Capítulo 2

Monitoramento dos fundos vegetados submersos (Pradarias submersas)

Margareth da Silva Copertino
Joel Christopher Creed
Karine Matos Magalhães
Kcrishna Vilanova de Souza Barros
Marianna de Oliveira Lanari
Priscilla Rezende Arévalo
Paulo Antunes Horta

SciELO Books / SciELO Livros / SciELO Libros

COPERTINO, MS., *et al.* Monitoramento dos fundos vegetados submersos (Pradarias submersas). 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. 17-47. 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.

SciELO Books / SciELO Livros / SciELO Libros

COPERTINO, MS., *et al.* Monitoramento dos fundos vegetados submersos (Pradarias submersas). 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. 17-47. 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.

CAPÍTULO 2

MONITORAMENTO DOS FUNDOS VEGETADOS SUBMERSOS (PRADARIAS SUBMERSAS)

Margareth da Silva Copertino, Joel Christopher Creed, Karine Matos Magalhães,
Kcrishna Vilanova de Souza Barros, Marianna de Oliveira Lanari, Priscilla Rezende
Arévalo, Paulo Antunes Horta

Foto: Joel C. Creed

INTRODUÇÃO

Fundos Vegetados Submersos (FVS) ou pradarias submersas são os habitats bentônicos formados por plantas vasculares (angiospermas), submersas e enraizadas no sedimento. Macroalgas rizofíticas ou psamófilas estão comumente associadas aos fundos, além de uma diversa comunidade de algas epífitas. Esses habitats dominam regiões costeiras rasas de dinâmica moderada, tanto marinhas como estuarinas, incluindo lagoas e lagunas costeiras. Em ambientes marinhos, esses habitats são chamados de “pradarias de gramas marinhas (do inglês *seagrass meadows*). As plantas vasculares marinhas (gramas marinhas), possuem adaptações anatômicas e morfológicas para crescer e se reproduzir em condições de água do mar (Den Hartog & Kuo, 2006). Quando crescem em estuários e lagunas, de salinidade variada, os fundos vegetados são formados por espécies marinhas, eurihalinas e de água doce, e portanto são mais comumente referidas como “vegetação aquática submersa” (VAS, do inglês *submerged aquatic vegetation*; Kemp *et al.*, 2004). A revisão e protocolo apresentados aqui se aplicam tanto às pradarias de gramas marinhas como de VAS e, portanto, os termos FSV ou simplesmente pradarias submersas se referem a ambos tipos de habitats.

As pradarias submersas contribuem para o aumento da produtividade primária, complexidade estrutural e biodiversidade dos ambientes costeiros e marinhos (Kemp *et al.*, 2004; Larkum *et al.*, 2006). As diversas partes das plantas (folhas, hastes, rizomas e raízes) e macroalgas (base, estipe e lâmina) formam habitats temporários ou permanentes para a flora e fauna bentônicas, provendo alimento e proteção para diversos estágios de desenvolvimento de invertebrados e peixes, incluindo recursos pesqueiros. Os habitats de pradarias são ainda utilizados pela fauna silvestre, como tartarugas, sirênios e aves, muitos dos quais estão ameaçados de extinção. As pradarias submersas modulam processos biogeoquímicos, físicos e sedimentológicos chave nos ambientes costeiros (Cafrey & Kemp, 1992; Ward *et al.*, 1984), promovendo reciclagem dos nutrientes, proteção da costa, melhoria da qualidade da água e contribuindo para o sequestro de carbono atmosférico (Duarte, 1999).

Mais recentemente, as pradarias marinhas têm sido reconhecidas como estoque e sumidouro de carbono atmosférico (Fourqurean *et al.*, 2012), juntamente com manguezais e marismas (Duarte *et al.*, 2005). Quando destruídos ou degradados, estes habitats possuem um alto potencial para emissões de gases de efeito estufa (McLeod *et al.*, 2011). Devido a esse importante papel no ciclo global do carbono, cientistas e ambientalistas concluem, baseando-se em diversos estudos, que a conservação e recuperação dos habitats costeiros vegetados, assim como inventários sobre os estoques e emissões nos *blue carbon hot spots*, devem ser prioritários dentro de planos de mitigação e adaptação às mudanças climáticas (Nellemann *et al.*, 2010; Sifleet *et al.*, 2011; McLeod *et al.*, 2012).

Devido aos importantes serviços ecossistêmicos associados, o valor econômico de pradarias marinhas tem sido estimado entre 19 mil até 2 milhões de dólares por hectare ao ano (Costanza *et al.*, 1997; Vassallo *et al.*, 2014; Blandon & Ermgassen., 2014; Tuya *et al.*, 2014). Entretanto, a valoração econômica de pradarias submersas necessita ser melhor quantificada na maioria das regiões do globo, considerando os diferentes ambientes (marinho ou estuarino), as diferentes espécies de plantas dominantes e os tipos de serviços ecossistêmicos associados (reciclagem de nutrientes, sequestro de carbono, proteção costeira, depuração da água, manutenção dos recursos pesqueiros, provimento de matéria prima, turismo e lazer, além de valores estético e cultural).

A despeito de sua importância ecológica e econômica, os fundos vegetados submersos têm desaparecido rapidamente da maioria das regiões costeiras do globo. Cerca de 30% das pradarias de gramas marinhas desapareceram desde o final do século XIX (Waycott *et al.*, 2009). Degradações de ambientes estuarinos têm sido registradas em regiões dos EUA e Europa com valores de até 100% de perda dos habitats de VAS no entorno de grandes centros. As taxas de perdas, entre 2 a 5% ao ano, aumentaram significativamente a partir da segunda metade do século XX, devido à rápida ocupação e degradação dos ambientes costeiros, posicionando as pradarias submersas dentre os habitats mais ameaçados do mundo (Orth *et al.*, 2006). Além de altamente vulneráveis a impactos antropogênicos diversos, pradarias de gramas marinhas e VAS são afetadas por variabilidade climática/hidrológica como vazão de rios, variações de temperatura, salinidade, tempestades e clima de ondas. Várias espécies de angiospermas marinhas são consideradas sentinelas costeiras (*coastal canaries*), já que respondem rapidamente às mudanças na qualidade da água (Orth *et al.*, 2006). Dessa maneira, as pradarias são também altamente vulneráveis às mudanças climáticas globais (MCG) observadas e previstas, como aumento da temperatura superficial do mar, elevação do nível médio do mar e acidificação dos oceanos, que afetam potencialmente a fisiologia das plantas (Short & Neckles, 1999; Duarte, 2002). Em médio e longo prazo, esperam-se impactos sobre a distribuição, abundância e estrutura das populações e comunidades, alguns dos quais já têm sido observados (Short & Wyllie-Echeverria *et al.*, 1996; Short *et al.*, 2006; Björk *et al.*, 2008; Connolly, 2009; Waycott *et al.*, 2009; Barros *et al.*, 2013). Os impactos das MCG se somarão aos impactos antropogênicos com resultados que não podem ser atualmente inferidos. Portanto, as funções ecológicas e os serviços ecossistêmicos associados às pradarias marinhas e VAS estão ameaçados, com repercussões em longo prazo para ecossistemas marinhos adjacentes (Duarte, 1999, 2002; Orth *et al.*, 2006).

Embora os números supracitados refiram-se principalmente à situação das pradarias nos EUA, Europa e Austrália, esta situação não poderia ser diferente para as pradarias da costa sul-americana e brasileira, considerando a história da colonização e intensa ocupação territorial, o crescimento urbano desordenado da zona costeira e o desenvolvimento industrial e portuário acelerado das últimas décadas. Impactos antropogênicos sobre a costa brasileira são diversos, e as pradarias marinhas estão ameaçadas por arte de pesca predatória, atividades de turismo e navegação, crescimento urbano, portuário e industrial acelerado, poluição por resíduos sólidos e esgoto, entre outros (Seeliger & Odebrecht, 2010; Martins *et al.*, 2012; Pitanga *et al.*, 2012). Comparados à maioria dos ambientes bentônicos costeiros (manguezais, recifes de corais, costões rochosos e praias arenosas), as pradarias brasileiras foram pouco estudadas, existindo pouco mais de 80 artigos publicados sobre a biologia, ecologia e dinâmica desses ambientes (Barros *et al.*, 2013). Somam-se a esse cenário a baixa percepção pela população brasileira quanto aos benefícios ecológicos e econômicos dos habitats de pradarias submersas e a inexistência de políticas ambientais específicas de proteção.

A ocupação e extensão total dos fundos submersos vegetados ao longo da costa brasileira ainda são desconhecidas. Tomando como base a área ocupada por algumas pradarias melhor estudadas (Estuário da Lagoa dos Patos, RS; Lagoa de Araruama, RJ; Itamaracá, PE; Parque Nacional de Abrolhos, BA), estimou-se uma extensão de vinte mil hectares de prados marinhos (Creed, 2002). Entretanto, dados recentes e ainda não publicados do projeto de “Mapeamento das Fanerógamas Marinhas do Brasil”, indicam que este número deve ser subestimado. A grande maioria do litoral brasileiro carece de estudos e mapeamentos sistemáticos, visando a determinação da distribuição real e abundâncias das pradarias marinhas e estuarinas. Além disso, a dinâmica marinha e costeira contribui para grandes variações interanuais e interdecadais nas extensões dos prados, algumas culminando em desaparecimento por vários anos (*e.g.* anomalias de temperatura e precipitação), sendo o processo de recuperação lento e dependente de vários fatores físicos e biológicos (Short *et al.*, 2006; Copertino & Seeliger, 2010).

O estado atual de degradação dos ambientes costeiros, as perdas dos habitats de FVS, a ausência de dados temporais e espaciais na maioria das regiões costeiras e a alta vulnerabilidade das pradarias aos impactos antropogênicos diversos e às mudanças climáticas globais, têm incentivado a criação de programas de monitoramento (*Seagrass Net*, Short *et al.*, 2006; *Seagrass Watch*, McKenzie *et al.*, 2003) e de recuperação (Shafer & Bergstrom, 2010) dos habitats costeiros vegetados em diversas partes do mundo, além de painéis de discussão focados em ações e políticas de conservação (como *The Blue Carbon Initiative*). No Brasil, estudos e monitoramento de longo prazo de pradarias submersas estão sendo adotados dentro de programas e redes de pesquisa integradas ou multidisciplinares (PELD, SISBIOTA, ReBentos, NAGISA) ou em redes e projetos mais específicos (SeagrassNet-Brasil, Mapeamento das Fanerógamas Marinhas do Brasil). Esses projetos visam preencher lacunas sobre a distribuição, dinâmica e o estado de conservação das pradarias submersas da costa brasileira. A criação de um banco de dados sobre a biodiversidade dos Fundos Vegetados Submersos, sua dinâmica temporal e suas relações com as variáveis climáticas e hidrológicas, possibilitará o desenvolvimento de modelos descritivos e preditivos, particularmente sobre os possíveis impactos das MCG sobre a distribuição e abundância das populações. A aplicação de diferentes cenários preditivos globais e regionais, as análises de impactos e vulnerabilidades e a atribuição das causas de alterações observadas irão fornecer uma plataforma de informações para subsidiar as ações de manejo e conservação destes habitats costeiros, em cenário atual e futuro. Dentro de planos de adaptação às mudanças climáticas, a conservação dos ecossistemas costeiros é prioritária, visando proteger a costa e as populações dos efeitos de elevação do nível do mar e eventos extremos, como ondas de tempestades e enchentes. Adicionalmente, a conservação da biodiversidade é fundamental para garantir suficiente variabilidade genética que permita adaptação dos organismos às previstas mudanças de temperatura, salinidade e concentrações de carbono inorgânico.

O presente protocolo apresenta uma proposta de monitoramento sistemático e de longo prazo para os Fundos Vegetados Submersos da costa brasileira, objetivando observar as possíveis alterações na composição e abundância das comunidades vegetais, assim como nos principais fatores abióticos que afetam a dinâmica destes habitats. Em médio prazo, o protocolo visa alcance nacional, possibilitando a integração dos resultados de diferentes programas, projetos e regiões do país. A longo prazo, dados obtidos pelo presente protocolo poderão fundamentar o desenvolvimento de modelos descritivos e preditivos, particularmente sobre os possíveis impactos das MCG sobre a distribuição e abundância das pradarias submersas da costa brasileira.

HIPÓTESES

Os Fundos Submersos Vegetados da costa brasileira são impactados por mudanças climáticas e ambientais globais. O tipo e o grau de impacto poderão variar conforme a região geográfica da costa, as características hidrodinâmicas e geomorfológicas locais, o tipo de atividade antrópica e diversidade e estrutura das comunidades.

As hipóteses específicas do estudo são:

- O aumento da carga de nutrientes (processos de eutrofização), devido ao aumento das chuvas, causará mudanças na abundância e na composição de espécies das pradarias. Os efeitos negativos da eutrofização podem provocar o aumento na abundância de algas epífitas, epissâmicas e/ou não fixas, incluindo táxons oportunistas;
- Mudanças na temperatura superficial do mar poderão afetar espécies tropicais, favorecendo a extensão ou deslocamento dos seus limites de ocorrência atuais em direção a latitudes mais elevadas;
- Eventos extremos (cheias, ondas de tempestades, descargas fluviais anômalas) podem causar redução e desaparecimento de pradarias de maneira rápida e brusca. O aumento na frequência destes eventos poderá causar redução e fragmentação de pradarias, principalmente em regiões já vulneráveis e impactadas;
- O aumento do aporte de descarga continental em estuários poderá afetar a abundância e composição, devido ao aumento da turbidez e mudanças na salinidade;
- Por outro lado, a redução de chuvas e/ou o aumento da penetração da água do mar poderá aumentar ou alterar a área de ocupação das pradarias localizadas em áreas estuarinas;
- Ondas de calor com a promoção de temperaturas extremas por dias ou semanas deverá reduzir a abundância, ou mesmo, dizimar bancos em áreas rasas.

CARACTERIZAÇÃO DAS ESPÉCIES DE VAS NA COSTA BRASILEIRA

As pradarias de gramas marinhas estão distribuídas por zonas tropicais, subtropicais e temperadas (Short *et al.*, 2007), assim como a VAS. Crescendo tipicamente em substratos não consolidados (sedimentos arenosos, areno-lodosos ou lodosos), são abundantes em águas rasas, claras e de hidrodinâmica moderada. Enquanto o limite superior da pradaria é determinado pela amplitude da maré e movimentação da água, o limite inferior é limitado, muitas vezes, pela penetração de luz. Dessa maneira, a distribuição e extensão dos prados é dependente da estabilidade do substrato, transparência da água e energia das marés, podendo ocupar desde o mesolitoral até o infralitoral raso (poucos centímetros) e profundo (dezenas de metros). Ao longo da costa brasileira, os Fundos Vegetados Submersos ocupam zonas intermareais e o infralitoral raso de ambientes marinhos e estuarinos. A distribuição abrange praias pouco expostas ou baías protegidas, o entorno de recifes de coral e rochosos, assim como o interior de estuários e lagunas costeiras, adjacente aos manguezais e marismas (Creed, 2002; Magalhaes & Alves, 2002; Copertino & Seeliger,

2010). Em regiões tropicais de águas muito claras, pradarias de gramas marinhas ocorrem em maiores profundidades (até cerca de 60m), no entorno de recifes coralinos ou rochosos, ou crescendo sobre os recifes.

O grupo das gramas marinhas possui baixa diversidade taxonômica quando comparado às macroalgas e plantas terrestres, com cerca de 14 gêneros e mais de 60 espécies registradas em todo o mundo (Den Hartog & Kuo, 2006). Na costa brasileira, cinco espécies apenas foram reconhecidas: *Halodule wrightii* Ascherson, *Halodule emarginata* Hartog (Cymodoceaceae), *Halophila decipiens* Ostenfeld, *Halophila baillonii* Ascherson (Hydrocharitaceae) e *Ruppia maritima* Linnaeus (Ruppiaceae) (Oliveira Filho *et al.*, 1983) (Figura 2-1). A taxonomia das espécies brasileiras ainda é discutida e não é conclusiva, carecendo de estudos comparativos regionais, populacionais e intrapopulacionais, integrando aspectos morfológicos e genéticos. As macroalgas associadas às pradarias são em geral macroalgas marinhas rizofíticas (*Caulerpa*, *Penicillus*, *Bryopsis*, *Cladophora* e *Acetabularia*) ou nódulos livres de rodólitos (Coralinaceae). O gênero *Halodule* (capim agulha) ocorre desde o mesolitoral até a profundidade de 10-12 m. *Halodule wrightii* é a espécie mais comum e abundante nas regiões costeiras marinhas, ocorrendo desde o Piauí (região nordeste) até o Paraná (região sul). *H. emarginata* foi descrita para o Nordeste e Sudeste, mas sua taxonomia ainda precisa ser estudada. *Halophila decipiens* possui ocorrência mais restrita e menos abundante, ocorrendo desde o Piauí até São Paulo, entre 0 e 62 m de profundidade, sobre fundos moles com baixa hidrodinâmica (Oliveira Filho *et al.*, 1983; Magalhães & Alves, 2002; Cocentino *et al.*, 2004). *H. baillonii* foi descrita apenas uma vez para o litoral de Pernambuco e seu status ainda é desconhecido. *Ruppia maritima* possui a maior amplitude de distribuição na costa brasileira, com ocorrência desde o Maranhão (região nordeste) até o Rio Grande do Sul (extremo sul do país). Essa espécie é abundante em estuários, lagunas e lagoas costeiras, desde águas salobras até hipersalinas, em profundidades de até 3 m (Marques & Creed, 2008).

Figura 2-1. Fundos submersos vegetados nos ambientes marinhos-costeiros do Brasil. (A) Pradaria crescendo sobre plano lamoso intermareal (na maré baixa) de estuário tropical com manguezal ao fundo (Rio Macapá, Piauí); (B) hastes de *Halodule* sp. e gastrópode durante maré baixa, com detalhe de flor masculina; (C) hastes submersas durante maré alta; (D) tartaruga verde (*Chelonia mydas*) descansando sobre prado misto composto pela grama marinha *Halodule wrightii* e macroalgas rizofíticas, no infralitoral arenoso e calcário de recife coralino (Banco de Abrolhos, Bahia); (E) hastes de *H. wrightii* e talos da macroalga verde *Penicilius* sp.; (F) prado misto dominado por *Halophila decipiens*. Fotos: Pablo Riul (A), Gardênia Batista (B, C), Luciano Candizani (D) e Joel Creed (E, F).

Figura 2-1 (cont.). Fundos submersos vegetados nos ambientes marinhos costeiros do Brasil. (G) Pradaria de *Ruppia maritima* em zona rasa estuarina de região temperada quente (Lagoa dos Patos, Rio Grande do Sul), com marismas ao fundo; (H) hastes de *R. maritima* com inflorescências maduras e liberação de pólen, com detalhe da inflorescência; (I) *R. maritima* arribada na margem estuarina. Fotos: Ulrich Seligeer (G), Margareth Copertino (H, I).

Para este protocolo, serão incluídas além das plantas marinhas, espécies eurihalinas que formam pradarias e ocorrem em estuários e lagunas costeiras, como as representantes das VAS. A distribuição das espécies de VAS ocorre em zonas, podendo ocorrer plantas exclusivamente marinhas (*Halodule* sp.) na saída do estuário, seguidas por eurihalinas (*Ruppia maritima*), oligohalinas e de água doce ou salobra (*Zannichellia palustris*, *Potamogeton* spp., *Myriophyllum* spp.). Espécies de macroalgas de deriva, na grande maioria clorófitas, podem ocorrer associadas aos prados ou em bancos flutuantes (*Ulva* spp., *Ulvaria* spp., *Monostroma* spp., *Cladophora* spp., *Rhizoclonium* spp.). Tufos ou bancos de macroalgas de água doce são comuns nas partes mais internas do estuário, como é o caso dos gêneros *Chara* e *Nitella*. Com exceção de *Halodule* e *Ruppia*, a abundância e ecologia das outras espécies foi escassamente documentada na costa brasileira. Nos ambientes estuarinos, as espécies são mais efêmeras e, talvez, deva existir uma maior variação temporal e espacial do que as mais persistentes pradarias de gramas marinhas.

MÉTODOS

ESTABELECIMENTO DOS LOCAIS E TRANSECTOS

A seleção das pradarias a serem monitoradas deve levar em consideração uma estratificação ou gradientes ambientais, assim como aspectos práticos de acesso e logística, de modo a garantir a sustentabilidade das observações em longo prazo, com frequência mínima sazonal. O ideal é escolher três áreas de pradaria (ou três pradarias), para representar um gradiente ambiental. Estes gradientes podem ser: praia *versus* estuário, região estuarina (oligohalina, mesomixohalina e euhalina), grau de exposição a ondas ou ventos, grau de impacto antropogênico (distância da fonte poluidora ou de distúrbio) etc. Caso somente uma pradaria for possível, a escolha deve priorizar uma pradaria bem consolidada, representativa, em região relativamente protegida, com baixo grau de impacto antropogênico.

Em cada local ou pradaria escolhidos devem ser delimitados três transectos fixos e permanentes (Tabela 2-1). Os transectos, paralelos às margens inferiores e superiores da pradaria, devem ter 50m de comprimento cada, e estabelecidos de acordo com o modelo proposto por Short *et al.* (2006), da seguinte maneira (Figura 2-2):

- Transecto A: dentro da pradaria, próximo à margem superior (rasa) da pradaria;
- Transecto B: em região intermediária ou no meio da pradaria (quando possível em área de transição, por exemplo, entre tipos de vegetação, sedimento etc.);
- Transecto C: dentro da pradaria, próximo ao limite final (fundo) de distribuição da pradaria.

Os transectos devem ser georreferenciados com GPS e marcados com utilização de âncoras tipo parafuso, nas posições 0m, 25m e 50m (Figura 2-3)

Tabela 2-1. Planilha para registro das coordenadas geográficas de cada ponto fixo nos transectos (marcas) do banco vegetado.

CÓD. REF.	CÓD. AMOSTRA	HORA	DIA	MÊS	ANO	REGIÃO	ESTADO	MUNICÍPIO	LOCAL	TRANSECTO	COORDENADAS GEOGRÁFICAS																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
											TRANSECTO/POSIÇÃO 0 m						TRANSECTO/POSIÇÃO 25 m						TRANSECTO/POSIÇÃO 50 m																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
											LATITUDE			LONGITUDE			LATITUDE			LONGITUDE			LATITUDE			LONGITUDE																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
											GRAUS	MIN	SEG	GRAUS	MIN	SEG	GRAUS	MIN	SEG	GRAUS	MIN	SEG	GRAUS	MIN	SEG	GRAUS	MIN	SEG																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
1	A5	9:00	7	AGO	2013	NE	SE	ARACAJU	PRAIA DE ATALAIA	A

Figura 2-2. Representação do desenho amostral para o monitoramento dos Fundos Submersos Vegetados. Os transectos georreferenciados são posicionados sobre a pradaria, paralelos à pradaria/costa. Adaptado de Short *et al.* (2006).

Figura 2-3. Materiais e amostragens. (A) Âncora parafuso utilizada para a demarcação dos pontos fixos de cada transecto; (B) amostradores de PVC para biomassa; (C) sensores de luz (HOBO) e temperatura (*i-buttons*); (D) parte central da transversal mostrando (E) quadrado amostral (0,25m²) identificado para registro fotográfico (fotoquadrado); (F) amostragem da biomassa; (G) coletor de sedimento para fauna (malha de 0,3 mm recomendada para lavagem de material em campo). Fotos: Joel Creed (A, B, C, D, E); Fundação Mamíferos Aquáticos da Paraíba FMA/PB (F) e Kcrishna Barros (G).

FREQUÊNCIA DE AMOSTRAGEM

As amostragens devem ser realizadas quatro vezes por ano, nos meses de janeiro, abril, julho e outubro. Frequências de amostragem maiores são facultativas. Entretanto, locais com restrições de acesso, dificuldades logísticas e limitação de recursos (humanos e/ou financeiros) poderão justificar amostragens semestrais (janeiro e julho) ou anuais (nesse caso, no mês de janeiro).

OBTENÇÃO DOS PARÂMETROS ABIÓTICOS

Os seguintes parâmetros abióticos deverão ser amostrados a cada coleta:

- Profundidade: medir a profundidade nos pontos de cada âncora, com auxílio de régua, profundímetro ou sonda hidroacústica;

- Profundidade mínima de distribuição: medir as distâncias entre os pontos fixos (âncoras parafusos) do transecto A (Figura 2-2) até o limite mais raso da pradaria (última haste ou mancha), em sentido perpendicular ao transecto (caso haja retração da pradaria, a medida pode ser negativa) e anotar a profundidade nesses pontos (profundidades mínimas da pradaria, em metros);
- Profundidade máxima de distribuição: medir a distância entre o ponto fixo do transecto C (Figura 2-2) até o limite máximo da pradaria (última haste ou mancha), em sentido perpendicular ao transecto (caso haja retração da pradaria, a medida pode ser negativa) e anotar a profundidade em cada ponto (profundidades máximas da pradaria, em metros);
- Transparência: em habitats profundos, medir a profundidade com disco de *Secchi* sobre a pradaria. No caso de pradarias em áreas muito rasas (nesses casos o *Secchi* frequentemente bate no fundo antes de atingir a profundidade de extinção da luz), obter o *Secchi* em região profunda adjacente à pradaria, em um ponto fixo e georreferenciado. Adicionalmente, a transparência em áreas rasas é possível de ser obtida com disco de *Secchi* na horizontal;
- Características do sedimento: um testemunho de sedimento deve ser obtido fora do transecto, com amostrador de 5cm de diâmetro, enterrado a 15cm de profundidade. Esse volume garante cerca de 200g de amostra. Essa deverá ser coletada próximo ao marcador central de cada transecto (n = 3 amostras), para análise granulométrica e de matéria orgânica;
- Sedimentação e deposição/erosão: no marcador central de cada transecto, medir a distância da superfície do sedimento até o topo da âncora (isso deve ser feito colocando uma superfície horizontal paralela ao transecto como base, de modo a evitar a sub ou superestimativa, devido à influência da presença da âncora). Opcionalmente colocar um coletor de sedimento (tubo de PVC) fixo na âncora central de cada transecto (total de 3 amostras). A abertura do coletor deverá estar a, pelo menos, 50 cm da superfície do substrato. As amostras serão retiradas a cada amostragem da pradaria (de três meses até um ano), para análise;
- Salinidade: coletar água próximo ao marcador central de cada transecto, anotar o horário da coleta e medir a salinidade com refratômetro ou condutivímetro;
- Temperatura da água: este parâmetro deve ser obtido, idealmente, através de sensores acoplados com *loggers* (e.g. *iButton*), fixados no centro de cada transecto. Os sensores *i-button* devem ser trocados a cada monitoramento. As medidas de temperatura devem ser ajustadas para serem aferidas a cada 6 horas levando em consideração a capacidade de armazenamento do *loggers* para que as medições sejam armazenadas durante os três meses entre as amostragens. Para períodos de amostragens semestrais, reduzir a quantidades de medições diárias. Caso não seja possível a instalação desses sensores para temperatura, esse parâmetro deve ser medido manualmente (termômetro) em cada monitoramento, em horário previamente fixado.

Os parâmetros abióticos devem ser compilados e organizados em planilhas digitais (Tabelas 2-2 e 2-3).

Tabela 2-2. Planilha para registro de parâmetros abióticos de cada transecto do banco vegetado durante dias de marés de sizígia e quadratura.

CÓD. REF.	CÓD. AMOSTRA	HORA	DIA	MÊS	ANO	REGIÃO	ESTADO	MUNICÍPIO	LOCAL	TRANSECTO	PARÂMETROS AMBIENTAIS		
											PROFUNDIDADE (m)	SALINIDADE (PSU)	TEMP. ÁGUA (°C)
1	A5	9:00	7	AGO	2013	NE	SE	ARACAJU	PRAIA DE ATALAIA	A			
2	A7	10:00	7	AGO	2013	NE	SE	ARACAJU	PRAIA DE ATALAIA	A			
3	A10	11:00	7	AGO	2013	NE	SE	ARACAJU	PRAIA DE ATALAIA	A			
4	A18	12:00	7	AGO	2013	NE	SE	ARACAJU	PRAIA DE ATALAIA	A			
5	A20	13:00	7	AGO	2013	NE	SE	ARACAJU	PRAIA DE ATALAIA	A			
6	A22	14:00	7	AGO	2013	NE	SE	ARACAJU	PRAIA DE ATALAIA	A			
7	A24	15:00	7	AGO	2013	NE	SE	ARACAJU	PRAIA DE ATALAIA	A			
8	A26	16:00	7	AGO	2013	NE	SE	ARACAJU	PRAIA DE ATALAIA	A			
9	A28	17:00	7	AGO	2013	NE	SE	ARACAJU	PRAIA DE ATALAIA	A			
10	A30	18:00	7	AGO	2013	NE	SE	ARACAJU	PRAIA DE ATALAIA	A			
11	A32	19:00	7	AGO	2013	NE	SE	ARACAJU	PRAIA DE ATALAIA	A			
12	A34	20:00	7	AGO	2013	NE	SE	ARACAJU	PRAIA DE ATALAIA	A			
13	B8	9:00	7	AGO	2013	NE	SE	ARACAJU	PRAIA DE ATALAIA	B			
14	B11	10:00	7	AGO	2013	NE	SE	ARACAJU	PRAIA DE ATALAIA	B			
15	B13	11:00	7	AGO	2013	NE	SE	ARACAJU	PRAIA DE ATALAIA	B			
16	B15	12:00	7	AGO	2013	NE	SE	ARACAJU	PRAIA DE ATALAIA	B			
17	B17	13:00	7	AGO	2013	NE	SE	ARACAJU	PRAIA DE ATALAIA	B			
18	B18	14:00	7	AGO	2013	NE	SE	ARACAJU	PRAIA DE ATALAIA	B			
19	B20	15:00	7	AGO	2013	NE	SE	ARACAJU	PRAIA DE ATALAIA	B			
20	B22	16:00	7	AGO	2013	NE	SE	ARACAJU	PRAIA DE ATALAIA	B			
21	B25	17:00	7	AGO	2013	NE	SE	ARACAJU	PRAIA DE ATALAIA	B			
22	B27	18:00	7	AGO	2013	NE	SE	ARACAJU	PRAIA DE ATALAIA	B			
23	B30	19:00	7	AGO	2013	NE	SE	ARACAJU	PRAIA DE ATALAIA	B			
24	B35	20:00	7	AGO	2013	NE	SE	ARACAJU	PRAIA DE ATALAIA	B			
25	C5	9:00	7	AGO	2013	NE	SE	ARACAJU	PRAIA DE ATALAIA	C			
26	C10	10:00	7	AGO	2013	NE	SE	ARACAJU	PRAIA DE ATALAIA	C			
27	C15	11:00	7	AGO	2013	NE	SE	ARACAJU	PRAIA DE ATALAIA	C			
28	C20	12:00	7	AGO	2013	NE	SE	ARACAJU	PRAIA DE ATALAIA	C			
29	C25	13:00	7	AGO	2013	NE	SE	ARACAJU	PRAIA DE ATALAIA	C			
30	C30	14:00	7	AGO	2013	NE	SE	ARACAJU	PRAIA DE ATALAIA	C			

Tabela 2-3. Planilha para registro dos parâmetros do sedimento e da água em cada transecto do banco vegetado.

CÓD. REF.	CÓD. AMOSTRA	TRANSECTO	PARÂMETROS AMBIENTAIS											
			PROFUNDIDADE NAS POSIÇÕES			CARACTERÍSTICAS DO SEDIMENTO*				TAXA DE SEDIMENTAÇÃO*	IRRADIÂNCIA*	TRANSPARÊNCIA*	SALINIDADE*	TEMP. DA ÁGUA*
						AREIA	SILTE	ARGILA	MAT. ORG.					
			0 m	25 m	50 m	(%)	(%)	(%)	(%)	(ton dia ⁻¹)	(mmol m ⁻² s ⁻¹)	(m)	(PSU)	(°C)
1	A5	A												
13	B8	B												
25	C5	C												

(*)medidos no marcador central de cada transecto.

(*)medidos no marcador central de cada transecto.

OBSERVAÇÕES E FREQUÊNCIAS AMOSTRAIS FACULTATIVAS

- Irradiância: caso disponível, medir a irradiância nos pontos fixos dos transectos, na altura do dossel da pradaria com fotômetro de campo, utilizando um quantômetro LI-COR®. A medida deve ser realizada no período de zênite solar. A obtenção de medidas de luz em diferentes profundidades e dias permite estimar o coeficiente de extinção da luz na água sobre o ambiente da pradaria;
- Dados contínuos dos parâmetros temperatura, salinidade, transparência e turbidez podem ser obtidos com frequência maior (mensal, diária, horária) em pontos fixos nas proximidades da pradaria, através da utilização de sondas, estações hidrológicas e oceanográficas etc.;
- Marés e hidrodinâmica local: em regiões de maior energia e amplitude das marés, a variação diária no nível do mar pode afetar os parâmetros ambientais do habitat da pradaria, como

profundidade, temperatura e salinidade. Esse é o caso de pradarias crescendo na zona intermareal e infralitoral raso, particularmente em regiões estuarinas onde a penetração diária da maré afeta significativamente a dinâmica hidrológica. Quando necessário e possível, alguns parâmetros podem ser monitorados para avaliar essa variabilidade ao longo de um dia de maré de sizígia e outro de quadratura.

Os níveis máximos e mínimos das marés no local podem ser obtidos nas tábuas de maré disponibilizadas pela Diretoria de Hidrografia e Navegação (<http://www.mar.mil.br/dhn/chm/box-previsao-mare/tabuas/>). Esses níveis são calculados por modelos e fornecem a variação média relativa, em relação ao nível médio do mar e referencial geodésico. Para uma avaliação mais específica local, os níveis máximos e mínimos devem ser obtidos em pelo menos duas ocasiões do ano (janeiro e julho). Nesses meses, durante dias de maré de sizígia e outros de quadratura (mínimo de três dias para cada tipo de maré), devem ser obtidos os parâmetros profundidade (régua ou profundímetro), temperatura e salinidade no ponto central de cada transecto, com uma frequência de no mínimo três horas, ao longo de um período de 24 horas (Tabela 2-2). Esses parâmetros devem ser obtidos no ponto central de cada transecto, na altura do dossel ou no fundo da pradaria. Isso permitirá avaliar a influência relativa da maré (e massa de água) e temperatura do ar nesses parâmetros. No caso de pradarias na região intermareal, obter o tempo (horas) em que cada transecto fica exposto ao ar.

No caso de pradarias situadas em ambientes com pequena influência da maré (*e.g.* fundos vegetados de lagunas e lagoas costeiras), marés meteorológicas, vento, precipitação e descarga fluvial dominam a hidrodinâmica dos habitats estudados. Nesses casos, a obtenção dos parâmetros sob influência de eventos extremos (períodos de seca e estiagem, após marés meteorológicas e em períodos de calmaria), contribuiria significativamente para o monitoramento. Diferente do monitoramento da influência da maré astronômica, os dados de nível, temperatura e salinidade podem ser obtidos com frequência diária, durante um período de, no mínimo, sete dias.

OBTENÇÃO DOS PARÂMETROS BIOLÓGICOS

As observações em campo serão obtidas em doze pontos pré-sorteados aleatoriamente, ao longo de cada transecto e que devem ser fixos ao longo do estudo, como o exemplo descrito a seguir:

Transecto A: 5 m, 7 m, 10 m, 18 m, 19 m, 22 m, 26 m, 34 m, 35 m, 38 m, 43 m e 44 m;

Transecto B: 9 m, 10 m, 15 m, 17 m, 22 m, 25 m, 28 m, 31 m, 35 m, 37 m, 39 m e 45 m;

Transecto C: 2 m, 7 m, 8 m, 16 m, 18 m, 25 m, 26 m, 33 m, 38 m, 40 m, 44 m e 46 m.

- Cobertura vegetal: em cada transecto, analisar e anotar o percentual de cobertura visual (Figuras 2-4 e 2-5) de cada angiosperma *in situ*, dentro de quadrados amostrais (0,25 m²), posicionados nos doze pontos pré-sorteados. O percentual de cobertura ocupado pelas macroalgas deve ser anotado (por táxon, se possível) registrando também a forma funcional dessas algas (rizofíticas, psamofíticas, de deriva, epifíticas ou rodólitos livres), com coleta de material para posterior identificação;
- Fotoquadrado: quando possível, obter imagens digitais de cada quadrado de cobertura para registro, análise posterior e conferência. A imagem deve ser obtida em ângulo reto, na distância que possibilite o completo enquadramento dos lados do quadrado amostral (aproximadamente um metro de altura). Na obtenção da imagem, o fotoquadrado deve registrar o sítio (local), letra do transecto e número do quadrado, com a utilização de placas de PVC, por exemplo (Figura 2-3) ou inserção de caixas de textos sobre a imagem digital posteriormente. Nesse último caso, o número do registro fotográfico deve ser anotado em campo;

- Altura do dossel: utilizando uma régua, medir a altura do dossel de cada espécie dominante de planta ou macroalga. No ponto central de cada quarto de quadrado, anotar quatro medidas da altura máxima do dossel, independentemente de composição específica. Caso visíveis, registrar os sinais e evidências de herbivoria;
- Coleta de exemplares: fora dos quadrados pré-sorteados, coletar exemplares da flora para posterior identificação, confecção de exsicatas e inclusão em herbário. Os exemplares devem ser coletados e tratados conforme os procedimentos botânicos padrões para confecção de exsicatas e *vouchers*.

Figura 2-4. Percentual de cobertura (%) da vegetação dentro de fotoquadrados segundo padronização do protocolo *SeagrassNet* (Short *et al.*, 2006). Fonte: www.seagrassnet.org.

Próximo aos transectos, mas fora dos fotoquadrados (Figura 2-3), coletar um testemunho de 10 cm de diâmetro, enterrado a 15 cm de profundidade, em área de cobertura vegetal que represente a fisionomia geral (percentual de cobertura) que foi amostrada (total de amostras por transecto = 12; total de amostras por campanha = 36). A coleta fora das áreas dos quadrados é necessária para evitar danos à área de cobertura que será monitorada. Em laboratório, as amostras serão lavadas e triadas para analisar os seguintes parâmetros:

- Densidade das macrófitas: separar a vegetação por espécie e os eixos com folhas, flores e frutos dos rizomas e raízes. Contar as hastes, flores e frutos para o cálculo da densidade. No caso das macroalgas, contar o número de indivíduos de espécies unitárias e/ou módulos de espécies com crescimento modular distinto para densidade;
- Morfologia vegetal: medir as principais características morfológicas de cinco indivíduos inteiros da espécie de planta vascular dominante: comprimento (da base do pecíolo ao ápice) e a maior largura de folha;
- Biomassa: secar a flora e fauna (sempre que possível e após a identificação dos grupos taxonômicos e/ou espécies) em estufa a 60°C, até peso constante final e pesar em balança de quatro

casas decimais. No caso de algas e fauna calcificadas, reunir as amostras do transecto, por espécie, pesar e queimar em mufla a 500°C por 2 horas, até completar a combustão da matéria orgânica em questão, para subtrair o peso livre de cinzas, do seco, considerando cada espécie de cada amostra.

Os parâmetros biológicos devem ser armazenados em planilhas digitais (Tabelas 2-4 e 2-5). Os parâmetros abióticos e biológicos deverão alimentar o Banco de Dados da ReBentos, que disponibilizará as informações obtidas pela Rede.

Figura 2-5. Exemplos de percentual de cobertura (%) da vegetação dentro de fotoquadrados em pradaria de *Halodule* sp. de zona intermareal estuarina. Fotos: Margareth Coper-tino.

Tabela 2-4. Planilha para registro dos parâmetros de abundância e morfométricos das fanerógamas marinhas coletadas em cada amostragem (sazonal, semestral ou anual).

CÓD. REF.	CÓD. AMOSTRA	TRANSECTO	POSIÇÃO DO QUADRADO NO TRANSECTO (m)	PARÂMETROS BIOLÓGICOS										
				FANERÓGAMAS MARINHAS								ALTURA DOSSEL	COMPR. TALO/ FOLHA	LARG. TALO/ FOLHA
				ESPÉCIES		COBERTURA	DENSIDADE	BIOMASSA AÉREA	BIOMASSA SUBT.					
				OCORRENTES	DOMINANTES					(%)	(eixo m ⁻²)			
1	A5	A	5											
2	A7	A	7											
3	A10	A	10											
4	A18	A	18											
5	A20	A	20											
6	A22	A	22											
7	A24	A	24											
8	A26	A	26											
9	A28	A	28											
10	A30	A	30											
11	A32	A	32											
12	A34	A	34											
13	B8	B	8											
14	B11	B	11											
15	B13	B	13											
16	B15	B	15											
17	B17	B	17											
18	B18	B	18											
19	B20	B	20											
20	B22	B	22											
21	B25	B	25											
22	B27	B	27											
23	B30	B	30											
24	B35	B	35											
25	C5	C	5											
26	C10	C	10											
27	C15	C	15											
28	C20	C	20											
29	C25	C	25											
30	C30	C	30											
31	C35	C	35											
32	C38	C	38											
33	C40	C	40											
34	C42	C	42											
35	C45	C	45											
36	C47	C	47											

Tabela 2-5. Planilha para registro dos parâmetros de abundância e morfométricos de algas e macrofauna acompanhante, coletados a cada amostragem.

CÓD. REF.	CÓD. AMOSTRA	TRANSECTO	POSIÇÃO DO QUADRADO NO TRANSECTO (m)	PARÂMETROS BIOLÓGICOS							
				MACROALGAS				MACROFAUNA		CIANOFÍCEAS	EPÍFITAS
				COBERTURA (%)	DENSIDADE (eixo m ⁻²)	BIOMASSA (g m ⁻²)	ALTURA DOSEL (cm)	DENSIDADE (ind m ⁻²)	BIOMASSA (g m ⁻²)		
1	A5	A	5								
2	A7	A	7								
3	A10	A	10								
4	A18	A	18								
5	A20	A	20								
6	A22	A	22								
7	A24	A	24								
8	A26	A	26								
9	A28	A	28								
10	A30	A	30								
11	A32	A	32								
12	A34	A	34								
13	B8	B	8								
14	B11	B	11								
15	B13	B	13								
16	B15	B	15								
17	B17	B	17								
18	B18	B	18								
19	B20	B	20								
20	B22	B	22								
21	B25	B	25								
22	B27	B	27								
23	B30	B	30								
24	B35	B	35								
25	C5	C	5								
26	C10	C	10								
27	C15	C	15								
28	C20	C	20								
29	C25	C	25								
30	C30	C	30								
31	C35	C	35								
32	C38	C	38								
33	C40	C	40								
34	C42	C	42								
35	C45	C	45								

AMOSTRAGEM FACULTATIVA

- Macrofauna: lavar o testemunho de sedimento (enterrado a 10 cm de profundidade) em água corrente, utilizando uma malha de 0,5 mm, para a retenção da macrofauna. Se a primeira lavagem for feita em campo, recomenda-se o uso de uma malha de 0,3 mm (Figura 2-3G) e só depois de fixas ou congeladas as amostras poderão ser lavadas em malhas de 0,5 mm para evitar perda de organismos.
- Densidade da macrofauna: após obtida a abundância de cada espécie, é feito o cálculo da densidade, de acordo com a área do amostrador.

A Figura 2-6 ilustra as etapas a serem seguidas no cumprimento da metodologia proposta por este protocolo.

Figura 2-6. Etapas importantes do protocolo de monitoramento dos Fundos Submersos Vegetados.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Após o preenchimento das tabelas com as variáveis biológicas e ambientais obtidas, será possível compreender as variações dessas populações, considerando a profundidade (transectos) e a dinâmica temporal (monitoramento). A obtenção das doze réplicas de amostras biológicas nos três perfis de profundidade, bem como das réplicas das variáveis ambientais (profundidade, temperatura e salinidade) permitirá a comparação, por meio de análises de variância, das variações dessas plantas e do ambiente em relação às

profundidades ou demais fatores levados em consideração (distância da fonte poluidora, ação de ventos e outros gradientes).

Em curto prazo, será possível observar não somente as variações sazonais e anuais das plantas, mas também a relação entre os caracteres das plantas e as variações dos fatores ambientais ao longo do tempo, através de análises multivariadas. Essas análises poderão evidenciar as principais variáveis ambientais que influenciam a dinâmica das plantas, bem como se as relações entre as variáveis biológicas e ambientais é significativa nos diversos ambientes estudados, auxiliando nos processos de compreensão e mitigação de mudanças ambientais e climáticas sob as plantas.

Ademais, a inclusão desses caracteres de várias áreas do país num banco de dados único poderá evidenciar ainda, além das similaridades e dissimilaridades dos caracteres das espécies ao longo da costa brasileira, as relações entre as diferentes características climáticas e respectivas variações sazonais e regionais das pradarias.

AUTORES

Margareth da Silva Copertino – Universidade Federal do Rio Grande – FURG
(autor para correspondência: doccoper@furg.br)

Joel Christopher Creed – Universidade do Estado do Rio de Janeiro – UERJ

Karine Matos Magalhães – Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE

Kcrishna Vilanova de Souza Barros – Universidade Federal do Ceará – UFC

Marianna de Oliveira Lanari – Universidade Federal do Rio Grande – FURG

Paulo Antunes Horta – Universidade Federal da Santa Catarina – UFSC

Priscilla Rezende Arévalo – Universidade Federal do Rio Grande – FURG

REFERÊNCIAS

- Barros, K.V.S.; Rocha-Barreira, C.A.; Magalhães, K.M. 2013. "Ecology of Brazilian seagrasses: is our current knowledge sufficient to make sound decisions about mitigating the effects of climate change?" *Iheringia Série Botânica*, 68(1): 155-170.
- Björk, M.; Short, F.; Mcleod, E.; Beer, S. 2008. *Managing seagrasses for resilience to climate change*. Switzerland: World Conservation Union Global Marine Programme, Gland, p. 55.
- Blandon, A., Ermgassen, P.S.E. 2014. "Quantitative estimate of commercial fish enhancement by seagrass habitat in southern Australia". *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 141: 1-8.
- Cafrey, J.M.; Kemp, W.M. 1992 Influence of the submersed plant, *Potamogeton perfoliatus*, on nitrogen cycling in estuarine sediments. *Limnology and Oceanography*, 37(7): 1483-1495.
- Cocentino, A. L.; Magalhães, K. M.; Pereira, S. M. B. 2004. "Estrutura do Macrofitobentos Marinho". pp. 391-424. In: Eskinazi-Leça, E.; Neumann-Leitão, S.; Costa, M. F (Eds.) *Oceanografia, um cenário tropical*. Centro de Tecnologia e Geociências, Departamento de Oceanografia, Universidade Federal de Pernambuco. Recife: Edições Bagaço.
- Connolly, R.M. 2009. "Seagrass". pp. 1-14. In: Poloczanska, E.S.; Hobday, A.J.; Richardson, A.J. (Eds.). *Marine Climate Change in Australia: impacts and adaptation responses report card*. Australia: NCCARF Publication 05/09.
- Copertino, M.; Seeliger, U. 2010. "Habitats de pradarias de *Ruppia maritima* e macroalgas". In Seeliger, U.; Odebrech, C. (Eds.). *Estuário da Lagoa dos Patos: um século de transformações*. Rio Grande: FURG.
- Costanza, R.; d'Arge, R.; De Groot, R.; Farber, S.; Grasso, M.; Hannon, B.; Naeem, S.; Limburg, K.; Paruelo, J.; O'Neill, R.V.; Raskin, R.; Sutton, P.; van den Belt, M. 1997. "The value of the world's ecosystem services and natural capital". *Nature*, 287: 253-260.
- Creed, J.C. 2002. "Biodiversidade das gramas marinhas brasileiras". pp. 127-131. In: Araujo, E.L.; Moura, A.N.; Sampaio, E.V.S.B.; Gestinari, L.M.S.; Carneiro, J.M.T. (Eds.). *Biodiversidade, conservação e uso sustentável da flora do Brasil*. Recife: Imprensa Universitária, UFRPE.
- Den Hartog, C.; Kuo, J. 2006. "Taxonomy and biogeography of seagrasses". pp. 1-23. In: Larkum, A.W.D.; Orth, R.J.; Duarte, C.M. (Eds.) *Seagrasses: Biology, ecology and conservation*. Dordrecht, The Netherlands: Springer.
- Duarte, C.M. 1999. "Seagrass ecology at the turn of the millennium: challenges for the new century". *Aquatic Botany*, 65: 7-20.
- Duarte, C.M. 2002. "The future of seagrass meadows". *Environmental Conservation*, 29: 192-206.
- Duarte, C.M.; Middelburg, J. J.; Caraco, N. 2005. "Major role of marine vegetation on the oceanic carbon cycle". *Biogeosciences*, 2: 1-8.
- Fourqurean, J.W.; Duarte, C.M.; Kennedy, H.; Marbà, N.; Holmer, M.; Mateo, M.A.; Apostolaki, E.T.; Kendrick, G.A.; Krause-Jensen, D.; McGlathery, K.J.; Serrano, O. 2012. "Seagrass ecosystems as a globally significant carbon stock". *Nature*, 5: 505-509.
- Kemp, W. M.; Batiuk, R.; Bartleson, R.; Bergstrom, P.; Carter, V.; Gallegos, C.; Hunley, W.; Karrh, L.; Koch, E.W.; Landwehr, J.M.; Moore, K.A.; Murray, L.; Naylor, M.; Rybicki, N.B.; Wilcox, D.J. 2004. "Habitat requirements for submerged aquatic vegetation in Chesapeake Bay: Water quality, light regime, and physical-chemical factors". *Estuaries*, 27:363-377.
- Larkum A.; Orth, R. J.; Duarte, C. M. 2006. *Seagrasses: biology, ecology and conservation*. Springer, p. 691.

- Martins C.D.L.; Arantes N.; Faveri C.; Batista M.B.; Oliveira E.C.; Pagliosa P.R.; Fonseca A.L.; Nunes J.M.C.; Chow F.; Pereira S.B.; Horta P.A. 2012. "The impact of coastal urbanization on the structure of phytobenthic communities in southern Brazil". *Marine Pollution Bulletin*, 64: 772-778.
- Magalhães, K.M.; Alves, M.S. 2002. "Fanerógamas marinhas do litoral do estado de Pernambuco". pp. 173-181. In: Tabarelli M.; Cardoso da Silva, J.M. (Org.). 2002. *Diagnóstico da Biodiversidade de Pernambuco*. v. 1. Recife: Secretaria de Ciências, Tecnologia e Meio Ambiente, Editora Massangana.
- Marques, L.V.; Creed, J.C. 2008. "Biologia e ecologia das fanerógamas marinhas do Brasil". *Oecologia Brasiliensis*, 12(2): 315-331.
- McKenzie, L.J.; Campbell, S.J.; Roder, C.A. 2003. *Seagrass-Watch: Manual for Mapping & Monitoring Seagrass Resources by Community (citizen) volunteers*. 2nd Edition, p. 100.
- McLeod, E. et al. 2011. "A blueprint for blue carbon: toward an improved understanding of the role of vegetated coastal habitats in sequestering CO₂". *Frontiers in Ecology and the Environment*, 9 (10): 552-560.
- Nellemann, C. et al. 2010. "*A Rapid Response Assessment*". United Nations Environment Programme, GRID-Arendal.
- Oliveira Filho, E.C.; Pirani, J.R.; Giulietti, A.M. 1983. "The Brazilian seagrasses". *Aquatic Botany*, 16: 251-265.
- Orth, R.J. et al. 2006. "A global crisis for seagrass ecosystems". *Bioscience*, 56: 987-996.
- Pitanga, M.E.; Magalhães, K.M.; Montes, M.J.F.; Reis, T.N.V. 2012. "Quantification and classification of the main environmental impacts on a *Halodule wrightii* seagrass meadow on a tropical island in northeastern Brazil". *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 84: 35-42.
- Seeliger, U.; Odebrecht, C. 2010. *Estuário da Lagoa dos Patos: um século de transformações*. Rio Grande: FURG, p. 180.
- Shafer, D.; Bergstrom, P. 2010. "An Introduction to a Special Issue on Large-Scale Submerged Aquatic Vegetation Restoration Research in the Chesapeake Bay: 2003-2008". *Restoration Ecology*, 18: 481-489.
- Short, F.T.; Neckles, H.A. 1999. "The effects of global climate change on seagrasses". *Aquatic Botany*, 63: 169-196.
- Short, F.T.; Wyllie-Echeverria, S. 1996. "Natural and human induced disturbance of seagrasses". *Environmental Conservation*, 23: 17-27.
- Short, F.T.; Carruthers, T.; Dennison, W.; Waycott, M. 2007. "Global seagrass distribution and diversity: A bioregional model". *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 350: 3-20.
- Short, F.T. et al. 2006. *SeagrassNet: Manual for scientific monitoring of seagrass habitat*. Worldwide edition. New Hampshire: University of New Hampshire, p. 75.
- Sifleet, S.; Pendelton, L.; Murray, B. 2011. *State of the science on coastal blue carbon: a summary for policy makers*. Nicholas Institute for Environmental Policy Solutions Report. NI R 11-06.
- Tuya, F.; Haroun, R.; Espino, F. 2014. "Economic assessment of ecosystem services: Monetary value of seagrass meadows for coastal fisheries". *Ocean & Coastal Management*, 96: 181-187.
- Vassallo, P.; Paoli, C.; Rovere, A.; Montefalcone, M.; Morri, C.; Bianchi, C.N., 2014. "The value of the seagrass *Posidonia oceanica*: a natural capital assessment". *Marine Pollution Bulletin*, 75: 157-167.
- Ward, L.G.; Kemp, W.M.; Boyton, W.R. 1984. "The influence of waves and seagrass communities on suspended particulates in an estuarine embayment". *Marine Geology*, 59, 85-103.

Waycott, M. et al. 2009. "Accelerating loss of seagrasses across the globe threatens coastal ecosystems".
Proceedings of the National Academy of the United States of America, *Ecology*, 106(30): 12377-
12381.

ANEXO 2-I. DESCRIÇÃO DAS ESPÉCIES DE GRAMAS MARINHAS BRASILEIRA

As espécies de gramas marinhas brasileiras pertencem a apenas três gêneros: *Halodule* (Cymodoceaceae), *Halophila* (Hydrocharitaceae) e *Ruppia* (Ruppiaceae). As espécies têm forte afinidade com a flora do Caribe (Short *et al.* 2001), embora ainda haja controvérsias acerca de quantas espécies de fato ocorrem no Brasil (Oliveira Filho *et al.*, 1983; Phillips, 1992; Creed, 2003; Marques & Creed, 2008). Oliveira Filho *et al.* (1983) analisaram exemplares coletados em grande parte da costa brasileira. Os autores realizaram diagnósticos e elaboraram uma chave de identificação baseada na morfologia externa das folhas e das estruturas reprodutivas. Até o presente, cinco espécies de angiospermas marinhas são reconhecidas para o Brasil: *Halophila baillonii* Ascherson *ex* Dickie, *H. decipiens* Ostenfeld, *Halodule wrightii* Ascherson, *H. emarginata* Den Hartog e *Ruppia maritima*. Oliveira Filho *et al.* (1983) consideram *H. brasiliensis* sinonímia de *H. wrightii*, pois acreditam que a caracterização pelo tipo de folha foi insuficiente para sua elevação à espécie nova. Devido à plasticidade fenotípica das gramas marinhas não há consenso acerca do número de espécies do Brasil e uma importante questão é verificar a relevância das influências genéticas (ou intrínsecas) e ambientais sobre a morfologia. Com base nas informações dos estudos de Oliveira *et al.* (1983), Kuo & Den Hartog (2001) e em nossas observações mais recentes de campo, caracterizamos as espécies brasileiras e sua distribuição ao longo do litoral.

- *Ruppia maritima* (Figura 2-I-1): possui folhas lineares de largura de 0,5 até 3,0 mm, com ápice agudo minuciosamente serrilhado. Planta monoica com inflorescência formada por duas flores nuas, cada uma composta por 4 anteras sésseis e 4 carpelos. Após fecundação, o caule reprodutivo se alonga acima das hastes vegetativas. Frutos são pedunculados, com pedúnculos compridos retos ou levemente espiralados. A espécie é encontrada em estuários de águas salobras até hipersalinas e profundidades rasas, de até 3 m. Possui a distribuição mais ampla dentre as espécies brasileiras, sendo descrita para o Maranhão, Piauí, Ceará, Pernambuco, Alagoas, Espírito Santo, Rio de Janeiro, São Paulo, Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul;
- *Halodule wrightii* (Figura 2-I-2): folhas lineares com até 12 cm de comprimento e largura de 0,3 a 1,0 mm, ápice bicúspide. Planta dioica. Flor masculina pedunculada, com até 2 cm de comprimento e anteras com 3,5-5,0 mm. As duas anteras são posicionadas com cerca de 0,5 cm de diferença de altura. Flor feminina com pistilo de até 28 mm de comprimento. Frutos com 1,5-2,0 mm em diâmetro. Possui ampla distribuição na costa brasileira, ocorrendo do Piauí até Santa Catarina, crescendo em áreas estuarinas, costeiras e marinhas abrigadas até dinâmicas moderadas, com substrato que varia de areia a lama. Encontradas desde a zona entremarés até cerca de 10 m de profundidade. Mais abundante na costa nordeste do Brasil, em águas mais quentes. No nordeste forma extensivos bancos entre os recifes e o continente.;
- *Halodule emarginata* (Figura 2-I-3): folhas lineares com até 11 cm de altura e 1,5 mm de largura, com ápice emarginado ou obtuso, com dentes laterais pouco desenvolvidos ou ausentes. Essas últimas características a diferem de *H. wrightii*. Planta dioica, com flor masculina formada por 2 estames sésseis, posicionados levemente em diferentes alturas do caule floril (com menos de 0,5 cm). Endêmica da costa brasileira. Ocorrência descrita desde a Bahia até São Paulo sendo usualmente encontrada na zona entremarés até cerca de 10 m de profundidade;
- *Halophila decipiens* (Figura 2-I-4): possui duas folhas pecioladas saindo do mesmo eixo, com lâminas oblongas-elípticas, 10-25 mm de comprimento, 3-6 mm de largura, com 6-9 nervuras laterais saindo da nervura central, margens serrilhadas. Rizomas finos e alongados, com escamas transparentes. Planta monoica, com flores femininas e masculinas no mesmo eixo floral cobertas por bainha. Flor masculina com pétalas de 1,5 mm de comprimento e anteras

de 1 mm. Flores femininas com 3 pistilos de 1,5-2,5 mm de comprimento. Fruto amplamente elipsoide, com 1,5 mm de comprimento e 1 mm de largura. Sementes ovóides, 0,2-0,4 mm de diâmetro. Ocorre desde o Piauí até São Paulo;

- *Halophila baillonii* (Figura 2-I-5): possui quatro folhas saindo do mesmo eixo ou pecíolo e formando um vértice. Folhas oblongas, ovais, elípticas até lanceoladas, de ápice obtuso. Folhas com 5-22 mm de comprimento, 2-8 mm de largura, com 3-8 nervuras saindo de cada lado da midríbe central. Pecíolo com 2-5 mm de comprimento. Rizomas frágeis e finos, com ramos laterais eretos com 6-40 mm de comprimento. Planta dioica. Flor masculina com tépalas e anteras de 4 mm de comprimento. Flor feminina com 2-5 pistilos de 10-30 mm de comprimento. Fruto globular, 2-3 mm de diâmetro. Sementes subesféricas. Registro de ocorrência restrito à região costeira de Recife, Pernambuco, a cerca de 30m de profundidade.

Tabela 2-I-1. Caracterização geral das cinco espécies de gramas marinhas brasileiras.

Espécie	Morfologia das folhas	Reprodução	Ambiente
<i>Ruppia maritima</i>	Lineares, com ápice agudo minuciosamente serrilhado, com largura até 3,0mm	Monoica	Estuarino, lagoas costeiras, até 5 m
<i>Halodule wrightii</i>	Lineares com largura de 0,3 a 1 mm, ápice bicúspide ou tricúspide, com dentes laterais bem desenvolvido	Dioica	Marinho estuarino, 0-10 m
<i>H. emarginata</i>	Lineares com largura maior que m, ápice obtuso ou emarginado com dentes laterais pouco visíveis ou ausentes	Dioica	Marinho, 0-10 m
<i>Halophila decipiens</i>	Oblongas-obovadas, com duas folhas por eixo, formando um vértice	Monoica	Marinho, 0-60 m
<i>H. bailonii</i>	Oblongas, ovais ou obovadas, com quatro folhas por eixo, formando um vértice	Dioica	Marinho, 0-60 m

Figura 2-I-1. *Ruppia maritima*. Hábito geral de planta com frutos (1), morfologia da extremidades foliar (2) e estruturas reprodutivas (4 a 7) de exemplar da costa do Brasil. Reproduzido de Oliveira *et al.* (1983), *Aquatic Botany*. 16.

Figura 2-I-2. *Halodule wrightii*. Hábito geral de planta masculina (8), variação das extremidades foliares (9) e estruturas reprodutivas (10, 11 e 12) de exemplares encontrados na costa do Brasil. Reproduzido de Oliveira *et al.* (1983), *Aquatic Botany*. 16.

Figura 2-I-3. *Halodule emarginata*. Hábito geral de planta feminina (13), variação da extremidade foliar (14-16) e estruturas reprodutivas (17, 18) de exemplares encontrados ao longo da costa brasileira. Reproduzido de Oliveira *et al.* (1983), *Aquatic Botany*. 16.

Figura 2-I-4. *Halophila decipiens*. Hábito geral de planta com flores (19), variação da extremidade foliar (14-16) e estruturas reprodutivas (20 a 23) de exemplares encontrados ao longo da costa brasileira. Reproduzido de Oliveira *et al.* (1983), *Aquatic Botany*. 16.

Figura 2-I-5. *Halophila bailoni*. Hábito geral de planta de exemplares encontrados ao norte da costa brasileira. Reproduzido de Oliveira *et al.* (1983), *Aquatic Botany*. 16.

REFERÊNCIAS

- Creed, J.C. 2003. "The seagrasses of South America: Brazil, Argentina, and Chile". In: Green, E.P.; Short, F.T. (eds.). *World Atlas of Seagrasses*. Berkeley, USA: University of California Press.
- Kuo J.; Den Hartog C. 2001. "Seagrass taxonomy and identification key". pp 31–58. In: Short, F.T.; Coles, R.G. (eds) *Global Seagrass Research Methods*. Amsterdam: Elsevier.
- Marques, L.V.; Creed, J.C. 2008. "Biologia e ecologia das fanerógamas marinhas do Brasil". *Oecologia Brasiliensis*, 12(2): 315-331.
- Oliveira Filho, E.C.; Pirani, J.R.; Giuliatti, A.M. 1983. "The Brazilian seagrasses". *Aquatic Botany*, 16: 251-265.
- Phillips, R.C. 1992. "The seagrass ecosystem and resources in Latin America". p. 108-121. In: Seeliger, U. (Ed) *Coastal plant communities of Latin America*. San Diego: Academic Press.
- Short, F.T.; Coles, R.G.; Pergent-Martini, C. 2001. "Global Seagrass Distribution." Chapter 1, pp. 5-30. In: Short, F.T.; Coles, R.G. (eds.). *Global Seagrass Research Methods*. Amsterdam: Elsevier Science B.V.

ANEXO 2-II. FORMULÁRIO DE CAMPO

Formulário Geral para o Monitoramento dos Fundos Submersos Vegetados (FSV)

Estado: _____ Município: _____ Local: _____

Responsável/Instituição: _____

Data de coleta: _____ Hora inicial: _____ Hora final: _____

Maré alta(m)/Horário: _____ Maré baixa(m)/Horário: _____

Larg. entremarés(m): _____

Distância linear entre os níveis da maré:

superior – médio: _____ e médio – inferior: _____

Distância entre transectos:

superior – intermediário: _____ e intermediário – inferior: _____

Declividade entre pontos de observação (cm): 1: _____ 2: _____ 3: _____ 4: _____ 6: _____ 7: _____
8: _____ 9: _____ 10: _____ 11: _____ 12: _____

Para prados intermareais: tempo de exposição do transecto ao ar: _____

Observações: _____

ANEXO 2-III. LISTA DE MATERIAIS NECESSÁRIOS PARA CONDUZIR UM PROTOCOLO MÍNIMO DE MONITORAMENTO DOS FUNDOS SUBMERSOS VEGETADOS

EQUIPAMENTOS

- GPS;
- Jogo de peneiras e agitador de sedimento;
- Estufa de secagem;
- Mufla de combustão;
- Refratômetro ou condutivímetro;
- Termômetro ou sensor de temperatura;
- Profundímetro ou sonda hidroacústica;
- Máquina fotográfica subaquática ou com caixa estanque;
- Disco de *Secchi*;
- Trena digital (opcional).

MATERIAIS

- Âncoras parafuso (9 por sítio amostral);
- Quadrados amostrais (0,25m²);
- Trena de plástico (50m);
- Amostradores de biomassa (tubo de PVC, 10 cm diâmetro e 30cm de altura);
- Amostradores de sedimento (tudo de PVC ou metal, 5 cm de diâmetro, 50cm de altura);
- Régua de madeira, plástico rígido ou Inox;
- Sacos plásticos médios e pequenos etiquetados;
- Amostradores de sedimentação;
- Prensa de madeira ou metal;
- Materiais para confecção de exsicatas.