Capítulo 8

Monitoramento dos ecótonos entre manguezal e marisma e entre manguezal e vegetação de restinga

Sarah Charlier Sarubo
Marília Cunha Lignon
Yara Schaeffer-Novelli

SciELO Books / SciELO Livros / SciELO Libros

SARUBO, SC., LIGNON, MC., and SCHAEFFER-NOVELLI, Y. Monitoramento dos ecótonos entre manguezal e marisma e entre manguezal e vegetação de restinga. In: TURRA, A., and DENADAI, MR., orgs. *Protocolos para o monitoramento de habitats bentônicos costeiros – Rede de Monitoramento de Habitat Bentônicos Costeiros – ReBentos* [online]. São Paulo: Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo, 2015, pp. 108-115. ISBN 978-85-98729-25-1. Available from SciELO Books <<http://books.scielo.org>>.

All the contents of this work, except where otherwise noted, is licensed under a Creative Commons Attribution-Non Commercial-ShareAlike 3.0 Unported.

Todo o conteúdo deste trabalho, exceto quando houver ressalva, é publicado sob a licença Creative Commons Atribuição - Uso Não Comercial - Partilha nos Mesmos Termos 3.0 Não adaptada.

Todo el contenido de esta obra, excepto donde se indique lo contrario, está bajo licencia de la licencia Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 3.0 Unported.

MONITORAMENTO DOS ECÓTONOS ENTRE MANGUEZAL E MARISMA E ENTRE MANGUEZAL E VEGETAÇÃO DE RESTINGA

Sarah Charlier Sarubo, Marília Cunha Lignon, Yara Schaeffer-Novelli

Foto: Marília C. Lignon

INTRODUÇÃO

O aumento do nível médio relativo do mar (NMRM) poderá ser uma das maiores ameaças ao ecossistema manguezal nas próximas gerações (Duke, 2001; Fromard *et al.*, 2004; Duke *et al.*, 2007; Giri *et al.*, 2011; Cunha-Lignon *et al.*, 2011).

Schaeffer-Novelli (1999) ressalta que devem ser considerados alguns aspectos importantes no que diz respeito aos efeitos das mudanças climáticas (MCs) sobre o ecossistema manguezal, como a existência de locais de provável refúgio (na retroterra), no caso de um deslocamento do bosque de mangue em direção à terra firme, aumento do aporte de sedimento e consequentes efeitos dos processos geomorfológicos: erosão, sedimentação, subsistência e progradação.

Nas regiões Sudeste e Sul do Brasil, a alteração de variáveis ambientais poderia afetar diretamente alguns ecossistemas, marismas e faixas de transição para restinga, produzindo mudanças correspondentes na estrutura e funcionamento dos componentes vivos, alterando assim, os limites desses ecossistemas. Para a faixa de transição com a terra firme, a substituição das espécies desse ecótono se daria devido às inundações pelas preamares e o consequente aumento da salinidade no sedimento, favorecendo substituição por espécies típicas de mangue ou por outras espécies psamohalófitas. Os espaços das restingas seriam erodidos e os sedimentos retrabalhados. As espécies vegetais típicas de mangue, localizadas próximas à transição com a terra firme, são mais adaptadas aos sedimentos arenosos e às baixas frequências de inundações e seriam privilegiadas na competição pelo substrato (Schaeffer-Novelli, 1999).

Os ecótonos podem ocorrer em múltiplas escalas espaciais, variando desde transições de escalas globais entre biomas a ecótonos de pequena escala, onde as comunidades vegetacionais locais e micro-habitats coincidem (Kark & van Rensburg, 2006).

Coelho-Jr (2003) concluiu que na região de Cananéia, litoral sul do Estado de São Paulo, a dinâmica dessas áreas de transição entre manguezal e vegetação de restinga é controlada pela baixa frequência de inundação e pela drenagem terrestre (Figura 8-1). Essas faixas podem ser consideradas ótimos indicadores biológicos e ecológicos das variações hidrológicas do meio. São ainda essenciais para o funcionamento dos bosques de bacia e atenuadores do efeito erosivo das preamares mais extremas sobre o talude da restinga. Nesses ecótonos estão presentes espécies vegetais com baixa tolerância à salinidade, indicadoras das mudanças climáticas, no que se refere à elevação do NMRM, e funcionam como corredores de fluxos de energia entre os ambientes terrestre e marinho.

Figura 8-1. Ecótono entre manguezal e vegetação de restinga na Ilha de Cananéia, SP. Foto: Sarah Charlier Sarubo, de 23/07/2012. Local georreferenciado, indicado na Figura 8-2.

Graves *et al.* (2010) também afirmam que os ecótonos podem ser importantes ecologicamente como indicadores de MCs. O interesse atual nos ecótonos relaciona-se com a sua sensibilidade às MCs e muitos cientistas defendem seu monitoramento para detectar padrões de MCs (Noble, 1993; Kupfer & Cairns, 1996; Schaeffer-Novelli *et al.*, 2002; Holtmeier & Broll, 2005; Alongi, 2008).

O objetivo deste protocolo é apresentar métodos para caracterização e monitoramento de ecótonos entre manguezais e marismas e entre manguezais e vegetação de restinga, frente ao aumento do NMRM, bem como definir as principais variáveis ambientais a serem mensuradas.

MÉTODOS

Segundo Kark & van Rensburg (2006), o estudo de ecótonos consiste em duas principais abordagens: foco na análise dos gradientes submetidos às variáveis ambientais e a resposta das populações, espécies e comunidades, a esses gradientes e ecótonos. Entre as diversas abordagens para análise dos gradientes existentes, a mais tradicional era, geralmente, baseada nas avaliações qualitativas. Entretanto, Fortin *et al.* (2000) afirmam que os recentes avanços nos métodos numéricos como as ferramentas de análise espacial,

Sistema de Informação Geográfica (SIG), técnicas de sensoriamento remoto e uso de *Global Positioning System* (GPS) têm permitido estudos mais quantitativos da complexidade das regiões limítrofes e ecótonos.

O presente protocolo sugere a utilização de ambas as abordagens, quantitativa e qualitativa, por meio do mapeamento, com uso de ferramentas geoespaciais, caracterização da vegetação e análise de variáveis ambientais, a fim de melhor caracterizar as áreas de ecótono entre manguezal e marisma, e manguezal e vegetação de restinga.

DEFINIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O processamento de imagens de satélite de alta resolução, assim como o de fotografias aéreas, tem apresentado bons resultados na delimitação e no mapeamento das áreas de ecótono, uma vez que possibilitam melhor detalhamento delas. Imagens obtidas no *Google Earth* são consideradas de baixo custo, ou gratuitas, e apresentam alta resolução, aumentando a capacidade de análise geoespacial e fornecendo informações importantes para pesquisadores e gestores de áreas protegidas nas zonas costeiras (Friess *et al.*, 2011). As áreas de estudo devem ser definidas previamente ao campo, a partir das análises das imagens de satélite. O acesso e distância à área de estudo e a extensão dela são fatores que devem ser considerados para determinar a escolha da área de estudo. Grandes áreas de ecótonos próximas à zona urbana ou de fácil acesso tendem a sofrer com a maior atuação de tensores induzidos pelo homem.

Imagens *Landsat-TM* (30 m de resolução espacial), com composição colorida 3B4R5G, destacam claramente as áreas de ecótono em função da resposta espectral característica do sedimento arenoso colonizado por gramínea. Elas auxiliam na identificação dos ecótonos.

PERIODICIDADE AMOSTRAL

O processamento das imagens de satélite ou de fotografias aéreas deve acontecer quando do lançamento de imagens mais atuais ou novos sobrevoos, respectivamente, a fim de se avaliar a dinâmica da área de estudo.

No que se refere às variáveis ambientais, é sugerido que a análise do perfil microtopográfico e a coleta de sedimento para análise granulométrica ocorram anualmente, assim como a caracterização da vegetação, enquanto que as leituras da salinidade intersticial devem ocorrer sazonalmente, durante as marés de quadratura.

MAPEAMENTO

Segundo Anderson (1981), o trabalho de campo permite uma melhor interpretação da fotografia aérea, eliminando as dúvidas em relação aos elementos de reconhecimento. São sugeridas duas atividades de campo, dentre as quais a primeira consiste em um levantamento prévio dos ecossistemas encontrados, com base em levantamento de imagens de satélite de diferentes escalas espaciais. Após o mapeamento, deve ser realizado segundo trabalho de campo, de modo a permitir correções e ajustes das manchas de vegetação e ecótonos, com o auxílio das anotações, fotografias e pontos obtidos com GPS (Cunha-Lignon, 2005).

Com base em levantamento prévio, em campo, sugere-se a edição vetorial de polígonos a partir de classificações visuais, como mostra a Figura 8-2, dentro de ambiente de Sistema de Informação Geográfica (SIG). As fotografias aéreas não precisam ser ortorretificadas por se tratar de planície costeira (região plana), a qual não apresenta objetos ou elementos localizados em altitudes discrepantes (Cunha-Lignon, 2005). Em ambiente SIG, as áreas de ecótonos são facilmente calculadas, as quais podem ser apresentadas em ha ou km².

Figura 8-2. Delimitação de ecótono entre manguezal e vegetação de restinga por meio de edição vetorial e classificação visual, região de Cananéia, litoral sul de São Paulo. Imagem do satélite GeoEye-1, de 03/07/2009 (Charlier-Sarubo *et al.*, 2012).

VARIÁVEIS AMBIENTAIS

Três variáveis ambientais são fundamentais para o entendimento da dinâmica dos gradientes existentes nos ecótonos: (1) o perfil microtopográfico, (2) o gradiente de salinidade ao longo desse perfil e (3) a granulometria do sedimento.

Dois métodos para análise do perfil microtopográfico estão devidamente descritos no “Protocolo de monitoramento da dinâmica vertical de substratos dos ecossistemas manguezal e marisma” (Capítulo 7), além da análise dos dados coletados visando elaboração de modelos numéricos do terreno.

Para a análise do gradiente de salinidade ao longo do perfil microtopográfico, é sugerida a metodologia de Schaeffer-Novelli & Cintrón (1986), na qual são utilizados tubos de PVC com 5 cm de diâmetro e comprimento de aproximadamente 50 cm distribuídos ao longo de uma transversal, no eixo da região de marismas até a restinga. No mínimo devem ser instalados quatro tubos: (1) um na região de marismas; (2) um em área de manguezal; (3) um na região de ecótono e (4) um na vegetação de restinga. Quanto à inserção de tubo em área de vegetação de restinga, essa metodologia de monitoramento fornece resultados mais confiáveis em matas paludosas, diferentemente das restingas onde há ascensão do lençol freático (i.e. Nordeste brasileiro) em função das taxas pluviométricas. Nesse caso, não se deve colocar tubos na área de vegetação de restinga (Coelho Jr, com. pess., 09/04/2014).

Se for possível, incluir outros tubos ao longo da extensão do ecótono. Os tubos deverão ser colocados a uma profundidade compatível com aquela do sistema radicial das árvores próximas. Cada tubo possui uma tampa com rosca na extremidade superior, sendo o fundo fechado e perfurado, para coleta de água intersticial. A cada amostragem é coletada água acumulada no interior dos tubos desde a última amostragem, utilizando-se uma bomba manual de sucção. A salinidade da água amostrada deve ser lida com auxílio de refratômetro óptico (Figura 8-3).

Figura 8-3. Exemplo de transecto ao longo de área de marisma, manguezal, ecótono e restinga. Espécies e gêneros vegetais encontrados na região de Cananéia, SP. Esquema: Sarah Charlier Sarubo.

É sugerido que o monitoramento das estações nas transversais seja feito nas marés de quadratura, devido às menores amplitudes, facilitando o trabalho em campo e padronizando as amostragens. Os tubos fixos devem ser esvaziados um dia antes da leitura. Esse cuidado permite a renovação da água a cada coleta, evitando-se assim o aumento da salinidade por evaporação (Coelho Jr., no prelo). Os poços de PVC podem ser mantidos permanentemente, bastando para isso rosquear uma tampa na extremidade superior, a ser retirada sempre que se desejar obter uma nova amostra. É necessário assegurar-se de que os tubos, quando abertos, não serão encobertos pelas marés altas.

A análise granulométrica do sedimento é importante para a compreensão da dinâmica sedimentar a que as regiões amostradas estão submetidas. Para isso é sugerido que se colete, com uso de amostrador, sedimento em quatro pontos ao longo da transversal estudada, nas proximidades dos tubos de salinidade. Em cada profundidade (10 e 50 cm) devem ser separadas amostras de sedimento, armazenadas em sacos plásticos e identificadas com o local de coleta e profundidade, para posterior análise granulométrica em laboratório.

As amostras de sedimento, acondicionadas em sacos plásticos, devem ser levadas ao laboratório para tratamento prévio. Os conteúdos de carbonato biodetrítico devem ser eliminados após ataque com solução ácida de 1M de HCl. A matéria orgânica também deve ser eliminada. Depois de secas, as amostras devem ser transferidas para béqueres dispostos sobre uma chapa aquecida, adicionando-se, então, peróxido de hidrogênio concentrado até a queima total (oxidação) da matéria orgânica (Ingram, 1971).

A granulometria dos sedimentos pode ser obtida por meio de um analisador de partículas a *laser*. A determinação dos tamanhos dos grãos através de *laser* é baseada na interação entre o feixe de luz e a partícula. Um feixe de *laser* de luz monocromática ($\lambda = 750 \text{ nm}$) passa através da amostra dispersa em água, direcionando os feixes para sensores dispostos ao longo do equipamento, os quais determinam o tamanho das partículas.

Os resultados das análises granulométricas devem compreender a classificação de Shepard (1954) e os parâmetros estatísticos de Folk & Ward (1957) para uma melhor padronização e possível comparação de resultados.

CARACTERIZAÇÃO DA VEGETAÇÃO

Estudar a resposta das espécies, populações e comunidades – marisma, mangue, e restinga – a esses gradientes ambientais pode ajudar no entendimento dos processos ecológicos a que as áreas de ecótonos estão submetidas.

Para a coleta dos dados necessários ao cálculo dos parâmetros ecológicos, o uso de transectos é extremamente útil em pesquisas que visem caracterizar áreas ecotonais ou áreas em diferentes estádios sucessionais, ou seja, regiões onde haja gradientes de transição entre comunidades.

Sugere-se o uso de transectos ou perfis permanentes (devidamente posicionados com auxílio de GPS), que constituem a amostragem de uma extensa faixa do ambiente, normalmente, estabelecendo-se uma grande parcela retangular, a qual pode ser subdivida em unidades menores (ver Capítulo 4). Esses transectos ou perfis são repetidos na comunidade inventariada a fim de obter uma melhor representação da composição da área.

A análise de alguns parâmetros ecológicos pode auxiliar nessa caracterização, como riqueza de espécies, frequência, densidade, abundância, diversidade, biomassa ou cobertura, dominância relativa, entre outros. Para o cálculo dos parâmetros ecológicos na metodologia de transectos devem-se utilizar as mesmas fórmulas computadas na metodologia de parcelas (Capítulo 4).

AUTORES

Sarah Charlier Sarubo – Universidade de São Paulo – USP e Instituto BiomaBrasil
(autor para correspondência: sarahcharlier@gmail.com)

Marília Cunha Lignon – Instituto BiomaBrasil

Yara Schaeffer-Novelli – Universidade de São Paulo – USP

REFERÊNCIAS

- Alongi, D.M. 2008. "Mangrove forests: Resilience, protection from tsunamis, and responses to global climate change". *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 76: 1-13.
- Anderson, P. 1981. *Fundamentos para Fotointerpretação*. Brasília: Sociedade Brasileira de Cartografia, p. 118.
- Charlier-Sarubo, S; Cunha-Lignon, M.; Schaeffer-Novelli, Y. 2012. "Áreas de transição em regiões estuarinas: caracterização e perspectivas, frente ao aumento do nível médio relativo do mar". *Anais do II Workshop Antropicosta Iberoamerica 2012*, p. 22.
- Coelho-Jr, C. (no prelo). "Gradientes de inundação pelas marés e a drenagem terrestre sobre o comportamento da salinidade intersticial de bosque de mangue de Cananéia, São Paulo, Brasil". *Revista de Gestão Costeira Integrada*, p. 10. Disponível em: <http://www.aprh.pt/rgci/pdf/rgcimang80_Junior.pdf>. Acesso em: 20 de out. de 2013.
- Coelho-Jr, C. 2003. *Ecologia de manguezais: zonação e dinâmica da cobertura vegetal em gradientes ambientais, Cananéia, São Paulo, Brasil*. Tese de doutorado. Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo, p. 166.
- Cunha-Lignon, M. 2005. *Ecologia de manguezais: desenvolvimento espaço-temporal no Sistema Costeiro Cananéia-Iguape, São Paulo, Brasil*. Tese de Doutorado. Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo, p. 178.
- Cunha-Lignon, M.; Kampel, M.; Menghini, R.P.; Schaeffer-Novelli, Y.; Cintrón, G.; Dahdouh-Guebas, F. 2011. "Mangrove forests submitted to depositional processes and salinity variation investigated using satellite images and vegetation structure surveys". *Journal of Coastal Research (SI)*, 64: 344-348.
- Duke, N.C. 2001. "Gap creation and regenerative processes driving diversity and structure of mangrove ecosystems". *Wetlands Ecology and Management*, 9: 257-269.
- Duke, N.C.; Meynecke, J.-O.; Dittmann, A.M.; Ellison, A.M.; Aanger, K.; Berger, U.; Cannicci, S.; Diele, K.; Ewel, K.C.; Field, C.D.; Koedam, N.; Lee, S.Y.; Marchand, C.; Nordhaus, I.; Dahdouh-Guebas, F. 2007. "A world without mangroves?" *Science*, 317: 41-42.
- Folk, R.L.; Ward, W. C. 1957. "Brazos River bar: a study in the significance of grain size parameters". *Journal of Sedimentary Petrology*, 27(1): 3-27.
- Fortin, M.J.; Olson, R.J.; Ferson, S.; Iverson, L.; Hunsaker, C.; Edwards, G.; Levine, D.; Butera, K.; Klemas, V. 2000. "Issues related to the detection of boundaries". *Landscape Ecology*, 15: 453-466.
- Friess, D.A.; Kudavidanage, E.P.; Webb, E. 2011. "The digital globe is our oyster." *Frontiers in Ecology and the Environment*, 9: 542.
- Fromard, F.; Vega, C.; Proisy, C. 2004. "Half a century of dynamic coastal change affecting mangrove shorelines of French Guiana. A case study based on remote sensing data analyses and field surveys". *Marine Geology*, 208(2): 265-280.
- Giri, C.; Ochieng, E.; Tieszen, L.L.; Zhu, Z.; Singh, A.; Loveland, T.; Masek, J.; Duke, N. 2011. "Status and distribution of mangrove forests of the world using earth observation satellite data". *Global Ecology and Biogeography*, 20(1): 154-159.
- Graves, R.; Wang D.; Hogan, M.C. 2010. "Ecotone". In: Cleveland, C.J. (Ed.) *Encyclopedia of Earth*. Washington, D.C.: Environmental Information Coalition, National Council for Science and the Environment.
- Holtmeier, F.K.; Broll, G. 2005. "Sensitivity and response of northern hemisphere altitudinal and polar treelines to environmental change at landscape and local scales". *Global Ecology and Biogeography*, 14: 395-410.

- Ingram, R.L. 1971. "Sieve analysis". p. 49-67. In: Carver, R.E. (Ed.) *Procedures in Sedimentary Petrology*. New York: Wiley-Interscience.
- Kark, S.; Van Rensburg, B.J. 2006. "Ecotones: marginal or central areas of transition?" *Israel Journal of Ecology and Evolution*, 52(1): 29-53.
- Kupfer, J.A.; Cairns, D.M. 1996. "The suitability of montane ecotones as indicators of global climatic change". *Progress in Physical Geography*, 20: 253-272.
- Lugo, A.E.; Snedaker, S.C. 1974. "The ecology of mangroves". *Annual Review of Ecology and Systematics*, 5: 39-64.
- Noble, I.R. 1993. "A model of the responses of ecotones to climate change". *Ecological Applications*, 3: 396-403.
- Schaeffer-Novelli, Y.; Cintrón, G. 1986. *Guia para estudos de áreas de manguezal: estrutura, função e flora*. São Paulo: Caribbean Ecological Research, p. 150.
- Schaeffer-Novelli, Y. 1999. *Grupo de ecossistemas: manguezal, marisma e apicum. Programa Nacional da Diversidade Biológica – Pronabio. Projeto de Conservação e Utilização Sustentável da Diversidade Biológica Brasileira – Probio. Subprojeto Avaliação e Ações Prioritárias para a Conservação da Biodiversidade da Zona Costeira e Marinha*. São Paulo., p. 119.
- Schaeffer-Novelli, Y.; Cintron-Molero, G.; Soares, M.L.G. 2002. "Chapter Nine: Mangroves as indicators of sea level change in the muddy coasts of the world". *Proceedings in Marine Science*, 4: 245-262.
- Shepard, F.P. 1954. "Nomenclature based on sand-silt-clay ratios". *Journal of Sedimentary Petrology*, 24(3): 151-158.