Capítulo 13

Monitoramento de longo prazo de costões rochosos

Ricardo Coutinho
Maria Teresa Menezes Széchy
María Soledad López
Ronaldo Adriano Christofolletti
Flávio Berchez
Luciana Erika Yaginuma
Rosana Moreira da Rocha
Fernanda Neves Siviero

Natalia Pirani Ghilardi-Lopes
Carlos Eduardo Leite Ferreira
José Eduardo Arruda Gonçalves
Bruno Pereira Masi
Monica Dorigo Correia
Hilda Helena Sovierzoski
Luis Felipe Skinner
Ilana Rosental Zalmon

SciELO Books / SciELO Livros / SciELO Libros

COUTINHO, R., *et al.* Monitoramento de longo prazo de costões rochosos. 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. 180-193. 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 13

MONITORAMENTO DE LONGO PRAZO DE COSTÕES ROCHOSOS

Ricardo Coutinho, Maria Teresa Menezes Széchy, María Soledad López, Ronaldo Adriano Christofolletti, Flávio Berchez, Luciana Erika Yaginuma, Rosana Moreira da Rocha, Fernanda Neves Siviero, Natalia Pirani Ghilardi-Lopes, Carlos Eduardo Leite Ferreira, José Eduardo Arruda Gonçalves, Bruno Pereira Masi, Monica Dorigo Correia, Hilda Helena Sovierzoski, Luis Felipe Skinner, Ilana Rosental Zalmon

Foto: Leandro I. Coelho

INTRODUÇÃO

Os ecossistemas costeiros estão entre os mais vulneráveis às alterações provocadas pelas mudanças climáticas, destacando-se as regiões do mediolitoral que têm demonstrado mudanças biogeográficas mais rápidas (Barry *et al.*, 1995; Helmuth *et al.*, 2006) do que as encontradas em ambientes terrestres (Root *et al.*, 2003). Monitoramentos de longo prazo têm revelado que os limites de distribuição da biota do mediolitoral de substratos consolidados têm avançado em direção aos polos em um ritmo superior a 50 km por década (Rickets *et al.*, 1985; Southward *et al.*, 1995; Helmuth *et al.*, 2006). Esses ecossistemas são sujeitos a um mosaico de condições ambientais como temperatura, vento, umidade e radiação, que mudam repentinamente ou em poucas horas. Tais alterações podem agir como inibidores para determinados tipos de comportamento, como a liberação de larvas (Chan *et al.*, 2001) que influenciam na abundância dos organismos.

Invertebrados e macroalgas que vivem em habitats do mediolitoral podem ser particularmente vulneráveis às temperaturas flutuantes, uma vez que precisam ser adaptados às temperaturas extremas tanto do ambiente terrestre quanto do marinho (Fields *et al.*, 1993). No mediolitoral, uma gama de condições térmicas é encontrada em pequenas escalas espaciais, podendo exceder as encontradas em amplas faixas de latitudes. Por isso, considera-se que os organismos que ali vivem se encontram no limite de sua tolerância fisiológica e qualquer alteração nos parâmetros abióticos como temperatura e tempo de exposição ao ar podem levar a eventos de mortalidade e até à extinção local (Helmuth, 1999; Helmuth, 2002; Massa *et al.*, 2009) ou a eventos positivos, como a ampliação da faixa e área de distribuição. Sendo assim, são ambientes em potencial para avaliação de efeitos de mudanças climáticas (Helmuth, 2009).

A zonação é uma das características mais marcantes da região do mediolitoral de substratos consolidados. Para espécies desse ambiente, que têm seu limite de distribuição mais relacionado ao clima, é possível que o limite superior se reduza com o aumento do estresse ambiental. Como consequência, relações interespecíficas como predador-presa por exemplo, também podem ser afetadas, podendo ocorrer, inclusive, a eliminação da presa naquele ecossistema (Helmuth *et al.*, 2006). Em escalas espaciais relativamente pequenas, a temperatura corporal de invertebrados sésseis e sedentários pode ser determinada pela hora e pela duração da exposição aérea (Helmuth *et al.*, 2002) e estudos têm demonstrado que as temperaturas do ar durante a maré baixa têm maiores efeitos nos processos fisiológicos desses organismos em comparação com a temperatura da água durante a maré alta (Hofmann & Somero, 1995; Somero, 2002). Visto que a temperatura corporal de organismos como bivalves, quando expostos ao ar, varia independentemente da temperatura da água, Helmuth & Hofmann (2001) sugerem que esta última não deva ser usada como única medida de estresse térmico para o mediolitoral.

Os tipos de organismos que dominam cada faixa da região do mediolitoral são similares em todo o mundo, o que facilita a padronização das ações de monitoramento de mudanças ambientais. Apesar de ser uma área bastante estudada, por ser de fácil acesso e permitir manipulações e replicações, ainda está sendo avaliado o papel dos eventos de micro, meso e macro escalas que podem ser alterados em função de mudanças climáticas. Oscilações no tempo de exposição aérea, devido ao ciclo lunar, podem afetar a fisiologia dos organismos, como suas tolerâncias osmótica e renal (Denny & Paine, 1998). Como os efeitos das oscilações de inclinação lunar são similares aos provocados pelo aquecimento global e pela elevação do nível do mar (Siviero, 2010), longos períodos de amostragem poderiam prever as mudanças a serem esperadas. No entanto, deve-se ter cuidado nas afirmativas com relação às consequências das alterações climáticas de médio e longo prazo sobre a estrutura das comunidades, dada a escassez de grandes séries temporais de dados na costa brasileira.

Com a possível elevação das temperaturas do ar e da água do mar prevista por diversos órgãos, como o IPCC, torna-se fundamental a utilização de ferramentas que avaliem, a curto e médio prazo, como as mudanças na temperatura influenciarão a distribuição das espécies. Em costões rochosos, a utilização de sensores eletrônicos de temperatura, instalados em um gradiente vertical no mediolitoral, possibilita a medição contínua da variação de temperatura no micro-habitat, na tentativa de correlacioná-las às mudanças na estrutura da população, mais comumente de bivalves e cirrípedes, e aos dados ambientais que expliquem o comportamento termal desses organismos (Helmuth, 2002; Siviero, 2010; Lathlean *et al.*, 2011). Mortalidade causada por estresse térmico depende não apenas da frequência de eventos de alta temperatura, mas também da taxa de aquecimento e resfriamento experimentado pelos organismos (Denny *et al.* 2006) que, no caso dos sésseis ou sedentários, será determinada pelo horário das marés baixas, pelo grau de exposição às ondas e pelo clima (Harley & Helmuth, 2003; Harley, 2008; Mislan *et al.*, 2009). Portanto, tentativas para prever o efeito de mudanças da temperatura em organismos do mediolitoral requerem medições *in situ* (Lathlean *et al.*, 2011).

É importante ressaltar que as influências das temperaturas do ar e da água são reforçadas por condições do tempo instantâneas e por tendências climáticas de longo prazo que, com frequência, são temporalmente não lineares e/ou espacialmente heterogêneas (Mantua *et al.*, 1997; Mantua & Hare, 2002; IPCC, 2007; Kenyon & Hegerl, 2008). Em resposta, outras variáveis climáticas como vento e precipita-

ção também podem afetar de forma sinérgica os limites de distribuição das espécies como moduladores da temperatura (Helmuth, 1998; Wethey, 2002; Gilman *et al.*, 2006; Helmuth *et al.*, 2006). Adicionalmente, eventos climáticos extremos podem exercer efeitos nos limites de distribuição dos organismos (Wethey, 1985; Easterling *et al.*, 2000; Wethey *et al.*, 2001), de modo que mudanças na distribuição das espécies podem ocorrer repentinamente.

A passagem de frentes frias constitui uma perturbação meteorológica natural e imprevisível, cujos ventos associados geram ondas de alta energia que podem causar perturbações nas comunidades bênticas e desempenham um importante papel na estruturação das comunidades locais. Esses eventos extremos podem surgir como reflexo de mudanças climáticas, atuando na estrutura e no funcionamento de comunidades bênticas do mediolitoral. Em costões rochosos, a influência de ondas, ressacas e tempestades tem sido abordada considerando-se mudanças na composição específica da comunidade, em sua riqueza e diversidade, na intensidade das interações como competição e predação, ou ainda, na ampliação da zona ocupada pelos organismos e suas respectivas faixas. Tais alterações refletem-se na dinâmica das “manchas” dos organismos (veja revisão em Coutinho & Zalmon, 2009). Trabalhos que buscam entender efeitos de perturbações climáticas, como tempestades e sistemas frontais, sobre associações bênticas em escalas temporais e regionais em áreas litorâneas têm sido estudados em nível mundial (Posey *et al.*, 1996; Underwood, 1999; Williams & Rose, 2001; Hepner & Davis, 2004; Scheffer, 2004; Houser & Greenwood, 2007). No entanto, na costa brasileira, esses estudos são escassos (Sola & Paiva, 2001; Galluci & Netto, 2004; Brauko, 2008; Alves & Pezzuto, 2009), principalmente no mediolitoral.

Em síntese, mudanças globais incluem alterações complexas, mas que têm como indicadores diretos, alterações na temperatura do ar e do oceano, na disponibilidade de oxigênio, na salinidade e no pH, todas essas variáveis abióticas exercem grande influência na biologia de todos os táxons. Estresses fisiológicos resultantes de mudanças nessas variáveis bem como de eventos extremos como frentes frias ou ressacas, podem causar amplas mudanças biogeográficas, assim como na distribuição em mosaico nos habitats (Somero, 2012).

Dentro desse contexto, o protocolo aqui proposto visa estabelecer, como orientação geral do Grupo de Trabalho “Costões Rochosos”, hipóteses e metodologias básicas a serem adotadas dentro dos objetivos da ReBentos. Isso significa gerar e disseminar conhecimentos para que se possa, em âmbito nacional, responder aos desafios representados pelos efeitos das mudanças climáticas globais e suas implicações nas comunidades bentônicas do mediolitoral.

HIPÓTESES

As hipóteses descritas a seguir são sugestões que podem ser testadas utilizando-se o protocolo apresentado posteriormente. A escolha das hipóteses dependerá da infraestrutura, dos recursos disponíveis, do conhecimento prévio dos pesquisadores e do interesse de cada grupo de pesquisa.

H1: As mudanças do hidrodinamismo e variações do nível médio do mar induzirão mudanças no padrão de zonação (por exemplo, alteração das posições de colonização dos organismos em relação às atuais, ou ampliação, ou então redução das faixas de dominância de organismos).

Essa hipótese será testada por meio da avaliação da largura das faixas de dominância das espécies e da distância em relação ao ponto fixo no costão, como será indicado na metodologia de aplicação do protocolo.

H2: Alterações na frequência e intensidade de ressacas promoverão distúrbios físicos mais frequentes nos ecossistemas bentônicos e provocarão o arrancamento e/ou fragmentação de organismos, principalmente no mediolitoral, induzindo a alterações na composição e abundância de espécies.

Essa hipótese será testada por meio de mudanças na porcentagem de cobertura das espécies presentes, pela mudança na composição específica para espécies mais tolerantes a distúrbios físicos e também pela disponibilidade de espaços vazios no substrato.

H3: Alterações no regime pluviométrico modificarão o aporte de água doce e sedimentos ao mar e a taxa de evaporação, que por sua vez alterarão variáveis como salinidade e transparência da água do mar, criando condições desfavoráveis às espécies estenobiontes, induzindo mudanças na composição e abundância de espécies.

H4: Alterações na temperatura e na acidificação da água do mar alterarão o metabolismo de organismos sésseis, especialmente os perenes, interferindo no crescimento, reprodução e taxa de sobrevivência, e induzindo mudanças na composição e abundância de espécies.

Tendo em mente que o objetivo é estabelecer um protocolo que possa indicar tendências de mudanças nos ambientes bentônicos em relação às mudanças climáticas e que, ao mesmo tempo, seja de baixo custo e prático, optou-se por escolher a variação da temperatura do ar e do mar como a principal variável ambiental mensurável que irá influenciar os organismos dos ambientes de costões rochosos. No entanto, outros dados oceanográficos e meteorológicos podem ser utilizados no estabelecimento de mudanças climáticas e seus efeitos sobre as comunidades de costões rochosos.

A escolha da temperatura é justificada pela possibilidade do uso dos i-buttons (pequenos sensores de temperatura) por diversos grupos de pesquisa, estabelecendo assim uma rede de monitoramento da temperatura ao longo da costa brasileira. Todavia, caso haja condições, estudos mais aprofundados ou que levem em consideração outras variáveis ambientais citadas nas hipóteses acima são encorajados, desde que atendam às recomendações mínimas aqui propostas. Um exemplo seria estudos experimentais sobre a fisiologia de certas espécies-chave, o que poderia auxiliar no entendimento de como as mudanças climáticas afetam os organismos e, por consequência, o ambiente bentônico.

MÉTODOS

DEFINIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O protocolo a seguir poderá ser adaptado dependendo das condições e da importância de diferentes localidades em cada região. Zonas do mediolitoral com faixa menor do que o padrão estabelecido neste protocolo também poderão ser analisadas, dependendo da importância do local e dos recursos humanos e financeiros disponíveis.

Apesar deste protocolo ter sido elaborado para os ecossistemas de costões rochosos, preferencialmente escarpados e sem irregularidades, estudos em outros ambientes, tais como quebra-mares formados por matações e outros substratos naturais como recifes de arenito e artificiais (piéres, muros, etc.), podem se utilizar deste documento para a padronização metodológica.

Para o monitoramento da zona mediolitoral, sugere-se dividi-la em 3 faixas: superior, média e inferior, em função da distribuição dos organismos dominantes. No entanto, em locais com mais de 3 faixas de dominância característica, esse número poderá ser aumentado.

ESCOLHA DO LOCAL DE MONITORAMENTO

As metodologias dos diferentes tipos de substrato consolidados serão adaptadas às condições de cada local. As sugestões de uniformização básicas são:

- Ambientes protegidos ou moderadamente protegidos (Murray *et al.*, 2006);
- Locais voltados para o N-NE que recebam incidência de luz (maior desenvolvimento de comunidades de algas);
- Inclinação intermediária (45 a 65°);
- Distantes de saídas permanentes de água doce;
- Evitar fendas, poças, locais sombreados etc.

- Priorizar locais próximos de estações:
meteorológicas (http://www.inmet.gov.br/html/rede_obs.php);
maregráficas (<http://www.fundacaofemar.org.br/biblioteca/emb/indice.html>);
oceanográficas (<http://www.goosbrasil.org/pnboia/dados/>);

FREQUÊNCIA DE AMOSTRAGEM

Sugere-se que os locais sejam amostrados no mínimo em 2 períodos anuais, preferencialmente nos meses de março e setembro (final do verão e do inverno).

Dependendo da disponibilidade de pessoal e financeira de cada grupo de pesquisa, recomenda-se:

- Replicação em cada período (n=3), entre final de fevereiro e começo de abril e entre final de agosto e começo de outubro;
- Amostragem associada aos eventos extremos (ressacas, frentes frias, enchentes etc.) quando possível para comparação de dados antes (1 semana), durante (se possível) e após o evento extremo (até 1 semana após o evento). Essas frentes frias deverão ser observadas, sempre que possível, pela previsão meteorológica.

DETERMINAÇÃO DA ÁREA DE AMOSTRAGEM

Uma vez selecionada a localidade onde o monitoramento será realizado, passa-se à determinação do costão, ou outro substrato natural ou artificial equivalente, onde os dados biológicos e ambientais serão obtidos.

Sugerimos a determinação de um domínio amostral (largura do costão/distância entre pilares, por exemplo) com cerca de 30 a 40 m para a coleta dos dados biológicos a fim de melhor espaçar as transecções. Isso objetiva, ainda que parcialmente, refletir a variabilidade espacial dos organismos na localidade escolhida para o monitoramento.

Após a determinação do domínio amostral, são escolhidos aleatoriamente cinco transecções verticais. Essas transecções somente serão aleatórias neste momento inicial, passando a serem fixas a partir do segundo período de coleta. Por esse motivo, é fundamental que o grupo que realiza o estudo faça marcações permanentes no substrato (com adesivo epóxi ou colocação de pinos, por exemplo), tornando possível a repetição do monitoramento nos mesmos locais. Decidiu-se utilizar as amostragens fixas para reduzir a variabilidade entre as amostras que pudessem confundir a variação espacial com mudanças temporais. A sugestão de marcação inicial da transecção é que ela seja feita na parte superior do substrato, de forma que a partir desse ponto outras medidas possam ser efetuadas como será explicado mais adiante.

Com a fixação das transecções, pode-se então iniciar a delimitação das faixas de zonação, o posicionamento das unidades amostrais (*quadrats*), e a fixação dos sensores de temperatura (*i-button* ou similar) como exemplificado na Figura 13-1.

Nos locais onde não seja possível estabelecer transecções contínuas, como por exemplo, em substratos artificiais como quebra-mares, a indicação é que as transecções sejam dispostas de modo complementar. Por exemplo, uma parte da transecção se estenderá por uma extensão de 1 m e, se o substrato exibir descontinuidade, continuará no ponto mais próximo possível.

MEDIÇÃO DAS FAIXAS DE DOMINÂNCIA E POSICIONAMENTO DAS UNIDADES (QUADRATS)

Após a fixação das transecções, é estendida uma trena perpendicularmente ao costão (transecção vertical) desde o ponto fixo superior até o limite inferior do substrato de forma a orientar a determinação e a medição das faixas de organismos e também o posicionamento dos *quadrats* (Figura 13-1). Foi estabelecida uma área de 100 cm² (quadrados de 10 x 10 cm) para os elementos amostrais na faixa superior, geralmente colonizada pelo cirrípede *Chthamalus* sp. Para as demais faixas, foi estabelecida uma área de 400 cm² (quadrados de 20 x 20 cm).

Serão delimitadas tantas faixas quanto forem necessárias, desde o limite superior do mediolitoral até o limite inferior dele, de modo a caracterizar a dominância específica ao longo da transecção vertical. Cada faixa será nomeada pela dominância específica ou codominância a partir do limite superior. As faixas serão então medidas em função de sua largura, determinada pelas distâncias estabelecidas entre o limite superior e inferior da faixa em relação ao ponto fixo superior. O que estabelece a posição de medição da largura da faixa é a presença de indivíduos vivos da espécie dominante.

Os *quadrats* são posicionados ao longo da transecção, de preferência no limite superior de distribuição do organismo dominante. Quando a faixa do organismo dominante for extensa, poderão ainda ser posicionados outros dois *quadrats*, um no centro e outro no limite inferior da faixa. Após esse primeiro momento, os *quadrats* passam a ser fixos, isto é, serão monitorados sempre os mesmos quadrados, sendo necessário por isso que se façam marcações permanentes no substrato, na parte externa de cada canto do quadrado, usando os materiais descritos anteriormente.

Figura 13-1. Exemplo de um costão rochoso apresentando as faixas de dominância das espécies, o posicionamento das transecções, dos quadrats, dos sensores de temperatura (i-button) e dos pontos fixos (1 – 5) para a medição das faixas. Foto: L.F. Skinner (Costão da Praia Vermelha, Rio de Janeiro, RJ).

ESTIMATIVA DA PORCENTAGEM DE COBERTURA DOS ORGANISMOS

Deve-se construir molduras (*quadrats*) com áreas internas de 10 x 10 cm ou 20 x 20 cm (dependendo da faixa, vide acima), que serão colocadas sobre as áreas permanentes marcadas para serem fotografadas a cada visita, utilizando-se máquina fotográfica digital em resolução máxima (mínimo de 3 megapixels, resolução mínima de 300 pontos por polegada – dpi). É altamente recomendável que sejam utilizados tripés ou qualquer outro equipamento auxiliar (molduras fixas às máquinas fotográficas) que

assegure que as fotografias sejam sempre tomadas no mesmo ângulo e distância a fim de minimizar as fontes de variação que não se devem às mudanças naturais das espécies ou aquelas causadas como respostas às variáveis monitoradas e hipóteses desse protocolo. É recomendável que sejam feitas duas ou três fotos de cada *quadrat*, para garantir que a melhor foto em foco e posição seja armazenada. É importante também incluir na fotografia a escala e indicação de posicionamento na transecção (pode ser foto tirada ao lado da transecção). Caso seja necessário dividir a foto em imagens menores, sempre tire uma foto de todo o *quadrats* antes e, depois, fotos menores, sinalizando isso na planilha para facilitar a análise posterior (a indicação de quantas fotos foram feitas de cada quadrado e os detalhes da foto no arquivo digital, como hora em que foi tirada, é de grande ajuda para esta tarefa).

A unidade operacional do monitoramento são as espécies. Isso significa que sua exata identificação é etapa fundamental do programa de monitoramento. Tendo em vista que a cobertura das espécies será obtida por meio de fotografia digital, que impossibilita o acesso ao material biológico para identificação e registro, amostras das espécies dominantes deverão ser tomadas inicialmente para a identificação delas, e essa coleta deve ser realizada sempre que se fizer necessário, por observação de mudança na composição. Recomenda-se o depósito dos espécimes de registro em coleções científicas ou coleções dos grupos de pesquisa, devidamente identificadas. No caso de tapetes de algas, nos quais as várias espécies ocorrem emaranhadas e, portanto, torna-se impossível individualizá-las, será utilizada, como unidade operacional, a presença do tapete em si, designado por seus gêneros mais comuns ou, quando possível, espécies. Exemplo de nome da unidade operacional: Tapete de *Jania adhaerens* e *Amphiroa beauvoisii* ou Tapete de *Jania* spp., quando houver mais de uma espécie do mesmo gênero. Em casos ainda mais complexos, nos quais os tapetes sejam formados por muitas espécies ocorrendo misturadas, de forma que seja impossível definir facilmente quais os táxons dominantes, esses serão classificados simplesmente como Tapete de Calcárias Articuladas, Tapete de Algas Filamentosas e Tapetes de Algas Cilíndricas, ou misturas dessas categorias. Exemplo de nome da unidade operacional: Tapete de Algas Filamentosas e Cilíndricas. É sugerido que amostras do material biológico sejam feitas em áreas adjacentes ao quadrado fotografado e imediatamente anestesiadas (quando necessário), fixadas e guardadas para futura identificação.

Deverá ser considerada também, como atributo da comunidade, a avaliação do espaço vazio, ou seja, aquele não ocupado por macro-organismos.

A abundância das espécies incrustantes será estimada por meio da porcentagem de cobertura de cada *quadrat*, utilizando-se a técnica de intersecção de pontos, sendo recomendado o uso do programa CPCe (<http://www.nova.edu/ocean/cpce/>) (Kohler & Gill, 2006) ou do programa Photoquad (disponível em: <http://www.mar.aegean.gr/sonarlab/photoquad/download/dl.php>) (Trygonis & Sini, 2012). O Photoquad tem oferecido menores problemas de estabilidade de uso e de dados em relação ao CPCe. No entanto, outros programas podem ser utilizados em função do domínio do grupo sobre esses ou em função de desenvolvimento de novos programas. Serão utilizados 50 pontos distribuídos em grade fixa sobre a área interna dos quadrats (intersecções geradas pela sobreposição de 5 x 10 linhas sobre a foto) na imagem digital, procurando-se evitar as margens da mesma.

VARIÁVEIS AMBIENTAIS A SEREM MEDIDAS *IN SITU* E/OU OBTIDAS EM OUTRAS FONTES

In Situ

- Temperatura obtida por meio dos sensores *i-button*;
- Características topográficas do costão: inclinação global e inclinação de cada faixa; tipo de matriz rochosa (relacionada à rugosidade); orientação do costão em relação ao norte geográfico (influência da luminosidade e aquecimento), orientação em relação aos ventos predominantes (informações de intensidade e evaporação ou atenuação térmica), orientação em relação à ondulação (batimento e dimensão das faixas). Ver planilha de Campo (Anexo 1 deste protocolo).

Bases de Dados de Informações Ambientais (sugestões):

- Temperatura do ar (estações meteorológicas – <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=estacoes/mapaEstacoes>);
- Temperatura da água do mar (imagens de satélite – http://www.inmet.gov.br/satelites/?area=1&produto=TSM_D&ct=0);
- Pluviosidade e dados de ventos (estações meteorológicas);
- Grau de exposição às ondas: altura, direção e periodicidade de ondas (Murray *et al.*, 2006) (sugestão: dados do CPTEC - <http://ondas.cptec.inpe.br/>); utilizar a navegação “Previsão para as Cidades Litorâneas” e salvar e/ou imprimir a janela com a previsão para 5 dias). Comparar as medidas remotas às medidas locais na medida do possível (período e direção de ondas);
- Irradiância (estações meteorológicas).

Sugere-se parceria com grupos de meteorologistas, oceanógrafos físicos ou outros profissionais de áreas correlatas para que as variáveis ambientais sejam trabalhadas em conjunto.

Os sensores de temperatura serão colocados em triplicata no limite superior de cada faixa do mediolitoral (Figura 13-1), sendo 9 o número mínimo sugerido (3 alturas x 3 réplicas). Contudo, na medida do possível, os sensores de temperatura devem ser colocados em todas as transições de faixas de zonação no mediolitoral (Figura 13-1). Os sensores devem ser substituídos a cada 3 meses. Sugere-se programar os sensores para obtenção de dados a cada 2 h, pois os sensores têm capacidade de armazenamento de aproximadamente 2000 registros. Esse intervalo permite que, em caso de necessidade de atraso na coleta, os dados continuem a ser obtidos.

Para medida da inclinação, sugere-se o uso de um inclinômetro (Figura 13-2), que pode ser adquirido ou construído. São necessárias duas hastes articuladas, de modo que uma delas seja mantida em posição horizontal (com auxílio de um nível) e a outra acompanhe a inclinação do costão. O ângulo entre elas será o ângulo de inclinação do costão e pode ser medido com um transferidor.

Figura 13-2. Detalhe de um inclinômetro medindo a inclinação de um costão. Foto: R.M. da Rocha

Para medida da rugosidade sugere-se utilizar uma trena de 20-30 m que será estendida ao longo da transecção, desde o ponto mais superior da faixa dos cirrípedes até a linha da água, no momento da maré mais baixa. Serão anotadas duas medidas: (1) com a trena totalmente esticada e paralela ao perfil do costão (medida projetada - MP); (2) com a trena acompanhando todas as irregularidades, poças, dobras, pedras, etc. (medida contorno - MC). A medida de rugosidade (R) será a relação:

$$R = \frac{MC - MP}{MP}$$

RECOMENDAÇÕES AO TRABALHO DE CAMPO

As previsões de maré podem ser obtidas em <http://www.mar.mil.br/dhn/chm/box-previsao-mare/tabuas/>. Para um melhor aproveitamento do horário em campo, deve-se procurar iniciar os trabalhos aproximadamente duas horas antes do horário previsto na tábua das marés.

Como se trata de um ambiente muito úmido, tanto pelo batimento de ondas como pela possibilidade de chuvas, aconselha-se o uso de planilhas previamente riscadas com lápis em PVC branco lixado e preenchimento dos dados com lápis ou lapiseira. As planilhas em PVC podem ser lavadas com sabão de coco ou sapólio e reutilizadas. Existem também papéis especiais para escrita em ambiente úmido, bem como canetas especiais, mas esses não estão disponíveis no mercado interno (sugestão: *Rite in the Rain, All-Weather Writing Paper*, que podem ser adquiridos diretamente com o produtor – <http://www.riteintherain.com> ou <http://www.amazon.com/>

Aconselha-se também o uso de máquinas fotográficas digitais especiais, resistentes à chuva. É importante que a lente da máquina seja checada frequentemente para retirada de eventuais gotas de água que possam atrapalhar a visualização das fotos posteriormente. Nesse caso é importante a manutenção de lenços de papel ou toalhas em sacolas secas, para limpeza da máquina.

Durante o trabalho de campo é recomendado o uso de roupa fina de neoprene ou calças longas de material leve (evitar jeans, pois quando molhado torna-se muito pesado e desconfortável) para evitar cortes e infecção. Sapatos fechados de neoprene ou pano são também recomendados.

AUTORES

Ricardo Coutinho – Instituto de Estudos do Mar Almirante Paulo Moreira – IEAPM
(autor para correspondência: rcoutinhosa@yahoo.com.br)

Bruno Pereira Masi – Instituto de Estudos do Mar Almirante Paulo Moreira – IEAPM

Carlos Eduardo Leite Ferreira – Universidade Federal Fluminense – UFF

Fernanda Neves Siviero – Instituto de Estudos do Mar Almirante Paulo Moreira – IEAPM

Flávio Berchez – Universidade de São Paulo – USP

Hilda Helena Sovierzoski – Universidade Federal de Alagoas – UFAL

Ilana Rosental Zalmon – Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro – UENF

José Eduardo Arruda Gonçalves – Instituto de Estudos do Mar Almirante Paulo Moreira – IEAPM

Luciana Erika Yaginuma – Instituto de Estudos do Mar Almirante Paulo Moreira – IEAPM

Luis Felipe Skinner – Universidade do Estado do Rio de Janeiro – UERJ

María Soledad López – CEBIMar - Universidade de São Paulo – USP

Maria Teresa Menezes Széchy – Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ

Monica Dorigo Correia – Universidade Federal de Alagoas – UFAL

Natalia Pirani Ghilardi-Lopes – Universidade Federal do ABC – UFABC

Ronaldo Adriano Christofolletti – IMar - Universidade Federal de São Paulo – UNIFESP

Rosana Moreira da Rocha – Universidade Federal do Paraná – UFPR

REFERÊNCIAS

- Alves, E.S.; Pezzuto, P.R. 2009. "Effect of cold fronts on the benthic macrofauna of exposed sandy beaches with contrasting morphodynamics". *Brazilian Journal of Oceanography*, 57(2): 73-96.
- Barry, J.P.; Baxter, C.H.; Sagarin, R.D.; Gilman, S.E. 1995. "Climate-related, long-term faunal changes in a California rocky intertidal community". *Science*, 267: 672-75.
- Brauko, K.M. 2008. *Efeitos da passagem de sistemas frontais sobre a macrofauna bêntica de praias arenosas do Paraná*. Dissertação de Mestrado em Ciências Biológicas. Programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, p. 75.
- Chan, B.K.K.; Morritt, D.; Williams, G.A. 2001. "The effect of salinity and recruitment on the distribution of *Tetraclita squamosa* and *Tetraclita japonica* (Cirripedia; Balanomorpha) in Hong Kong". *Marine Biology*, 138: 999-1009.
- Coutinho, R.; Zalmon, I. R. 2009. "O Bentos de costões rochosos". pp. 281-298. In: Pereira, R.C.; Soares-Gomes, A. *Biologia Marinha*. Rio de Janeiro: Interciência.
- Denny, M.W.; Paine, R.T. 1998. "Celestial mechanics, sea-level changes, and intertidal ecology". *Biological Bulletin*, 194: 108-115.
- Denny, M.W.; Miller, L.P.; Harley, C.D.G. 2006. "Thermal stress on intertidal limpets: long-term hindcasts and lethal limits". *Journal Experimental Biology*, 209: 2420-2431.
- Easterling, D.R.; Evans, J.L.; Groisman, P.Y.; Karl, T.R.; Kunkel, K.E.; Ambenje, P. 2000. "Observed Variability and Trends in Extreme Climate Events: A Brief Review". *Bulletin of the American Meteorological Society*, 81(3): 417-425.
- Fields, P.A.; Graham, J.B.; Rosenblatt, R.H.; Somero, G.N. 1993. "Effects of expected global climate change on marine faunas". *Trends in Ecology and Evolution*, 8: 361-367.
- Gallucci, F.; Netto, S.A. 2004. "Effects of the passage of cold fronts over a coastal site: an ecosystem approach". *Marine Ecology Progress Series*, 281: 79-92.
- Gilman, S.E.; Wethey, D.S.; Helmuth, B. 2006. "Variation in the sensitivity of organismal body temperature to climate change over local and geographic scales". *Proceedings of the National Academy of Sciences (USA)*, 103: 9560-9565.
- Harley, C.D.G. 2008. "Tidal dynamics, topographic orientation, and temperature mediated mass mortalities on rocky shores". *Marine Ecology Progress Series*, 371: 37-46.
- Harley, C.D.G.; Helmuth, B.S.T. 2003. "Local and regional scale effects of wave exposure, thermal stress, and absolute vs. effective shore level on patterns of intertidal zonation". *Limnology and Oceanography*, 48: 1498-1508.
- Helmuth, B. 1998. "Intertidal mussel microclimates: Predicting the body temperature of a sessile invertebrate". *Ecological Monographs*, 68: 29-52.
- Helmuth, B. 1999. "Thermal biology of rocky intertidal mussels: quantifying body temperatures using climatological data". *Ecology*, 80: 15-34.
- Helmuth, B. 2002. "How do we measure the environment? Linking intertidal thermal physiology and ecology through biophysics". *Integrative and Comparative Biology*, 42: 837-845.
- Helmuth, B. 2009. "From cells to coastlines: How can we use physiology to forecast the impacts of climate change?" *Journal of Experimental Biology*, 212: 753-60.
- Helmuth, B.S.T.; Harley, C.D.G.; Halpin, P.M.; O'donnell, M.; Hofmann, G.E.; Blanchette, C.A. 2002. "Climate change and latitudinal patterns of intertidal thermal stress". *Science*, 298: 1015-1017.
- Helmuth, B.; Hofmann, G. E. 2001. "Microhabitats, thermal heterogeneity, and patterns of physiological stress in the rocky intertidal zone". *Biological Bulletin*, 201: 374-384.

- Helmuth, B.; Mieszkowska, N.; Moore, P.; Hawkins, S.J. 2006. "Living on the edge of two changing worlds: forecasting the responses of rocky intertidal ecosystems to climate change". *Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics*, 37: 423–31.
- Hepner, T.L.; Davis, R.A. Jr. 2004. "Effect of El Niño (1997–98) on Beaches of the Peninsular Gulf Coast of Florida". *Journal Coastal Research*, 20(3): 776-791.
- Hofmann, G.E.; Somero G.N. 1995. "Evidence for protein damage at environmental temperatures: seasonal changes in levels of ubiquitin conjugates and hsp70 in the intertidal mussel *Mytilus trossulus*". *Journal of Experimental Biology*, 198: 1509–1518.
- Houser, C.; Greenwood, B. 2007. "Onshore migration of a swash bar during a storm". *Journal of Coastal Research*, 23:1-14.
- IPCC, 2007: "Summary for Policymakers". In: Climate Change 2007: *The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor and H.L. Miller (eds.)]. United Kingdom and New York, NY, USA: Cambridge University Press, Cambridge.
- Kenyon, J.; Hegerl, G.C. 2008. "The Influence of ENSO, NAO and NPI on global temperature extremes". *Journal of Climate*, 21: 3872-3889.
- Kohler, K.E.; Gill, S.M. 2006. Coral Point Count with Excel extensions (CPCe): "A Visual Basic program for the determination of coral and substrate coverage using random point count methodology". *Computers Geosciences*, 32: 1259-1269.
- Lathlean, J.A.; Ayre, D.J.; Todd, E. 2011. "Minchinton Rocky intertidal temperature variability along the southeast coast of Australia: comparing data from in situ loggers, satellite-derived SST and terrestrial weather stations". *Marine Ecology Progress Series*, 439: 83-95.
- Mantua, N.J.; Hare, S.R. 2002. "The Pacific Decadal Oscillation". *Journal of Oceanography*, 58: 35-44.
- Mantua, N.J.; Hare, S.R.; Zhang, Y.; Wallace, J.M.; Francis, R.C. 1997. "A Pacific Interdecadal Climate Oscillation with Impacts on Salmon Production". *Bulletin of the American Meteorological Society*, 78: 1069–1079.
- Massa, S.I.; Arnaud-Haond, S.; Pearson, G.A.; Serrão, E.A. 2009. "Temperature tolerance and survival of intertidal populations of the seagrass *Zostera noltii* (Hornemann) in Southern Europe (Ria Formosa, Portugal)". *Hydrobiologia*, 619: 195–201.
- Mislan, K.A.S.; Wethey, D.S.; Helmuth, B. 2009. "When to worry about the weather: Role of tidal cycle in determining patterns of risk in intertidal systems". *Global Change Biology*, 15: 3056–3065.
- Murray, S.N.; Ambrose, R.; Dethier, M.N. 2006. *Monitoring Rocky Shores*. Berkeley: University California Press.
- Posey, M.; Lindberg, W.; Alphin, T.; Vose, F. 1996. "Influence of storm disturbance on an offshore benthic community". *Marine Science*, 59(3): 523-529.
- Ricketts, E.F.; Calvin, J.; Hedgepeth, J.W.; Phillips, D.W. 1985. *Between pacific tides*. Stanford, CA: Stanford University Press.
- Root, T.L.; Price, J.T.; Schneider, S.H.; Rosenzweig, C.; Pounds, J.A. 2003. "Fingerprints of global warming on wild animals and plants". *Nature*, 421: 57–60.
- Scheffer, M. 2004. *Ecology of Shallow Lakes*. Berlin: Springer.
- Siviero, F.N. 2010. *Influência dos fatores bióticos e abióticos na distribuição de cirripedes da zona entremarés: Uso de sensores e implicações das mudanças climáticas na estrutura da comunidade*. Tese de Doutorado. Biologia Marinha, UFF, Niterói, RJ.
- Sola, M.C.R.; Paiva, P.C. 2001. "Variação temporal da macrofauna bentônica sublitoral da praia da Urca (RJ) após a ocorrência de ressacas". *Revista Brasileira de Oceanografia*, 49(1-2): 137-142.

- Somero, G.N. 2002. "Thermal physiology and vertical zonation of intertidal animals: optima, limits, and costs of living". *Integrative and Comparative Biology*, 42: 780–789
- Somero, G.N. 2012. "The physiology of global change: linking patterns to mechanisms". *Annual Review Marine Science*, 4: 2.1-2.23.
- Southward, A.J.; Hawkins, S.J.; Burrows, M. T. 1995. "Seventy years observations of changes in distribution and abundance of zooplankton and intertidal organisms in the western English Channel in relation to rising sea temperature". *Journal of Thermal Biology*, 20, 127–155.
- Trygonis, V.; Sini, M. 2012. "PhotoQuad: A dedicated seabed image processing software, and a comparative error analysis of four photoquadrat methods". *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 424-425: 99–108.
- Underwood, A.J. 1999. "Physical disturbances and their direct effect on an indirect effect: responses of an intertidal assemblage to a severe storm". *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 232: 125–140.
- Wethey, D.S. 2002. "Biogeography, competition, and microclimate: the barnacle *Chthamalus fragilis* in New England". *Integrative and Comparative Biology*, 42: 872–880.
- Wethey, D.S. 1985. "Local and regional variations in settlement and survival in the littoral barnacle *Semibalanus balanoides*: patterns and consequences". pp. 194-202. In: Seed, R.; Moore, P.G. (Eds) *The ecology of rocky coasts*. London: Hodder and Stoughton.
- Wethey, D.S.; Woodin, S.A.; Hilbish, T.J.; Jones, S.J.; Lima, F.P.; Brannock, P.M. 2011. "Response of intertidal population to climate: effect of extreme events versus long term change". *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 400: 132-144.
- Williams, J.J.; Rose, C.P. 2001. "Measured and predicted rates of sediment transport in storm conditions". *Marine Geology*, 179(1-2): 121-133.

ANEXOS — CAPÍTULO 13

ANEXO 13-I. FORMULÁRIO DE CAMPO (DADOS ABIÓTICOS)

Monitoramento de Costões Rochosos ao Longo do Litoral Brasileiro

Caracterização dos locais de monitoramento: _____

Identificação do Grupo Responsável Pelo Monitoramento/ Obtenção dos Dados

Coordenador da Equipe: _____

Instituição: _____

Contato: _____

Identificação do local de estudo

Área: _____ Local: _____

Latitude: _____° _____' _____" S ; Longitude: _____° _____' _____" W

Inclinação do costão: _____ Extensão vertical do costão: _____

Orientação geográfica do costão (graus em relação ao NORTE GEOGRÁFICO):

Orientação em relação aos ventos predominantes: _____

Orientação em relação à ondulação predominante: _____

Características gerais na escolha do costão:

Tipo da matriz rochosa (substrato): _____

Substrato: Natural (Costão, Pedras isoladas/matacões, recife), Artificial (quebra-mar)

Distância de fontes permanentes de água doce: _____

Profundidade a 100 m do costão: _____

ANEXO 13-II. FORMULÁRIO DE CAMPO (DADOS BIÓTICOS – ZONAÇÃO)

Monitoramento de Costões Rochosos ao longo do Litoral Brasileiro
---	---

Estudo da Zonação (transecções – domínio amostral desejável de 30 a 40 m)

Transecção	Extensão (m)	Número de Faixas	Posição no costão
1			
2			
3			
4			
5			

Transecção	Faixa	Margem superior (m)*	Margem inferior (m)*	Inclinação	Observações
1	Chth				
1	Brach				
1	Perna				
1	Algas				
2	Chth				
2	Brach				
2	Perna				
2	Tapete Calc				
2	Ulva				
...	...				

* medir a partir do ponto fixo superior no costão.