

Determinação da variabilidade climática dos ecossistemas recifais brasileiros por meio da análise de padrão-gradiente

Mariana Altenburg Soppa¹
Douglas Francisco Marcolino Gherardi²
Ronald Buss de Souza¹

¹Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE
Centro Regional Sul de Pesquisas Espaciais - CRS
Caixa Postal 5021 - 97105-970 - Santa Maria - RS, Brasil
{mariana, ronald}@dsr.inpe.br

²Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE
Caixa Postal 515 - 12245-970 - São José dos Campos - SP, Brasil
{douglas}@dsr.inpe.br

Abstract. This work presents a study of climate variability of the Brazilian reef ecosystems. Nine regions of coral reef occurrence in Brazil were investigated using satellite-derived and reanalysis data. Time series of space-averaged, monthly climatological variables were produced for the period between 1985 and 2004. The considered variables were: sea surface temperature, precipitation, outgoing long wave radiation and surface wind. In order to determine the climate variability of the study areas, the asymmetric fragmentation operator was applied on the monthly time series. The results suggest that the southern and northern areas of the Brazilian northeast region present distinct patterns of climate variability. The southern areas present a higher variability in comparison to the northern areas and this difference was confirmed by the multidimensional scaling and similarity analysis. The results of this study offer an unprecedented characterization of the climate variability in areas of coral reefs in Brazil.

Palavras-chave: recifes de corais, operador de fragmentação assimétrica, Oceano Atlântico Tropical Sul.

1. Introdução

Os recifes brasileiros no Oceano Atlântico, apesar da baixa diversidade de espécies em comparação àqueles no Oceano Pacífico, são particularmente importantes em função do grande número de espécies endêmicas. Sete, das vinte e seis espécies de corais escleractíneos e hidrocorais, são endêmicos do Brasil, sendo esta uma das maiores taxas de endemismo do mundo (Prates, 2006). São elas: *Siderastrea stellata*, *Favia leptophylla*, *Mussismilia harttii*, *Mussismilia braziliensis*, *Mussismilia hispida*, *Millepora braziliensis* e *Millepora nitida*.

A biodiversidade é um fenômeno diretamente relacionado ao ambiente e no caso dos corais os principais fatores que operam em uma escala global são a temperatura e as correntes; na escala regional, a sedimentação, a salinidade e a concentração de nutrientes na água; e na escala do recife cada ambiente recifal pode apresentar condições distintas de temperatura, salinidade, turbidez, energia hidrodinâmica e cobertura de nuvens (Gleason e Wellington, 1993; Spalding et al., 2001). Em razão dos freqüentes eventos de branqueamento, os recifes de corais são apontados como os primeiros ecossistemas a sofrerem os impactos das mudanças globais. Assim, nota-se a importância do conhecimento sobre a vulnerabilidade dos ecossistemas recifais à variabilidade climática e como estas alterações podem afetar a estrutura e o desempenho dos processos inerentes ao funcionamento dos recifes. Neste contexto, o conhecimento destas diferentes escalas de variabilidade climática e de suas interações com o ecossistema recifal é de grande valia.

Em função da distribuição global destes ecossistemas, os dados derivados de sensores remotos são cada vez mais importantes para o monitoramento das condições ambientais em áreas de recife. Atualmente, a aquisição dos dados remotos com boa resolução temporal,

espacial e radiométrica permite ampliar as pesquisas sobre os recifes de coral, principalmente no que diz respeito à dinâmica espacial e temporal do ambiente marinho em que eles habitam. Ainda com o advento da tecnologia e o aprimoramento da resolução espacial e temporal dos dados, comportamentos complexos passaram a ser observados e novas ferramentas de estudo foram desenvolvidas como a Análise de Padrões-Gradiente (APG). A APG foi desenvolvida por Rosa et al. (1998) para caracterizar padrões espaciais de campos bidimensionais e posteriormente Assireu et al. (2002) adaptou a APG seu emprego para a análise de séries temporais. Esta técnica parte do pressuposto de que a complexidade de um padrão espacial ou temporal é caracterizada pela sua falta de simetria e pelo seu grau de fragmentação (Assireu et al., 2002). A grande vantagem desta técnica é a possibilidade de trabalhar com séries temporais curtas e com baixo custo computacional (Assireu et al., 2002).

Neste sentido, o trabalho apresenta um estudo sobre a variabilidade climática das áreas de recifes de corais brasileiras no oceano Atlântico Sul a partir de dados obtidos por satélites e reanálises de modelos e com o emprego da Análise de Padrão-Gradiente (APG).

2 Metodologia

2.1 Área de estudo

Foram selecionadas para este trabalho nove áreas de estudo que representam a maior parte dos recifes do Brasil (Figura 1). As áreas distribuem-se ao longo da região nordeste do país (NEB) e com exceção da Baía de Todos os Santos todas as demais áreas de estudo localizam-se em Unidades de Conservação. Os nomes e as dimensões das áreas de estudo são apresentados na Tabela 1.

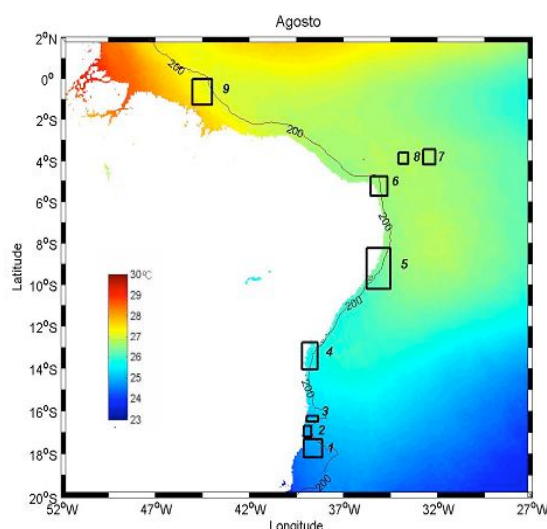


Figura 1 - Localização das nove áreas de estudo (caixas) sobrepostas a uma imagem de TSM (°C) representando o mês de agosto.

Tabela 1 - Áreas de estudo de sul para norte.

Caixa	Nome	Área (km ²)
1	Parque Nacional Marinho (PNM) dos Abrolhos	1748
2	Reserva Extrativista (RE) de Corumbau	484
3	Parque Municipal (PM) do Recife de Fora	312
4	Baía de Todos os Santos	2088
5	Área de Proteção Ambiental (APA) Costa dos Corais	5040
6	Área de Proteção Ambiental (APA) Recife dos Corais	1932
7	Parque Nacional Marinho (PNM) de Fernando de Noronha	960
8	Reserva Biológica (RB) do Atol das Rocas	576
9	Parque Estadual Marinho (PEM) do Parcel de Manuel Luís	2592

2.2 Dados

Para este trabalho, foram selecionadas 4 variáveis climáticas cuja importância para o desenvolvimento dos recifes de coral é reconhecida (Glynn, 1993, 1996) e que estão disponíveis em séries de longas de observações. As variáveis são: temperatura da superfície do mar (TSM), radiação de ondas longas (ROL), precipitação e vento na superfície do mar expresso através da magnitude do vento resultante ($|W|$). O período deste estudo compreende 20 anos entre 1985 e 2004, com resolução mensal, escolhido pela disponibilidade de dados consistentes de TSM a partir de 1985.

Para inferir a variabilidade dos campos de temperatura da água do mar utilizaram-se estimativas de temperatura da superfície do mar (TSM) obtidas a partir do sensor AVHRR (*Advanced Very High Resolution Radiometer*) a bordo dos satélites da série NOAA (*National Oceanic and Atmospheric Administration*). As imagens foram adquiridas em médias mensais para o período de 1985 a 2004, referentes à versão 5 do banco de dados do projeto *Pathfinder*. Em particular, foram utilizados os dados de média mensal de TSM denominados *Optimum Interpolation Sea Surface Temperature Version 2 - first guess SST field*. Estes dados estão disponíveis para os anos de 1985 a 2001 e 2004. Nos anos de 2002 e 2003 foi utilizado o dado “*all-pixel SST*”.

Os dados de ROL no topo da atmosfera foram utilizados como estimativa de cobertura de nuvens nas áreas de estudo. A baixa cobertura de nuvens ou ausência é um dos fatores que podem contribuir com o branqueamento dos corais (Gleason e Wellington, 1993). Os dados de ROL utilizados aqui fazem parte do conjunto de dados NOAA *Interpolated Outgoing Longwave Radiation* (Liebmann e Smith, 1996). Estes dados correspondem à média diária da passagem diurna e noturna do satélite AVHRR, interpolados no tempo e espaço e dispostos em pontos de grade na resolução de 2,5° lat/long. Detalhes sobre a técnica de interpolação podem ser encontrados no trabalho de Liebmann e Smith (1996).

Os dados de PPT e vento na superfície do mar foram obtidos dos projetos de reanálise do banco de dados dos *National Center for Environmental Prediction/National Center for Atmospheric Research* (NCEP/NCAR). Os dados de PPT fazem parte do conjunto de dados do projeto *CPC Merged Analysis of Precipitation* (CMAP). Os valores derivam da combinação de cinco tipos diferentes de informações compiladas com o algoritmo desenvolvido por Xie e Arkin (1997). São elas: índice de precipitação do *Geostationary Operational Environmental Satellite* (GOES), índice de precipitação determinado a partir da radiação de ondas longas (*outgoing longwave radiation - based precipitation index* (OPI)), espalhamento e emissão de microondas determinado pelo sensor *Special Sensor Microwave/Imager* (SSM/I) e precipitação a partir do sensor *Microwave Sounding Unit* (MSU) a bordo dos satélites da série NOAA (Xie e Arkin, 1997). Há ainda outro tipo de dado, em que os valores resultam da combinação de dados de observação, estimativas derivadas de satélites e saídas de modelos numéricos (Xie e Arkin, 1997). Esta versão foi a escolhida para este trabalho, com resolução mensal, porque não há lacunas de tempo entre os valores. Os dados estão dispostos em pontos de grade com resolução espacial de 2,5° lat/long.

Os dados de vento foram obtidos do banco *National Center for Environmental Prediction - Department of Energy* (NCEP-DOE) *Reanalysis 2* (Kanamitsu et al., 2002). Este banco resulta de um aprimoramento do modelo do banco *NCEP Reanalysis 1*, de forma que alguns erros e parametrizações dos processos físicos foram atualizados. Os dados deste modelo estão distribuídos na forma de grades quase-regulares globais com uma resolução espacial de 2,5° lat/long, em diferentes níveis atmosféricos e resolução temporal. Para este trabalho, foram utilizados os dados mensais das componentes zonal e meridional ao nível de 1000 mb. A magnitude da velocidade do vento ($|W|$) foi determinada posteriormente, a partir da soma vetorial dos dados da componente zonal e meridional. Maiores informações sobre o projeto de reanálise do NCEP-DOE *Reanalysis 2* podem ser obtidas em Kanamitsu et al. (2002).

2.3 Análise de Padrão-Gradiente (APG)

Para determinar a variabilidade climática das áreas de estudo foi aplicado o operador de fragmentação assimétrica, da Análise de Padrão-Gradiente (APG, Rosa et al., 1998; Assireu et al., 2002) sobre as séries de valores médios mensais da TSM, ROL, precipitação e vento. Seguindo o procedimento descrito em Assireu et al. (2002), inicialmente, cada série temporal com P observações foi transformada em z matrizes quadradas 3×3 (Figura 2 (a) e (b)). A cada 9 pontos é gerada uma matriz quadrada 3×3 . Para cada matriz gera-se um campo gradiente vetorial, onde vetores simétricos são removidos e apenas os vetores assimétricos (L) são mantidos (Figura 2 (c)). Em seguida os vetores assimétricos são substituídos por um campo médio sobre os quais é aplicada a Triangulação de Delaunay (Figura 2 (d)). Esta operação consiste em conectar os pontos resultantes dos vetores assimétricos. Assim é gerado um campo de triangulação com I linhas (conexões), sendo que I é diretamente proporcional ao nível de desordem espacial do campo gradiente (Freitas et al., 2007). O parâmetro de fragmentação assimétrica (F_A) é determinado por (Equação 1, Assireu et al., 2002) :

$$F_A = \frac{(I - L)}{L}, (I \geq L > 0) \quad (1)$$

onde L é o número de vetores assimétricos de um campo gradiente vetorial e I representa o número de linhas (conexões) resultante da triangulação (Rosa et al., 1998). Deste modo, os padrões simétricos devem apresentar valores de F_A iguais ou próximos a zero (Freitas et al., 2007). A Figura 2 exemplifica a metodologia empregada na APG.

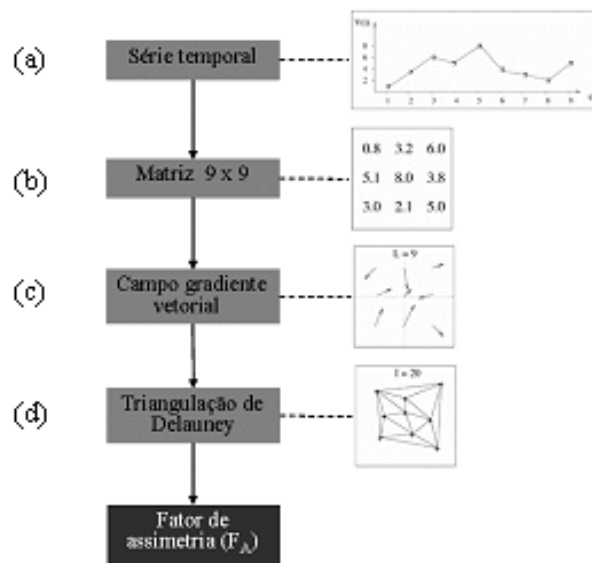


Figura 2 - Fluxograma metodológico da APG.

Fonte: Adaptada de Assireu et al. (2002).

Assim, para cada série temporal de médias mensais com 240 observações foram obtidos 26 valores de F_A , e destes valores foram extraídos os valores médios e as respectivas variâncias. Estes resultados foram utilizados como indicadores da variabilidade climática das áreas de estudo, de modo que quanto maior o valor de F_A maior a variabilidade dessas áreas. Assim sendo, as áreas foram comparadas em termos de variabilidade climática por variável em cada área de estudo. Consideraram-se, também, as variáveis em conjunto, resultando no que chamamos de medida de variabilidade climática geral.

2.4 Análises de ordenamento

Para estabelecer um padrão de similaridades entre as áreas no que diz respeito à variabilidade climática foi realizada a análise não-paramétrica de escalonamento multi-dimensional (EMD) (do inglês *multi-dimensional scaling* - MDS). A análise de EMD é um método de ordenação que busca melhor agrupar as amostras de acordo com suas semelhanças em um espaço de n dimensões. Inicialmente os dados foram organizados em uma matriz onde as colunas corresponderam aos valores de média (μ) e variância (σ^2) da variabilidade climática da TSM, ROL, precipitação e magnitude do vento resultante ($|W|$), e as linhas às áreas de estudo. Em seguida, os valores foram transformados e padronizados para evitar que as diferentes ordens de grandeza dos dados prejudicassem o desempenho do algoritmo de similaridade. Sobre esta matriz de dados é calculada a matriz de similaridade das áreas a partir da métrica de Bray-Curtis (Clarke e Warwick, 2001). Em seguida é feita uma análise de regressão para determinar a relação entre a distância das variáveis obtida pela matriz de similaridade e a distância produzida pelas interações da análise de EMD. Como resultado a análise de EMD apresenta os resultados na forma de um mapa em duas dimensões, o qual mostra o quanto as variáveis estão relacionadas quanto à similaridade, de modo que objetos mais próximos são mais similares que objetos mais distantes. A análise fornece também o valor de “estresse”, como uma medida para avaliar a confiança da interpretação do resultado. De acordo com Clarke e Warwick (2001), valores de estresse menores que 0,05 apresentam uma excelente representação do resultado. Para avaliar a significância estatística ($\alpha= 0,05$) a análise emprega o teste de Monte Carlo.

Em seguida, para testar a significância da diferença encontrada entre os grupos de áreas, fez-se a análise de similaridade ANOSIM (do inglês *analysis of similarities* - ANOSIM). A hipótese nula é de que os grupos de áreas, definidos na análise anterior, são similares no que diz respeito à variabilidade climática. Para testar a hipótese, a ANOSIM calcula a estatística R com base na matriz de similaridade anterior. A estatística R é definida pela expressão (Equação 2, Clarke e Warwick, 2001):

$$R = \frac{(\overline{r_B} - \overline{r_W})}{0,5 \left(\frac{n(n-1)}{2} \right)} \quad (2)$$

onde n é o número total de amostras, $\overline{r_W}$ é média das similaridades entre as áreas que compõem um mesmo grupo e $\overline{r_B}$ é média das similaridades entre todas as áreas que compõem os diferentes grupos. A estatística R pode variar entre -1 a 1, e valores de próximos a 0 indicam a aceitação da hipótese nula, ou seja, não há diferenças significativas entre os grupos. A estatística R calculada com base na diferença entre todos grupos é denominada de R global. Quando calculada entre 2 grupos denomina-se simplesmente de R . A significância estatística é determinada por meio do teste de Monte Carlo.

3. Resultados e Discussão

A variabilidade climática da TSM mostra uma tendência de aumento do valor de F_A das áreas localizadas ao sul para as áreas ao norte do NEB (Tabela 2). Ou seja, as áreas localizadas ao sul possuem uma menor variabilidade de TSM quando comparadas às áreas ao norte. A área 6 ($1,08889 \pm 0,19626$) e a área 2 ($1,01333 \pm 0,16123$) apresentaram a maior e menor variabilidade climática, respectivamente. O comportamento da PPT foi semelhante ao da TSM, contudo a área 7 ($1,13333 \pm 0,15072$) e as áreas 2 e 3 ($1,05333 \pm 0,15751$) apresentaram, respectivamente, a maior e menor variabilidade climática. Ao contrário do observado para a precipitação, a variabilidade climática para a ROL tendeu a diminuir das

áreas de sul para norte do NEB. A área 1 apresentou o maior valor de F_A ($1,11555 \pm 0,16771$) e a área 7 o menor valor ($1,01778 \pm 0,14967$). A $|W|$ apresentou uma diminuição da variabilidade climática das áreas de sul para norte do NEB indicado pela diminuição do valor do F_A .

Tabela 2 - Valores de média e variância do F_A para as variáveis investigadas em cada área de estudo.

Áreas	1		2		3		4		5		6		7		8		9	
	μ	σ^2	μ	σ^2	μ	σ^2	μ	σ^2	μ	σ^2	μ	σ^2	μ	σ^2	μ	σ^2	μ	σ^2
TSM	1.0489	0.0267	1.0133	0.0260	1.0444	0.0277	1.0356	0.0294	1.0356	0.0353	1.0889	0.0385	1.0444	0.0405	1.0533	0.0386	1.1111	0.0286
PPT	1.0667	0.0247	1.0533	0.0248	1.0533	0.0248	1.0667	0.0257	1.0844	0.0230	1.0978	0.0230	1.1333	0.0227	1.1333	0.0237	1.0844	0.0279
ROL	1.1156	0.0281	1.1067	0.0232	1.1111	0.0277	1.0711	0.0256	1.1111	0.0198	1.0400	0.0246	1.0178	0.0224	1.0222	0.0247	1.0267	0.0250
$ W $	1.1422	0.0153	1.1689	0.0153	1.1511	0.0153	1.1556	0.0182	1.1556	0.0153	1.0667	0.0216	1.0933	0.0268	1.0978	0.0217	1.0711	0.0287
Geral	1.0933	0.0237	1.0856	0.0223	1.0900	0.0239	1.0822	0.0247	1.0967	0.0233	1.0733	0.0269	1.0722	0.0281	1.0767	0.0272	1.0733	0.0276

Em termos de variabilidade climática geral, observou-se diminuição do valor de F_A das áreas de sul em direção as áreas ao norte do NEB. A exceção foi a área 5 a qual, dentre todas, apresentou a maior variabilidade climática. Assim, pode-se supor que as comunidades recifais ao sul do NEB estão submetidas a perturbações ambientais com maior frequência do que as demais áreas. Contudo, ao analisarmos a variância do F_A geral, observou-se que esta foi maior para as áreas ao norte do NEB. Isto indica que a despeito dos recifes ao norte apresentarem uma maior variância, seu comportamento médio é estável sendo, conseqüentemente, mais previsível do que das áreas ao sul do NEB. Este comportamento em relação às áreas ao sul poderia explicar parte do processo que acarretou os branqueamentos registrados nas áreas 1 e 4. No Brasil, as informações obtidas na literatura sobre os registros de branqueamentos dos corais referem-se quase que exclusivamente a essas duas áreas de estudo (Castro e Pires, 1999; Dutra, 2000; Kikuchi et al., 2003 a, b; Leão et al., 2003). Contudo, o monitoramento destes recifes estudados aqui não é constante e assim, possivelmente, alguns casos de branqueamento não foram registrados.

A existência de padrões distintos de variabilidade entre as áreas de estudo foi confirmada com os resultados das análises de ordenamento por EMD e ANOSIM. A análise de EMD mostrou uma separação entre as áreas ao sul (áreas 1, 2, 3 e 4) e ao norte do NEB (áreas 6, 7 e 8), formando assim dois grupos de áreas de recifes de corais (Figura 3). As áreas 5 e 9 não se agruparam, e apresentaram distâncias parecidas em relação aos grupos sul e norte. A área 5, apresentou um comportamento intermediário entre os dois grupos, o que condiz com a localização geográfica desse recife entre o sul e o norte. A área 9 mostrou um comportamento distinto de todas as outras áreas. O valor do estresse $< 0,05$ indica que as similaridades estão adequadamente representadas pela ordenação resultante dessa análise.

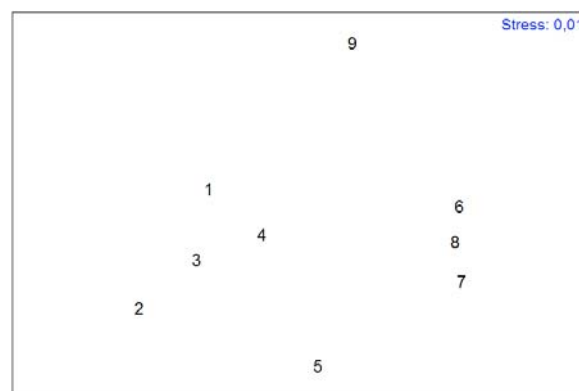


Figura 3 - Ordenação resultante da análise de escalonamento multi-dimensional (EMD) sobre a variabilidade climática das áreas de estudo indicada pelos valores médios e de variância do F_A da TSM, precipitação, ROL e magnitude do vento resultante.

Para testar a significância dessa diferença encontrada entre os grupos de áreas foi realizada a ANOSIM (Tabela 3) e as áreas foram classificadas em três grupos com base nos

resultados anteriores. O grupo sul é composto das áreas 1, 2, 3 e 4; o grupo norte das áreas 6, 7 e 8 e o ultimo, denominado de áreas de transição, das áreas 5 e 9. A área 5 recebeu essa denominação por localizar-se entre as áreas mais ao sul e mais ao norte do NEB, enquanto que a área 9 por localizar-se entre o Oceano Atlântico Tropical Sul e Atlântico Tropical Norte. O valor obtido de R global foi de 0,8 (valor $p=0,002$), ou seja, pode-se rejeitar a hipótese nula e afirmar que os três grupos de áreas são diferentes. Considerando apenas a diferença entre o grupo sul e norte, foi obtido o valor máximo de separação entre as áreas. Em relação às áreas de transição, estas apresentaram uma semelhança maior com as áreas ao sul.

Tabela 3 - Resultados na análise de ANOSIM entre os grupos sul, norte e áreas de transição.

Grupos	Estatística R	Valor-p
Sul e norte	1	0,03
Sul e áreas de transição	0,68	0,07
Norte e áreas de transição	0,5	0,2

Portanto, no que diz respeito apenas à variabilidade climática determinada pelo valor médio e de variância da F_A pode-se concluir que há diferenças significativas das condições ambientais dos ecossistemas recifais brasileiros. As evidências desta distinta variação entre os ambientes está possivelmente associada aos diferentes regimes climáticos destas áreas.

4. Conclusões

Os resultados obtidos neste estudo servem como uma inédita caracterização da variabilidade climática sobre as áreas de ocorrência dos ecossistemas recifais brasileiros. No geral, a variabilidade climática nas áreas ao sul é maior do que nas áreas ao norte do NEB. Essas diferenças foram confirmadas com a análise de escalonamento multi-dimensional e análise de similaridade e mostraram que há diferenças significativas das condições ambientais dos ecossistemas recifais brasileiros ao sul (áreas 1, 2, 3 e 4) e ao norte (áreas 6, 7 e 8) do NEB. As área 5 e 9 apresentaram comportamento intermediário entre os grupos de áreas ao norte e ao sul, respectivamente, sendo condizente com a suas localizações geográficas. Em trabalhos futuros será analisada a relação entre a variabilidade climática e a biodiversidade de espécies de corais presente nestas áreas de estudo.

Agradecimentos

A primeira autora agradece o suporte financeiro da CAPES. Esse trabalho é uma contribuição ao projeto PRO-ABROLHOS (CNPq No. 420219-2005-6). Os dados deste trabalho foram fornecidos pelo programa NOAA *Pathfinder* e NCEP.

Referências Bibliográficas

Assireu, A. T.; Rosa, E. R.; Vijaykumar, N. L.; Lorenzzetti, J. A.; Rempel, E. L.; Ramos, F. M.; Abreu Sa, L. D.; Bolzan, M. J. A.; Zanandrea, A. Gradient pattern analysis of short nonstationary time series: an application to Lagrangian data from satellite tracked drifters. **Physica D: Nonlinear Phenomena**, v. 168-169, p. 397- 40, 2002.

Castro, C. B.; Pires, D. O. A bleaching event on an brazilian coral reef. **Revista Brasileira de Oceanografia**, v. 47, p. 87-90, 1999.

Clarke, K. R.; Warwick, R. M. **Change in marine communities: an approach to statistical analysis and interpretation**. UK: Natural Environment Research Council, 2001, 172 p.

Dutra, L. X. C. **O branqueamento de corais hermatípicos no litoral norte da Bahia associado ao evento El Niño, 1998.** 2000. 78 p. Monografia (Bacharelado em Biologia) - Universidade Federal da Bahia, Salvador. 2000.

Freitas, R. M.; Assireu, T. A.; Shimabukuro, Y. E.; Rosa, R. R.; Novo, E. M. L. M.; Stech, J. L.; Lorenzetti, J. A. Uso de operador de fragmentação assimétrica como caracterizador morfométrico de paisagens: cenário estático versus cenário dinâmico. Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), 13., 2007, Florianópolis. **Anais....** São Jose dos Campos: INPE, 2007. Artigos, p. 3357-364. CD-ROM, On-line. ISBN 8517000188. Disponível em: <<http://mar.te.dpi.inpe.br/col/dpi.inpe.br/sbsr@80/2006/11.15.21.37.03/doc/3357-3364.pdf>>. Acesso em: 25 jan. 2007.

Gleason, D. F.; Wellington, G. M. Ultraviolet radiation and coral bleaching. **Nature**, v. 365, n. 6449, p. 836 -838, 1993.

Glynn, P.W. Coral reef bleaching: ecological perspectives. **Coral Reefs**, v. 12, p. 1-17, 1993.

Glynn, P.W. Coral reef bleaching: facts, hypotheses and implications. **Global Change Biology**, v. 2, n. 6, p. 495-509, 1996.

Kanamitsu, M.; Ebisuzaki, W.; Woolen, J.; Yang, S.; Hnilo, J. J.; Fiorino, M.; Potter, G. L. NCEP-DEO AMIP-II Reanalysis. **Bulletin of the American Meteorological Society**, v. 83, n. 11, p. 1631-1643, 2002.

Kikuchi, R. K. P.; Leão, Z. M. A. N.; Oliveira, D. M.; Dutra, L. X. C.; Cruz, I. C. **Branqueamento de corais nos recifes da Bahia associado aos efeitos do El Niño 2003.** Disponível em: <http://www-personal.une.edu.au/~lximenes/publications/Abequa_Kikuchi_et_al_2003.pdf>. Acesso em: 10 fev. 2006.

Kikuchi, R. K. P.; Leão, Z. M. A. N.; Oliveira, M. D. M.; Dutra, L. X. C.; Spanó, S.; Okada, F.; Cruz, I. C. **Primeiros resultados do Monitoramento da ocorrência de branqueamento de corais na costa do Estado da Bahia.** Salvador: Universidade Federal da Bahia, 2003b, 27 p.

Leão, Z. M. A. N.; Kikuchi, R. K. P.; Testa, V. Corals and coral reefs of Brazil. In: Cortes, J. **Latin American Coral Reefs**. Nova Iorque: Elsevier, 2003. p. 9-52.

Liebmann, B.; Smith, C. A. A description of a complete (interpoled) outgoing longwave radiation dataset. **Bulletin of the American Meteorological Society**, v. 77, p. 1275-1277, 1996.

Prates, A. P. L. **Atlas dos recifes de coral nas unidades de conservação brasileiras.** 1. ed. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2003. 180 p.

Rosa, R. R.; Sharma, A. S.; Valdivia, J. A. Characterization of localized turbulence in plasma extended system. **Physica A**, v. 257, p. 509-514, 1998.

Spalding, M. D.; Green, E. P.; Corinna, R. **World atlas of coral reefs.** Berkeley: University of California Press, 2001. 424 p.

Xie, P.; Arkin, P. A. Global precipitation: a 17-year monthly analysis based on gauge observations, satellite estimates, and numerical model outputs. **Bulletin of the American Meteorological Society**, v. 78, n. 11, p. 2539-2558, 1997.