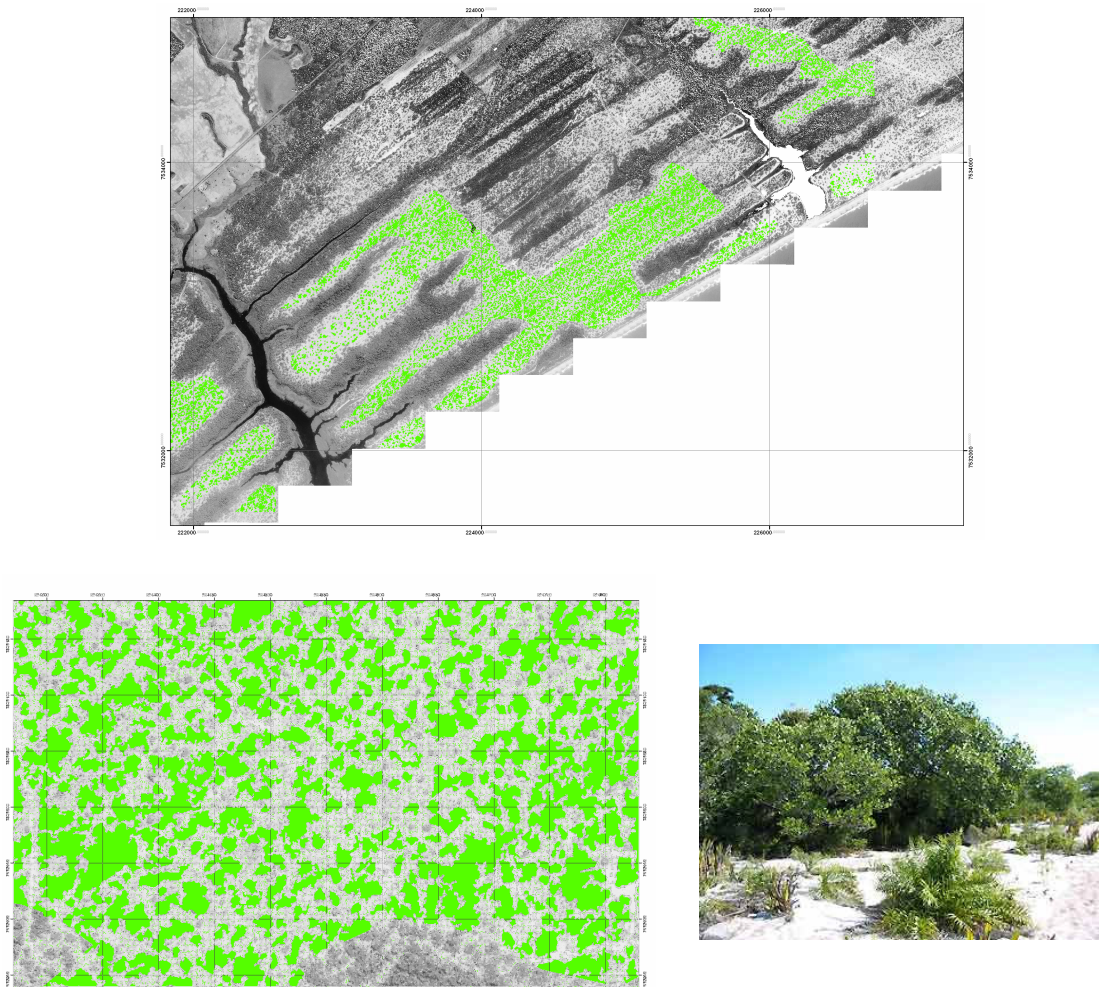


Figura 4: Mapa das ilhas de vegetação da formação arbustiva aberta de *Clusia*, e um detalhe destas ilhas.

Com relação ao formato das ilhas, é possível encontrar desde formas esféricas até formas totalmente irregulares (Tabela 2).

Tabela 2. Forma das ilhas de vegetação da formação arbustiva aberta de *Clusia* em função do índice de circularidade.

<i>Forma da ilha de vegetação</i>	<i>Número de ilhas de vegetação</i>	<i>%</i>
Circular	624	18,5
Alongada	1434	42,5
Muito alongada	1316	39,0

As ilhas de vegetação que compõem esta formação são freqüentemente citadas como tendo forma hemisférica (e.g. Dias & Scarano 2007). Este trabalho, entretanto, indica que a

maior parte das ilhas (81,5%) apresenta forma alongada ou muito alongada (Tabela 2). Este resultado pode estar influenciado pela dificuldade de individualização das ilhas, que acabou por agrupar aquelas mais próximas entre si. Entretanto, esta distribuição espacial de ilhas próximas pode também estar relacionada com a própria dinâmica da vegetação: ao mesmo tempo em que encontramos ilhas se unindo, existem outras se separando. A comparação de uma série temporal de fotografias aéreas (ou imagens de satélite de alta resolução) permitiria inferir na dinâmica e sucessão deste tipo de vegetação (Scarano 2002).

Uma das dificuldades encontradas durante o processamento da imagem foi a individualização das ilhas de vegetação. Apesar da segmentação no Spring ter levado a melhores resultados se comparados com o *e-Cognition* (Figura 5), em função da resolução radiométrica (11 bits) da imagem, o volume de dados processados foi muito grande o que acabou por limitar o tamanho da área de estudo e inclusive os parâmetros de segmentação utilizados. Como resultado, muitas muito pequenas não puderam ser individualizadas.

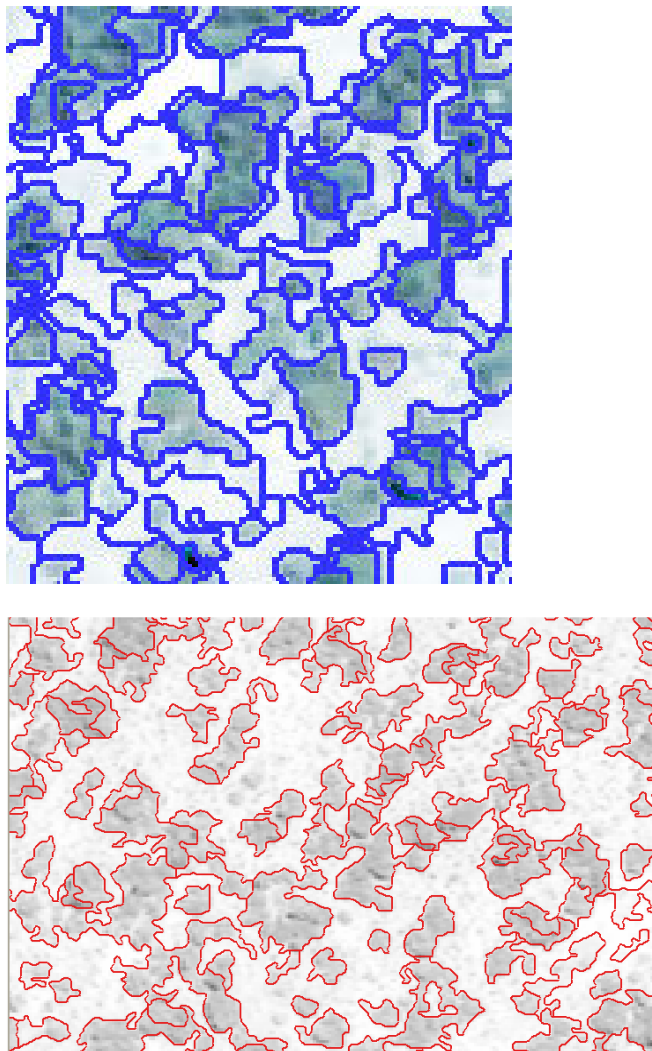


Figura 5: A segmentação do *e-Cognition* (em azul) não suavizou os contornos como a segmentação do Spring (em vermelho). Nestas mesmas figuras é possível perceber a segmentação unindo ilhas de vegetação muito próximas entre si.

Em outros casos, dada a proximidade entre as ilhas de vegetação, o processo de segmentação da imagem não foi capaz de individualizá-las. Como resultado, foi preciso editar manualmente, dividindo os polígonos, para que estas ilhas pudessem ser separadas. Isto ocorreu frequentemente em áreas onde o adensamento das ilhas era maior (Figura 5). Já nos locais em que predominava a areia, a individualização das ilhas foi obtida sem que fosse necessária a edição manual.

4. Conclusão

O uso de imagens de satélite de alta resolução representa grande potencial para estudos ecológicos. O maior detalhamento proporcionado pela imagem Ikonos II permite identificar uma quantidade maior de classes. Áreas degradadas passam a ser discriminadas, permitindo que ações referentes à sua recuperação sejam tomadas. O uso de imagens Ikonos II também permitiu mapear as ilhas de vegetação que compõem a formação arbustiva aberta de *Clusia* numa escala de paisagem, sem a necessidade de um exaustivo trabalho de campo. Entretanto, é preciso levar em consideração as limitações do processamento digital das imagens no que diz respeito à individualização de ilhas com área inferior a 9 m².

Referências Bibliográficas

- Araujo, D.S.D., Scarano, F.R., Sá, C.F.C., Kurtz, B.C., Zaluar, H.L.T., Montezuma, R.C.M. & Oliveira, R.C. 1998. Comunidades vegetais do Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba. In **Ecologia das lagoas costeiras do Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba e do município de Macaé** (F.A. Esteves, ed.). NUPEM-UFRJ, Rio de Janeiro, pp. 37-62.
- Baatz, M.; Benz, U.; Dehghani, S.; Heynem, M. Holtje, A.; Hofmann, P.; Lingensfelder, I.; Mimler, M.; Sohlbach, M.; Weber, M. & Wilhauck, G. 2004. **e-Cognition Professional User Guide 4**. Munchen, Defiens Imaging GmbH.
- Dial, G.; Bowen, H.; Gerlach, F.; Grodecki, J. & Oleszczuck. 2003. Ikonos satellite, imagery, and products. 2003. **Remote Sensing of Environment**, 88: 23-36.
- Dias, A.T.C.; Mattos, E.A. De; Vieira, S.A.; Azeredo, J.V. & Scarano, F.R. 2006. Above ground biomass stock of native woodland on a Brazilian Sandy coastal plain: estimates based on the dominant tree species. **Forest Ecology and Management**, 226: 364-367.
- Dias, A.T.C., Zaluar, H.L.T., Ganade, G. & Scarano, F.R. 2005. Canopy composition influencing plant patch dynamics in a Brazilian sandy coastal plain. **Journal of Tropical Ecology**, 21: 343-347.
- Dias, A.T.C. & Scarano, F.R. 2007. *Clusia* as nurse plant. In: *Clusia: a woody Neotropical genus of remarkable plasticity and diversity*. (U. Lüttge, ed.). Springer-Verlag, Berlin, pp. 55-71.
- Dlugosz, F.L., Rosot, N.C., Rosot, M.A.D. & Oliveira, Y.M.M. de. 2005. Uso da segmentação por crescimento de regiões em imagens Ikonos na discriminação de tipologias da Floresta Ombrófila Mista. In: **Anais do XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, pp. 1493-1500, Goiânia.
- Franco, A. C., Herzog, B., Hübner, C., De Mattos, E. A., Scarano, F. R., Ball, E. & Lüttge, U. 1999. Diurnal changes in chlorophyll a fluorescence, CO₂-exchange and organic acid decarboxylation in tropical CAM tree *Clusia hilariana*. **Tree Physiology**, 19:635-644.
- Goetz, S.J.; Wright, R.K.; Smith, A.J.; Zinecker, E. & Schaub, E. 2003. IKONOS imagery for resource management: Tree cover, impervious surface, and riparian buffer analyses in the mid-Atlantic region. **Remote Sensing of Environment**, 88 (1-2): 195-208.
- Martins, R.L.; Wendt, T.; Margis, R. & Scarano, F.R. 2007. Reproductive Biology. In: **Clusia: a woody Neotropical genus of remarkable plasticity and diversity**. (U. Lüttge, ed.). Springer-Verlag, Berlin.
- Sawaya, K.E.; Olmanson, L.G.; Heinert, N.J.; Brezonik, P.L. & Bauer, M.E. 2003. Extending satellite remote sensing to local scales: land and water resource monitoring using high-resolution imagery. **Remote Sensing of Environment**, 88: 144-156.
- Scarano, F.R. 2002. Structure, function and floristic relationships of plant communities in stressful habitats marginal to the Brazilian Atlantic rain forest. **Annals of Botany**, 90:517-524.
- Viana, V.M. & Pinheiro, L.A.F.V. 1998. Conservação da biodiversidade em fragmentos florestais. **Série Técnica IPEF**, 12(32): 25-42.
- Zaluar, H.L.T. 1997. **Espécies focais e a formação de moitas na restinga aberta de Clusia, Carapebus, RJ**. Dissertação de M.Sc., Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.