

Painel

Sensoriamento Remoto e Geomática - Sensoriamento Remoto e Geomática

33.34.129 - GEOTECNOLOGIAS APLICADAS À CARACTERIZAÇÃO ESPACIAL DAS FITOFISIONOMIAS DE MANGUEZAL: UM ESTUDO DE CASO NA BARRA DO UNA (PERUÍBE, SÃO PAULO, BRASIL)

NICHOLAS KRIEGLER, SABRINA LEITE ALVES, MARISA DANTAS BITENCOURT, MARCELO ANTONIO AMARO PINHEIRO, LUCIANA CAVALCANTI MAIA SANTOS

Contato: LUCIANA CAVALCANTI MAIA SANTOS - SANTOS.LUCIANACM@GMAIL.COM

Palavras-chave: sensoriamento remoto; manguezal, apicum, RapidEye

INTRODUÇÃO

Manguezais são ecossistemas costeiros de transição entre os ambientes terrestre e marinho, ocorrendo ao longo das regiões (sub)tropicais do mundo, e caracterizados por uma vegetação típica de plantas halófitas facultativas, sujeitas ao regime das marés (ALONGI, 2016; SCHAEFFER-NOVELLI et al., 2016). Devido a menor influência das marés e baixa taxa de precipitação, nos limites dos manguezais existem os apicuns, uma fitofisionomia desse ecossistema, também denominados de planícies hipersalinas (SCHAEFFER-NOVELLI et al., 2016). No apicum a salinidade do solo faz com que a vegetação seja primordialmente composta por plantas herbáceas ou arbustivas, apresentando uma maior ou menor colonização das plantas típicas do manguezal, dependendo da influência climática (ALBUQUERQUE et al., 2014).

Manguezais e apicuns são ambientes propícios para o acasalamento e berçário para várias espécies, sustentando uma grande diversidade de animais, muitos dos quais apresentam importância socioeconômica (ALONGI, 2002). Apesar dessa importância, esses ambientes vêm sofrendo impactos em diferentes partes do mundo devido à aquicultura, expansão urbana e salinas (ALBUQUERQUE et al., 2014; SANTOS et al., 2014), além de serem ambientes extremamente vulneráveis aos impactos de mudanças climáticas como a elevação do nível do mar (SCHAEFFER-NOVELLI et al., 2016). Nesse contexto, o sensoriamento remoto torna-se uma ferramenta essencial para prover informações sobre o estado de conservação e monitoramento dos manguezais e apicuns. O desenvolvimento de novas geotecnologias de alta resolução espacial permite estudo e mapeamento da vegetação dos manguezais em grande escala (KUENZER et al., 2011; SANTOS e BITENCOURT, 2016). Um exemplo são as imagens do satélite RapidEye, que apresentam uma resolução de 5 metros e a banda do RedEdge, que proporcionam ótimos dados para o monitoramento das fitofisionomias dos manguezais (SANTOS et al., 2017). Este trabalho tem como objetivo mapear e caracterizar as

fitofisionomias de um manguezal (Sudeste do Brasil), utilizando diferentes técnicas de sensoriamento remoto e imagens RapidEye.

METODOLOGIA

A área de estudo do presente trabalho está localizada no Sudeste do Brasil e faz parte litoral Sul do São Paulo (Município de Peruíbe), estando inserida na Estação Ecológica Jurêia-Itatins, uma das mais preservadas Unidades de Conservação do Estado de São Paulo. Dentro dessa ESEC encontra-se o Rio Una do Prelado, com seus manguezais extremamente preservados (Por e Imperatriz-Fonseca, 1984). Distante de grandes centros urbanos e com mínima influência antrópica, o estuário do Rio Una é um excelente local de referência para estudos de manguezais (DUARTE et al., 2016).

Uma imagem do satélite RapidEye da área de estudo, ano de 2015, foi obtida no site do Geo Catálogo do Ministério do Meio Ambiente. As imagens do RapidEye têm resolução espacial de 5 metros, resolução radiométrica de 12 bits e 5 bandas no espectro eletromagnético (Blue: 1, Green: 2, Red: 3, Red Edg: 4 e e Infra-Red: 5). Essa imagem foi processada no software SPRING (CÂMARA et al., 1996), no qual foram aplicadas técnicas qualitativas e quantitativas (e.g. SANTOS e BITENCOURT, 2016). Primeiramente, a imagem foi importada e foi gerado um banco de dados e projeto. Foi realizado um recorte de todas as bandas para seleção da área de estudo em interesse (escala de 1:3.000). Em seguida foi produzida uma composição colorida com a seguinte associação de canais e bandas: R(3)G(4)B(5) e aplicado um contraste linear. Essa composição colorida foi usada para a análise visual e discriminação das três fitofisionomias do manguezal: margem, transição e apicum, e de duas classes da paisagem: corpos d'água e mata atlântica, com base nos elementos de interpretação visual: cor, textura, forma e localização, sendo produzida uma chave de interpretação visual. Posteriormente, foi procedida uma classificação supervisionada utilizando o algoritmo de máxima verossimilhança (MAXVER).

No treinamento foi adquirido um total de 20 amostras das classes: margem, transição, apicum, corpos d'água e mata atlântica. As amostras foram analisadas estatisticamente, gerando a matriz de confusão de classes, e calculado o desempenho médio, confusão média e índice kappa da classificação. Devido algumas áreas terem sido classificadas erroneamente, foi procedida uma edição matricial. Por fim, foi utilizado o módulo SCARTA para produção do mapa das fitofisionomias do manguezal da área de estudo. Ademais, dados coletados em campo referentes à composição e estrutura (diâmetro a altura do peito, altura e densidade) da vegetação nas três fitofisionomias foram tabulados e analisados estatisticamente no Excel e no GraphPad (SCHAEFFER-NOVELLI et al. 2015).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A composição colorida realizada com as bandas do vermelho, infra vermelho e Red Edge permitiu captar os extremos de absorbância e refletância da vegetação o que resultou em uma boa discriminação visual dos alvos, permitindo identificar 5 classes distintas na área de estudo: Margem, Transição e Apicum, fitofisionomias do manguezal, além de Água e Mata Atlântica. A classe Água, representada pelos braços de rio e canais de maré, apresentou uma textura lisa e cor preta, devido à baixa refletância desses alvos. A Mata Atlântica apresentou uma coloração laranja clara e textura rugosa, devido à alta densidade das copas da vegetação. Foi possível também diferenciar as três fitofisionomias de manguezal: 1) Margem, localizada próxima aos canais de maré, apresentando cor marrom e textura rugosa, pois é a fitofisionomia em que o dossel do bosque de mangue é mais denso; 2) Transição, entre a Margem e o Apicum, com uma textura mais fina e coloração marrom escura, geradas pela menor densidade do dossel e maior exposição do sedimento lamoso, que tem alta absorbância no espectro; e 3) Apicum, localizado posterior à Transição, representando o limite entre manguezal e mata atlântica, com uma textura lisa devido à sua vegetação predominantemente herbácea e arbustiva; e coloração azul claro, em função da exposição do solo mais arenoso, que tem maior refletância no espectro.

A análise da composição da vegetação revelou diferenças na altura média dos bosques entre as três fitofisionomias ($F= 68.11$; $p < 0.0001$), onde a maior altura foi encontrada na Margem ($5.158 \pm 1.107\text{m}$), seguida pela Transição ($4.52 \pm 0.8934\text{m}$) e Apicum ($2.219 \pm 0.5297\text{m}$). As diferentes alturas encontradas em campo condizem com as classes encontradas na composição, pois na Margem a maior altura das árvores permite a formação de um dossel, diminuindo sua refletância, gerando as características descritas acima. Por outro lado, a altura diminui da Transição em direção ao Apicum, resultando na gradação de texturas cada vez mais

lisas e maior refletância, resultando em colorações mais claras.

A análise quantitativa dos dados através da Classificação Supervisionada MAXVER apresentou alto Desempenho Geral (96.99%) e índice Kappa de 0,94, o que possibilitou a criação de um mapa temático muito fiel à realidade. A baixa Confusão Média obtida para a classificação (3,01%) ocorreu principalmente em função da confusão entre Mata Atlântica e Margem (3,10%), pois essa fitofisionomia é a que apresenta vegetação com dossel mais denso, bastante similar ao encontrado na Mata Atlântica. Uma pequena porcentagem de confusão (1,08%) também foi apresentada entre Margem e Transição, o que é compreensível visto que, apesar de apresentarem algumas características distintas, essas fitofisionomias integram o mesmo ecossistema. Na Margem, por exemplo, há uma dominância de *Rhizophora mangle*, apresentando também maior altura, enquanto que na Transição a dominância é de *Laguncularia racemosa*, que apresentou alturas mais baixas.

Após a criação dos polígonos de cada classe, foi possível o estabelecimento da área ocupada por cada elemento da paisagem. A classe Água ocupou um total de 43.150m², Mata Atlântica ocupou 47.875m², Margem ocupou 229.200m², Transição ocupou 35.225m² e Apicum ocupou 6.800m². A análise da extensão das fitofisionomias de manguezal, revelou que a Margem foi a fitofisionomia dominante (84,5%) em relação à Transição (12,98%) e ao Apicum (2,52%), mostrando que essa é a feição mais típica das áreas de manguezal. As técnicas de sensoriamento remoto aplicadas no presente estudo estão de acordo com o padrão utilizado no estudo de manguezais no Brasil e no mundo (e.g. Kuenzer et al., 2011; Heuman, 2011; Santos e Bittencourt, 2016). Entretanto este estudo traz uma inovação ao utilizar imagens de alta resolução, como a Imagem RapidEye e sua banda Red Edge, ferramentas ainda pouco exploradas para estudo de manguezais.

CONCLUSÃO

Esse estudo demonstra o grande potencial oferecido pela integração de técnicas de análise visual e processamento digital de imagens RapidEye, refinando a classificação e geração de mapas para estudos ambientais. Em específico, ressaltamos a eficácia das análises nas diferentes fitofisionomias de manguezal, que pode ser uma grande aquisição para a gestão e o manejo desse ecossistema, tornando sua conservação mais efetiva. Em uma perspectiva mais ampla, a análise de imagens digitais de alta resolução pode gerar dados importantes para o monitoramento de mudanças ambientais e, se incorporadas à análise temporal, proporcionar recursos para estimar e prever a plasticidade desse ambiente em relação às mudanças climáticas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALBUQUERQUE, A.G.B.M.; FERREIRA, T.O.; CABRAL, R.L.; NÓBREGA, G.N.; ROMERO, R. E.; MEIRELES, A. J.A.; OTERO, X.L. Hypersaline tidal flats (apicum ecosystems): The weak link in the tropical wetlands chain. *Environ. Rev.*, v. 22, p. 1-12, 2014.
- ALONGI, D.M. 2016. Climate regulation by capturing carbon in mangroves, p.1-7. In: Finlayson, C.M. et al. (eds.). *The Wetland Book. I: Structure and Function, Management and Methods*. Springer Netherlands.
- DUARTE, L.F.A.; SOUZA, C.A.; NOBRE, C.R.; PEREIRA, C.D.S.; PINHEIRO, M.A.A. 2016. Multi-level biological response in *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763) (Brachyura, Ucididae) as indicators of conservation status in mangrove áreas from the western atlantic. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 133: 176-187.
- HEUMAN, B.W. Satellite remote sensing of mangrove forests: Recent advances and future opportunities. *Progress in Physical Geography*, 35(1):87-108, 2011.
- POR, F.D.; IMPERATRIZ-FONSECA, V.L. 1984. The Juréia Ecological Reserve, São Paulo, Brazil – Facts and plans. *Environmental Conservation*, 11: 67-70.
- SANTOS, L.C.M.; BITENCOURT, M.D. Remote sensing in the study of Brazilian mangroves: review, gaps in the knowledge, new perspectives and contributions for management. *Journal of Integrated Coastal Zone Management*, v. 16, p. 245-261, 2016.
- SANTOS, L.C.M.; PINHEIRO, M.A.A.; PIMENTA, C.E.R.; ALVES, S.L. BITENCOURT, M.D. 2017. The use of RapidEye images and vegetation index to discriminate mangrove and tidal flat areas: applications to climate change monitoring. *Anais do XVIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*.
- SCHAEFFER-NOVELLI, Y.; VALE, C.C.; CINTRÓN-MOLERO. Monitoramento do Ecosistema Manguezal: Estrutura e Características Funcionais. In: Turra, A.; Denadai, M.R. (Orgs.) *Protocolos para o Monitoramento de Habitats Bentônicos Costeiros - Rede de Monitoramento de Habitats Bentônicos Costeiros - ReBentos*. São Paulo-SP: Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo, 2015.
- SCHAEFFER-NOVELLI, Y.; SORIANO-SIERRA, E.J.; VALE, C.C.; BERNINI, E.; ROVAI, A.S.; PINHEIRO, M.A.A.; SCHMIDT, A.J.; ALMEIDA, R.; COELHO-JR, C.; MENGHINI, R.P.; MARTINEZ, D.I.; ABUCHAHLA, G.M.O.; CUNHA-LIGNON, M.; CHARLIER-SARUBO, S.; SHIRAZAWA-FREITAS, J.; CINTRÓN-MOLERO, G. Climate changes in mangrove forests and salt marshes. *Brazilian Journal of Oceanography*, v. 64, p. 83-98, 2016.
- KUENZER, C.; BLUEMEL, A.; GEBHARDT, S.; QUOC, T.V.; DECH, S. Remote sensing of mangrove ecosystems: a review. *Remote Sensing*, 3:878-928, 2011.

FONTE FINANCIADORA

Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo - FAPESP Proc. # 2014/50438-5