



UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
PROGRAMA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOLOGIA
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO:
GEOLOGIA COSTEIRA E SEDIMENTAR

TESE DE DOUTORADO

**USO DE ISÓTOPOS ESTÁVEIS NA IDENTIFICAÇÃO DAS
FONTES DE MATÉRIA ORGÂNICA NO COMPLEXO
ESTUARINO NOVA VIÇOSA-CARAVELAS E NO
MATERIAL PARTICULADO EM SUSPENSÃO DOS RECIFES
COSTEIROS DA REGIÃO DOS ABROLHOS, BAHIA.**

SAULO SPANÓ

SALVADOR

2015

**USO DE ISÓTOPOS ESTÁVEIS NA IDENTIFICAÇÃO DAS
FONTES DE MATÉRIA ORGÂNICA NO COMPLEXO
ESTUARINO NOVA VIÇOSA-CARAVELAS E NO
MATERIAL PARTICULADO EM SUSPENSÃO DOS RECIFES
COSTEIROS DA REGIÃO DOS ABROLHOS, BAHIA**

Saulo Spanó

Orientadora: Profa. Dra. Iracema Reimão

Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geologia do Instituto de Geociências da Universidade Federal da Bahia como requisito parcial à obtenção do Título de Doutor em Geologia, Área de Concentração: Geologia Costeira e Sedimentar.

SALVADOR

2015

Spanó, Saulo

Uso de isótopos estáveis na identificação das fontes de matéria orgânica no complexo estuarino Nova Viçosa-Caravelas e no material particulado em suspensão dos recifes costeiros da região dos Abrolhos, Bahia/ Saulo Spanó – Salvador 2015.

75 f: il, mapas e fotos.

Tese (Doutorado) – Pós graduação em Geologia. Instituto de Geociências da Universidade Federal da Bahia, 2015.

1. Geoquímica Marinha. 2. Fluxo vertical de material particulado em suspensão, 3. Sedimentos marinhos – Abrolhos (BA). I. Título.

SAULO SPANÓ

**USO DE ISÓTOPOS ESTÁVEIS NA IDENTIFICAÇÃO DAS
FONTES DE MATÉRIA ORGÂNICA NO COMPLEXO
ESTUARINO NOVA VIÇOSA-CARAVELAS E NO
MATERIAL PARTICULADO EM SUSPENSÃO DOS RECIFES
COSTEIROS DA REGIÃO DOS ABROLHOS, BAHIA.**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geologia da Universidade Federal da Bahia, como requisito para a obtenção do Grau de Doutor em Geologia na área de concentração em Geologia Costeira e Sedimentar 02/09/2015.

TESE APROVADA PELA BANCA EXAMINADORA:

Dra. Iracema Reimão Silva
Orientadora – IGEO/UFBA

Dra. Juliana Leonel
Examinadora Interna – IGEO/UFBA

Dra. Ana Cecília Rizzatti de Albergaria Barbosa
Examinadora Interna – IGEO/UFBA

Dra. Maria do Rosário Zucchi
Examinador Externa – IFis/UFBA

Dra. Vera Lucia Cancio Souza Santos
Examinadora Externa – IQ/UFBA

Salvador – BA
2015

*Aos meus pais, filho e esposa com muito
carinho.*

*Á minha orientação e colaboradores, meu
eterno agradecimento.*

RESUMO

O presente estudo caracterizou as razões elementares e isotópicas ($\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{15}\text{N}$, C/N) de sedimentos superficiais e material em suspensão na água superficial em 20 pontos amostrais no complexo estuarino de Nova Viçosa-Caravelas e de sedimentos coletados com armadilhas de PVC posicionadas em oito estações nos recifes costeiros do banco dos Abrolhos. Foram analisados o $\delta^{13}\text{C}_{\text{CID}}$ do carbono inorgânico dissolvido, o $\delta^{18}\text{O}$ e δD e parâmetros físico-químicos da água do manguezal como forma de estimar a contribuição de fontes continentais e marinhas e a interferência antrópica nesta área. O estudo isotópico realizado nas áreas de manguezais e recifais mostra características típicas destes dois ambientes. Os valores de $\delta^{13}\text{C}$ encontrados no manguezal são característicos de fontes terrígenas com uma contribuição marinha nas proximidades com o mar. Já os valores encontrados nas análises com os sedimentos coletados com armadilhas nos recifes costeiros mostram o $\delta^{13}\text{C}$ característico de ambientes com fontes marinhas. Os maiores valores de $\delta^{13}\text{C}$ no sedimento e carbono inorgânico dissolvido da água foram encontrados na barra de Caravelas e os maiores valores de COT e relação C/N foram observados dentro dos dois canais que interconectam os estuários de Caravelas e Nova Viçosa. A razão isotópica de carbono e nitrogênio indica que a matéria orgânica analisada tem origem terrestre com forte assinatura de mangues, característicos de regiões estuarinas. Embora os valores de C/N indiquem uma contribuição antrópica em alguns pontos, o $\delta^{15}\text{N}$ encontrado e comparado com a literatura sugere que processos de ciclagem da série N no estuário são suficientes para manter o impacto da ação humana na região em níveis baixos. As razões elementares e isotópicas ($\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{15}\text{N}$, C/N) de sedimentos capturados com armadilhas de PVC nas oito estações posicionadas nos recifes costeiros da região dos Abrolhos (18°S), Brasil, mostraram maiores valores de $\delta^{13}\text{C}$ na estação de Sebastião Gomes, com valores médios próximos a -15‰ em todos os períodos amostrados. A razão isotópica de carbono e nitrogênio indica que a matéria orgânica tem origem marinha, com assinatura características de regiões oceânicas. Embora os valores de C/N indiquem uma contribuição significativamente marinha, o $\delta^{15}\text{N}$ encontrado sugere que processos naturais de degradação do N nos sedimentos são recorrentes durante o tempo em que o material permaneceu dentro das armadilhas no ambiente. Os resultados obtidos servirão de linha base para futuros estudos ambientais e de monitoramento no complexo recifal costeiro da região.

Palavras-chaves: complexo estuarino, recife, isótopos, sedimento e água

ABSTRACT

The present study characterized the elementary ratios and isotopes ($\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{15}\text{N}$ C / N) of surface sediment and suspended solids in surface water of 20 sample points in the estuarine complex of Nova Viçosa–Caravelas and sediment collected with PVC traps in eight stations along the coastal reefs of the Abrolhos Bank. The $\delta^{13}\text{C}_{\text{DIC}}$ of the dissolved inorganic carbon (DIC), the $\delta^{18}\text{O}$ and δD and physicochemical parameters of water was analyzed to estimate the contribution of continental sources, marine and anthropogenic interference in the study area. The isotopic study in the areas of mangroves and reefs shows typical characteristics of these two environments. The $\delta^{13}\text{C}$ values found in the mangrove are characteristic of terrigenous sources with a marine contribution near the sea. On the other hand, the $\delta^{13}\text{C}$ values found in the sediments collected from traps in inshore reefs are characteristic of environments with marine sources. Higher values of $\delta^{13}\text{C}$ in sediment and dissolved inorganic carbon in water were found at Caravelas bar, while higher values of COT and C/N ratio were observed within the two channels which interconnect the estuaries of Caravelas and Nova Viçosa. The isotopic ratio of carbon and nitrogen indicates that the organic matter analyzed has terrestrial origin with strong signature features of mangroves, characteristic of estuarine regions. Although the values of C / N indicate an anthropogenic contribution at some points, $\delta^{15}\text{N}$ found and compared with the literature suggests that series N cycling processes in the estuary are enough to keep the impact of human activity in the region at low levels. Elemental and isotopic ratios ($\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{15}\text{N}$, C / N) of sediment samples captured by PVC traps in eight stations along the coastal reefs of the Abrolhos region (18° S) showed higher $\delta^{13}\text{C}$ values in the Sebastião Gomes station, with average values close to -15‰ in all sampling periods. The isotopic ratio of carbon and nitrogen indicates that the organic matter analyzed has marine origin, with signature features of oceanic regions. Although the values of C / N indicate a significantly marine contribution, $\delta^{15}\text{N}$ values suggest that N series cycling processes are frequent during the time that the material remained inside the traps in the environment. The results will provide a baseline for future environmental monitoring and studies on coastal reef complex in the region.

Keywords – estuarine complex, reef, isotopes, sediment and water

SUMÁRIO

RESUMO	6
ABSTRACT	7
CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO GERAL.....	9
CAPÍTULO 2 – ARTIGO 1: APPLICATION OF ORGANIC CARBON AND NITROGEN STABLE ISOTOPE AND C/N RATIOS AS SOURCE INDICATORS OF ORGANIC MATTER OF NOVA VIÇOSA–CARAVELAS ESTUARINE COMPLEX, SOUTHERN BAHIA, BRAZIL.	24
CAPÍTULO 3 – ARTIGO 2: CARACTERIZAÇÃO ISOTÓPICA, $\Delta^{13}\text{C}$ E $\Delta^{15}\text{N}$, DO FLUXO VERTICAL DE MATERIAL PARTICULADO EM SUSPENSÃO NOS RECIFES COSTEIROS DO BANCO DOS ABROLHOS, BAHIA.	39
CAPÍTULO 4 - CONCLUSÕES.....	66
APÊNDICE A – JUSTIFICATIVA DA PARTICIPAÇÃO DOS AUTORES	67
ANEXO A- REGRAS DE FORMATAÇÃO DA REVISTA BRAZILIAN JOURNAL OF GEOLOGY	69
ANEXO B - REGRAS DE FORMATAÇÃO DA REVISTA GEOLOGIA USP. SÉRIE CIENTÍFICA.....	75

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO GERAL

A sedimentação no banco dos Abrolhos é um intrínseco resultado de vários fatores ambientais interagindo ao longo do tempo geológico. A complexa geomorfologia costeira da região dos Abrolhos pode ser evidenciada nos registros geológicos dos períodos Terciário e Quaternário existentes na área. O período Quaternário foi um dos períodos de maior flutuação do nível do mar e de mudanças climáticas globais (Bird, 2008). Detalhamento no mapeamento e na reconstrução da evolução do Quaternário na zona costeira do nordeste e leste do Brasil mostram que durante os últimos 5000 anos, diferentes segmentos da zona costeira tem exibido diferentes tendências para comportamento da linha de costa, incluído progradação, recuo por erosão e equilíbrio. Mesmo aquelas áreas que apresentam uma tendência geral para a progradação, apresentam evidência inegável de que esta progradação foi pontuada por episódios de erosão da linha de costa (Martin *et al.*, 1998). Durante o Quaternário o desenvolvimento dos recifes de coral em associação com as variações do nível médio do mar desempenhou um papel importante na dispersão e acumulação de sedimentos ao longo da costa (Andrade *et al.*, 2003). A geometria destes recifes e seus sistemas de canais somados as condições meteorológicas e oceanográficas delimitaram ao longo das oscilações do nível do mar ocorridas no período Quaternário as bacias sedimentares existentes hoje em dia.

Em 1974 uma abrangente publicação apresentou os primeiros resultados sobre os estudos realizados pelo projeto REMAC (Reconhecimento da Margem Continental Brasileira), responsável por vários levantamentos geofísicos na costa brasileira, incluindo levantamentos sobre os sedimentos do banco dos Abrolhos. Destes levantamentos destacam-se para área do banco dos Abrolhos, Mello e colaboradores (1975), Milliman (1975), Milliman e Barreto (1975) e Summerhayes e colaboradores (1976). Os primeiros autores, na publicação *Contributions to Sedimentology*, vol. 4 de 1975, através de coletas de sedimento de fundo caracterizaram as feições sedimentares na região, enquanto que o trabalho de 1976 focou nas análises para identificação do sedimento em suspensão e nas ocorrências de ressurgências presentes em certas épocas do ano no banco dos Abrolhos.

Summerhayes e colaboradores (1976) encontraram em suas análises altas concentrações de sedimentos terrígenos somente próximos ao continente, em alguns casos, provavelmente relacionadas ao desenvolvimento de plumas de suspensão decorrentes de rios, e em outros casos, decorrentes de ressuspensão do sedimento do fundo. Nas regiões de ressuspensão as concentrações de sedimento em suspensão encontradas giraram em torno de 0,5 a 1,0 mg/l e foram relacionadas na sua maior parte ao plâncton. Nestas áreas foram encontradas uma mínima quantidade de matéria orgânica, provavelmente devido a alta concentração de oxigênio presente na água.

O banco dos Abrolhos, de grande importância estrutural, distancia-se cerca de 200 km da costa, com uma largura de 180 km e uma superfície de cerca de 35.000 km². Este banco de substrato vulcânico apresenta um fisiografia variável com recifes, canyons, terraços marginais, e uma grande lagoa coberta por sedimentos biodetríticos rodeada de pináculos de corais mortos (Martins and Coutinho, 1981). A parte interna da plataforma acima de 20 metros é geralmente lisa devido ao soterramento da topografia pela sedimentação holocênica. Enquanto que a plataforma média e externa é rugosa devido a grande presença de pequenos bancos e canais rasos

de paredes íngremes, provavelmente representantes do sistema de drenagem do pleistoceno (Mello *et al*, 1975). A cobertura sedimentar do banco dos Abrolhos é biogênica, com lama carbonática derivada da degradação dos recifes que dominam a região nas depressões e biodetrítica com componentes modernos e provenientes de fósseis nas bordas. Ao sul do banco dos Abrolhos a plataforma torna-se estreita e sedimentos terrígenos tornam-se dominantes, com as frações bioclásticas restritas a plataforma externa. Segundo Patchineelam and Smoak (1999) a ligação entre o aumento na produção de sedimentos e as atividades humanas na bacia de drenagem, bem como a deposição de materiais na plataforma interna tem ainda a ser estabelecida. Zelinda (1982) em extenso trabalho no banco dos Abrolhos mostra que existem duas principais fontes de sedimento. Uma fonte de constituintes terrígenos, quartzo e lamas minerais, que prevalecem nas áreas ao entorno dos recifes que estão próximos ao continente, e outra fonte de material esqueletal, presente em todos os recifes e predominante nas áreas ao entorno dos recifes mais afastados da costa. Segundo esta mesma autora (Zelinda, 1982) os componentes terrígenos possuem duas origens principais; sedimentos do embasamento terciário, pertencentes ao Grupo Barreiras, que cobrem extensas áreas ao longo da costa e foram depositados na plataforma através do sistema de drenagem durante os períodos em que o nível do mar esteve abaixo do atual, e sedimentos trazidos pela deriva litorânea, pertencentes ao carreamento de material proveniente dos grandes rios que se encontram ao norte e ao sul do banco. Já o sedimento carbonático que circunda o banco é predominantemente de origem esqueletal, sendo parte detritos e parte formada localmente pelos vários organismos associados a flora e fauna dos recifes. Os detritos são derivados pelo quebramento da estrutura do recife, tanto pela erosão mecânica através das ondas e correntes, quanto pela erosão biológica através da ação destrutiva de alguns organismos como peixes raspadores e crustáceos. Os sedimentos formados localmente são partes da estrutura de organismos que vivem no recife. Esta fauna e flora associada ao recife inclui animais como moluscos, equinodermas, foraminíferos e algas calcárias (Zelinda, 1982).

O aumento constante de acumulação de sedimentos na plataforma continental ao aproximar-se do banco de Abrolhos, vindo do norte, parece dependente de processos físicos, tais como a troca de fluatibilidade, circulação das marés, regime circulatório litorâneo, e morfologia da plataforma continental. (Wolanski, 1994). A ampliação repentina da plataforma continental, tem provavelmente uma grande influência sobre o regime hidrológico da região (Patchineelam and Smoak, 1999). Segundo estes autores as correntes ao longo da plataforma interna e da área protegida no Parcel das Paredes, provavelmente, são responsáveis pelo aumento gradual das taxas de acumulação do Rio Pardo para a área do banco de Caravelas.

A formação de uma “parede” hidrodinâmica no Canal Sudeste, mencionada por Leipe e colaboradores (1990) situa-se a 20 metros de profundidade, e concentra uma grande carga de sedimentos nesta profundidade, como consequência as altas taxas de deposição são encontradas nesta localidade. Segundo Patchineelam e Smoak (1999) a ressuspensão de sedimentos do banco de Carvelas, freqüente durante o verão, provavelmente contribui com carga de sedimentos adicional para este local, criando assim a maior taxa de acumulação (0,81 centímetros/ano) encontrada na área. Ainda segundo este autor (Patchineelam and Smoak, 1999) a área entre Rio Doce e o banco de Caravelas mostra que as taxas de acumulação de sedimentos aumentam de sul para norte, de 0,13 para 0,51 cm/ano. Nos meses de inverno, as frentes frias do sudeste são freqüentes e o movimento para sul da corrente do Brasil é enfraquecido, o que cria uma inversão da corrente costeira, com fluxo para norte (Summerhayes *et al*. 1976).

Com relação a circulação costeira, a região do banco dos Abrolhos esta compreendida segundo Castro and Miranda (1988) na Região Abrolhos-Campos (RAC), e abranje uma área de grande complexidade topografia que vai desde o banco Royal Charlotte, passando pelo banco dos Abrolhos até a região de Campos. Segundo estes autores a temperatura nos bancos varia anualmente de 25 a 27°C durante o verão austral para 22 a 24°C durante o inverno, mostrando fracos gradientes verticais. As salinidades usualmente estão na média de 36,5 a 37,0.

As águas observadas na plataforma são o resultado da mistura entre tres massas de água: Águas Tropicais (AT), mornas e salgadas, transportadas para sul pelas camadas de superfície da Corrente do Brasil, Águas Centrais do Atlantico Sul. (ACAS), frias e menos salgadas, que esta locada abaixo das Águas Tropicais no declive da plataforma continental, e as Águas Costeiras (AC), que é caracterizada pela baixa salinidade e altas temperaturas. Na plataforma externa predomina a misturavertical entre AT e ACAS, enquanto que na plataforma interna é preenchida pela AC próximo da superfície (Castro and Miranda, 1988). Segundo estes autores o fluxo da corrente do Brasil na região dos bancos não esta bem documentado. Existe indicações que parte significante deste fluxo corre através dos canais do banco dos Abrolhos (Signorini *et al.*, 1989).

A sedimentação no banco dos Abrolhos é reflexo da evolução geológica (avanços e retrocessos do nível do mar) e dos parâmetros ambientais que influenciaram a região no passado e que atuam no presente. Os parâmetros meteo-ocenográficos existentes em distintos períodos geológicos ajudaram a moldar o que se conhece hoje em dia e continua a influenciar a geologia encontrada na região. Segundo os autores Leão e Ginsburg (1997), na região de Abrolhos o resultado da interação dinâmica entre processos físicos e biológicos é evidenciado no crescimento contemporâneo dos recifes de coral em áreas com a ativa sedimentação terrígena e carbonática. Determinando as características atualmente encontradas no banco dos Abrolhos.

O declínio da qualidade da água associada com o aumento sedimentos em suspensão foi intimamente ligada ao estado de saúde dos ecossistemas marinhos bentônicos e seus organismos associados (Bannister *et al.*, 2012). Crescentes entradas de sedimentos em muitos ambientes marinhos costeiros estão tendo uma profunda influência sobre os habitats marinhos rasos e suas espécies constituintes. Habitats de recifes de coral parecem ser particularmente sensíveis ao aumento da deposição de sedimentos e regimes de turbidez associados (Wenger *et al.*, 2012). Trabalhos realizados por Leão e Guinsburg entre outros pesquisadores mostram que o sedimento no banco dos Abrolhos é composto de material terrígeno e carbonático, e que a depender do posicionamento, pode apresentar variadas proporções entre estes dois componentes. Ora mais siliciclástico, próximo da costa, ora mais carbonático, próximo aos recifes que ocorrem na região. O conhecimento desta composição sedimentar é resultado de extensos esforços realizados por diversos grupos de pesquisa, dentre os quais se destacam os laboratórios de estudos costeiros do Instituto de Geociencias, que a mais de duas décadas vem realizando coletas e análises com os sedimentos recorrentes nesta feição da plataforma continental brasileira.

A composição da fração carbonática do sedimento da região dos Abrolhos é bem conhecida, análises em lupas binoculares permitiram identificar fragmentos de esqueletos das mais variadas origens. Também são conhecidas da comunidade científica e dos gestores ambientais as taxas do fluxo vertical de material particulado em suspensão recorrentes nos recifes da região, bem como a granulometria do material sedimentar coletado em armadilhas ou com testemunhadores geológicos.

Os testemunhos retirados das bacias de deposição e das porções rígidas dos recifes mostram as sucessões ocorridas durante a evolução geológica da área (Leão, 1982, Leão and Ginsburg, 1997). Estes estudos sobre a evolução geológica do banco dos Abrolhos (Bittencourt *et al.*, 1979; Suguio *et al.*, 1985; Martin *et al.*, 1998,

Dominguez *et al.*, 1992, Leão and Dominguez 2000) mostram a sucessão das oscilações do nível do mar e suas consequências para os ecossistemas e feições marinhas encontradas nesta porção da zona costeira. As análises de testemunhos nas feições geológicas não consolidadas (Neto, 2004; Bispo, 2010) existentes no banco dos Abrolhos nos permitem identificar mudanças nos padrões sedimentares ocorridas ao longo das últimas décadas. Do mesmo modo, as modelagens numéricas sugerem padrões na movimentação das massas de água e consequentemente transporte de material particulado em suspensão, enquanto que o sensoriamento remoto (Sousa *et al.* 2007) nos ajuda a conhecer melhor tanto padrões oceanográficos quanto meteorológicos do banco dos Abrolhos.

Apesar de não ser inédito, trabalho com isótopos estáveis (não radioativos) no sedimento encontrado na região dos Abrolhos, são mais recentes, permitindo ainda muitos estudos para trazer a luz do conhecimento caracterizações e correlações dos resultados encontrados no banco com o que se conhece em outros locais vastamente estudados.

O objetivo deste trabalho é caracterizar os sedimentos da área do banco dos Abrolhos quanto a sua composição isotópica estável, valendo-se das análises com C^{13} e N^{15} , e a relação C/N encontrada na região de manguezal e do arco recifal.

Verificando-se com isso a existência ou não de variabilidade espacial e temporal dos sedimentos do arco interno de recifes de coral do banco dos Abrolhos. Conjuntamente pretende-se identificar sazonalidade do fluxo vertical de material particulado em suspensão (MPS) durante um ciclo anual.

A área de estudo está compreendida entre os paralelos 17° e 18° Sul e os meridianos $38,5^{\circ}$ e $39,5^{\circ}$ W (Figura 1), estendendo-se ao longo do arco interno de recifes de coral existente no banco dos Abrolhos, plataforma continental interna do estado da Bahia. Exceto pela estação localizada na ponta sul do recife da Paredes, as demais estações estão separadas do continente pelo canal de Sueste, também conhecido como canal de Caravelas.

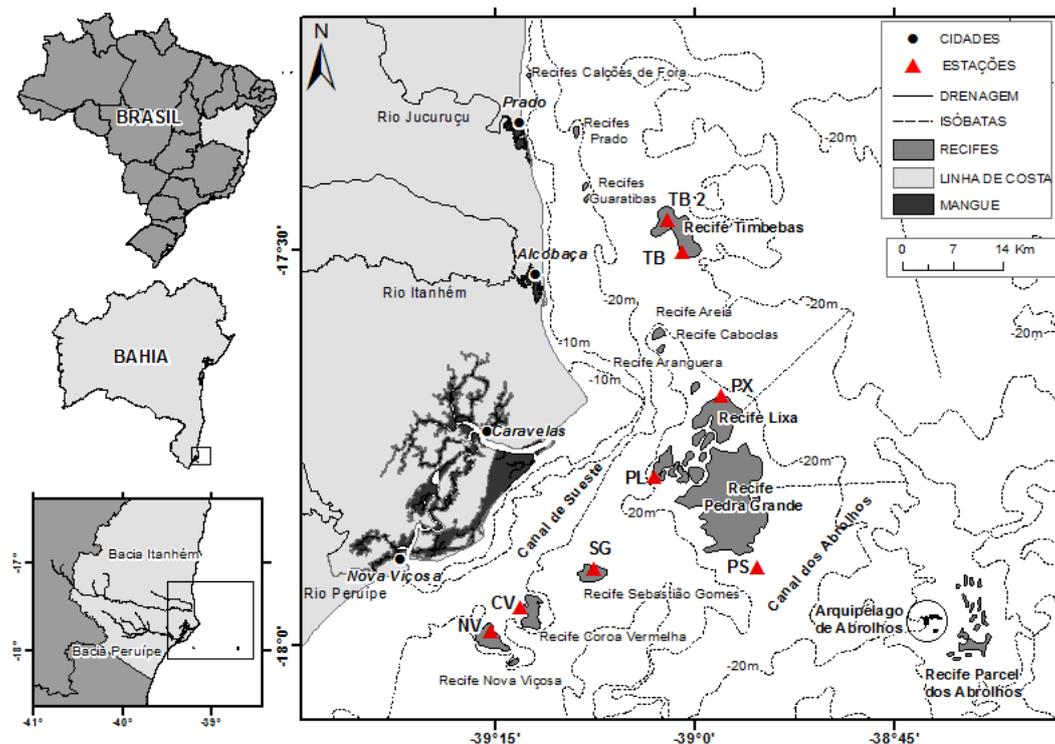


Figura 1 – Localização da área de estudo. As estações de amostragem nos recifes de norte para sul são: TB2 – Timbebas norte, TB – Timbebas sul; PX – Pedra da Lixa; PL – Pedra de Leste; PS – Ponta Sul; SG – Sebastião Gomes; CV – Coroa Vermelha NV – Nova Viçosa.

Caracterização climatológica e oceanográfica da região de estudo

A região de estudo está apresentada na Figura 1, enquanto que a Figura 2 apresenta a localização dos pontos de coletas dos dados físicos utilizados para a caracterização da região. As fontes de dados e os períodos de coletas serão apresentados a seguir seguindo a seguinte sequência: i) pluviometria, ii) temperatura do ar e das águas costeiras, iii) ventos, iv) marés, v) correntes e vi) ondas.

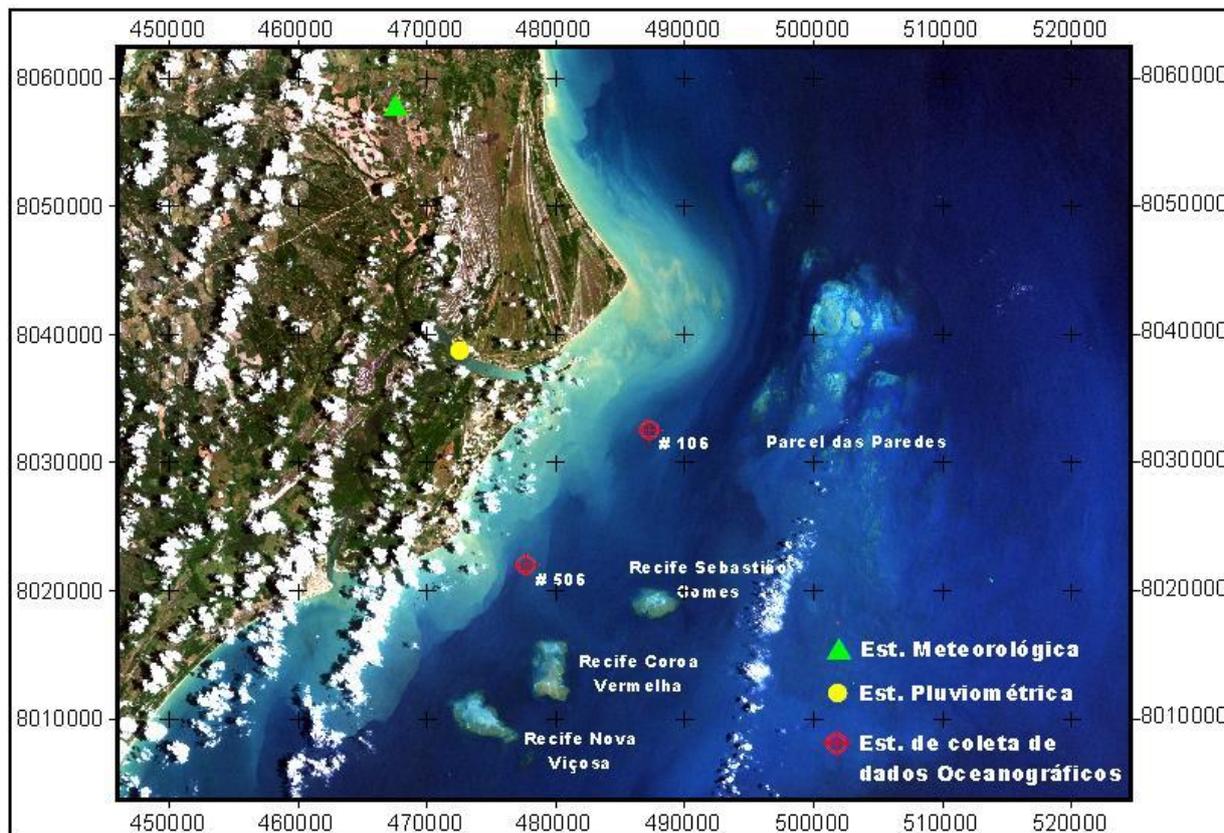


Figura 2 - Mapa da região de estudo com a localização das fontes de dados físicos.

Características Pluviométricas

O estado da Bahia está localizado na região da Zona da Mata, onde o clima é classificado como tropical úmido, com chuvas mais frequentes na época do outono e inverno, exceto no sul do estado onde as chuvas se distribuem uniformemente por todo o ano (Araújo e Rodrigues, 2000). De acordo com Nimer (1989) a média anual de precipitação na região costeira em frente à área de Abrolhos é de 1750 mm, sendo os meses de março a maio os mais chuvosos.

Para a caracterização pluviométrica da região foram utilizados os registros coletados pela estação pluviométrica de Caravelas (Figura 2), número 1739008, e operada pela SUDENE (ANA, 2006). Esta estação encontra-se desativada e possui registros entre os anos 1967 e 1978, englobando 12 anos de dados brutos. Para a complementação destes dados, também foram utilizados os dados obtidos da estação meteorológica (IBAMA, 2005) instalada a 12 km da costa (Figura 2), que possui registros pluviométricos entre os anos de 2001 a 2004. Ambas as estações encontram-se localizadas em regiões com mesmo índice pluviométrico anual (SRH, 2003).

A precipitação média anual obtida para a região de estudo, em função dos registros, é de 1779,2 mm. A maior precipitação anual registrada foi de 2766 mm no ano de 1969 e a menor foi de 713,8 mm no ano de 1978 (Figura 3).

A partir do pluviograma médio mensal (Figura 4), pode-se identificar a sazonalidade da região. O período mais chuvoso está compreendido entre novembro e abril, concentrando 62% da precipitação anual. A pluviosidade média neste período é de 182,4 mm, sendo que a máxima precipitação média mensal de 219,6 mm ocorre no mês de novembro.

O período mais seco compreende os meses entre maio e outubro (Figura 4) e apresenta pluviosidade média de 110,9 mm, com a mínima precipitação média mensal de 80,5 mm ocorrendo no mês de agosto.

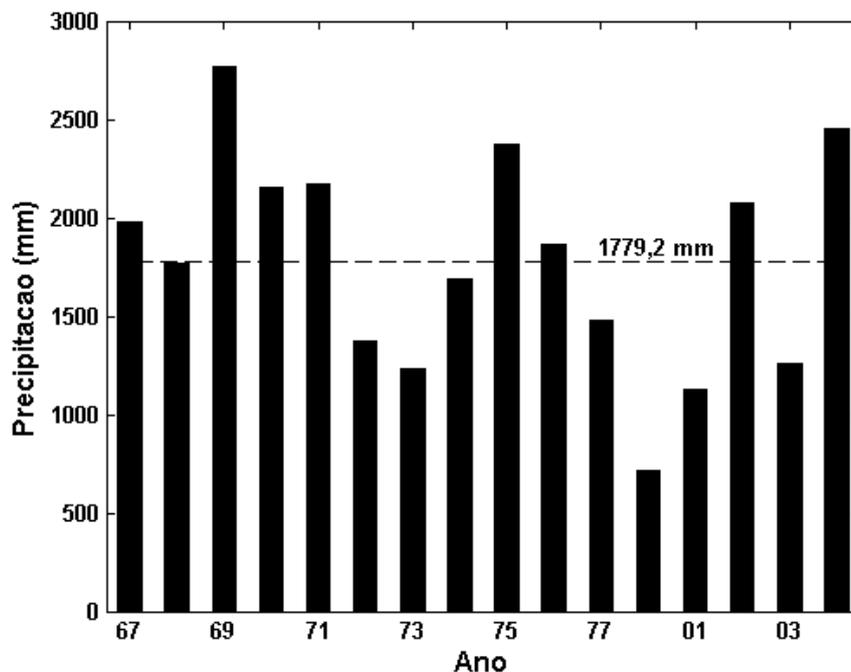


Figura 3: Pluviograma total anual para Caravelas. A linha tracejada representa a média anual.

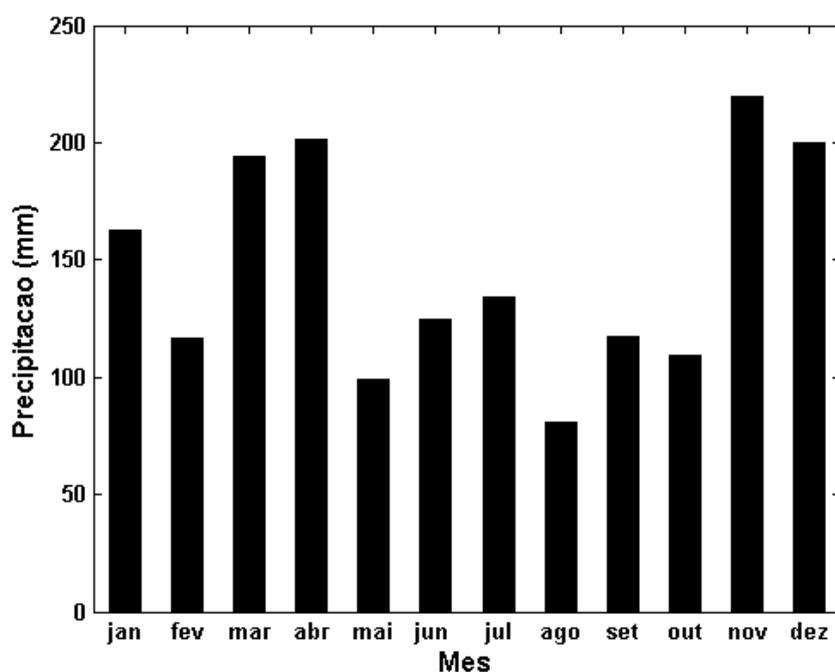


Figura 4: Pluviograma médio mensal para Caravelas.

Temperatura das águas costeiras

O clima na costa leste do Brasil é úmido, com temperatura média do ar de 24°C no inverno e 27°C no verão. Julho é o mês mais frio do ano e março é o mais quente. O período mais quente compreende os meses entre novembro e abril, com temperatura média de 25,5°C. Os meses de março e abril são os que apresentam a maior temperatura média do ar de 26,1°C. A média das temperaturas máxima e mínima neste período é de 26°C e 25,1°C, respectivamente. O período mais frio compreende os meses entre maio e outubro, com temperatura média de 23,2°C. A menor temperatura média do ar de 22,3°C ocorre nos meses de julho e agosto. A média das máximas e mínimas temperaturas neste período é de 23,6°C e 22,7°C, respectivamente (IBAMA, 2005).

A temperatura da água do mar na região dos recifes costeiros do arco interno do Banco dos Abrolhos reflete a sazonalidade da radiação solar imposta pela temperatura do ar. De acordo com Castro e Miranda (1998), a temperatura da água do mar na região compreendida entre 15°S e 23°S, oscila entre 25°C e 27°C no verão, e entre 22°C e 24°C no inverno.

Campo de Ventos

Segundo Teixeira *et al* (2013) a direção predominante dos ventos na região é de NE, a qual corresponde às maiores velocidades médias registradas (>9 m/s), à maior frequência anual de ventos (23,3% dos registros) e a direção dos ventos predominantes no verão (29% dos registros). Ventos de SE e S predominam durante o outono e inverno, com 55% e 48% das ocorrências, respectivamente), com velocidades médias entre 3.5 e 4.0 m/s. Na primavera o vento volta a rondar para NE, com velocidades médias de 4,9 m/s. As duas direções preferencias do vento (NE e S-SE) estão associadas à migração do centro de alta pressão do atlântico sul para posições mais meridionais durante o verão austral (Chaves,1999).

Os meses de maior intensidade dos ventos são os de outubro, novembro e dezembro, com médias superiores a 5 m.s⁻¹. As menores intensidades do vento ocorrem no mês de julho, com velocidades inferiores a 3,5 m.s⁻¹ (Figura 5). No entanto, Lessa e Cirano (2006) e Teixeira *et al* (2013) relatam que os dados obtidos na estação de caravelas apresentam um forte viés (tanto na velocidade como de frequência) para os ventos do quadrante norte, por estar a estação meteorológica relativamente protegida dos ventos do quadrante sul. A análise de dados obtidos pela marinha do Brasil no arquipélago de abrolhos (60 km costa afora) entre 1957 e 1997 mostra que as maiores intensidades do vento estão associadas ao quadrante sul.

Além da sazonalidade descrita acima, o campo de ventos é afetado pela oscilação diária da pressão atmosférica sobre o continente causada por um ciclo de aquecimento diurno e resfriamento noturno. Como um fenômeno típico de verão, uma fraca brisa terrestre se estabelece no final da noite e início da manhã, com ventos provenientes de NW. Ao final da manhã a brisa marinha associada aos ventos alísios se estabelece, com ventos mais fortes no período da tarde. A análise espectral da série de ventos (2002-2005) mostra uma concentração de energia nos períodos de 12 e 24 horas (Teixeira, 2006) (Figura 5).

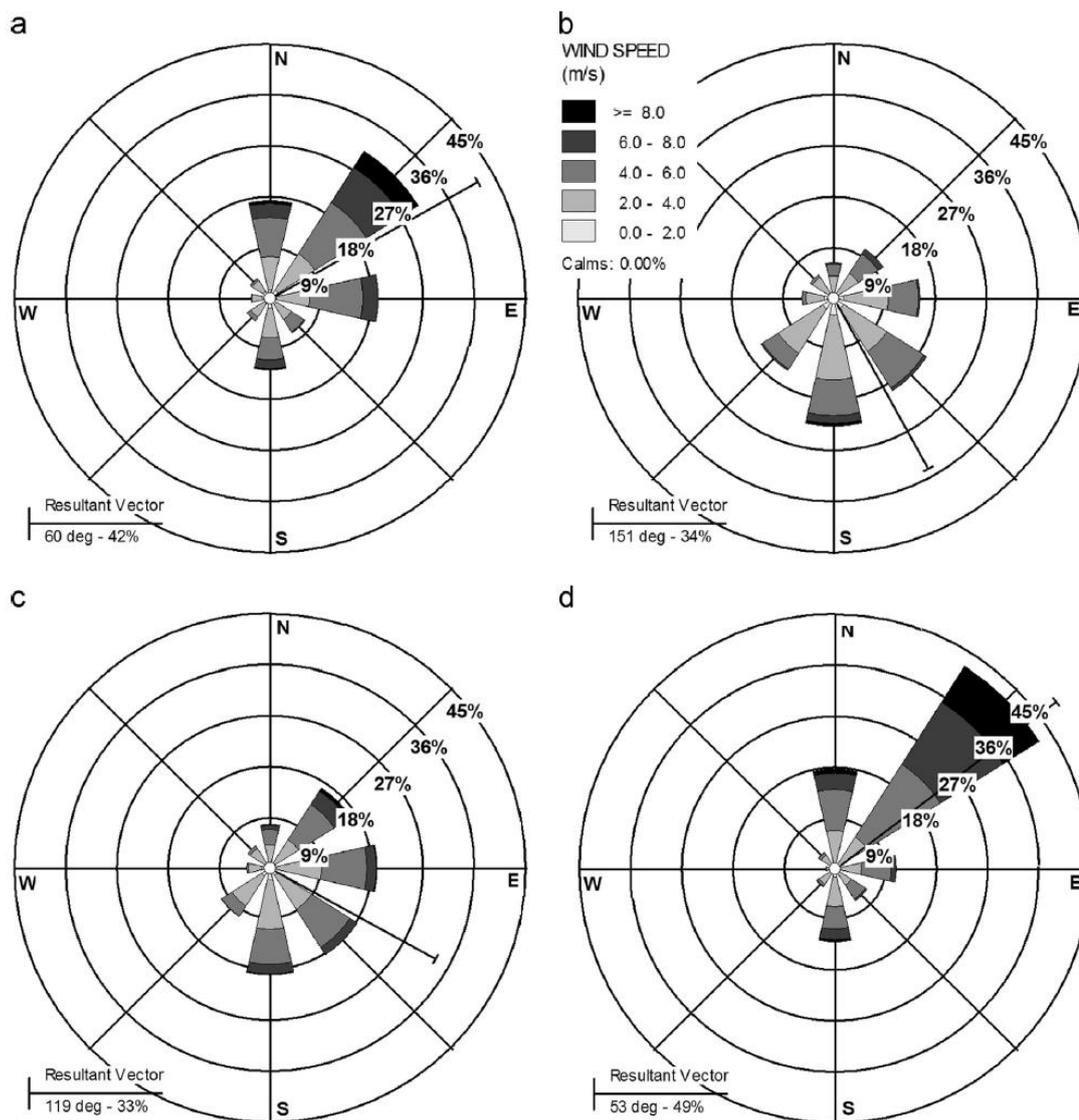


Figura 5 – Distribuição sazonal dos ventos médios entre 2002 e 2005, de acordo com Teixeira *et al.* (2013). a) verão, b) outono, c) inverno e d) primavera.

Oscilações do Nível do Mar

De acordo com Lessa e Cirano (2006), as alturas de maré no canal sueste são as maiores em todo o litoral leste brasileiro. A maré sofre uma amplificação de 1,5 entre a borda da plataforma externa e o canal de sueste (Pereira *et al* 2005) Esta amplificação estaria relacionada a uma convergência de dois segmentos da onda de maré (um proveniente do norte e outro do sul) ao longo do canal sueste, semelhante ao que ocorre no canal interno à grande barreira de corais na Austrália (Teixeira *et al* 2013).

Com base na análise harmônica de uma série de medições do nível d'água na estação #506 (Figura 2), Cirano e Lessa (2006) e Teixeira *et al* (2013) determinaram que a maré na região é semidiurna, com número de forma de 0.14. A amplitude das duas principais componentes harmônicas da maré, M₂ e S₂, são de respectivamente 90 cm (M₂) e 38 cm (S₂). A maré astronômica é a principal forçante do nível d'água, explicando 97% da sua variabilidade. Os 3% da variabilidade restantes são explicados por fenômenos meteorológicos como

alterações do campo de pressão e ventos, e oceanográficos, como ondas de baixa frequência propagando-se na plataforma.

A análise da série temporal do nível d'água entre 2002 e 2005 mostra que a maior altura de maré foi de 3,36m e que a menor foi de 0,34 m. As maiores alturas de maré (Figura 6) ocorreram nos meses de fevereiro e março, com aproximadamente 3,35 m, enquanto que as menores marés ocorreram nos meses de abril e setembro, com aproximadamente 0,35 m. Assim sendo, as exposições máximas (em sizígia) e mínimas (em quadratura) do topo recifal tendem a ocorrer nos meses março-abril e setembro-outubro. A Figura 6 mostra ainda que o maior nível d'água registrado ocorreu em fevereiro, março e abril (provavelmente devido à associação de grandes marés e sobre-elevações do nível d'água causadas por marés atmosféricas) e secundariamente em setembro e outubro, indicando que as maiores espessuras da lâmina d'água sobre os recifes também ocorrem nestes meses. As variações mensais do nível médio são da ordem de apenas 0,15 m (Figura 6).

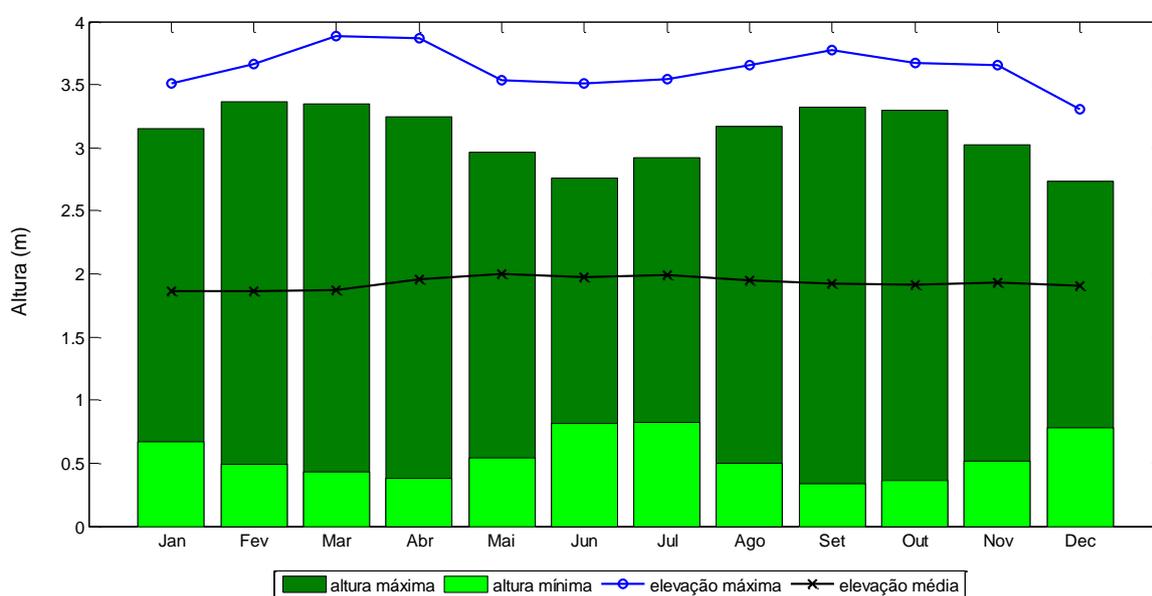


Figura 6 – Variação mensal das alturas máximas (em sizígia) e mínimas (em quadratura) da maré entre 2002 e 2005, junto ao nível médio mensal e elevação máxima (arbitrária) observada em cada um dos meses.

Correntes costeiras

Segundo Teixeira *et al* (2013), a magnitude média das correntes nas estações de monitoramento oceanográfico (#106 e #506 – Figura 2) entre os anos de 2002 e 2005 foram de $0,25 \text{ m.s}^{-1}$ e de $0,18 \text{ m.s}^{-1}$, respectivamente. As magnitudes máximas registradas para estas estações foram de $0,93 \text{ m.s}^{-1}$ e $0,66 \text{ m.s}^{-1}$. A variabilidade das correntes observadas na estação #106 é alta, atingindo valores de $10 \pm 17 \text{ cm.s}^{-1}$. Já as correntes na estação #506 são menos variáveis, com média de 25 cm.s^{-1} e desvio-padrão de 14 cm.s^{-1} .

As correntes têm um caráter bimodal acentuado, com fluxos alternando-se entre NE e SW, principalmente na estação #106, mais próxima à costa, onde a presença dos recifes provoca maior canalização do fluxo. Observa-se na Figura 7 que as maiores velocidades de corrente têm maior frequência na direção SW em ambas as estações, para onde o fluxo residual (linha vermelha) se direciona. Fluxos direcionados para SW

prevaleceram em ambas as estações, representando um total de 21,8 % e 45,8% das observações feitas entre 2002 e 2005 respectivamente nas estações #506 e #106.

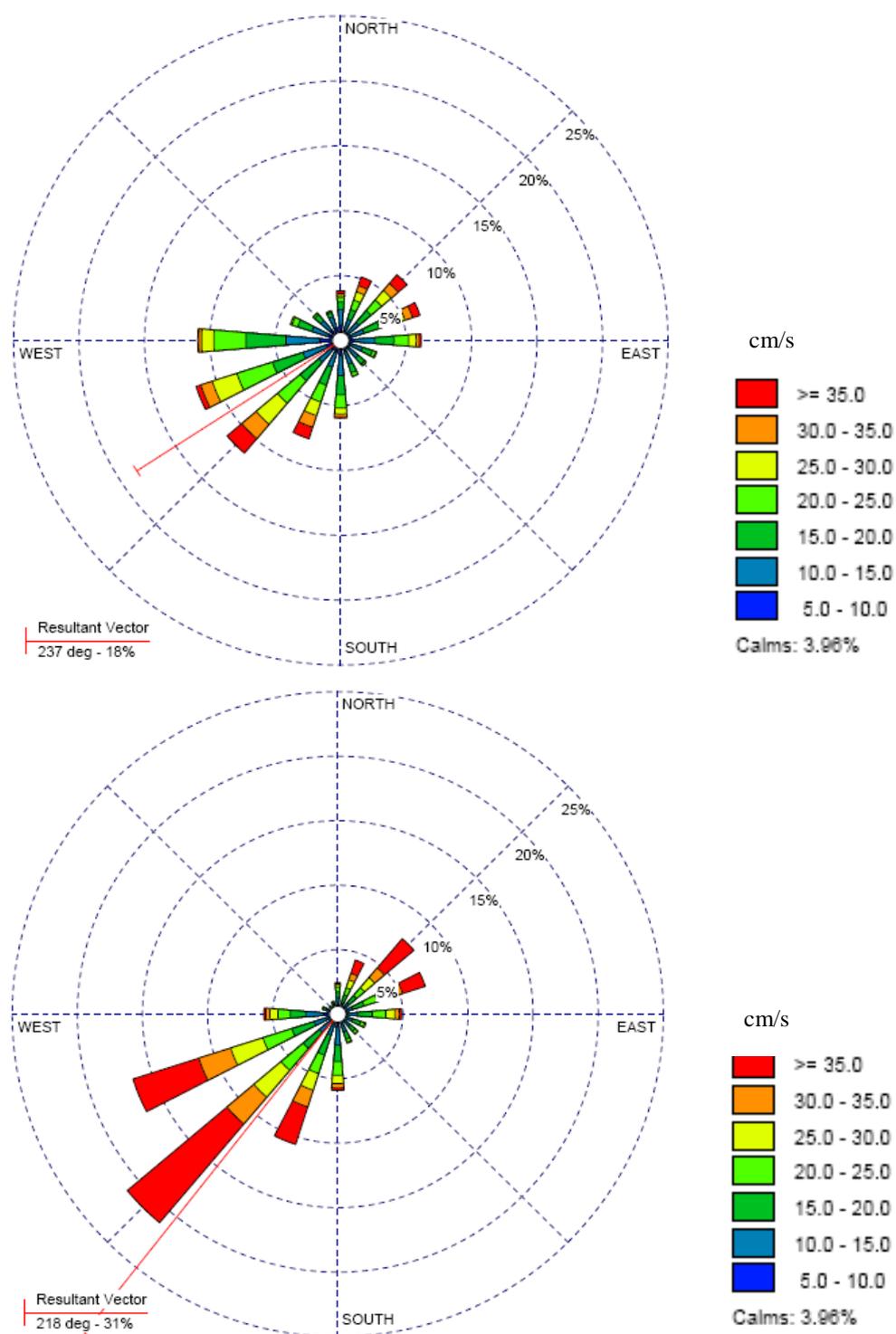


Figura 7 – Distribuição das velocidades de corrente por direção nas estações #506 (acima) e #106 (abaixo). Atentar para a diferença de escala do gráfico polar.

Apesar das grandes alturas de maré, a maior forçante da circulação é o vento, de acordo com Lessa e Cirano (2006) e Teixeira et al (2013). O fluxo de maré explica apenas 35.3% do total da variância das correntes na estação #106 e 40% do total da variância na estação #506. O coeficiente de correlação (R^2) entre o campo de ventos e o campo de correntes não mareais foi de 0,67 e 0,74, respectivamente nas estações #106 e #506. As correntes geradas pelo vento são aceleradas ou retardadas pelas correntes de maré, a depender de sua direção, podendo ser momentaneamente (algumas horas) invertida em marés de sizígia. Ventos alísios de NE, que prevalecem durante o verão e primavera (Figura 5) condicionam um fluxo de água orientado para SW. Já no período de outono e inverno, com ventos provenientes preferencialmente de S-SE, o fluxo de água no Canal Sueste é principalmente orientado para NE. Esta sazonalidade na direção do fluxo preferencial é ilustrada pela Figura 7, que mostra a variação da velocidade média mensal da componente de velocidade paralela à costa. Velocidades positivas são direcionadas para NE (de acordo com o alinhamento da costa), e velocidades negativas para SW. Observa-se que valores negativos predominam na maior parte do ano, com valores positivos ocorrendo regularmente nos meses de abril a julho (com alguma variabilidade interanual) (Figura 8).

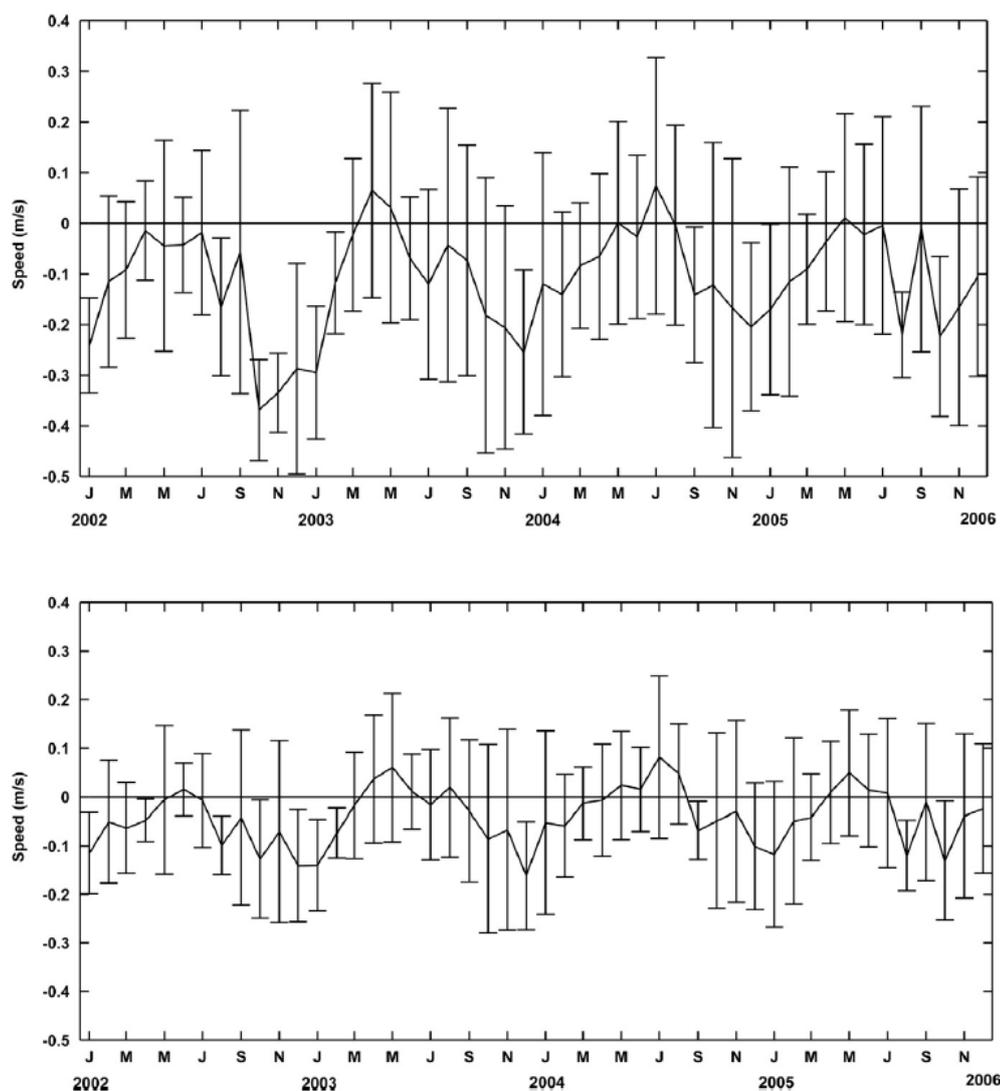


Figura 8 – Série temporal da variação da corrente longitudinal à costa nas estações #106 (acima) e #506 (abaixo). Linhas verticais representam o desvio padrão (fonte: Teixeira et al 2013).

Cima de ondas

Com base em quatro anos (2002-2005) de registros de alturas de onda nas estações #106 e #506, CEPEMAR (2006) mostra que tanto a altura como o período modal na estação #506 é maior que aquele na estação #106, sendo 0,4 m e 5 s para a primeira e 0,3 m e 4,5 s para a segunda (Tabela 3). Porém, é relatado que a distribuição de frequência da altura de onda nas duas estações torna-se similar após a classe de 1,4 m, indicando que eventos de alta energia tendem a agir com a mesma frequência e intensidade em toda a área.

Tabela 1 – Valores médios de altura e período das ondas nas estações #506 e #106

	#506	#106
Altura média (Hm)	0,38 m	0,28 m
Altura significativa média (Hs)	0,61 m	0,45 m
Altura máxima (Hm)	3,59 m	3,60 m
Período significativo médio (Ts)	5,15 s	4,77 s
Período significativo máximo (Tsm)	13,57 s	10,40 s

Variações sazonais de altura e período de ondas são também observados nas duas estações, ainda de acordo com CEPEMAR (2006). Maiores alturas e menores períodos de onda ocorrem durante a primavera e verão, e menores alturas e maiores períodos são observados durante o outono e inverno (Figuras 9 e 10). Este comportamento está diretamente relacionado à distribuição anual dos ventos (Figura 3). Menos de 2,3% dos períodos significativos registrados estão relacionados ao swell ($T_s > 8s$), o qual alcança a região principalmente nos meses de maio, junho e julho (68% do total observado). A pequena frequência do swell indica ser o clima de ondas no Canal de Sueste quase que inteiramente determinado pelos ventos locais.

CEPEMAR (2006) chama ainda a atenção para a tendência de aumento da altura média das ondas ao longo do período monitorado (Figura 9), equivalente a uma taxa linear aproximada de 0,4 cm e 0,5 cm por mês, respectivamente nas estações #506 e #106, durante 3 anos de monitoramento. Esta tendência estaria associada ao aumento da frequência dos ventos de sul, e consequentemente às ondas provenientes desta direção. Este fenômeno é importante para a melhor compreensão da variabilidade interanual das taxas de sedimentação, já que maiores alturas de onda causam maior quantidade de sedimentos resuspensos junto ao fundo e maior turbidez da coluna d'água. Isso levaria consequentemente a uma maior captura de sedimentos nas armadilhas instaladas para monitoramento das taxas de sedimentação.

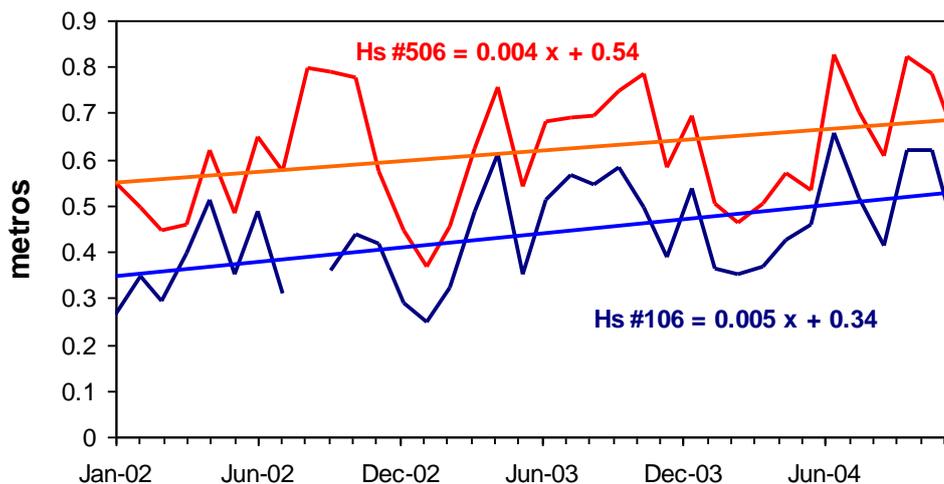


Figura 9 - Médias mensais da altura significativa das ondas nas estações #506 (vermelho) e #106 (azul)

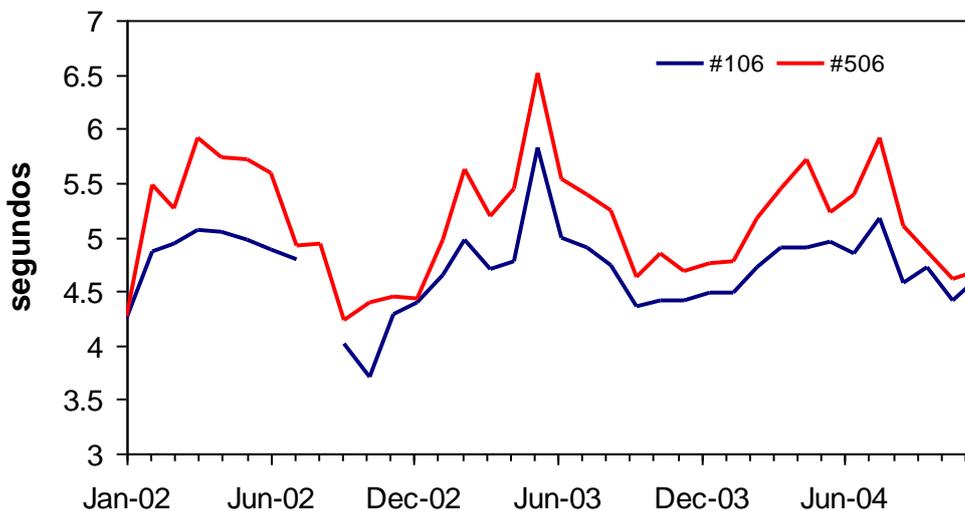


Figura 10 – Médias mensais do período significativo das ondas nas duas estações de monitoramento.

Referencias

ANA (2006) Agência Nacional de Águas, <http://www.ana.gov.br>.

Andrade A. C. da S., Dominguez, J. M. L., Martin L. e Bittencourt A. C. S. A., 2003. Quaternary Evolution of the Carvelas Strandplain – Southern Bahia State. *Anais da Academia Brasileira de Ciencias*, v.75, n 3, p 357-382.

Araújo, H. A. e Rodrigues, R. S. 2000 *Regiões Características do Estado da Bahia para Previsão de Tempo e Clima*, Secretaria de Infra-Estrutura – SEINFRA. Superintendência de Recursos Hídricos – SRH. Gerência de Estudos e Informações – GEREI, 13pp.

Bannister R.J., Battershill C.N. and Nys R., 2012. Suspended sediment grain size and mineralogy across the continental shelf of the Great Barrier Reef: Impacts on the physiology of a coral reef sponge. *Continental Shelf Research*. 32, 86–95

Belmiro M. C. and Miranda L. B., 1998. Physical oceanography of the western Atlantic continental shelf located between 4°N and 34°S. Chapter 8 in *The Sea*. Vol. 11. Edited by Allan R. Robinson and Kenneth H. Brink. John Wiley & Sons, Inc.

Bird E., 2008. *Coastal Geomorphology - An Introduction*. Wiley Geostudies. Second Edition. John Wiley & Sons Ltd., England. 411 p.

Bittencourt A.C.S.P., Martin, L.; Vilas Boas G. S. and Flexor J. M. 1979. Quaternary marine formations of the coast of the State of Bahia. Proceedings of the "1978 International symposium on coastal evolution in the Quaternary" São Paulo, Brasil 132-253.

Castro B. M. and Miranda L. B., 1998. Physical oceanography of the western Atlantic continental shelf located between 4°N and 34°S. Chapter 8. In *The Sea* volume 11, edited by Allan R. Robinson and Kenneth H. Brink. John Wiley & Sons, Inc. 209-251

CEPEMAR (2005) *Hidrodinâmica e Concentração de Sedimentos em Suspensão na Zona Costeira de Caravelas (BA): Análise do Período de janeiro de 2002 e junho de 2005*. CPM RT 212/05. 93pp

Dominguez J.M.L., Bittencourt A.C.S.P. and Martin, L. 1992. Controls on Quaternary coastal evolution of the east-northeastern coast of Brazil: roles of sea-level history, trade winds and climate. *Sedimentary Geology*, 80 213-232.

Leão, Z .M. A. N., 1982. Morphology, geology and developmental history of the southernmost coral reef of western Atlantic, Abrolhos Bank, Brazil Ph.D. Dissertation, Rosentiel School of Marine and Atmospheric Science, University of Miami, Florida, USA. 218p.

Leão, Z. M .A. N. and Ginsburg, R. N., 1997. Living Reefs Surrounded by Siliciclastics Sediments: The Abrolhos Coastal Reefs, Bahia, Brazil. *Proceeding of 8th International Coral Reef Symposium*, v. 2, p. 1767-1772.

Leão, Z .M. A. N. and Dominguez, J. M. L., 2000. Tropical coast of Brazil. *Marine Pollution Bulletin* 41, 112-122.

Leão, Z. M. A. N., Dutra L. X. C. e Spanó S. 2006. The Characteristics of Bottom Sediments. A Rapid Marine Biodiversity Assessment of Abrolhos Bank, Bahia, Brazil. *Conservation International*, Washington, DC, p. 75-81.

Lessa G.C. and Cirano M. 2004. On the circulation of a coastal channel within the Abrolhos coral-reef system - Southern Bahia (17 40' S). *Journal of Coastal Research*, 1:450-453.

Leipe T., Knoppers B., Marone E. and Camargo R., 1999. Suspended matter transport in coral reef waters of the Abrolhos Bank, Brazil. *Geo-Marine Letters*. 19: 189-195.

Martin L., Dominguez, J. M. L. e Bittencourt A. C. S. A., 1998. Climatic Control of Coastal Erosion During a Sea-level Fall Episode. *Anais da Academia Brasileira de Ciencias*, v.70, n 2, p 249-266.

Martins L. R. and Coutinho P.N. 1981. The Brazilian Continental Margin. *Earth Science Reviews*, 17 p. 87-107.

Melo, U., Summerhayes, C.P., and Ellis, J.P., 1975. Upper continental margin sedimentation off Brazil, part 4, Salvador to Victoria, Southwestern Brazil. *Contributions to Sedimentology. Upper continental margin sedimentation off Brazil*. Vol 4.p.78-116

Milliman J.D. 1975. A Synthesis. *Contributions to Sedimentology. Upper continental margin sedimentation off Brazil*. Vol 4. p. 151-175.

Milliman J.D and Barreto H. T., 1975. Background. *Contributions to Sedimentology. Upper continental margin sedimentation off Brazil*. Vol 4. p. 1-10.

Nimer, E. (1989) *Climatologia do Brasil*. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Rio de Janeiro. 421pp.

Signorini S. R., Miranda L. B., Evans D. L., Stevenson M.R. and Inostroza V H. M., 1989. Corrente do Brasil: estrutura térmica entre 19° e 25°S e circulação geostrófica. *Bolm Inst. Oceanog. S Paulo* 37 (1) 33-49.

Souza R. B., Gherardi D F. M., Sato O. T., Polito P. S., Kampel M and Lentini C. A. D., 2007. Climatologia e variabilidade ambiental marinha na região dos Abrolhos determinada por satélites: resultados preliminares de projeto Pró-Abrolhos. *Anais XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento remoto, Florianópolis, Brasil*. INPE p 4735-4742.

SRH (2003) Secretaria de Meio Ambiente e Recursos Hídricos. Superintendência de Recursos Hídricos, Sistemas de Informações Georeferenciadas. Série: Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos – SIRH, Volume I em CD. <http://www.srh.ba.gov.br>.

Summerhayes C.P., Mello U. and Barreto H.T. 1976. The influence of upwelling on suspended matter and shelf sediments off southeastern Brazil. *Journal of Sedimentary Petrology*, Vol 46, No 4 p.819-828.

Wenger A. S., Johansen J. L. and Jones G. P., 2012. Increasing suspended sediment reduces foraging, growth and condition of a planktivorous damselfish. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*. 428, 43–48.

CAPÍTULO 2

ARTIGO 01 – APPLICATION OF ORGANIC CARBON AND NITROGEN STABLE ISOTOPE AND C/N RATIOS AS SOURCE INDICATORS OF ORGANIC MATTER OF NOVA VIÇOSA–CARAVELAS ESTUARINE COMPLEX, SOUTHERN BAHIA, BRAZIL.

ABSTRACT: This study characterized the elementary ratio and isotopes ($\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{15}\text{N}$ and C/N) of surface sediments and suspended solids in surface water of 20 sample points in the estuarine complex of Nova Viçosa–Caravelas, southern Bahia, Brazil. The $\delta^{13}\text{C}_{\text{DIC}}$ of the dissolved inorganic carbon (DIC), the $\delta^{18}\text{O}$ and δD and physico-chemical parameters of water was analyzed to estimate the contribution of continental sources, marine and anthropogenic interference in the study area. The area is characterized by the influence of adjacent coastal area through the main channel of Caravelas Estuary entrance and the Peruípe River in Nova Viçosa Estuary, as the main freshwater intake. The highest values of $\delta^{13}\text{C}$ in sediment and DIC in water were found in the Caravelas bar and higher values of total organic carbon and C/N ratio found within the two channels that interconnect the estuaries of Caravelas and Nova Viçosa. The isotope ratios of carbon and nitrogen indicate that the analyzed organic matter has terrestrial origin with strong signature of mangroves, characteristic of estuarine regions. Although the values of C/N indicate an anthropogenic contribution at some sampling points, the $\delta^{15}\text{N}$ found, compared with the literature, suggests that processes of N series cycling in the estuary are sufficient to keep the impact of human activity in the region at low levels. The results may serve as a baseline for future monitoring and environmental studies in estuarine complex of Nova Viçosa–Caravelas.

KEYWORDS: estuarine complex Nova Viçosa–Caravelas; environmental isotopes; sediment and water.

RESUMO: Este estudo caracterizou as razões elementares e isotópicas ($\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{15}\text{N}$, C/N) de sedimentos superficiais e material em suspensão na água superficial em 20 pontos amostrais no complexo estuarino de Nova Viçosa-Caravelas, sul da Bahia, Brasil. Foram analisados o $\delta^{13}\text{C}_{\text{CD}}$ do carbono inorgânico dissolvido, o $\delta^{18}\text{O}$ e δD e parâmetros físico-químicos da água como forma de estimar a contribuição de fontes continentais, marinhas e interferência antrópica na região de estudo. A área é caracterizada pela influência da região costeira adjacente da entrada do canal principal no estuário de Caravelas e pelo rio Peruípe no Estuário Nova Viçosa com o principal aporte fluvial. Os maiores valores de $\delta^{13}\text{C}$ no sedimento e carbono inorgânico dissolvido da água foram encontrados na barra de Caravelas e maiores valores de COT e relação C/N dentro dos dois canais que interconectam os estuários de Caravelas e Nova Viçosa. A razão isotópica de carbono e nitrogênio indica que a matéria orgânica analisada tem origem terrestre com forte assinatura de mangues, característicos de regiões estuarinas. Embora os valores de C/N indiquem uma contribuição antrópica em alguns pontos, o $\delta^{15}\text{N}$ encontrado e comparado com a literatura sugere que processos de ciclagem da série N no estuário são suficientes para manter o impacto da ação humana na região em níveis baixos. Os resultados obtidos poderão servir de linha base para futuros estudos ambientais e de monitoramento no complexo estuarino de Nova Viçosa - Caravelas.

PALAVRAS-CHAVE: complexo estuarino Nova Viçosa–Caravelas; isótopos ambientais; sedimento e água.

INTRODUCTION

Estuaries are transitional environments between land and ocean, where freshwater originating from land drainage mixes with seawater, creating one of the highest biological productivity areas on the planet (Flemer & Champ 2006). Due to its ecological importance, estuaries provide important services such as food resource, recreation and harbor activities, and act as a gateway from the ocean to the interior (Marques 2009). However, human activities may cause modifications in local water quality and circulation, through hydraulic modification of water ways, resulting in changes of nutrient transport, sediments, and domestic, agricultural or industrial sewage discharge and even in changes in the morphology of the estuarine basin (Levenson 1987).

One of the modern tools to assess geochemical processes in this environment and to detect anthropic influence is the use of natural stable isotopes as oxygen (O), hydrogen (H), carbon (C) and nitrogen (N), which can carry fingerprints of their hydrologic flows and sedimentary processes, including any anthropogenic modification on the natural system (Zetsche *et al.* 2011).

In the ocean, carbon can be found in the form of dissolved inorganic carbon (DIC), dissolved organic carbon and particulate organic carbon (from phytoplankton, algae, and/or higher plants and detritus). Most of the organic carbon produced is degraded, but the small amount that undergoes deposition may stem from terrestrial organic matter brought by rivers and their tributaries or generated by human intervention. The organic matter in marine sediment reflects the isotopic composition of the source and lets some insights into biogeochemical processes involved in transport and deposition.

Barros *et al.* (2010) used isotopic analysis of the organic fraction of sediments collected in Babitonga Bay, Santa Catarina, Brazil, and found that the organic matter in this location was derived from marine and terrestrial sources with certain influence of urban effluent due to the proximity of the city of Joinville. It was possible to assess the anthropogenic impact in this bay using isotopic fingerprints of particulate organic matter. To understand the influence of natural and anthropogenic processes on the sediment and biogeochemistry process of the estuary–lagoon system of the Itapocu River in Santa Catarina, Fritzen (2007) analyzed the total organic carbon (TOC), total nitrogen, C/N ratio, $\delta^{13}\text{C}$ and $\delta^{15}\text{N}$. Based on the C/N ratio and $\delta^{13}\text{C}$ values, the author identified the predominant sources of organic matter as mainland and mixed origin tending towards mainland, indicating a tendency of the system to buffer organic matter from external sources. This technique was used by Susanto *et al.* (2012) to trace the organic matter present in the sediment transported to coral reef areas in Berau, Indonesia, where approximately 10% of the samples had $\delta^{13}\text{C}$ values depleted by more than -23% , indicating that most of the sediment was of terrestrial origin. The $\delta^{15}\text{N}$ values indicated that the matter originated in areas with anthropogenic impact and agricultural activities. According to de Andrade (2011), the $\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{15}\text{N}$ and C/N values were used to characterize sources and fate of organic matter in the Passa Vaca River estuary, Salvador-BA, and the results suggested that terrestrial vegetation provided a substantial fraction of the organic matter that was accumulated in the sediment but urbanization around the estuary has changed its natural characteristics, including major ecological damage to the coastal zone. Isotopic analysis is a very robust technique. Elemental analyses, isotope ratios and mass spectrometry were used by Amorim *et al.* (2009) to characterize the surface sediment of a floodplain system of the Amazon River, where the organic matter content of this sediment ranged from 1.7% to 37% of carbon. The $\delta^{13}\text{C}$ and C/N values showed the presence of various sources (terrestrial matter, matter transported by the river and phytoplankton, among others) of the organic matter.

The present study analyzed samples of water, suspended particles and bottom sediments taken from Nova Viçosa–Caravelas estuarine system to trace the origin and fate of the organic matter. Due to its importance for the region, this basic information can be used to assess the anthropic impact coupled with the flow of matter in suspension and in bottom sediment, which can be used to provide baseline data for environmental management of the area.

CHARACTERIZATION OF THE STUDY AREA

The Nova Viçosa (17°54'S–39°25'W) and Caravelas (17°54'S–39°25'W) estuarine system is located in the extreme south of Bahia state and in the continental border of one of the most important coral complex of Brazil, the Abrolhos Bank (Fig. 1). The rivers Macacos and Cupido are key components of the Caravelas Estuary's drainage basin, and the Peruípe is the main river in the Nova Viçosa Estuary's drainage basin. The two estuaries are interconnected by small channels. The mouth of the Caravelas Estuary is formed by the Barra Velha and the Tomba channel. Although there are no records of river discharge in the Caravelas Estuary, it is estimated by regional standards at 4 m³/s, with a drainage basin of approximately 600 km². According to data from the National Water Agency (Agência Nacional de Águas – ANA), the Peruípe River has an average flow ranging from 15 m³/s to 30 m³/s. The drainage basin of the Caravelas Estuary is approximately 600 km², and flow rates range from 3500 m³/s inflow at low tide to 3100 m³/s during the flood. Residual transport in the Caravelas Estuary is an inflow of 630 m³/s (Schettini & Miranda 2010).

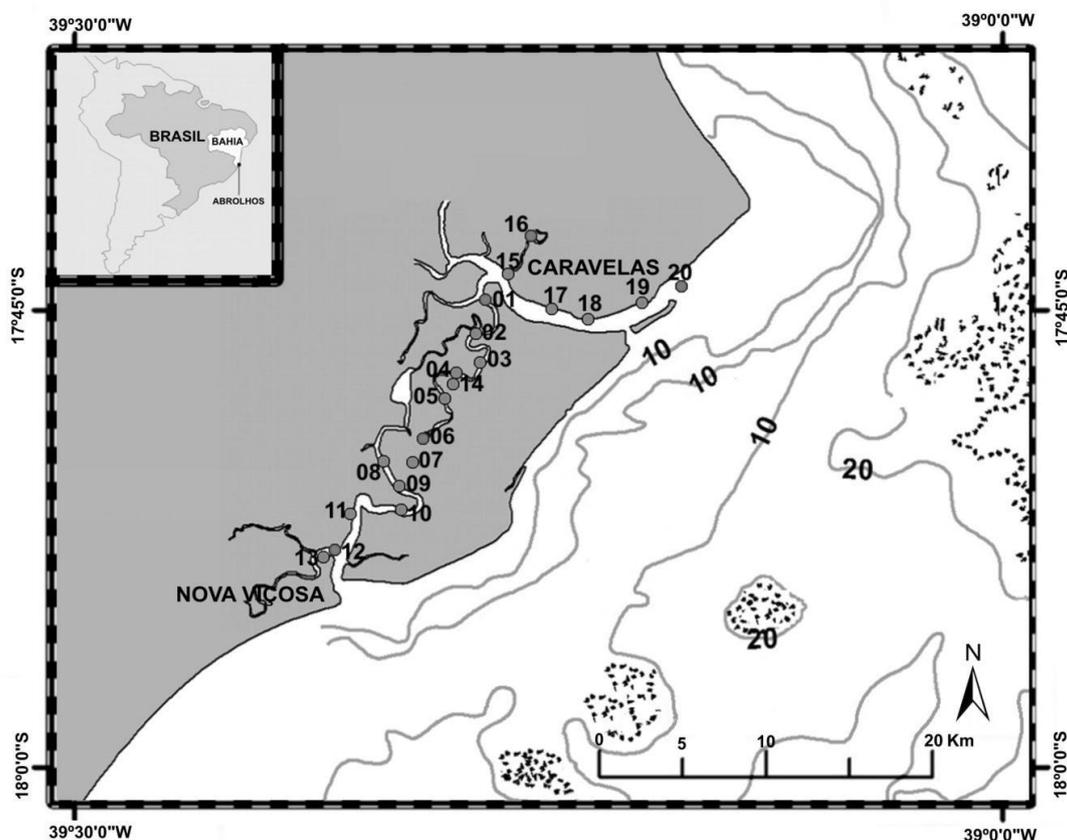


Figure 1. Location of the samplings in the Caravelas – Nova Viçosa estuarine complex.

The main hydrodynamic driving forcing is tidal, with relative contribution of freshwater discharge and wind on the coastal zone. These factors are responsible for the circulation and stratification of the complexes (Schettini & Miranda 2010).

The study area has great ecological importance because it is a transitional environment on the border between mangrove forest, remnants of Atlantic Forest and tourist areas, and because the Caravelas Estuary is the main departure route for ships carrying tourists to visit the Abrolhos Marine Park.

The wind pattern in the region is influenced by the southern edge of the trade winds. This wind system has two main directions: northeast and east in the spring and summer and southeast during autumn and winter. This pattern is due to cell migration of the South Atlantic Anticyclone to the north in summer and south in winter (Nimer 1989). This region is also influenced by cold fronts, especially during autumn and winter (Andrade 2004), that cause a new south-southeast component in the atmospheric circulation.

Chaves (1999) found that July and August were the months with the lowest rainfall, whereas November and December showed the highest values, and according to the National Institute of Meteorology (Instituto Nacional de Meteorologia – INMET), the annual average precipitation is ~1300 mm/year.

The tidal regime is characterized as meso-tidal, with a maximum height equal to 2.9 m at spring tide and a neap tide of 0.4 m (Barroso 2009). The tide is purely semi-diurnal, with a number of formations equal to 0.12 (Lessa & Cirano 2006). Schettini and Miranda (2010) made an initial characterization of the hydrodynamic flow and transport of suspended particulate matter in the Caravelas Estuary. The authors showed that the estuary was well mixed, weakly stratified and mainly controlled by tidal currents, with a predominance of ebb currents. The behavior of suspended particulate matter was modulated by tidal and coastal processes. Freshwater inflow played a secondary role. The Peruípe River acts as an important mechanism of particulate matter transport in the Nova Viçosa portion of the estuarine complex. The average concentration of suspended particulate matter in Caravelas Estuary in the dry period was 8.8 mg/l (neap tide) and 87 mg/l (spring tide), and in the rainy season, the concentrations were 15.3 mg/l (neap tide) and 100 mg/l (spring tide) (Pereira *et al.* 2010). Additionally, the peak concentrations corresponded to periods of reversing tidal currents. The instantaneous flow of suspended particulate matter ranged between -1.97 and 2.58 mg/l.

MATERIALS AND METHODS

Water and sediment samples were collected between 4 and 5 December 2012 during the last quarter moon (neap tide), with low water level at 0.5 m and high water level at 1.5 m at Caravelas bar (see Table 1 for each station parameter). A total of 20 stations were located between the Caravelas and Nova Viçosa estuaries with depth ranging from 0.8 m (station #19) and 4.3 m (station #16).

The bottom sediment samples were collected with the aid of a Van Veen grab sampler, placed in previously decontaminated glass containers and kept refrigerated until arrival at the laboratory. In the laboratory, the samples were frozen and stored at -20°C until lyophilization. After lyophilization, the samples were ground to a fine powder through a 140 mesh.

Water samples were collected at a depth of not less than 2 m and were stored in 5 l kegs, fixed with HgCl₂ (mercuric chloride), kept refrigerated until arrival at the laboratory and maintained in this condition until filtering. A fraction of the sample (100 ml) was removed before filtering to perform isotopic analyses of hydrogen, oxygen and DIC. The samples were filtered using a vacuum filtration system with glass-fiber filters (Whatman GF/F 0.60–

0,70 µm pore size, diameter 47 mm and thickness 0.42 mm), previously calcined in a muffle furnace at 500°C for 5 h. The filters were subsequently frozen and lyophilized to prevent the loss of organic fractions. The physicochemical parameters, pH, salinity and dissolved oxygen, of the samples: were measured *in situ* using a Hi 9828 multiparameter meter by HANNA® instruments .

For the sediment analysis, acid attack was performed with 10 ml of 1 mol/l hydrochloric acid (HCl) on 0.5 g of each sample to remove carbonate. After 24 h, the samples were centrifuged to extract the supernatant liquid, then washed with deionized water and centrifuged three times before being dried at temperatures between 35°C and 50°C. For the suspended sediment analysis, samples were prepared using hydrofluoric acid (HF 10%) for the sample filters (Hedges & Stern 1984; Gélinas *et al.* 2001). After treatment, approximately 8 mg of each dry sample was weighed into a tin capsule for elemental analyses of the quantity and isotope ratio of organic carbon and nitrogen using a Costech Elemental Analyzer coupled to a ThermoFinnigan Delta Plus mass spectrometer. The isotopic values were referenced against two references certified by the International Atomic Energy Agency (IAEA) (USGS40 and USGS41).

The isotopic analyses of water were conducted in accordance with the application of the following methodologies: deuterium/hydrogen (D/H) ratio (Brand *et al.* 2000), O¹⁸/O¹⁶ ratio (Epstein & Mayeda 1953) and C¹³/C¹² ratio of DIC (Craig 1957). A mass spectrometer of isotopic ratio Finnigan MAT Delta Plus in which they are coupled a Finnigan H-Device Thermo Quest, specific for analyzing the D/H ratio, as well as a Finnigan *Gas Bench II* system for automated online sample preparation, specifically for the analysis of δ¹⁸O and δ¹³C_{DIC} (DIC).

For the oxygen-18 analysis, 500 µl of water was poured into a pressurized container with helium and 0.3% carbon dioxide (Epstein & Mayeda 1953). For the deuterium analysis, 1 µl of water was placed in an oven containing Cr at 850°C (Brand *et al.* 2000). Secondary standards were used in relation to the international VSMOW (Vienna Standard Mean Oceans Waters) standard: PB₁ (Salvador distilled sea water) and PB₂ (Irecê region well water) for the δ¹⁸O and the δD. For the DIC analysis, 700 µl of water was placed in a container containing 30 µl of phosphoric acid pressurized with helium gas, which is released as carbon dioxide (Craig 1957). The standards were measured with solutions of Na₂CO₃, Li₂CO₃ and secondary standards, measured in relation to solid carbonates of the IAEA NBS 19 standard.

The results were reported relative to PDB (Pee-Dee Belemnite) calcium carbonate (carbon), atmospheric air (nitrogen) and VSMOW (oxygen and hydrogen):

$$\delta^n X = \left(\frac{R_{\text{sample}} - R_{\text{standard}}}{R_{\text{sample}}} \right) \times 1000\text{‰}$$

where ⁿX = ¹³C (carbon), ¹⁵N (nitrogen), ¹³C (carbon), ¹⁸O (oxygen) or D (deuterium), R = ¹³C/¹²C for carbon, R = ¹⁵N/¹⁴N for nitrogen, R = ¹⁸O/¹⁷O for oxygen, and R = D/¹H for deuterium. Sample processing and analysis were performed at the Stable Isotope Laboratory, Applied Nuclear Physics Group of Federal University of Bahia (Universidade Federal da Bahia – UFBA).

RESULTS AND DISCUSSION

Table 1 shows the values of sampling locations with depth, water salinity, $\delta^{13}\text{C}_{\text{DIC}}$, $\delta^{18}\text{O}$ and δD for the water and TOC values N, $\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{15}\text{N}$ and C/N ratio for the bottom sediment samples. The tide table is relative to Caravelas bar (Source: Brazilian Navy).

Table 1. Sampling locations with depth, water salinity, $\delta^{13}\text{C}_{\text{DIC}}$, $\delta^{18}\text{O}$ and δD for the water and TOC values N, $\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{15}\text{N}$ and C/N ratio for the bottom sediment samples. <FN>The tide table is relative to Caravelas bar (Source: Brazilian Navy). CEC-NV: connection channel between the Caravelas Estuary and Nova Viçosa Estuary; CENV-C: connection channel between the Nova Viçosa Estuary and Caravelas; MCENV: main channel of the Nova Viçosa Estuary; TCEC: tidal channel of Caravelas Estuary; MCEC: main channel of the Caravelas Estuary. CES: Caravelas Estuary shoal.

	Point	Longitude (W)	Latitude (S)	Time	Depth (m)	Water Samples			Sediment Samples					
						Salinity	$\delta^{13}\text{C}_{\text{DIC}}$ (‰)	$\delta^{18}\text{O}$ (‰)	δD (‰)	N (%)	C (%)	$\delta^{15}\text{N}$ (‰)	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	C/N
4 December 2012	01 (CEC-NV)	039° 16' 47"	17°44' 30"	12:33 pm	4	22.91	-3.9	0.12	5.06	0.169	3.22	1.7	-26.0	19.0
	02 (CEC-NV)	039° 17' 04"	17°45' 31"	01:05 pm	3.5	19.43	-5.3	-0.01	5.03	0.032	0.57	1.5	-25.5	18.0
	03 (CEC-NV)	039° 16' 58"	17°46' 30"	01:53 pm	4	20.06	-6.5	-0.01	4.72	0.047	0.78	2.5	-25.6	16.7
	04 (CEC-NV)	039° 17' 46"	17°46' 51"	02:06 pm low tide	3.3	19.74	-7.0	-0.07	4.30	0.184	4.16	1.1	-27.0	22.6
	05 (CEC-NV)	039° 18' 07"	17°47' 38"	02:21 pm	2.3	19.63	-7.9	-0.03	5.10	0.05	0.84	1.5	-25.9	16.7
	06 (CEC-NV)	039° 18' 49"	17°48' 55"	02:40 pm	2.2	19.12	-9.1	-0.08	5.41	0.089	1.81	0.3	-26.8	20.3
	07 (CENV-C)	039° 19' 12"	17°49' 41"	03:04 pm	3.5	20.46	-6.5	-0.27	4.00	0.042	0.74	3.0	-25.7	17.5
	08 (CENV-C)	039° 19' 56"	17°49' 41"	03:22 pm	3.4	22.15	-4.4	-0.02	3.73	0.135	2.89	3.1	-26.8	21.4
	09 (CENV-C)	039° 19' 37"	17°50' 29"	03:42 pm	3.4	23.40	-2.6	-0.18	3.42	0.094	1.81	2.6	-26.3	19.3
	10 (CENV-C)	039° 19' 33"	17°51' 11"	04:07 pm	2.2	31.08	0.1	0.38	5.96	0.098	1.82	3.5	-25.6	18.5
	11 (CENV-C)	039° 21' 10"	17°51' 24"	04:29 pm	4.2	32.73	0.9	0.60	7.07	0.093	1.60	4.2	-24.8	17.1
	12 (MCENV)	039° 21' 42"	17°52' 32"	04:52 pm high tide	2.2	35.33	1.6	0.93	8.32	0.022	0.23	2.7	-21.6	10.4
5 December 2012	13 (MCENV)	039° 22' 08"	17°52' 43"	07:06 am high tide	2.5	24.57	-2.6	-0.15	3.49	0.154	1.65	5.4	-23	10.7
	14 (CEC-NV)	039° 19' 30"	17°47' 08"	09:20 am	3.5	19.86	-8.7	-0.29	3.42	0.033	0.51	3.7	-24.6	15.7
	15 (TCEC)	039° 16' 04"	17°43' 40"	10:11 am	3.3	21.10	-5.7	-0.11	5.38	0.229	3.76	2.8	-26.1	16.4
	16 (TCEC)	039° 15' 12"	17°42' 25"	10:36 am	4.3	20.16	-8.5	-0.21	5.14	0.202	3.67	2.5	-26.6	18.1
	17 (MCEC)	039° 14' 35"	17°44' 45"	12:49 pm	1.5	27.20	-2.3	0.33	6.39	0.057	0.68	3.5	-24.4	12.0
	18 (MCEC)	039° 13' 22"	17°45' 05"	01:10 pm	3.2	35.09	1.3	0.69	8.24	0.058	0.84	3.5	-24.4	14.3
	19 (MCEC)	039° 11' 38"	17°44' 35"	01:38 pm	0.8	35.69	1.6	0.85	8.57	0.178	1.89	4.7	-22.7	10.6
	20 (CES)	039° 10' 19"	17°44' 08"	02:05 pm low tide	1.9	36.65	2.6	0.87	8.35	0.142	1.40	4.4	-21.9	9.9

The sampling places were named as follows: connection channel between the Caravelas and Nova Viçosa estuaries (01, 02, 03, 04, 05, 06 and 14); connection channel between the estuary of Nova Viçosa and Caravelas (07, 08, 09, 10 and 11); main channel of the Nova Viçosa Estuary (12 and 13); tidal channel of the Caravelas Estuary (15 and 16); main channel of Caravelas Estuary (17, 18 and 19); and the Caravelas Estuary shoal (20).

In the diagram of δD versus $\delta^{18}O$ (Fig. 2) for the water samples, the points are distributed around a straight line of fit ($r = 0.904$) with a much smaller angular coefficient ($\delta D = 4.9\delta^{18}O + 3.7$) than the global meteoric line (GML) ($\delta D = 8.13\delta^{18}O + 10.8$) (Rozanski *et al.* 1993). The fact that this line is below the GML characterizes it as an evaporation line and shows that evaporative processes predominate in the region; however, isotopic values are very close to zero, varying slightly around this value, showing still some secondary influence of precipitation in the drainage web of the estuarine complex.

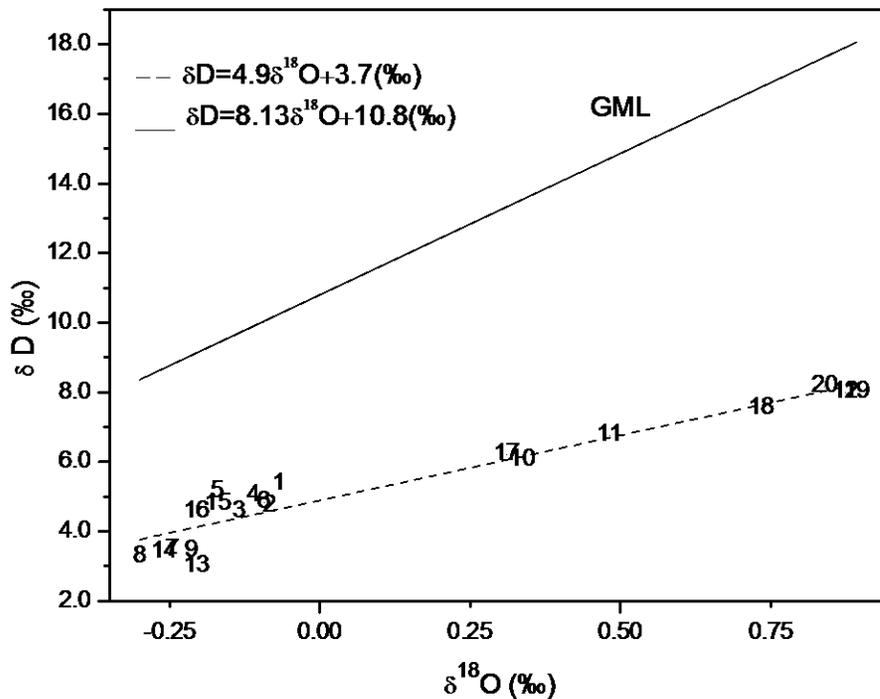


Figure 2. Diagram δD (‰) versus $\delta^{18}O$ (‰) of surface water.

DIC values ($\delta^{13}C_{DIC}$) in the water increase with salinity, as illustrated in Fig. 3. The analysis of $\delta^{13}C_{DIC}$ also permitted identification of sources, where results showed a larger group of samples with negative $\delta^{13}C_{DIC}$ (from -10.0% to -2.0%) with clear terrestrial influence and another group, with positive values for $\delta^{13}C_{DIC}$ (between 0.0% and 2.0%), corresponding to the points with increasing marine influence, that is, in the mouth, at the shoal and in the main channel of the Caravelas Estuary. This difference reflects the existence of several processes that influence the dissolution of inorganic carbon in the water, due to the mixing characteristic of the estuarine complex.

The isotopic composition of DIC indicates the degree of mixing between biogenic and mineral carbon. The values of $\delta^{13}\text{C}_{\text{DIC}}$ for some rivers of Amazon basin have values between -13.2‰ and -15.0‰ , reflecting the presence of mineral DIC, with mean values for white water tributaries of -17.3‰ and for black water tributaries of -23.4‰ (Martinelli *et al.* 2009). Barros *et al.* (2010) reported isotopic values relating to the composition of $\delta^{13}\text{C}_{\text{DIC}}$ in estuaries along the Brazilian coast ranging between $+0.04\text{‰}$ and -12.7‰ . Negative values of $\delta^{13}\text{C}_{\text{DIC}}$ indicate riverine influence in these stations, in contrast with the clear marine source for positive $\delta^{13}\text{C}_{\text{DIC}}$.

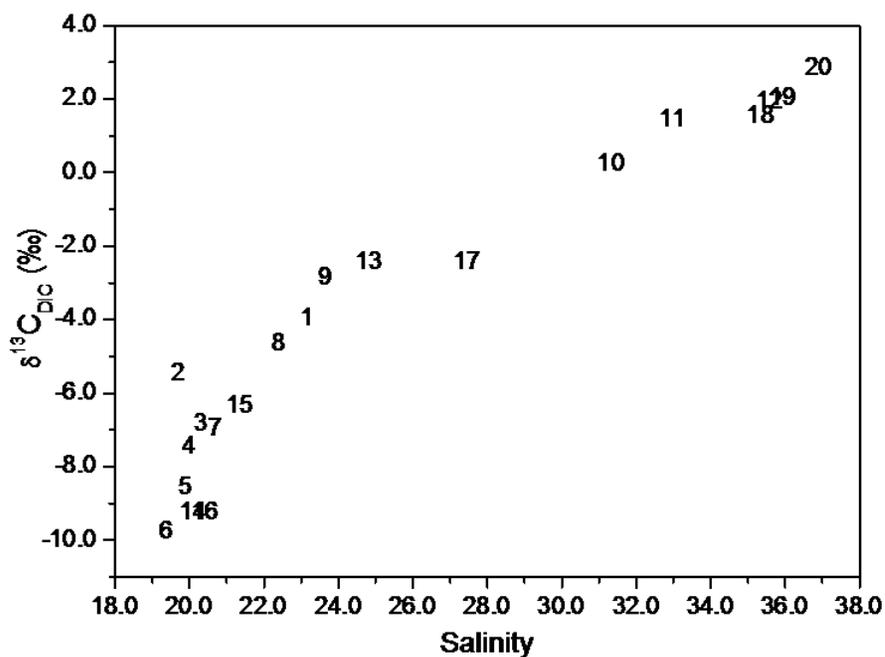


Figure 3. $\delta^{13}\text{C}_{\text{DIC}}$ (‰) versus salinity of the surface water.

The linear fit shows a good correlation ($R = 0.801$) between TOC and total nitrogen (Fig. 4). From these results, it can be concluded that the nitrogen and carbon in the samples have the same organic origin.

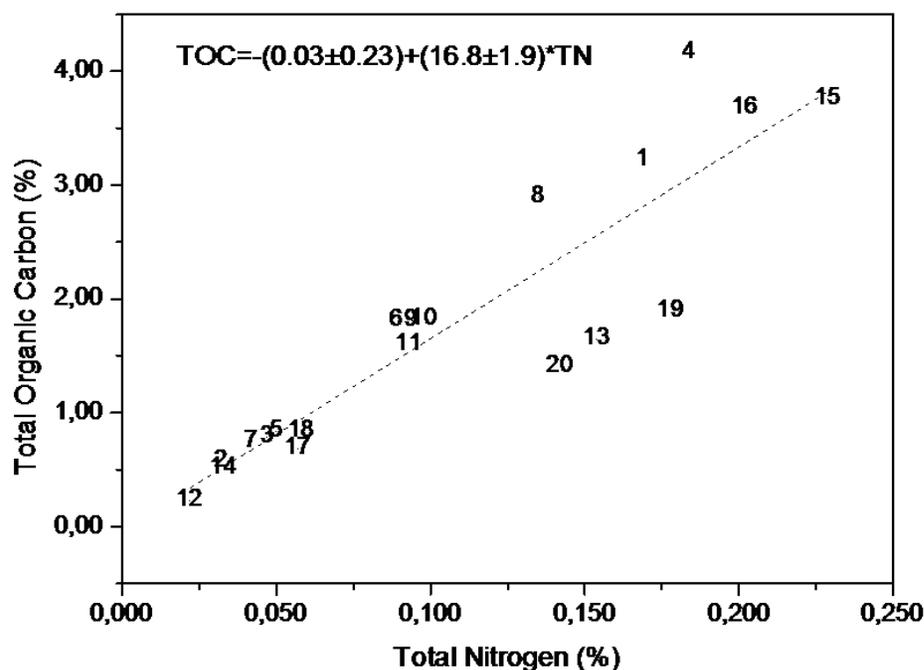


Figure 4. Total organic carbon (%) versus total nitrogen (%) in the studied bottom sediment.

Although point 13 has low salinity, the isotopic values and C/N ratio at this site are characteristic of marine sediment of the continental platform (Jennerjahn & Ittekkot 1997), with values close to those found at points 19 and 20, that is, the main channel of the Caravelas Estuary and the shoal, which are more external stations with a greater mixture of sea and estuary waters. The water flow in some parts of the channel can lead to remobilization of sedimentary material contributing to an estuarine plume, which can show bulk marine signatures contrasting with low salinity data. Points 4 (connecting channel of Caravelas Estuary–Nova Viçosa), 15 and 16, the tidal channel of Caravelas Estuary, have the highest values of N and TOC, which may reflect the proximity of these points to the city of Caravelas, suggesting anthropic contribution from sewage. These factors can explain the two characteristic C/N groups in the sediment samples.

The C/N ratio has been used to assess the relative influence of marine and terrestrial organic matter in some ecosystems (Guo *et al.* 2004; Usui *et al.* 2006). Saito *et al.* (1989) suggested that a ratio greater than 20 indicates terrestrial origin, and a value between 5 and 7 indicates marine origin. Stein (1991) indicated that values lower than 10 are related to marine origin, and values close to 10 represent marine and terrestrial contributions to the sediment. Other values are reported in the literature for mangrove sediment, river sediment and continental shelf sediment with C/N values of 18.3 ± 3.4 , 17.6 ± 10.8 and 8.7 ± 3.9 , respectively (Jennerjahn & Ittekkot 1997).

The C/N ratio has a minimum value of 9.9 at point 20, a maximum of 22.6 at point 4 and an average value of 16.3 for the whole channel, considering all the sampling points. The results show a transition region tending to values more characteristic of terrigenous sediment.

The comparative ranges of different sources shown in Figs 5 and 6 of the $\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{15}\text{N}$ and C/N values are from Kumara (2011), Goñi *et al.* (2003), Barros *et al.* (2010), Carreira *et al.* (2002). The isotopic values found in the analyses of the Nova Viçosa–Caravelas Estuary are within ranges similar to those reported in the above literature.

Although the isotopic values and C/N found in some samples indicated anthropic sources, nitrogen isotope values in the range quoted by Carreira *et al.* (2002) for domestic effluent or sewage were not observed in the Nova Viçosa–Caravelas Estuary, suggesting that some nitrogen cycling in the estuary may lead to differential N fractionation.

In contrast with terrestrial and anthropic signatures, marine sediments reflect the isotopic composition of its carbon source. The main source is phytoplankton in the ocean (-18‰ to -24‰), and in coastal areas, in addition to phytoplankton, terrestrial matter carried by rivers contributes to the sediment (Martinelli *et al.* 2009). Deines (1980) produced a classification of carbon isotope values in marine sediment with a bimodal distribution, one with heavier values between -10‰ and -19‰ and the other with values between -20‰ and -30‰ , with values more frequently in the lighter area between -23‰ and -25‰ . The mean value of $\delta^{15}\text{N}$ in the leaves of the trees in Brazilian forest areas near to the ocean is $3.13 \pm 1.73\text{‰}$ (Martinelli *et al.* 2009). $\delta^{15}\text{N}$ values depend on the characteristics of the local nitrogen cycle. Variations in the nitrogen fixation rate from the atmosphere, mineralization, nitrification and denitrification determine the isotopic fractionation of nitrogen (Högberg 1997). In this case study, the mean value for $\delta^{15}\text{N}$ was $2.9 \pm 1.3\text{‰}$, suggestive of the influence of higher plants, as were the carbon isotopic values. In the literature regarding the composition of total organic matter in estuaries along the Brazilian coast, $\delta^{13}\text{C}$ and $\delta^{15}\text{N}$ values ranging from -21.7‰ to -26.2‰ and from $+9.2\text{‰}$ to -0.1‰ , respectively, have been reported (Barros *et al.* 2010). Based on this classification, the values found in this study indicate a mixture of sources. Regarding the particulate organic matter samples, the $\delta^{13}\text{C}$ and $\delta^{15}\text{N}$ characteristics are similar to those of the bottom sediment taken from the same stations, despite the isotopic values being slightly different due to biogeochemical processes linked with the sedimentation processes. Samples of the particulate matter at stations 12 and 20 seem to differ, mainly in the $\delta^{13}\text{C}$ values, from the samples collected at stations 1, 6 and 16. This difference in behavior may be due to greater oceanic influence at stations 12 and 20 than at the other sites.

The results obtained for the suspended sediment in this work range from -27.14 to -22.44 , indicating a mixture of sources provided by the estuarine dynamics, including phytoplankton and aquatic and terrestrial plants as main sources, the latter being included due to the soil erosion processes of the drainage basin.

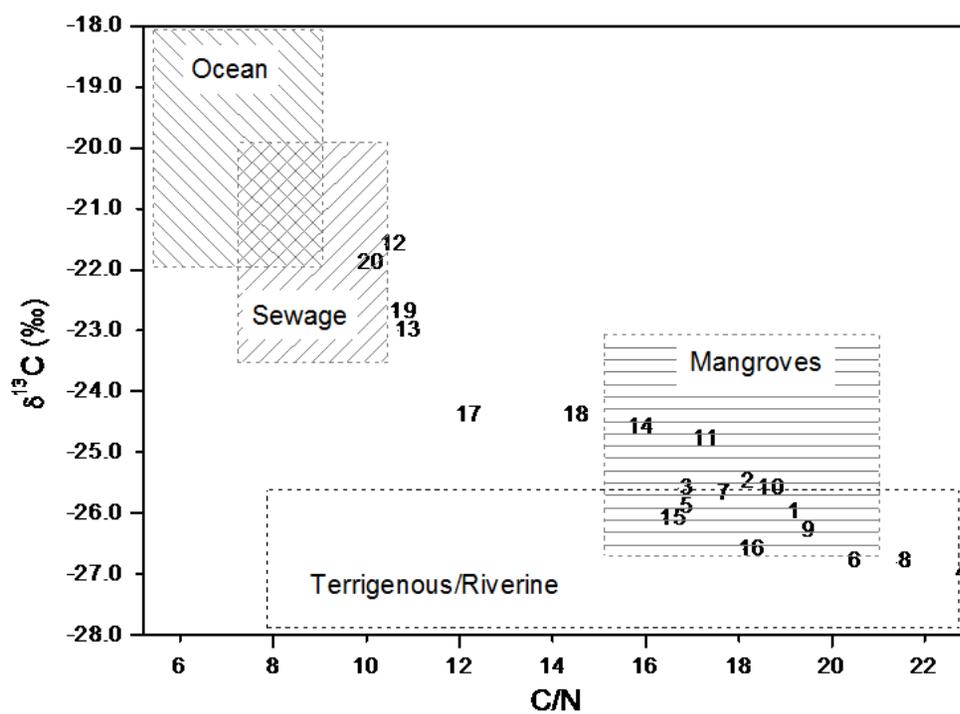


Figure 5. $\delta^{13}\text{C}$ (‰) versus C/N in the studied bottom sediment.

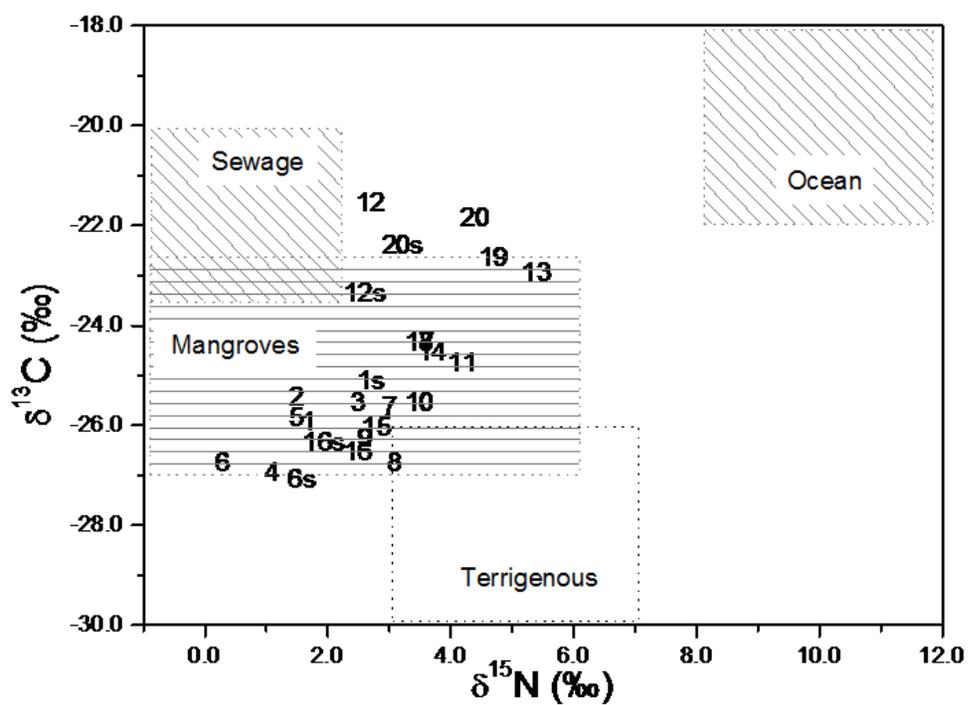


Figure 6. $\delta^{13}\text{C}$ versus $\delta^{15}\text{N}$ for the studied bottom sediment and suspended particulate matter(s).

CONCLUSIONS

The C/N ratios obtained for bottom sediment in Nova Viçosa–Caravelas estuarine complex showed a mean value of 16.3, which indicates the influence of terrigenous and mangrove organic matter. Points 15 and 16 had the highest values of both TOC and N due to their proximity to the city of Caravelas, that is, these sites may experience anthropic influence.

Regarding $\delta^{13}\text{C}_{\text{DIC}}$, negative land-related values were observed (between -10.0‰ and -2.0‰), and positive marine-related values for $\delta^{13}\text{C}_{\text{DIC}}$ (between 0.0‰ and 2.0‰) shows the ocean influence at the mouth of the estuary.

The $\delta^{13}\text{C}$ sediment analysis yielded results consistent with other studies performed on the Brazilian coast, indicating matter of terrestrial origin mixed with sewage. However, the $\delta^{13}\text{C}$ and $\delta^{15}\text{N}$ classification of the organic matter in the sediment shows that these values are really intermediate between these two sources, with a great tendency towards terrigenous and mangrove sources but not characteristic of sewage according to other literature data (Carreira *et al.* 2002), despite the fact that there are two cities very close to Nova Viçosa-Caravelas estuarine complex. These results suggest that the biogeochemical processes inherent to the estuarine environment are playing an important role in cycling organic matter of urban origin.

Particulate organic matter in the water exhibited similar behavior to the matter removed from the bottom at the same stations. This result also indicates that the organic matter that reaches the channel due to the drainage bowl is not carried far and is soon deposited at the bottom. Even near the Caravelas and Nova Viçosa shoals, the values found are also characteristic of a terrigenous rather than marine source, which is interpreted as the result of estuarine hydrodynamics. Typical values of organic matter of marine origin are found in the mouth of the Caravelas Estuary, showing residual transport from the sea to the mainland at this point. The drainage basin and the material comprising the channel banks make a large contribution to the deposited matter along the innermost part of the channel. Regarding bottom sediment, the data show that the points with the highest values of $\delta^{13}\text{C}$ and $\delta^{15}\text{N}$ are located near the town of Caravelas. In the central region of the channel, lower values for these parameters are found, most likely influenced by vegetation and the contribution of matter from the rivers.

The environmental classification based on $\delta^{13}\text{C}$ and $\delta^{15}\text{N}$ of organic matter in sediments and suspended matter collected in this work shows that values vary between terrigenous (characteristic of mangroves) and marine ranges, giving a baseline for future monitoring work in this important estuarine complex.

REFERENCES

- Andrade K.M. 2004. *Comportamento dos sistemas frontais sobre a América do Sul [Behavior of frontal systems over South America]*. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, Master's Dissertation, 155 p.
- Amorim M.A., Moreira-Turcq P.F., Turcq B.J., Cordeiro R.C. 2009. Origem e dinâmica da deposição dos sedimentos superficiais na Várzea do Lago Grande de Curuai, Pará, Brasil [Origin and dynamics of sediment deposition in the Lago Grande de Curuai floodplain, Pará, Brazil]. *Acta Amazonica*, **39**(1):155-162.
- Barros G.V., Martinelli L.A., Oliveira Novais T.M., Ometto J.P., Zuppi G.M. 2010. Stable isotopes of bulk organic matter to trace carbon and nitrogen dynamics in an estuarine ecosystem in Babitonga Bay (Santa Catarina, Brazil). *Science of the Total Environment*, **408**:2226-2232.
- Barroso C.P. 2009. Dinâmica de bancos e pontais arenosos associados a desembocadura do estuário de Caravelas, BA [Dynamics of banks and sandy spits associated with the mouth of the Caravelas estuary, BA]. Universidade de São Paulo, São Paulo-SP, Master's Dissertation.
- Brand W.A., Avak H., Seedorf R., Hofmann D., Conradi T. 2000. New methods for fully automated isotope ratio determination from hydrogen at the natural abundance level. *Geophysical Prospecting*, **28**:967-976.
- Carreira R., Wagener A.L.R., Readman J.W., Fileman T.W., Macko S.A., Veiga A. 2002. Changes in the sedimentary organic carbon pool of a fertilized tropical estuary, Guanabara Bay, Brazil: An elemental, isotopic and molecular marker approach. *Marine Chemistry*, **79**:207-227.
- Chaves R. 1999. Variabilidade da precipitação na região sul do nordeste e sua associação com padrões atmosféricos [Rainfall variability in a southern northeast region and its association with atmospheric patterns]. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos-SP, Master's Dissertation.
- Craig H. 1957. Isotope standards for carbon and oxygen and connection factors for mass spectrometric analysis of carbon dioxide. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, **12**:133-149.
- Epstein S. & Mayeda T. 1953. Variations of ^{18}O content of waters from natural sources. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, **4**:213-221.
- De Andrade C.L.N. 2011. Biogeoquímica do ambiente estuarino do rio Passa Vaca em área urbana de Salvador, BA [Biogeochemistry of the estuarine environment of Passa Vaca River in the urban area of Salvador, BA]. Universidade Federal da Bahia, Salvador-Ba, Master's Dissertation.

- Deines P. 1980. The isotopic composition of reduced organic carbon. In: P. Fritz & J.C.H. Fontes (eds.), *Handbook of Environmental Isotope Geochemistry*. Elsevier Scientific Publishing Company, Amsterdam, vol. 1, p. 329-406.
- Flemer D.A. & Champ M.A. 2006. What is future fate of estuaries given nutrient over-enrichement, freshwater diversion and low flows? *Marine Pollution Bulletin*, **52**:247-258.
- Fritzen L.B. 2007. Composição, origem e grau de enriquecimento do material orgânico sedimentar no setor norte do sistema estuarino-lagunar do rio Itapocu, SC [Composition, origin and degree of enrichment of sedimentary organic matter in the northern sector of the Itapocu River lagoon-estuarine system, SC]. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis-SC, Master's Dissertation.
- Gélinas Y., Baldock J.A., Hedges J.I. 2001. Demineralization of marine and freshwater sediments for CP/MAS ^{13}C NMR analysis. *Organic Geochemistry*, **32**:677-693.
- Goñi M.A., Teixeira M.J., Perkey D.W. 2003. Sources and distribution of organic matter in a river-dominated estuary (Winyah Bay, SC, USA). *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, **57**:1023-1048.
- Guo L., Tanaka T., Wang D., Tanaka N., Murata A. 2004. Distributions, speciation and stable isotope composition of organic matter in the southeastern Bering Sea. *Marine Chemistry*, **91**:211-226.
- Hedges J.I. & Stern J.H. 1984. Carbon and nitrogen determinations of carbonate-containing solids. *Limnology and Oceanography*, **29**:657-663.
- Högberg P. 1997. ^{15}N natural abundance in soil-plant systems. Tansley Review No. 95. *New Phytologist*, **137**:179-203.
- Jennerjahn T.C. & Ittekkot V. 1997. Organic matter in sediments in the mangrove areas and adjacent continental margins of Brazil. I. Amino acids and hexosamines. *Oceanologica Acta*, **20**:359-369.
- Lessa G.C. & Cirano M. 2006. On the circulation of a coastal channel within the Abrolhos coral-reef system - Southern Bahia (17 40' S). *Journal of Coastal Research*, **1**:450-453.
- Levenson H. 1987. Estuaries and coastal waters need help. *Environmental Science & Technology*, **21**:1052-1054.
- Marques J.C. 2009. *Ecological Indicators for Coastal and Estuarine Environmental Assessment: A User Guide*. WIT Press, UK, 183 p.
- Martinelli L.P., Ometto J.P.H.B., Ferraz E.S., Victoria R.L., Camargo P.B., Moreira M.Z. 2009. *Desvendando Questões Ambientais com Isótopos Estáveis [Unraveling Environmental Issues with Stable Isotopes.]*. Oficina de Textos, São Paulo.

Kumara M.P. 2011. *The Impacts of Tree Density on the Physical and Biological Characteristics of Planted Mangrove Stands in Sri Lanka*. A thesis submitted in partial fulfilment of the requirements of Edinburgh Napier University, for the award of Doctor of Philosophy. Edinburgh Napier University, School of Lifesciences, Edinburgh, Scotland, Thesis.

Nimer E. 1989. *Climatologia do Brasil (Brazilian Climatology)*. Secretaria de Planejamento da Presidência da República, Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Diretoria de Geociências, Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais, Rio de Janeiro.

Pereira M.D., Siegle E., Miranda L.B., Schettini C.A.F. 2010. Hidrodinâmica e transporte de material particulado em suspensão em um estuário dominado por maré: estuário de Caravelas (BA) [Hydrodynamics and transport of suspended particulate matter in a tide-dominated estuary: Caravelas estuary (BA)]. *Revista Brasileira de Geofísica*, **28**(3):427-444.

Saito Y., Nishimura A., Matsumoto E. 1989. Transgressive sand sheet covering the shelf and upper slope off Sendai, Northeast Japan. *Marine Geology*, **89**:245-258.

Schettini C.A.F. & Miranda L.B. 2010. Circulation and suspended particulate matter transport in a tidally dominated estuary: Caravelas estuary, Bahia, Brazil. *Brazilian Journal of Oceanography*, **58**(1):1-11.

Stein R. 1991. Accumulation of organic carbon in marine sediments. Results from the deep sea drilling project/ocean drilling program. *Lecture Notes in Earth Sciences*, **34**:217.

Susanto H.A., Yoneda M., Komoda M., Hoike H. 2012. Assessment of sediment organic matter transportation using stable isotope analysis. *Proceedings of the 12th International Coral Reef Symposium*, Cairns, Australia, 9-13 July 2012.

Rozanski K., Araguás-Araguás L., Gonfiantini R. 1993. Isotopic patterns in modern global precipitation. In: P.K. Swart, K.C. Lohmann, J. McKenzie, S. Savin (ed.) *Climate Change in Continental Isotopic Records*. Geophysical Monograph Series, 78, AGU, Washington, DC, p. 1-36.

Usui T., Nagao S., Yamamoto M., Suzuki K., Kudo I., Montani S., Noda A., Minagawa M. 2006. Distribution and sources of organic matter in surficial sediments on the shelf and slope off Tokachi, western North Pacific, inferred from C and N stable isotopes and C/N ratios. *Marine Chemistry*, **98**:241-259.

Zetsche E., Thornton B., Midwood A.J., Witte U. 2011. Utilisation of different carbon sources in a shallow estuary identified through stable isotope techniques. *Continental Shelf Research*, **31**(7-8):832-840.

CAPÍTULO 3

ARTIGO 02 - CARACTERIZAÇÃO ISOTÓPICA, $\Delta^{13}\text{C}$ E $\Delta^{15}\text{N}$, DO FLUXO VERTICAL DE MATERIAL PARTICULADO EM SUSPENSÃO NOS RECIFES COSTEIROS DO BANCO DOS ABROLHOS, BAHIA.

ABSTRACT: Elemental and isotopic ratios ($\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{15}\text{N}$, C / N) of sediment samples captured by PVC traps in eight stations along the coastal reefs of the Abrolhos region (18° S), Brazil, were analyzed. The study area is characterized by the influence of continental sediments on biogenic sediments. The highest $\delta^{13}\text{C}$ values were found in the Sebastião Gomes station, with average values close to -15 ‰ in all sampling periods. The isotopic ratio of carbon and nitrogen indicates that the organic matter analyzed has marine origin, with signature features of oceanic regions. The highest C/N ratio average value of 8.29 occurred in Nova Viçosa station during the spring, in other seasons the average value was close to 7 in all periods. Although the values of C / N indicate a significantly marine contribution, $\delta^{15}\text{N}$ values suggest that N serie cycling processes are frequent during the time that the material remained in the environment. The results will provide a baseline for future environmental monitoring and studies on coastal reef complex in the region.

KEYWORDS: traps; reef; isotopes and sediment

RESUMO: As razões elementares e isotópicas ($\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{15}\text{N}$, C/N) de sedimentos capturados com armadilhas de PVC em oito estações posicionadas nos recifes costeiros da região dos Abrolhos (18°S), Brasil, foram analisadas (só mudei esta linha). A área é caracterizada pela influência dos sedimentos continentais sobre os sedimentos de origem biogênica. Os maiores valores de $\delta^{13}\text{C}$ nas amostras analisadas foram encontrados na estação de Sebastião Gomes, com valores médios próximos a -15‰ em todos os períodos amostrados. A razão isotópica de carbono e nitrogênio indica que a matéria orgânica analisada tem origem marinha, com assinatura características de regiões oceânicas. O maior valor médio da razão C/N, igual a 8,29, ocorreu na estação Nova Viçosa durante a primavera, nas demais estações o valor médio obtido foi próximo a 7 em todos os períodos avaliados. Embora os valores de C/N indiquem uma contribuição significativamente marinha, o $\delta^{15}\text{N}$ encontrado sugere que processos de ciclagem da série N nos recifes são recorrentes durante o tempo em que o material permaneceu no ambiente. Os resultados obtidos servirão de linha base para futuros estudos ambientais e de monitoramento no complexo recifal costeiro da região.

PALAVRAS-CHAVE: armadilhas; recife; isótopos e sedimento.

INTRODUÇÃO.

Plataformas continentais e zonas costeiras são sistemas importantes na produção e armazenamento de carbono orgânico (CO) e nitrogênio (N) (Hedges e Keil, 1995). O depósito de matéria orgânica (MO) em sedimentos costeiros compreende um espectro de partículas dissolvidas e materiais coloidais introduzidos por uma variedade de entradas estuarinas e fluviais de fontes terrestres (Goñi *et al.*, 1997, Hedges *et al.*, 1997, Raymond e Bauer, 2001a e 2001b, Sigleo e Macko, 2002). Deste modo, o material sedimentar detrítico contém uma complexa mistura de substâncias biogênicas com diferentes reatividades biológicas (Ogrinc *et al.*, 2005). Nos oceanos, o carbono orgânico depositado em sedimento registra a história de processos oceânicos através do tempo. A maior parte do carbono orgânico produzido é degradado, sendo que somente uma pequena parte é armazenada nos sedimentos marinhos (Martinelli *et al.*, 2009).

Considerável atenção tem sido focada na utilização de isótopos estáveis de carbono orgânico e de nitrogênio como traçadores naturais para identificação de fonte da matéria orgânica, tempo de residência e fluxo sazonal em estuários e ambientes marinhos próximos a costa (Hedges e Parker, 1976, Lucotte *et al.*, 1991). Existem diferenças entre a abundância natural de isótopos estáveis de carbono $\delta^{13}\text{C}$ e isótopos estáveis de nitrogênio $\delta^{15}\text{N}$ em matéria orgânica a partir da entrada terrestre e antrópica, a partir dos estuários e da produção *in situ* (Fry e Sherr, 1984). Estas diferenças têm sido utilizadas para verificar as fontes de matéria orgânica ao longo de cadeias alimentares e nos sedimentos marinhos (Cifuentes *et al.*, 1989). O uso destes marcadores baseia-se na existência de diferenças entre os respectivos compartimentos de matéria orgânica e o enriquecimento geral de material orgânico marinho de ^{13}C e ^{15}N relativo a matéria terrígena (Thornton e McManus, 1994). O uso de isótopos estáveis para rastrear a matéria orgânica é baseada na suposição de que os isótopos são conservativos e que a mistura física das fontes dos contribuintes determina as distribuições isotópicas de matéria orgânica nos sistemas naturais (Cifuentes *et al.*, 1989). A discriminação de proveniência é significativamente melhorada pela utilização simultânea de dois ou mais marcadores (Cifuentes *et al.*, 1988).

Nas margens continentais, as assinaturas de isótopos de carbono e de nitrogênio têm sido utilizadas para detectar a introdução de partículas de MO terrestre (Thornton e McManus, 1994; Middelburg e Nieuwenhuize, 1998) e MO derivada de esgoto e nutrientes (Voße Struck 1997; Carreira *et al.*, 2002). Isótopos estáveis de carbono e nitrogênio são amplamente utilizados para decodificação biogeoquímica em processos na zona costeira, como a síntese de MO, utilização de nutrientes, desnitrificação e acúmulo de CO nos sedimentos. O acúmulo de CO depende da oferta de CO, dos efeitos de diluição de materiais detritais, e da preservação e mineralização em sedimentos (Hedges e Keil, 1995). Investigações recentes indicam que a maior parte do CO em sedimentos da margem continental é sorvido às superfícies dos grãos de minerais de tamanho argila e assim protegidos da degradação (Keil *et al.*, 1994; 1998).

Nas últimas décadas, uma série de pesquisas têm documentado as diferenças isotópicas de carbono e nitrogênio na matéria orgânica derivada de fontes naturais e antropogênicas (Sweeney e Kaplan, 1980; Middelburg e Nieuwenhuize, 1998, Struck *et al.*, 2000; Waldron *et al.*, 2001; Graham *et al.*, 2001; Rogers, 2003; Ogrinc *et al.*, 2005). Assim, vários autores propuseram o uso combinado das razões C/N e dos isótopos de C e N (Peters *et al.*, 1978; Sweeney e Kaplan, 1980; Fry e Sherr, 1984; Wada *et al.*, 1987; Cifuentes *et al.*, 1988; Craft *et al.*, 1988; Meyers, 1997; Middelburg e Nieuwenhuize, 1998) como uma ferramenta poderosa para: (i) distinguir e quantificar a matéria orgânica derivada de

autóctones *versus* terrestre (Guo *et al.*, 1996) (ii) traçar e seguir caminhos de águas residuais antropogênicas (Rogers, 2003) e (iii) detectar variações em utilização passada de nutrientes e desnitrificação (Voß e Struck, 1997). Essencialmente, o uso da razão dos isótopos do N e C como traçadores da entrada de matéria orgânica terrestre e marinha confia uma assinatura isotópica específica das diferentes fontes de matéria orgânica com um comportamento conservador e uma resposta linear da mistura física entre aqueles componentes finais (Sweeney e Kaplan, 1980). Mudanças no $\delta^{15}\text{N}$ de sedimentos podem revelar variações de produtividade nos níveis nutrientes na coluna de água (Ostrom *et al.*, 1997; Freudenthal *et al.*, 2001). No entanto, a diagênese precoce também produz mudanças na assinatura do isótopo estável de N da MO. Dois processos principais têm sido propostos para explicar as mudanças na composição isotópica: degradação seletiva de compostos orgânicos e fracionamento isotópico durante a degradação (Prah *et al.*, 1997, Nakatsuka *et al.*, 1997, Böttcher *et al.*, 1998). Assinaturas isotópicas de N sedimentares são afetadas por processos biogeoquímicos mais do que são os isótopos C. Em geral, os compostos orgânicos facilmente degradáveis, como aminoácidos e carboidratos ou MO marinha são geralmente enriquecidos em ^{15}N e ^{13}C em relação a compostos como lignina, lipídios ou MO terrestre, resultando em mudanças negativas na composição isotópica (Prah *et al.*, 1997; Böttcher *et al.*, 1998). Um aparente aumento nos valores de $\delta^{15}\text{N}$ em sedimentos marinhos foram observados como consequência do metabolismo bacteriano ou como consequência digestão por organismos níveis tróficos mais elevados (Nakatsuka *et al.*, 1997). O efeito do fracionamento isotópico associado com a diagêneses precoce da matéria orgânica decantada e soterrada parece causar pequenos efeitos sobre a composição isotópica de carbono (usualmente $\approx 1\%$). Consequentemente a composição isotópica da matéria orgânica sedimentar resultante é relativamente conservada e a assinatura isotópica das fontes largamente preservada (Voss *et al.*, 2000). Este estudo tem por objetivo, caracterizar o $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$ na matéria orgânica que chaga aos recifes costeiros do banco dos Abrolhos, e identificar no fluxo vertical de material particulado em suspensão a existência de padrões sazonais de aporte de sedimento.

ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo está compreendida entre os paralelos 17° e 18° S e os meridianos $38,5^{\circ}$ e $39,5^{\circ}$ W (Figura 1), estendendo-se ao longo do arco interno de recifes de coral existente no banco dos Abrolhos, plataforma continental interna do estado da Bahia. Exceto pela estação localizada na ponta sul do recife da Paredes, as demais estações estão separadas do continente pelo canal de Caravelas, também conhecido como canal de Sueste.

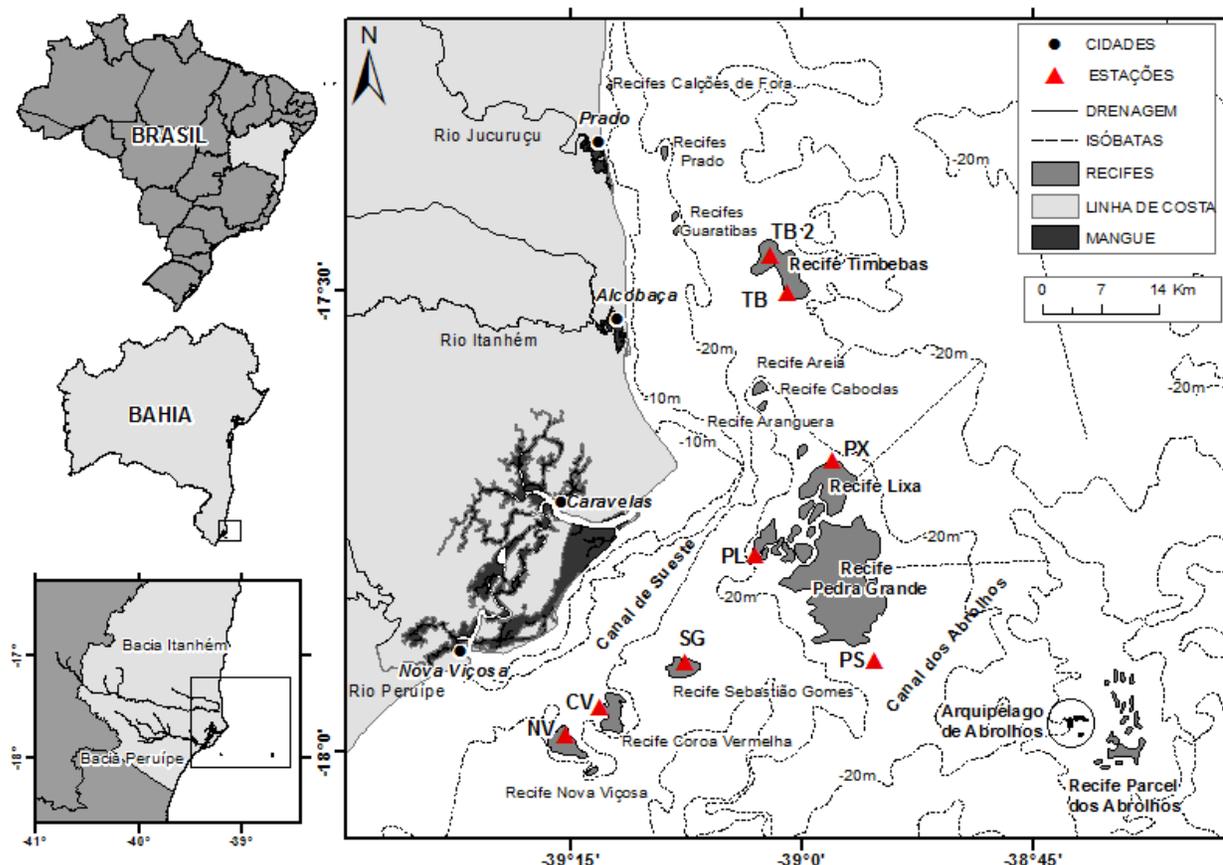


Figura 1 – Localização da área de estudo. As estações de amostragem nos recifes de norte a sul são: TB2 – Timbebas norte, TB – Timbebas sul; PX – Pedra da Lixa; PL – Pedra de Leste; PS – Ponta Sul; SG – Sebastião Gomes; CV – Coroa Vermelha NV – Nova Viçosa.

SOBRE OS PONTOS AMOSTRADOS

Por estarem situadas no topo dos recifes e próximas a superfície, as estações coletoras de sedimento sofrem grande influência das marés e das ondas geradas pelos ventos. Na preamar ou na baixa-mar, a depender da direção das ondas, e horário de incidência, uma estação pode estar exposta a uma maior ou menor energia dinâmica. Cada momento e período das marés influencia distintamente no transporte de sedimento no topo recifal, que conjuntamente com as ondas, trazem e retiram material particulado das áreas estudadas. A tabela 1 localiza e posiciona as estações de estudo deste trabalho frente aos ventos e distância do sedimento inconsolidado circundante. As estações TB2, PX encontram-se expostas aos ventos do quadrante norte, já as estações TB e PS encontram-se abrigadas deste quadrante. No caso oposto, quando os ventos são do quadrante sul, as estações TB2 e PX encontram-se abrigadas, enquanto que as estações TB e PS se encontram expostas. A estação PL encontra-se abrigada dos principais ventos que ocorrem na região, e em situação de maré baixa a estação encontra-se literalmente na “sombra” do Parcel das Paredes, abrigada da maioria dos ventos. As estações situadas ao sul da área de estudo encontram-se, durante o período de maré baixa, parcialmente

abrigadas dos ventos predominantes do quadrante sul e norte. Na maré alta, as estações SG, CV e NV ficam expostas aos ventos do quadrante norte, visto o Parcel das Paredes ficar submerso por algumas horas, permitindo a atuação dos ventos em uma extensão maior na superfície do mar. Este aumento de “fetch” permite que a ação dos ventos troque maior quantidade de energia com a superfície do mar, gerando aumento na energia dinâmica incidente nas estações coletoras ao sul da área amostral.

Tabela 1– Estações coletoras de sedimento, suas relações com os ventos existentes na área de estudo, seus posicionamentos junto ao sedimento circundante, e tipo de sedimento inconsolidado encontrado ao entorno das estações. TB2- Timbenas Norte, TB – Timbebas Sul, PX – Pedra da Lixa, PL – Pedra de Leste, PS – Ponta Sul do Parcel das Paredes, SG – Sebastião Gomes, CV – Coroa Vermelha e NV – Nova Viçosa.

Estação de estudo	Exposto aos ventos de	Abrigado dos ventos de	Distância do fundo	Sedimento da base recifal	Sedimento do topo recifal
TB2	NE/N/L	S/SW/SE	10 m	Lama arenosa	Areia lamosa
TB	SE	NE/N	10 m	Lama arenosa	Areia lamosa
PX	NE/N/L	S/SW/SE	8 m	Areia e lama	Areia e lama
PL	S/SE	NE/N/L	10 m	Lama	Areia e lama
PS	S/SW/SE	NE/N	10 m	Areia lamosa	Areia lamosa
SG	N/NE	S/SE	3 m	Areia	Areia
CV	NE/N	S/SE	2 m	Areia e lama	Areia lamosa
NV	NE/N/L	S/SE	3 m	Areia e lama	Areia lamosa

MATERIAIS E MÉTODOS

COLETA DAS AMOSTRAS

Para obtenção dos dados de sedimentação foram usadas por estação 10 armadilhas feitas com tubos de PVC com diâmetro de 60 mm. Estes tubos com 35 cm de comprimento foram fechados em uma das extremidades e fixados, com auxílio de vergalhões, na posição vertical, com o lado da abertura voltado para cima. Para não permitir a saída de material do interior das armadilhas foram colocados redutores de diâmetro 60/40 mm na abertura, resultando em uma abertura para coleta de 12,5 cm² (Figura 2). Não foi usado conservantes para preservação do material.

Para recuperação, a cada três meses, as armadilhas foram fechadas em baixo d'água, e transferidas para a embarcação em posição vertical. Após permanecerem em repouso, as armadilhas foram abertas e a água retirada sem causar interferência no material decantado. Uma vez no laboratório, as armadilhas foram abertas e todo o conteúdo transferido para béqueres de um litro pré-pesados. Após decantação do sedimento a água foi retirada por sifonamento. Sucessivas lavagens com água destilada foram realizadas para retirada do sal. Os béqueres foram então levados à estufa a 50°C graus até secagem completa do sedimento. Após secas, as amostras foram resfriadas em temperatura ambiente e pesadas em balança analítica. A massa obtida foi então dividida pelo tempo de permanência das armadilhas nos recifes

e pela sua área de abertura. Para cada uma das 320 amostras obtidas em 2010 foi retirado uma alíquota para fins das análises elementares, descrita a seguir. A Granulometria foi realizada em três amostras retiradas aleatoriamente das dez amostras iniciais de cada estação. Estas amostras foram hidratadas, desagregadas, e levadas para um analisador de partículas a laser (Horiba-Analyzer LA-950).

Os dados de ventos foram obtidos na página do INMET (www.inmet.gov.br), estação de Caravelas (BA) e compreenderam o período de dezembro de 2009 a novembro de 2010, coincidindo desta maneira com os dados obtidos com as armadilhas de sedimento.

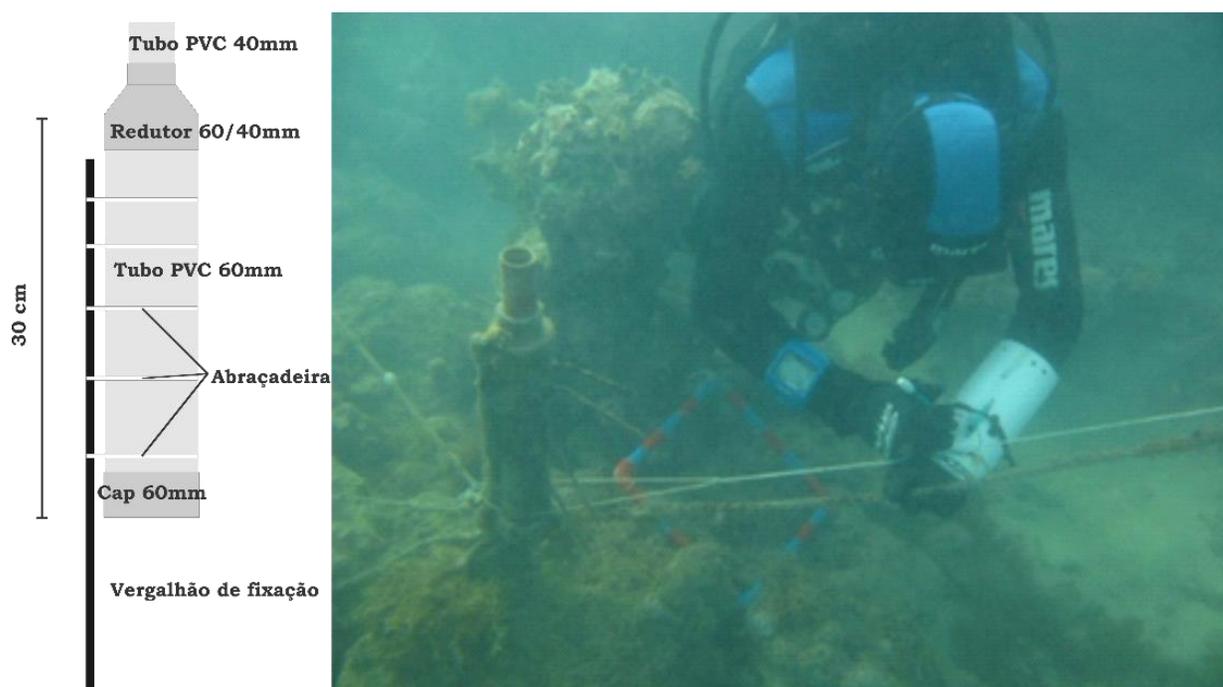


Figura 2– Esquema e foto de armadilha para sedimento com redutor confeccionada em PVC fixada no recife através de vergalhão e abraçadeiras plásticas.

PREPARAÇÃO DAS AMOSTRAS PARA ANÁLISE ISOTÓPICA (EA-IRMS)

Cerca de 0,5 g da fração fina (silte e argila) das amostras foi tratada com 10 ml de ácido clorídrico (HCl) 1 mol.L⁻¹ para remover o carbonato presente. Amostras com grande quantidade de carbonato tiveram o procedimento repetido mais de uma vez. Após 24 horas, a amostra foi centrifugada para extrair o sobrenadante. O centrifugado foi então lavado três vezes com água deionizada e seco em estufa a 50°C. Aproximadamente 8 mg da amostra seca foi pesada em cápsulas de estanho para realizar a análise elementar de razão isotópica utilizando um analisador elementar acoplado a um espectrômetro de massa. As amostras foram então colocadas num auto-amostrador, que as levou para dentro de um forno a uma temperatura de 1020 °C. O dióxido de carbono (CO₂), nitrogênio (N₂) e vapor de água resultantes a partir do reator foram então separados, analisados e quantificados. A calibração foi verificada por um sedimento marinho padrão de referência certificado pelo NIST (National Institute of Standards and Technology), sob um número de identificação, que sofreu o mesmo processo de tratamento das amostras. Os valores isotópicos foram referenciados em

relação às referências certificadas pela Agência Internacional de Energia Atômica, USGS-40 e USGS-41, sendo o resultado final de $\delta^{13}\text{C}$ (‰) relatado em relação ao carbonato de PDB (padrão extraído da formação Pee Dee Belemnite) e o de $\delta^{15}\text{N}$ (‰) em relação ao nitrogênio atmosférico de acordo com:

$$\delta X = \frac{R_{\text{Amostra}} - R_{\text{Padrão}}}{R_{\text{Padrão}}} \times 1000 (\text{‰})$$

Onde: X= C (carbono) ou N (nitrogênio) e R = $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ para o carbono ou $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$ para o nitrogênio. Durante as análises foram medidas várias vezes os padrões e a precisão analítica do processo de medida e análise foi aproximadamente 0,05 ‰. Os erros em relação a medida das massas foram de 5%, enquanto a precisão dos resultados isotópicos para o $\delta^{13}\text{C}$ (‰) e o $\delta^{15}\text{N}$ (‰) foi de ± 0.3 ‰.

RESULTADOS

Ventos

Os resultados de ventos estão representados na figura 3. Durante o verão a predominância dos ventos norte e nordeste foi superior a 65% das ocorrências, com velocidades médias iguais a 1,90 e 2,67 m/s, e velocidades máximas 6,50 e 6,60 m/s respectivamente. Os ventos de sudeste, sul e sudoeste foram inferiores a 5%, das ocorrências, com velocidades médias iguais a 2,10, 2,19 e 1,05 m/s respectivamente, e velocidades máximas iguais a 2,60, 4,50 e 1,10 respectivamente. Ventos de leste perfizeram cerca de 20% das ocorrências com velocidade média e máxima iguais a 2,05 e 4,60 m/s, respectivamente. As ocorrências de ventos de oeste e noroeste somadas chegaram a cerca de 1%, com velocidades médias iguais a 2,50 e 2,00 m/s e velocidades máximas iguais a 2,50 e 3,30 m/s respectivamente. Durante o outono a predominância dos ventos norte e nordeste foi inferior a 25% das ocorrências, com velocidades médias iguais a 2,50 e 1,99 m/s, respectivamente, e velocidade máxima igual a 5,00 m/s para ambos os ventos. Os ventos de sudeste, sul e sudoeste foram superiores a 35%, das ocorrências, com velocidades médias iguais a 1,98, 2,44 e 1,19 m/s respectivamente, e velocidades máximas iguais a 5,00, 5,00 e 2,00 respectivamente. Ventos de leste perfizeram cerca de 20% das ocorrências com velocidade média e máxima iguais a 1,58 e 3,60 m/s, respectivamente. As ocorrências de ventos de oeste e noroeste somadas chegaram a pouco menos de 7%, com velocidades médias iguais a 0,79 e 2,04 m/s e velocidades máximas iguais a 1,60 e 4,10 m/s respectivamente. Durante o inverno a predominância dos ventos norte e nordeste foi inferior a 10% das ocorrências, com velocidades médias iguais a 2,06 e 2,75 m/s, respectivamente, e velocidade máxima igual a 5,00 m/s para ambos os ventos. Os ventos de sudeste, sul e sudoeste foram superiores a 45%, das ocorrências, com velocidades médias iguais a 2,49, 2,76 e 1,16 m/s respectivamente, e velocidades máximas iguais a 5,00, 7,50 e 1,60 m/s respectivamente. Ventos de leste perfizeram pouco mais de 20% das ocorrências com velocidade média e máxima iguais a 2,19 e 4,60 m/s, respectivamente. As ocorrências de ventos de oeste e noroeste somadas perfizeram cerca de 10%, com velocidades médias iguais a 1,73 e 2,02 m/s e velocidades máximas iguais a 5,80 e 3,60 m/s respectivamente. Durante a primavera a predominância dos ventos norte e nordeste foi cerca de 40% das ocorrências, com velocidades médias iguais a 3,43 e 2,99 m/s, respectivamente, e velocidades máximas iguais a 7,10 e 6,00 m/s respectivamente. Os ventos de sudeste, sul e sudoeste foram superiores a 35%, das

ocorrências, com velocidades médias iguais a 2,28, 2,89 e 1,10 m/s respectivamente, e velocidades máximas iguais a 4,60, 6,60 e 1,60 m/s respectivamente. Ventos de leste perfizeram pouco mais de 25% das ocorrências com velocidade média e máxima iguais a 2,20 e 4,10 m/s, respectivamente. As ocorrências de ventos de oeste e noroeste somadas perfizeram 3% das ocorrências, com velocidades médias iguais a 1,28 e 3,18 m/s e velocidades máximas iguais a 2,00 e 3,60 m/s, respectivamente.

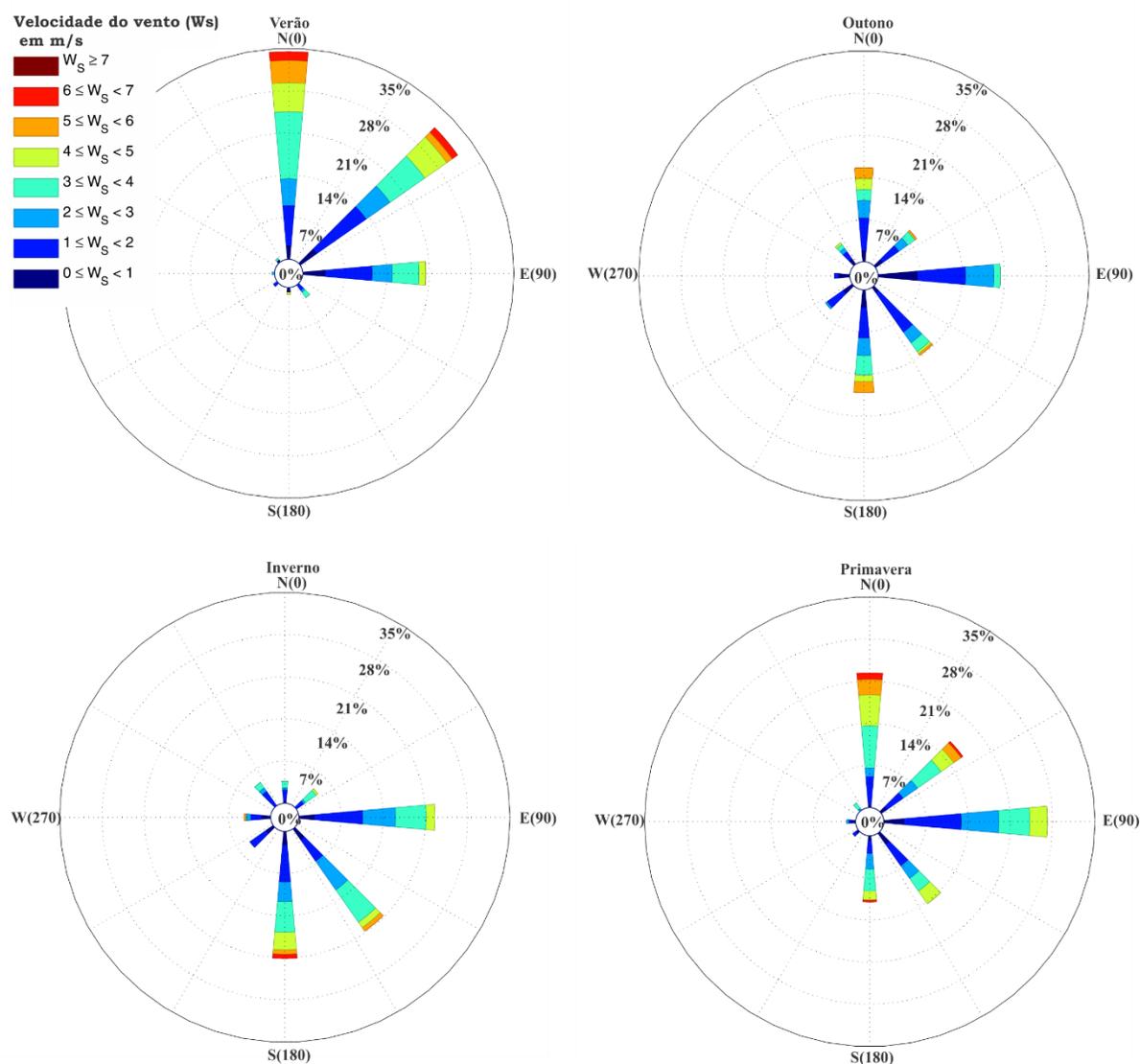


Figura 3 – Rosas dos ventos dos dados coletados na estação Caravelas ($17,73^{\circ}\text{S}$ e $39,25^{\circ}\text{W}$) entre dezembro de 2009 a novembro de 2010 (www.inmet.gov.br).

Sedimentologia

A granulometria das estações está representada na figura 4. Durante o verão a moda principal nas estações avaliadas recaiu no tamanho silte fino, exceção da estação CV, a qual apresentou a moda no tamanho areia. As estações TB2 e TB não tiveram medições neste período. Ainda durante o verão uma segunda moda pode ser evidenciada no tamanho areia muito fina nas estações PX, PL, e do tamanho argila muito fina em PS. Presença de porcentagens de argilas muito finas também podem ser evidenciadas nas estações PX, SG e NV. Nas amostras referentes ao período de outono a moda principal recaiu no tamanho silte fino, exceto para as estações SG e NV, que tiveram a moda principal no tamanho areia fina. Ainda durante o outono, uma segunda moda pode ser evidenciada no tamanho areia muito fina para as estações TB2 e PX. A presença de porcentagens de argilas muito finas é vista nas estações TB, PX, PL, PS, CV e NV. Os dados de inverno mostram novamente uma moda principal centrada em silte fino, exceto para as estações SG e NV, que apresentaram a moda principal em tamanho areia fina e areia muito fina, respectivamente. Ainda no inverno uma segunda moda pode ser vista em TB2 como silte muito grosso, e nas estações PS e CV no tamanho areia fina. Argila muito fina foi verificada em CV durante o inverno. As amostras de primavera mostram moda principal no tamanho silte fino, exceto para as estações SG e NV, que apresentaram moda principal no tamanho areia fina. Na primavera a segunda moda verificada foi no tamanho areia para a estação TB e silte muito fino nas estações SG e NV. Neste mesmo período, foi verificada nas estações TB2, PX, PL, PS e CV a presença de argila muito fina.

Fluxos de sedimento e quantidade de carbonato

A quantidade de sedimento retido nas armadilhas durante os períodos monitorado no ano de 2010 estão representados na figura 5. Durante o verão os valores médios encontrados foram inferiores a 10 mg/dia/cm² nas estações TB2, Timbebas TB, PL e PS. Entre 10 e 20 mg/dia/cm² nas estações PX e NV. E superiores a 20 mg/dia/cm² nas estações CV e SG. O valor de 43,33 mg/dia/cm² da estação SG foi o maior encontrado para o período. O menor valor encontrado, 5,15 mg/dia/cm², durante as amostragens de verão ocorreu na estação PS. Durante o outono os valores médios encontrados foram inferiores a 15 mg/dia/cm² nas estações TB2, TB e PS. Entre 15 e 20 mg/dia/cm² nas estações PX e PL. E superiores a 60 mg/dia/cm² nas estações CV, SG e NV. O valor de 76,02 mg/dia/cm² da estação NV foi o maior encontrado para o período. O menor valor encontrado, 11,74 mg/dia/cm², durante as amostragens de outono ocorreu na estação TB. Durante o inverno os valores médios encontrados foram inferiores a 10 mg/dia/cm² nas estações TB e PS. Entre 10 e 15 mg/dia/cm² na estação PL, e entre 20 a 30 mg/dia/cm² nas estações TB2 e PX. Valores superiores a 70 mg/dia/cm² foram encontrados nas estações CV e SG. A estação NV apresentou valor igual a 47,92 mg/dia/cm². O valor de 74,42 mg/dia/cm² da estação SG foi o maior encontrado para o período. O menor valor encontrado, 7,76 mg/dia/cm², durante as amostragens de inverno ocorreu na estação PS. Durante a primavera os valores médios encontrados foram inferiores a 10 mg/dia/cm² nas estações TB2, TB, PL e PS. Na estação PX o valor encontrado foi igual a 18,24 mg/dia/cm². Valores superiores a 45 mg/dia/cm² foram encontrados nas estações CV, SG e NV. O valor de 351,22 mg/dia/cm² da estação SG foi o maior encontrado para o período. O menor valor encontrado, 7,86 mg/dia/cm², durante as amostragens de primavera ocorreu na estação TB2.

As porcentagens média de carbonato de cálcio encontradas nas estações durante os períodos estudados estão representadas na figura 5. A maior porcentagem média de carbonato de cálcio nas amostras analisadas ocorreu na

estação SG na primavera (81,81%), e a menor ocorreu na estação CV durante o inverno (44,32%). Entre os períodos analisados, os menores valores médios para a porcentagem de carbonato de cálcio ocorreram nas estações PL (52,98%), PS (71,79%) e SG (60,11%) durante o verão, nas estações TB2 (64,35%), TB (61,15%) e PX (54,36%) durante a primavera, na estação CV (44,32%) no inverno, na estação NV (52,99) na primavera e verão. Em contrapartida os maiores valores médios para a porcentagem de carbonato de cálcio ocorreram nas estações PL (75,46%), CV (49,92%) e NV (54,98%) durante o outono, nas estações TB (64,98%) e PX (73,55%) durante o inverno, e nas estações TB2 (67,26%), PS (75,20%) e SG (81,81%) durante a primavera.

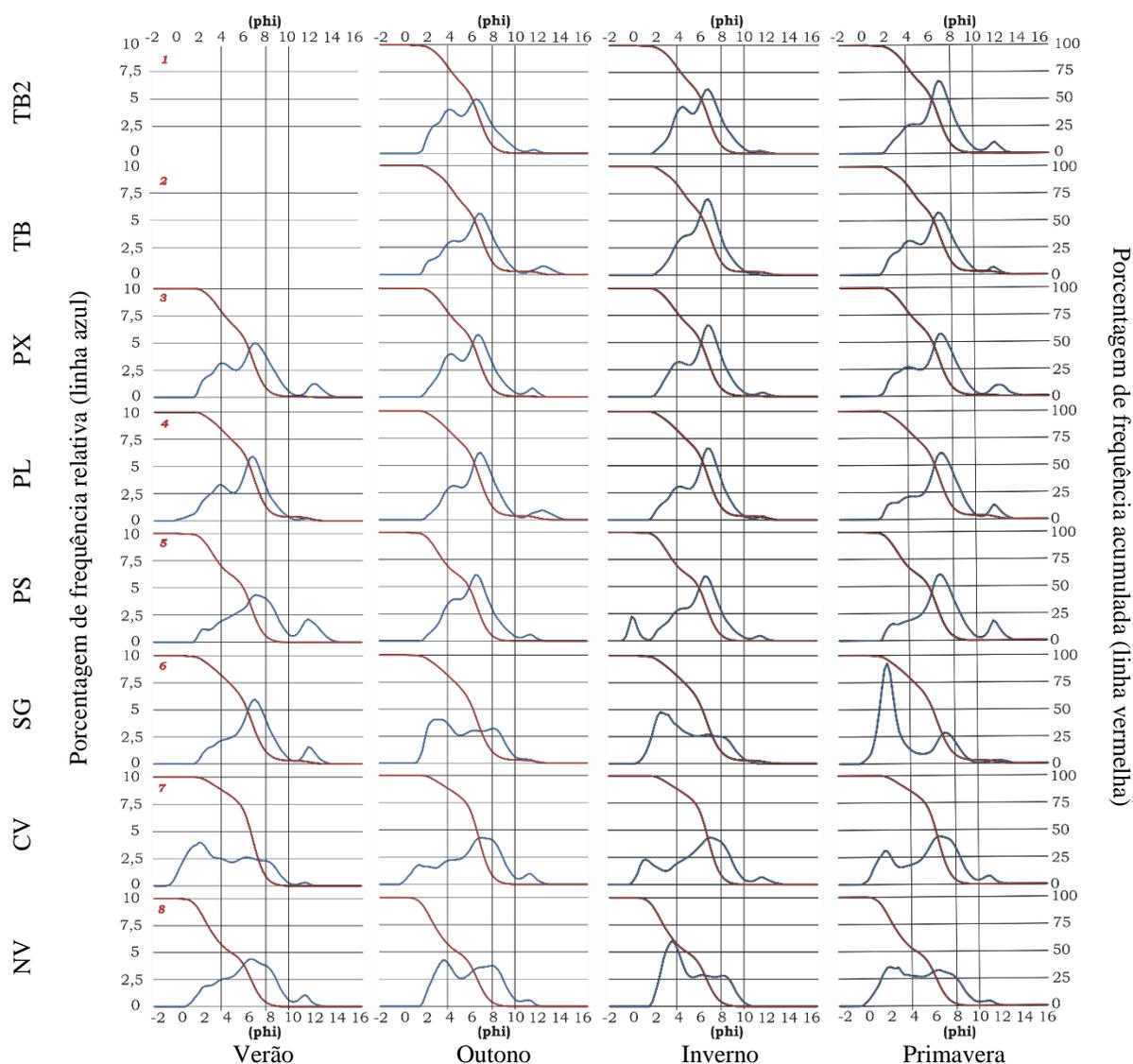


Figura 4 – Granulometria das estações realizada em analisador de partículas a laser. TB2 – Timbebas norte, TB – Timbebas sul; PX – Pedra da Lixa; PL – Pedra de Leste; PS – Ponta Sul; SG – Sebastião Gomes; CV – Coroa Vermelha NV – Nova Viçosa.

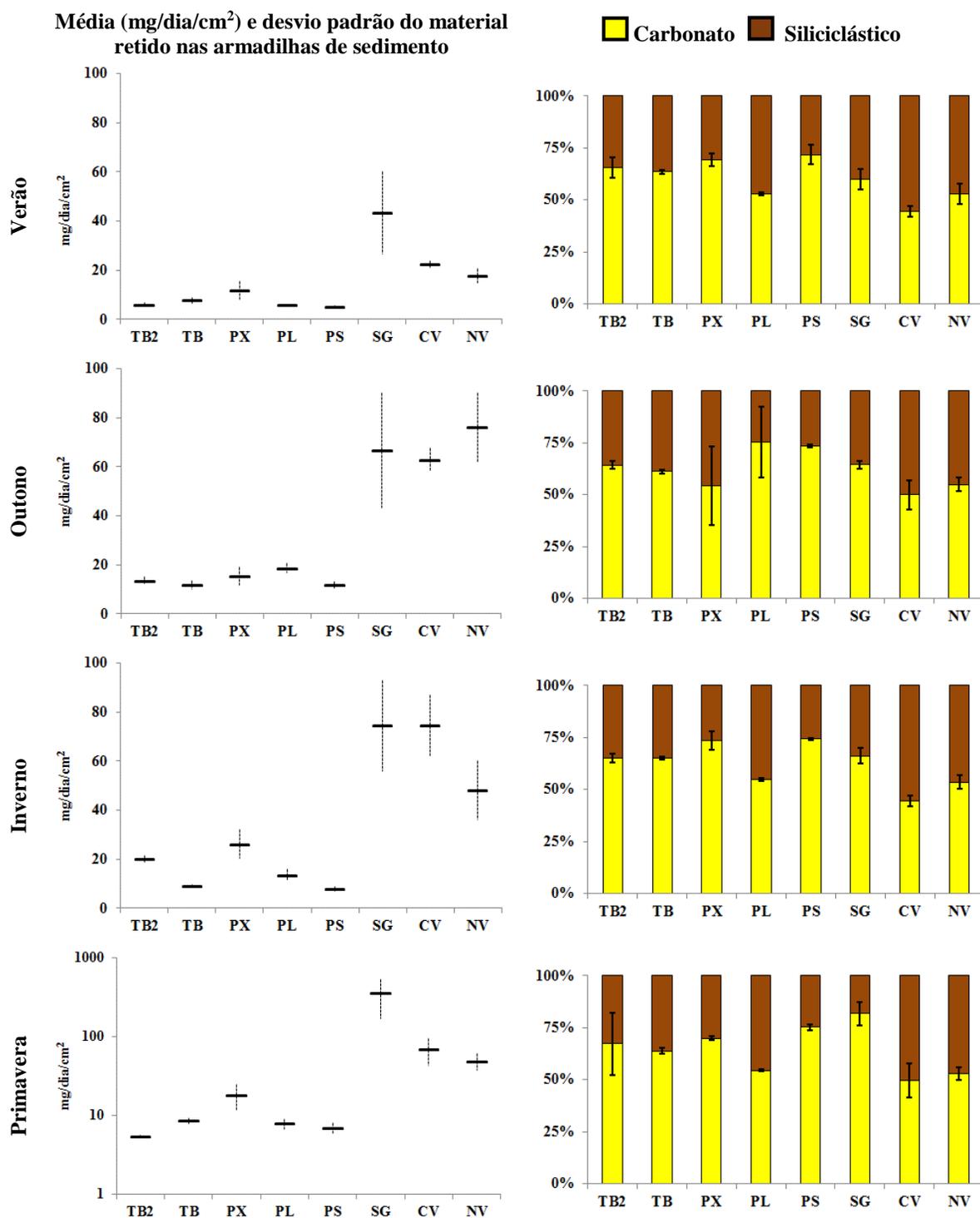


Figura 11 - Médias \pm DP do material retido nas armadilhas posicionadas nos recifes estudados e percentual médio (\pm DP) de carbonato de cálcio e siliciclástico nas mesmas localidades. TB2 – Timbebas Norte, TB – Timbebas Sul, PX – Pedra da Lixa, PL – Pedra de Leste, PS – Ponta Sul, SG – Sebastião Gomes, CV – Coroa Vermelha e NV – Nova Viçosa. Observar que o gráfico referente ao período de primavera para o material retido nas armadilhas está em escala logarítmica devido ao alto valor encontrado para uma das estações.

Isótopos estáveis

Os resultados das análises isotópicas encontrados nos recifes estudados durante o período de verão, outono, inverno e primavera de 2010 são apresentados na figura 6. Os valores encontrados durante o período de verão para $\delta^{15}\text{N}$ foi inferior a 1 ‰ na estação SG, entre 1 a 2 ‰ nas estações TB2 e NV, e superiores a 2 ‰ nas estações, TB, PX, PS, CV e PL, sendo que nesta última estação, o valor encontrado de 3,76‰ foi o maior entre todas as estações estudadas para o período. Para o $\delta^{13}\text{C}$, valores entre -20 e -18‰ foram encontrados nas estações TB2 e PS. Valores entre -18 e -17‰ foram encontrados nas estações TB, PX, PL e CV, e valores entre -16 e -15‰ foram encontrados nas estações SG e NV. As porcentagens encontradas no período de verão para o Nitrogênio Total nas amostras provenientes dos recifes foram, respectivamente de 0,40% e 0,27% nas estações PL e CV. Nas estações TB, PX, SG e NV as porcentagens de Nitrogênio Total foram respectivamente de 0,45%, 0,44%, 0,47% e 0,48%. Valores de 0,60% e 0,70% de Nitrogênio Total foram encontrados nas estações TB2 e PS (Figura 6). As porcentagens de Carbono Total encontradas durante o período de verão foram respectivamente de 1,99% e 2,81% nas estações CV e PL. Nas estações TB, PX, SG e NV as porcentagens de Carbono Total foram respectivamente de 3,26%, 3,22%, 3,66% e 3,37%. E de 4,33% e 4,36% nas estações TB2 e PS, respectivamente (Figura 6).

O valor encontrado no outono para $\delta^{15}\text{N}$ foi inferior a 1‰ na estação SG, entre 1 a 2‰ nas estações TB, PX e PS, e superiores a 2‰ nas estações TB2, CV, NV e PL, sendo que nesta última estação, o valor encontrado de 3,76‰ foi o maior entre todas as estações estudadas (Figura 4). Neste mesmo período de outono, para o $\delta^{13}\text{C}$ foi encontrado valor inferior a -20‰ na PS, valores entre -20 e -18 ‰ nas estações TB2, TB, PX, PL e CV, e valores entre -17 e -15 ‰ nas estações SG e NV. As porcentagens encontradas para o Nitrogênio Total nas amostras provenientes dos recifes durante o outono foram, respectivamente de 0,19% e 0,25% nas estações CV e NV. Nas estações TB, PL e SG as porcentagens de Nitrogênio Total foram respectivamente de 0,48%, 0,31% e 0,33%. Valores de 0,51%, 0,54% e 0,55% de Nitrogênio Total foram encontrados nas estações TB2, PX e PS (Figura 6). As porcentagens de Carbono Total encontradas neste mesmo período foram respectivamente de 1,47%, 2,02%, 2,26% e 2,63% nas estações CV, NV, PL e SG. Nas estações TB2, TB, PX e PS as porcentagens de Carbono Total foram respectivamente de 3,48%, 3,52%, 3,73% e 3,96% (Figura 6).

Os valores encontrados no inverno para $\delta^{15}\text{N}$ ficaram entre 2 e 3‰ nas estações PX, PL e PS, e superiores a 3‰ nas estações TB2, TB, CV, SG e NV, sendo que na estação TB2 foi encontrado o maior valor entre todas as estações estudadas no período, 3,97‰. Neste mesmo período de inverno, para o $\delta^{13}\text{C}$ foi encontrado valor inferior a -20‰ na estação PS, valores entre -20 e -18‰ nas estações TB2, TB, PX, PL e CV, e valores entre -17 e -15‰ nas estações SG e NV. As porcentagens encontradas para o Nitrogênio Total nas amostras provenientes dos recifes durante o inverno foram, respectivamente de 0,23% e 0,25% nas estações CV e TB. Nas estações TB2 e SG as porcentagens de Nitrogênio Total foram respectivamente de 0,30% e 0,32%. Valores iguais a 0,65%, 0,89%, 0,53% e 0,70% de Nitrogênio Total foram encontrados nas estações PX, PL, PS e NV, sendo esta última, a estação que apresentou o maior valor (0,70%) entre todas as estações avaliadas no período (Figura 6). As porcentagens de Carbono Total encontradas no período de inverno foram respectivamente de 1,59%, 2,07% e 2,89% nas estações CV, NV e SG. Nas

estações TB2, TB, PX, PL e PS as porcentagens de Carbono Total foram respectivamente de 2,46%, 2,75%, 3,03%, 3,04% e 3,31% (Figura 6).

Os valores encontrados durante o período de primavera para $\delta^{15}\text{N}$, apresentados na figura 5, foram inferiores a 2‰ na estação TB2, entre 2 a 3‰ nas estações PX, PL, PS, SG e CV, e superiores a 2‰ nas estações, TB e NV. Sendo que na estação TB, o valor encontrado de 3,40‰ foi o maior entre todas as estações estudadas para o período. Para o $\delta^{13}\text{C}$, valores entre -20 e -19‰ foram encontrados nas estações TB e PS. Valores entre -19 e -18 ‰ foram encontrados nas estações Timbebas 2, Pedra da Lixa, Pedra de Leste e Coroa Vermelha, e valores entre -18 e -16 ‰ foram encontrados nas estações SG e NV. As porcentagens encontradas no período de primavera para o Nitrogênio Total nas amostras provenientes dos recifes foram, respectivamente de 0,17%, 0,20% e 0,27% nas estações CV, NV e PL. Nas estações TB2, TB, PX, PS e SG as porcentagens de Nitrogênio Total foram respectivamente de 0,40%, 0,36%, 0,41%, 0,43% e 0,39%. As porcentagens de Carbono Total encontradas durante este mesmo período foram respectivamente de 1,38% e 1,65% nas estações CV e NV. Nas estações TB2, TB, PX, PL, PS e SG as porcentagens de Carbono Total foram respectivamente de 2,80%, 2,54%, 2,98%, 2,12%, 2,87% e de 3,03%. Sendo SG a estação que apresentou o maior valor médio percentual de Carbono Total entre todas as estações avaliadas na primavera (Figura 6).

Os valores encontrados durante o período de primavera para $\delta^{15}\text{N}$, apresentados na figura 5, foram inferiores a 2‰ na estação TB2, entre 2 a 3‰ nas estações PX, PL, PS, SG e CV, e superiores a 2‰ nas estações, TB e NV. Sendo que na estação TB, o valor encontrado de 3,40‰ foi o maior entre todas as estações estudadas para o período. Para o $\delta^{13}\text{C}$, valores entre -20 e -19‰ foram encontrados nas estações TB e PS. Valores entre -19 e -18 ‰ foram encontrados nas estações Timbebas 2, Pedra da Lixa, Pedra de Leste e Coroa Vermelha, e valores entre -18 e -16 ‰ foram encontrados nas estações SG e NV. As porcentagens encontradas no período de primavera para o Nitrogênio Total nas amostras provenientes dos recifes foram, respectivamente de 0,17%, 0,20% e 0,27% nas estações CV, NV e PL. Nas estações TB2, TB, PX, PS e SG as porcentagens de Nitrogênio Total foram respectivamente de 0,40%, 0,36%, 0,41%, 0,43% e 0,39%. As porcentagens de Carbono Total encontradas durante este mesmo período foram respectivamente de 1,38% e 1,65% nas estações CV e NV. Nas estações TB2, TB, PX, PL, PS e SG as porcentagens de Carbono Total foram respectivamente de 2,80%, 2,54%, 2,98%, 2,12%, 2,87% e de 3,03%. Sendo SG a estação que apresentou o maior valor médio percentual de Carbono Total entre todas as estações avaliadas na primavera (Figura 6).

Os valores encontrados durante o verão para a razão C/N foram inferiores a 7 nas estações TB2, TB, e PS e superiores a 7 nas estações PX, PL, SG, CV e NV. A maior razão C/N encontrada durante o verão foi de 7,78 na estação Sebastião Gomes. Durante o outono os valores da razão C/N foram inferiores a 7 nas estações TB2, TB e PX e foram superiores a 7 nas estações PL, PS, SG, CV e NV, sendo esta estação a que apresentou a maior razão C/N no período do outono, com valor igual a 8,22. Durante o Inverno os valores da razão C/N foram inferiores a 7 nas estações TB, PL e PS e maiores que 7 nas estações TB2, PX, CV e NV. O valor obtido para a razão C/N na estação SG foi igual a 7. O maior valor encontrado durante o inverno foi igual 7,53 e ocorreu na estação NV. E finalmente a razão C/N durante as amostragens de primavera apresentou valor inferior 7 somente na estação Ponta Sul. As demais estações, TB2, TB, PX, PL, SG, CV e NV apresentaram valores para a razão C/N superiores a 7. Sendo NV a estação que apresentou o maior valor para a razão C/N, 8,29 (Figura 6).

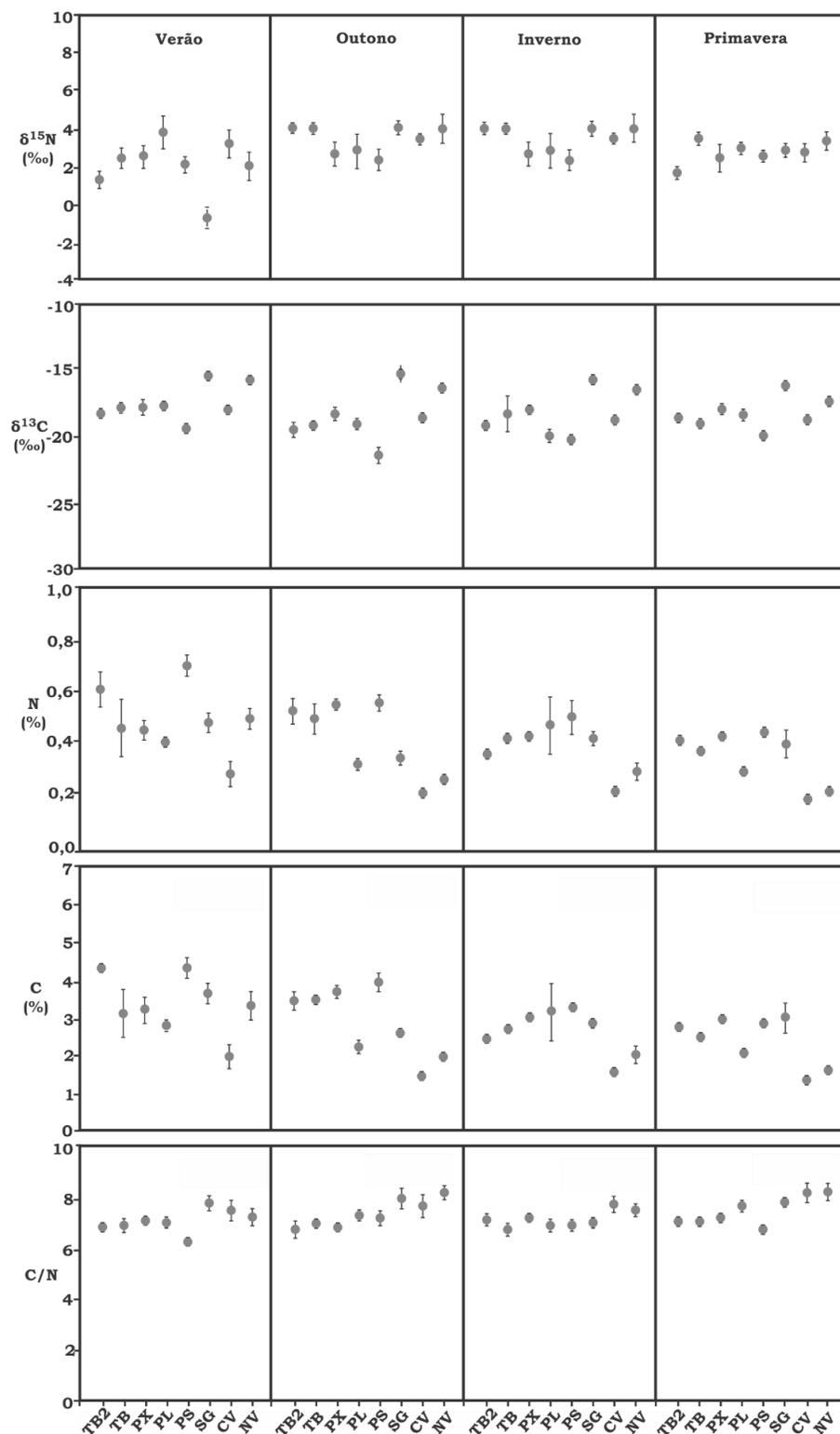


Figura 12- Valores sazonais médios nas estações amostradas para; a) $\delta^{15}\text{N}$ (‰); b) $\delta^{13}\text{C}$ (‰); c) Nitrogênio Total (%); d) Carbono Total (%) e; e) razão C/N. TB2 – Timbebas Norte, TB – Timbebas Sul, PX – Pedra da Lixa, PL – Pedra de Leste, PS – Ponta Sul, SG – Sebastião Gomes, CV – Coroa Vermelha e NV – Nova Viçosa.

Os valores encontrados durante o verão para a razão C/N foram inferiores a 7 nas estações TB2, TB, e PS e superiores a 7 nas estações PX, PL, SG, CV e NV. A maior razão C/N encontrada durante o verão foi de 7,78 na estação Sebastião Gomes. Durante o outono os valores da razão C/N foram inferiores a 7 nas estações TB2, TB e PX e foram superiores a 7 nas estações PL, PS, SG, CV e NV, sendo esta estação a que apresentou a maior razão C/N no período do outono, com valor igual a 8,22. Durante o Inverno os valores da razão C/N foram inferiores a 7 nas estações TB, PL e PS e maiores que 7 nas estações TB2, PX, CV e NV. O valor obtido para a razão C/N na estação SG foi igual a 7. O maior valor encontrado durante o inverno foi igual 7,53 e ocorreu na estação NV. E finalmente a razão C/N durante as amostragens de primavera apresentou valor inferior 7 somente na estação Ponta Sul. As demais estações, TB2, TB, PX, PL, SG, CV e NV apresentaram valores para a razão C/N superiores a 7. Sendo NV a estação que apresentou o maior valor para a razão C/N, 8,29 (Figura 6).

DISCUSSÃO

Os ventos recorrentes na região mostram padrões bem definidos durante o ano. Onde o verão se caracteriza por ventos do quadrante norte com intensidades variando de leve brisa ($1\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$) a brisa marinha forte ($7\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$). Dados da página do INMET (www.imnet.gov.br) mostram esse padrão recorrente para outros anos, não somente 2010. Lessa e Cirano (2004) mostram padrões de ventos semelhantes aos encontrados neste trabalho. Com ventos de NE predominando durante o verão e ventos de S/SW ocorrendo durante o inverno. As diferenças em direção e intensidade no campo de ventos entre as estações do ano também é verificado por outros autores (Segal *et al.* 2008 e Dutra *et al.*, 2004). Com um conjunto de dados de 2002 a 2005, Teixeira e colaboradores (2013) identificaram a prevalência de ventos de NE durante a primavera e o verão, e predomínio do quadrante sul durante o outono e inverno. Segundo estes autores cerca de 30% dos ventos que ocorrem durante o verão e a primavera são de NE, e podem atingir velocidades de 8 m/s. Enquanto que durante o outono e o inverno cerca 40% das ocorrências são ventos de S e SE.

A granulometria das estações mostra uma característica similar entre as estações situadas ao norte da área amostral (TB2, TB, PX e PL), com uma moda principal recaindo no tamanho silte fino, e uma aparição sazonal de uma moda secundária em silte muito grosso. Para estas estações durante a primavera identifica-se a presença de argila muito fina em pequena quantidade. A estação PS apresentou no verão e na primavera uma moda principal em silte médio e uma secundária em argila. No inverno a estação PS apresentou uma moda secundária em areia média, diferenciando-a das demais estações. As estações situadas ao sul da área amostral (SG, CV e NV) mostram granulometria com presença de uma moda principal ou secundária recaindo no tamanho areia fina. A presença de areia em quantidades consideráveis nas estações ao sul da área amostral ilustra as diferenças da energia e da morfologia entre os locais estudados. Para que as partículas maiores que silte atinjam as armadilhas coletoras é necessário que exista uma alta quantidade de energia para colocá-las em movimento, o que pode ser facilitado nestas estações pela proximidade do sedimento não consolidado presente nas rampas detríticas existentes na proximidade destas estações.

O conteúdo carbonático das amostras avaliadas mostra composições com mais de 50% em todas as estações e em todos os períodos amostrados, exceto pela estação Coroa Vermelha. Estes valores estão em concordância com os resultados encontrados por Leão e Ginsburg (1997) para o banco dos Abrolhos. Os valores encontrados nas estações TB2 e TB ficaram entre 63% e 68%, semelhantes aos resultados encontrados por Dutra e colaboradores (2004). Os valores

encontrados por estes autores para as estações PX e PL são muito próximos aos encontrados neste trabalho, 60% na estação PX e 50% na estação PL. Segundo Leão e Ginsburg (1997) no entorno da estação PS os valores percentuais de carbonato de cálcio estariam entre 60 e 70%. As porcentagens de carbonato de cálcio encontradas para a estação PS foram superiores a 70%, valor semelhante ao encontrado por Dutra e colaboradores (2004). As estações SG, CV e NV situam-se próximas a uma área com alto conteúdo de material terrígeno, com apenas de 20 a 30% de carbonato de cálcio (Leão e Ginsburg, 1997). Mas por estarem no topo do recife os valores encontrados para as estações CV e NV tiveram porcentagens entre 45 e 50%, e 50 e 55%, respectivamente. Na estação Sebastião Gomes o conteúdo de carbonato de cálcio superou 80% na primavera, e permaneceu entre 60 e 65% nos demais períodos.

Os dados referentes a massa de material particulado em suspensão aprisionados nas armadilhas apresentaram padrões distinto conforme a época do ano. Mostrando a possível correlação entre a climatologia da região com a quantidade do material encontrado nas armadilhas. Segal e colaboradores, 2008 observaram um aumento considerável no acúmulo de material nas armadilhas posicionadas em duas das localidades estudadas neste trabalho. Entre verão e inverno estes autores verificaram que a massa aprisionada nas armadilhas chega a dobrar, atribuindo às condições climáticas estas mudanças na quantidade de material. Dutra e colaboradores, 2004, analisando dados em três estações coincidentes com este trabalho, endereçam as variações encontradas nas massas de material aprisionadas nas armadilhas às condições climáticas que ocorrem após o inverno, onde a incidência de ventos do quadrante sul proporcionariam a ressuspensão do sedimento depositado no fundo, ocasionando um maior acúmulo de material nas armadilhas durante a primavera. Os dados de 2010, analisados neste trabalho mostram as menores quantidades de material acumulado em todas as estações durante o período do verão onde os ventos predominantes incidem do quadrante norte, estes resultados são semelhantes aos encontrados por outros autores (Dutra 2003, Dutra *et al*, 2004 e Segal *et al* 2008). Já as maiores quantidades de material acumulado nas armadilhas ao longo do ano de 2010 ocorreram durante o inverno e a primavera para quatro das oito estações estudadas, e no outono para as outras quatro, diferenciando dos resultados encontrados em outros trabalhos (Dutra *et al*, 2004 e Segal *et al*. 2008). Durante a primavera, os altos valores encontrados para as localidades avaliadas ao sul da área amostral também foram identificados por Segal (2003). A maior média encontrada para a estação Sebastião Gomes na primavera de 2010 foi cerca de 30 vezes maior do que a menor média encontrada para o mesmo período na estação Timbebas 2. Valores semelhantes na grande quantidade de massa de material capturado pelas armadilhas foram encontrados por Segal (2003) no inverno e na primavera em experimentos posicionados nos recifes costeiros do banco dos Abrolhos, identificando diferenças espaciais e temporais na quantidade de material encontrado nas estações de pesquisa.

Os resultados médios das análises isotópicas, encontrados por diversos autores (Souza 2013, Spanó *et al* 2014, Sousa *et al* 2015 e Ribeiro 2011) nos manguezais de Caravelas e Alcobaça, nos canais estuarinos de Caravelas e Nova Viçosa, no canal que separa o arco recifal do continente, e nos recifes costeiros são apresentados tabela 5 e nas figuras 10 e 11. Os valores encontrados para $\delta^{15}\text{N}$ e $\delta^{13}\text{C}$ foram respectivamente 2,78 ‰ e -26,44‰ em Caravelas e 2,12 ‰ e -26,65 ‰ em Alcobaça (Ribeiro, 2011). Para o manguezal de Caravelas segundo Sousa (2013) os valores foram de 1,00 ‰ e -26,90 ‰, respectivamente para $\delta^{15}\text{N}$ e $\delta^{13}\text{C}$. As porcentagens encontradas para o nitrogênio total e o carbono total nas amostras provenientes do manguezal foram respectivamente 0,10 e 0,19 em Caravelas e 1,80 e 3,65 em Alcobaça (Ribeiro 2011). Para o manguezal de Caravelas segundo Sousa (2013) os valores encontrados foram de 0,25% para o

nitrogênio total e 4,50% para o carbono total. Ainda segundo este mesmo autor (Souza, 2013) os valores de $\delta^{15}\text{N}$ encontrados no canal que separa os recifes do continente e nos recifes costeiros foram respectivamente 0,70‰ e 3,10‰, enquanto que os valores de $\delta^{13}\text{C}$ foram -20,75‰ para o canal e -18,33‰ para os recifes. Os valores de nitrogênio total encontrado por Souza (2013) para o canal e para os recifes foram iguais a 0,10% e 0,14%, e para o carbono total os valores encontrados foram 0,85% para o canal e 1,12% para o recife. Para as amostras provenientes das armadilhas, os valores médios encontrados para $\delta^{15}\text{N}$ e $\delta^{13}\text{C}$ foram respectivamente iguais a 2,58‰ e -18,2‰. Enquanto que as porcentagens encontradas para nitrogênio total e o carbono total nestas mesmas amostras foram iguais a 0,39 e 2,83%. Os valores médios encontrados para a razão C/N foram, segundo Ribeiro (2011), de 19,0 para o manguezal de Alcobaça, e de 17,7 para o manguezal de Carevelas. Segundo Souza (2013) o valor para o manguezal de Caravelas foi igual a 18,3. Este mesmo autor encontrou para o canal que separa os recifes do continente um valor igual a 9,5, e para os recifes um valor igual a 8,0. Spanó e colaboradores (2014) encontrou para o canal estuarino de Caravelas para Nova Viçosa um valor igual a 18,9 e para o canal estuarino de Nova Viçosa para Caravelas um valor igual a 18,8. A razão entre C/N encontrada para as armadilhas posicionadas nos recifes foi de 7,3.

Usando a razão C/N para avaliar a influência relativa da matéria orgânica (MO) marinha e terrestre como sugerido por Guo e colaboradores (2004) e Usui e colaboradores (2006) teríamos com os resultados das análises a indicação de origem marinha. Os dados mostram o valor mínimo de 6,27 da razão C/N na estação Ponta Sul (PS) durante o verão e máximo de 8,29 na estação Nova Viçosa (NV). Ambos os valores, assim como os demais encontrados, enquadram-se segundo Saito & Matsumoto (1989) em derivados de fontes marinhas, visto estes valores estarem entre 5 e 7, ou próximos a 7, como sugerem os autores. A indicação de que a MO analisada seria proveniente de fontes marinhas também encontra respaldos em Stein (1991), que coloca valores inferiores a 10 como indicativo de fontes marinhas e próximos a este valor contribuições marinha e terrestre. Deste modo todos os resultados encontrados enquadrariam a proveniência das fontes como sendo marinhas.

Quando comparadas com outros resultados da mesma região, e da baía de Todos os Santos, figura 7, a razão C/N apresenta valores similares. Contudo, uma maior quantidade de matéria orgânica pode ser endereçada ao processo de armadilhagem, evidenciado nos valores de Carbono Total, onde os resultados são cerca de duas vezes maiores que em outros trabalhos (Souza *et al.* 2013 e 2015), e na quantidade de Nitrogênio Total, onde os valores são cerca de duas ou três vezes superiores aos resultados encontrados por Souza *et al.* 2013 e 2015.

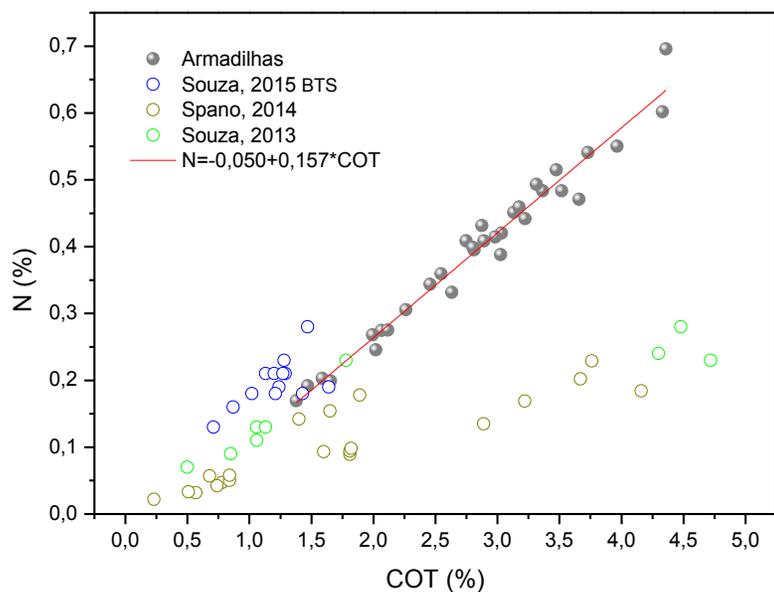


Figura 13 – Razão C/N encontrada para as amostras das armadilhas posicionadas nos recifes costeiros, para as amostras costeiras e estuarinas da região dos Abrolhos (Souza et al.2013), e para as amostras da região da Baía de Todos os Santos (Souza et al. 2015).

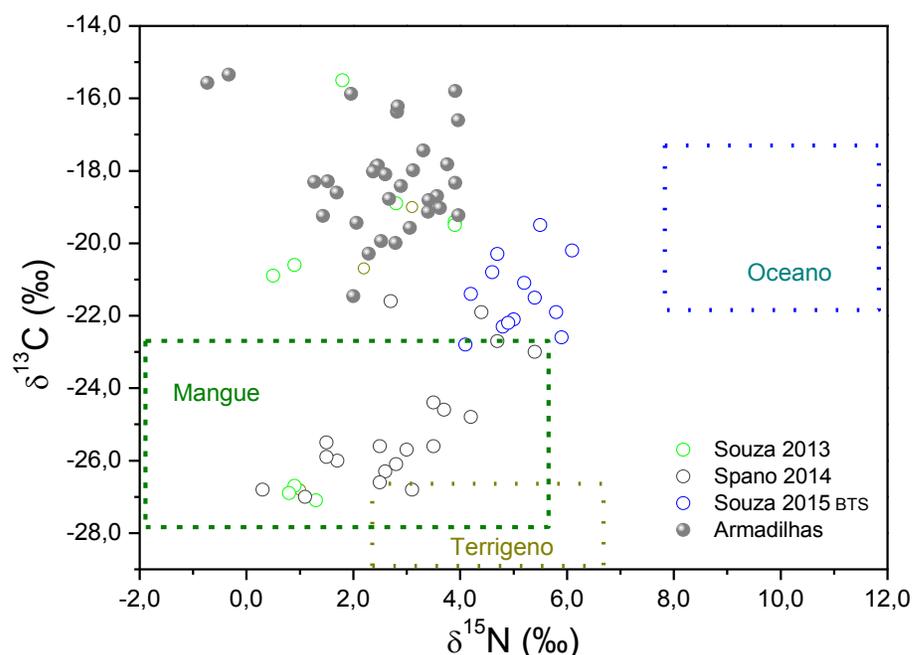


Figura 14- Comparação entre os resultados encontrados na área de estudo deste trabalho para os isótopos $\delta^{13}C$ e o $\delta^{15}N$ com os valores encontrados por outros autores para a mesma área. Para os polígonos foram usadas as referências Kumara (2011), Goñi *et. al.*, 2003, Barros *et. al.*, 2010 e Carreiras *et. al.*, 2012.

Para a construção dos intervalos ilustrados nas figuras 9 e 10 referente aos valores de $\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{15}\text{N}$ e C/N foram utilizadas as seguintes referências Kumara (2011), Goñi *et al.*, (2003), Barros *et al.*, (2010), Carreiras *et al.*, (2012). Os valores isotópicos encontrados nas análises do material analisado neste trabalho estão em intervalos semelhantes a literatura acima citada. Sugerindo, deste modo, uma origem marinha para o material analisado.

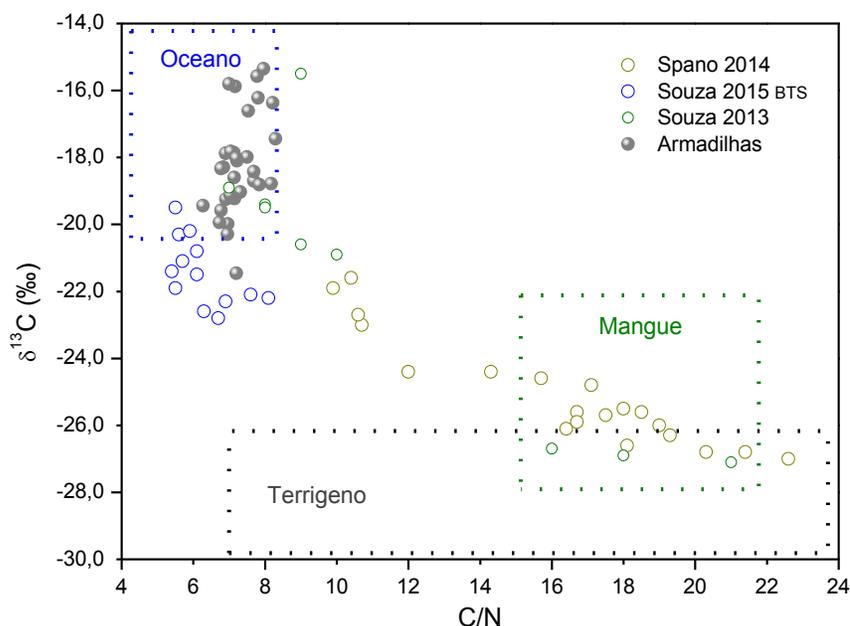


Figura 15 - Comparação entre os resultados encontrados na área de estudo deste trabalho para os isótopos $\delta^{13}\text{C}$ e a razão C/N com os valores encontrados por outros autores para a mesma área. Para os polígonos foram usadas as referências Kumara (2011), Goñi *et al.*, (2003), Barros *et al.*, (2010), Carreiras *et al.*, (2012).

Tabela 2- Valores médios de $\delta^{15}\text{N}$, de $\delta^{13}\text{C}$, Nitrogênio total, Carbono total e razão entre Carbono e Nitrogênio (C/N) encontrado nos manguezais de Caravelas e Alcobaça, recifes e canal de Abrolhos e sedimentos armadilhados.

	Local	N (%)	COT (%)	$\delta^{15}\text{N}(\text{‰})$	$\delta^{13}\text{C}(\text{‰})$	C/N
(Souza, 2013)	Mangue Caravelas	0,25	4,50	1,00	-26,90	18,3
	Canal Arco Int.	0,10	0,85	0,70	-20,75	9,5
	Recifes	0,14	1,12	3,10	-18,33	8,0
(Spano <i>et al.</i> , 2014)	Canal Estuarino C-NV	0,10	1,90	1,43	-26,10	18,9
	Canal Estuarino NV-C	0,09	1,77	3,28	-25,84	18,8
(Ribeiro, 2011)	Mangue Caravelas	0,10	1,80	2,78	-26,44	17,7
	Mangue Alcobaça	0,19	3,65	2,12	-26,65	19,0
(Spano, 2015)	Armadilhas nos recifes	0,39	2,83	2,58	-18,20	7,3
(Souza <i>et al.</i> , 2015)	BTS	0,20	1,21	5,09	-18,02	6,3

O sedimento marinho reflete a composição isotópica de sua fonte de carbono. Nos oceanos a principal fonte é o fitoplâncton (-18‰ a -24‰) e nas áreas costeiras, além do fitoplâncton existe a contribuição do material terrestre carregado pelos rios (Martinelli, 2009). Deines (1980), fez uma classificação para os valores isotópicos do carbono e em sedimentos marinhos, obtendo uma distribuição bimodal, onde uma moda teria valores mais pesados, entre -10 e -

19‰, e outra, mais leve, teria valores entre -20 e -30‰, sendo que os valores mais frequentes recairiam na moda mais leve, entre -23 e -25‰. No sedimento analisado os valores encontrados foram inferiores a -20 ‰, exceto pela estação Ponta Sul no período de outono e inverno, onde os valores encontrados foram iguais a -21,46 ‰ ($\pm 0,64$) e -20,29 ‰ ($\pm 0,11$), respectivamente. Sendo esta estação (Ponta Sul) a localidade com os menores valores encontrados entre todas as estações avaliadas. Os valores mais pesados foram encontrados na estação Sebastião Gomes, a qual teve o seu maior valor igual a -15,57 ‰ ($\pm 0,10$) no verão, e o menor igual a -16,22 ‰ ($\pm 0,18$) na primavera. Estes resultados nos permitem classificar, segundo a literatura acima citada, a fonte dos sedimentos coletados nas estações como sendo marinha, visto a maior parte destes valores estarem em torno de -18 ‰ (Tabela 2).

Os valores de $\delta^{15}\text{N}$ dependem das características do ciclo do nitrogênio local. As variações das taxas dos processos de fixação do nitrogênio a partir da atmosfera, da mineralização, nitrificação e desnitrificação determinam o fracionamento isotópico do nitrogênio (Högberg, 1997). Os valores médios de $\delta^{15}\text{N}$ das folhas de árvores das formações florestais do Brasil próximas ao oceano têm valores médios de 3,13‰ ($\pm 1,73$) (Martinelli, 2009). Nos sedimentos estudados, os valores encontrados para o $\delta^{15}\text{N}$ variaram de $1,27 \pm 0,37\%$ na estação Timbebas 2 no período do verão, a $3,96 \pm 0,70\%$ na estação Nova Viçosa no período de inverno. O inverno foi o período onde ocorreram os maiores valores para as estações Timbebas 2, Timbebas, Pedra da Lixa, Sebastião Gomes e Nova Viçosa. As estações Pedra de Leste, Ponta Sul e Coroa Vermelha apresentaram os maiores valores respectivamente nos períodos de verão, primavera e outono. Os menores valores encontrados ocorreram durante o verão para as estações Timbebas 2, Sebastião Gomes e Nova Viçosa, durante o outono para as estações Timbebas, Pedra da Lixa e Ponta Sul, durante o inverno para a estação Pedra de Leste e durante a primavera para a estação Coroa Vermelha. A variabilidade do $\delta^{15}\text{N}$ dos resultados encontrados entre as estações e os períodos estudados não permite afirmar categoricamente a origem da fonte dos sedimentos analisados, necessitando como feito, a interpretação conjunta na razão C/N.

Os valores médios de Nitrogênio total apresentaram variações entre as estações e períodos monitorados. A estação com o maior percentual médio foi a Ponta Sul no período de verão ($0,70 \pm 0,04\%$), e a estação com menor valor médio foi a Coroa Vermelha na primavera ($0,17 \pm 0,01\%$). Os percentuais de Nitrogênio total registraram os maiores valores médios durante o verão nas estações Timbebas 2, Ponta Sul, Sebastião Gomes, Coroa Vermelha e Nova Viçosa, durante o outono nas estações Timbebas e Pedra da Lixa, e durante o inverno na estação Pedra de Leste. Em contrapartida, os menores valores médios foram registrados durante a primavera para estações Timbebas, Pedra da Lixa, Pedra de Leste, Ponta Sul, Coroa Vermelha e Nova Viçosa, durante o outono na estação Sebastião Gomes e durante o inverno na estação Timbebas 2.

Como ilustrado nas figuras 9 e 10, os valores encontrados indicam uma mistura entre componentes. Com relação às amostras de matéria orgânica particulada, o comportamento em relação ao $\delta^{13}\text{C}$ e o $\delta^{15}\text{N}$ é semelhante ao encontrado em outros estudos na região, apesar dos valores isotópicos serem ligeiramente diferentes. Os resultados encontrados por Sousa e colaboradores (2013) para $\delta^{13}\text{C}$ e para a razão C/N na área recifal é muito próximo aos valores encontrados neste trabalho. Segundo Barros (2010) valores isotópicos referentes a composição da matéria orgânica total em estuários na costa brasileira indicam valores $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$ variando de -21.7 a -26.2‰ e +9.2 a -0.1‰. Nas análises realizadas os valores de $\delta^{13}\text{C}$ ficaram acima de -21.7‰, sugerindo então uma origem marinha, enquanto que os valores de $\delta^{15}\text{N}$ ficaram entre 1,2 e 4,0‰, valores semelhantes aos estuarinos.

CONCLUSÕES

As variações encontradas na massa de sedimento aprisionada nas armadilhas refletem as condições oceanográficas vigentes em cada período amostral, onde as forçantes dinâmicas, ventos e ondas, são responsáveis pela suspensão de partículas do fundo para a coluna d'água. Estas diferenças de massa implicam em pequenas diferenças percentuais do conteúdo de carbonato existente em cada amostra em diferentes períodos do ano. Mesmo com a existência de diferenças entre as massas encontradas e o percentual de carbonato, as análises isotópicas não indicam diferenças de fontes. A sazonalidade vista na quantidade de material retido nas armadilhas e na porcentagem de carbonato de cálcio não é encontrada entre os isótopos de ^{13}C e ^{15}N , o mesmo vale para as razões de C/N nas diferentes estações amostrais, que durante um ciclo anual não indicam diferenças na fonte do material que chega às armadilhas.

Segundo os resultados encontrados por este trabalho não existe diferença na origem do material aprisionado dentro das armadilhas ao longo do ano de 2010. As diferenças encontradas refletem somente em quantidade de material, e não em composição. Mesmo com as diferenças no conteúdo de carbonato de cálcio é possível afirmar que as fontes do material particulado em suspensão analisadas neste trabalho não mudam. A plataforma rasa da área estudada é conhecida por ser uma plataforma transicional entre a dominância siliciclástica, material terrígenos com proveniência do continente para zonas de dominância carbonática, formada por material de origem biogênica produzida pelos organismos que compõem os recifes encontrados na região. Esta fonte marinha produz material o ano todo para o sistema, ficando por conta da física recorrente nas localidades a disponibilização deste para o ambiente circundante. Sendo então a variabilidade encontrada, resultado das diferenças dinâmicas (ventos e ondas) existentes ao longo do ano.

Com relação aos ecossistemas na região de Abrolhos, os valores de $\delta^{13}\text{C}$ inferiores a 20‰ encontrados no fluxo vertical de material particulado em suspensão nos recifes costeiros do banco dos Abrolhos, e superiores a 25‰ no sedimento coletado nos canais estuarinos de Nova Viçosa e Caravelas (Spanó *et al.*, 2014) mostram distintas assinaturas, confirmando as diferentes fontes de material disponibilizado para estes ecossistemas. O mesmo é visto na razão C/N, onde valores inferiores a 10 foram encontrados nos recifes, e valores superiores a 15 foram encontrados nos manguezais (Spanó *et al.*, 2014). Confirmando deste modo a diferença entre as fontes do material que chega as localidades.

REFERENCIAS

- Barros G. V., Martinelli L. A., Oliveira Novais T. M., Ometto J. P., Zuppi G. M. 2010. Stable isotopes of bulk organic matter to trace carbon and nitrogen dynamics in a estuary ecosystem in Babitonga Bay (Santa Catarina, Brazil). *Science of the Total Environment*, 408: 2226-2232
- Böttcher M. E., Oelschläger B., Höpner T. Brumsack H. J e Rullkötter J. 1998. Sulfate reduction related to the early diagenetic degradation of organic matter e "black spot" formation in tidal seflat of the German Wadden Sea (Southern North Sea): stable isotopes (^{13}C , ^{34}S , ^{18}O) e other geochemical results. *Organical Geochemistry* 29 1517-1530.
- Carreira R. S., Wagener A. L. R., Readman J. W., Fileman T. W., Macko S. A. e Veiga A. 2002. Changes in the sedimentary organic carbon pool of a fertilized tropical estuary Guanabara Bay Brazil: an elemental isotopic e molecular marker approach. *Marine Chemistry* 79, 207-227.
- Cifuentes L. A., Sharp J. H. e Fogel M L. 1988. Stable carbon e nitrogen isotope biogeochemistry in the Delaware estuary. *Limnology e Oceanography* 35, 1102-1115.
- Cifuentes L. A., Fogel M. L., Pennock J. R. e Sharp J. H. 1989. Biogeochemical factors that influence the stable nitrogen isotope ratio of dissolved ammonium in the Delaware Estuary. *Geochemica et Cosmochemica Acta* 53, 2713-2721.
- Craft C. B., Broome S. W., Seneca E, D. e Showers W. J. 1988. Estimating sources of soil organic matter in natural e transplanted estuarine marshes using stable isotopes of carbon e nitrogen. *Estuarine, Coastal e Shelf Science* 26, 633-641.
- Dutra, L.X.C. 2003. Os efeitos do aporte de sedimento na vitalidade dos recifes de corais de Abrolhos, Bahia. Dissertação de mestrado Instituto de Geociências. Universidade Federal da Bahia. 84p.
- Dutra , L.X.C. Kikuchi, R. K. P. e Leão, Z. M. A. N.(2004). Effects of sediment Accumulation on Reef Corals from Abrolhos, Bahia, Brazil. *Journal of Coastal Research*. Special issue 39: 633 – 638.
- Ertel J. R. e Hedges J. I. 1984. The lignin component of humic substances: Distribution among soil e sedimentary humic, fulvic, e base-insoluble fractions. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 48, 2065-2074.
- Ertel J. R., Hedges J. I., Devol A. H. e Richey J. E. 1986. Dissolved humic substances of the Amazon River system. *Limnology e Oceanography* 31, 739-754.

Freudenthal T., Wagner T., Wenzhöfer F., Zabel M. e Wefer G. 2001. Early diagenesis of organic matter from sediments of the eastern subtropical Atlantic: evidence from stable nitrogen e carbon isotopes. *Geochemica et Cosmochemica Acta* 65 1795-1808.

Fry B. e Sherr E. B. 1984. $\delta^{13}\text{C}$ measurements as indicators of carbono flow in marine e freshwater ecosystems. *Contributions in Marine Sciences* 27, 13-74.

Goñi M. A., Ruttenger K. C. e Eglinton T. I. 1997. Sources e contribution of terrigenous organic carbon to surface sediments in the Gulf of Mexico. *Nature* 389, 275-278.

Graham M. C., Eaves M. A., Farmer J. G., Dobson J. e Fallick A. E. 2001. A Study of Carbon e Nitrogen Stable Isotope e Elemental Ratios as Potential Indicators of Source e Fate of Organic Matter in Sediments of the Forth Estuary, Scotle. *Estuarine, Coastal e Shelf Science* 52, 375-380.

Guo L., Erews J., Riding R., Dennis P. e Dresser J. 1996. Possible Microbial Effects on Stable Carbon Isotopes in Hot-spring Travertines. *Journal of Sedimentary Research* 66, 468-473.

Guo L., Tanaka T., Wang D., Tanaka N. e Murata A. 2004. Distributions speciation e stable isotope composition of organic matter in the southeastern Bering Sea. *Marine Chemistry* 91, 211-226.

Hedges J. I. e Parker P. L. 1976. Le-derived organic matter in surface sediments from the Gulf of Mexico. *Geochemica et Cosmochemica Acta* 40, 1019-1029.

Hedges J. I., Clark W. A., Quay P. D., Richey J. E., Devol A. H. e Santos U. M. 1986. Compositions e fluxes of particulate organic material in the Amazon River. *Limnology e Oceanography* 31, 717-738.

Hedges J. I. e Keil R. G. 1995. Sedimentary organic matter preservation: an assessment e speculative synthesis. *Marine Chemistry* 49, 81-115.

Hedges J. I., Keil R. G. e Benner R. 1997. What happens to terrestrial organic matter in the ocean? *Organic Geochemistry* 27, 195-212.

INMET Instituto Nacional de Meteorologia

Keil R. G. e Hedges J.I. 1993. Sorption of organic matter to mineral surfaces e the preservation of organic matter in coastal marine sediments. *Chemical Geology* 107, 385-388.

Hoefs, J. 1987. *Stable isotope geochemistry*. Vol. I, Spring Verlag, Berlin. 201p.

Keil R. G., Tsamakis E., Fuh C. B., Giddings C. e Hedges J. I. 1994. Mineralogical e textural controls on the organic composition of coastal marine sediments: Hydrodynamic separation using SPLITT-fractionation. *Geochemica et Cosmochemica Acta* 58, 879-893.

Kiel R. G., Tsamakis E., Giddings C. e Hedges J. I. 1998. Biochemical distributions (amino acids, neutral sugars, e lignin phenols) among size-classes of modern marine sediments from the Washington coast. *Geochemica et Cosmochemica Acta* 62, 1347-1364.

Kumara M.P. 2011. The Impacts of Tree Density on the Physical and Biological Characteristics of Planted Mangrove Stands in Sri Lanka. A thesis submitted in partial fulfilment of the requirements of Edinburgh Napier University, for the award of Doctor of Philosophy. Edinburgh Napier University, School of Lifesciences, Edinburgh, Scotland, Thesis.

Leão, Z. M. A. N.; Ginsburg, R.N., 1997. Living Reefs Surrounded by Siliciclastics Sediments: The Abrolhos Coastal Reefs, Bahia, Brazil. *Proceeding of 8th International Coral Reef Symposium*, v. 2, p. 1767-1772.

Lessa G.C. and Cirano M. 2004. On the circulation of a coastal channel within the Abrolhos coral-reef system - Southern Bahia (17 40' S). *Journal of Coastal Research*, 1:450-453.

Lucotte M., Hillaire-Marcel C. e Louchouart P. 1991. First-order organic carbon budget in the St Lawrence Lower estuary from ^{13}C data. *Estuarine, Coastal e Shelf Science* 32, 297-312.

Martinelli L.P., Ometto J., Ferraz E., Victoria R., Camargo P. e Moreira M. 2009. *Desvendando Questões Ambientais com Isótopos Estáveis*. Oficina de Textos, São Paulo. 144p.

Meyers P. A. 1997. Organic geochemical proxies of paleoceanographic, paleolimnologic, e paleoclimatic processes. *Organic Geochemistry* 27, 213-250.

Middelburg J. J. e Nieuwenhuize J. 1998. Carbon e nitrogen stable isotopes in suspended matter e sediments from the Schelde Estuary. *Marine Chemistry* 60, 217-225.

Nakastuka T., Hea N., Harada N., Sugimoto T. e Iamazumi S. 1997. Origin e decomposition of sinking particulate organic matter in the deep water column inferred from the vertical distributions of its $\delta^{15}\text{N}$, $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{14}\text{C}$. *Deep-Sea Research* 44, 1957-1979.

Ogrinc N., Fontolan G., Faganeli J. e Covelli S. 2005. Carbon e nitrogen isotope compositions of organic matter in coastal marine sediments the Gulf of Trieste N Adriatic Sea indicators of sources e preservation. *Marine Chemistry* 95, 163-181.

- Orem W. H., Burnett W. C., Leing W. M., Lyons W. B. e Showers W. 1991. Jellyfish Lake, Palau: Early diagenesis of organic matter in sediments of an anoxic marine lake. *Limnology e Oceanography* 36, 526-543.
- Ostrom N. E., Macko S. A. e Thompson R. J. 1997. Seasonal variation in the stable carbon e nitrogen isotope biogeochemistry of a coastal cold ocean environment. *Geochemica et Cosmochemica Acta* 61, 2929-2942.
- Peters K. E., Sweeney R. E. e Kaplan R.I. 1978. Correlation of carbon e nitrogen stable isotope ratios in sedimentary organic matter. *Limnology e Oceanography* 23, 598-604.
- Prahl F. G., de Lange J. R., Scholten S. e Cowie G. L. 1997. A case of post-depositional aerobic degradation of terrestrial organic matter in turbidite deposits from the Madeira Abyssal Plain. *Organical Geochemistry* 27, 141-152.
- Raymond P. A. e Bauer J. E. 2001a. Riverine export of aged terrestrial organic matter to the North Atlantic Ocean. *Nature* 409, 497-500.
- Raymond P. A. e Bauer J. E. 2001b. Use of ^{14}C e ^{13}C natural abundances for evaluating riverine, estuarine, e coastal DOC e POC sources e cycling: a review e synthesis. *Organic Geochemistry*. 32, 469-485.
- Ribeiro dos Santos T. H. 2011. Aprimoramento da metodologia de análise elementar de razão isotópica do $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ e $^{15}\text{N}/^{16}\text{N}$ em sedimentos. Determinação da razão isotópica $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ e $^{15}\text{N}/^{16}\text{N}$ e da razão atômica C/N da matéria orgânica de sedimentos. Evidência para o entendimento da origem e transporte de sedimento marinho. Relatório final para o programa Institucional de bolsas de Iniciação Científica (PBIC) 7p.
- Rogers K. M. 2003. Stable carbon e nitrogen isotope signatures indicate recovery of marine biota from sewage pollution at Moa Point New Zeale. *Marine Pollution Bulletin* 46, 821-827.
- Rumolo P., Barra M., Gherardi S., Marsella E. e Sprovieri M. 2011. Stable isotopes e C N ratios in marine sediments as a tool for discriminating anthropogenic impact. *Journal of Environmental Monitoring* 13, 3399-3408.
- Saito Y., Nishimura A. e Matsumoto E. 1989. Transgressive se sheet covering the shelf e upper slope off Sendai, Northeast Japan. *Marine Geology* 89, 245-258.
- Sampei Y. e Matsumoto E. 2005. C/N ratios in a sediment core from Nakaumi Lagoon, southwest Japan: usefulness as an organic source indicator. *Geochemical Journal* 35, 189-205.
- Segal-Ramos, B.(2003). Corais e comunidades recifais e sua relação com a sedimentação no Banco dos Abrolhos, Brasil. Tese de Doutorado, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

- Segal, B., Evangelista, H., Kappel, M., Gonçalves, A.C., Polito, P.S., Santos, E.A., 2008. Potencial impacts of polar fronts on sedimentation processes at Abrolhos coral reef (South-West Atlantic Ocean/Brazil).
- Sigleo A. C. e Macko S. A. 2002. Carbon e Nitrogen Isotopes in Suspended Particles e Colloids, Chesapeake e San Francisco Estuaries, U.S.A. *Estuarine Coastal Shelf Science* 54, 701-711.
- Souza J. R. B. 2015. Caracterização molecular e isotópica da matéria orgânica em suspensão e em sedimentos na Baía de Todos os Santos. Tese de Doutorado, Universidade Federal da Bahia, Salvador, BA.
- Souza J. R. B.; Costa, A. B.; Azevedo, A. E. G.; Santos, T. H. R. ; Spanó S.; Lentini, C. A. D.; Bonagamba, T. J. ; Silva R. O. ; Novotny, E. H. ; Zucchi, M. R. Carbon and nitrogen stable isotope compositions of organic matter in marine sediment cores from the Abrolhos region: indicators of sources and preservation. *Geochimica Brasiliensis*, v. 27, p. 13-23, 2013.
- Spanó, S.; Belém, A. L.; Doria, R. N.; Zucchi, M. R.; Sousa, J. R. B.; [Costa, A. B.](#); Lentini, C. A. D.; Azevedo, A. E. G.. Application of organic carbon and nitrogen stable isotope and C/N ratios as source indicators of organic matter of Nova Viçosa-Caravelas estuarine complex, southern Bahia, Brazil. *Brazilian Journal of Geology*, v. 44, p. 13-21, 2014.
- Stein, R. (1991) Accumulation of organic carbon in marine sediments. Results from the Deep Sea Drilling Project/Ocean Drilling Program, Springer, Berlin.
- Struck U., Emeis K. C., Voss M. Christiansen C. e Kunzendorf H. 2000. Records of southern e central Baltic Sea eutrophication in $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$ of sedimentary organic matter. *Marine Geology* 164, 157-171.
- Sweeney R. E. e Kaplan I. R. 1980. Characterisation of domestic e industrial sewage in Southern California coastal sediments using nitrogen, carbon, sulphur e uranium tracers.. *Marine Environmental Research* 3, 225-243.
- Teixeira C. E. P., Lessa G. C., Cirano M. e Lentini C. A. D. 2013. The inner shelf circulation on the Abrolhos Bank, 18°S , Brazil. *Continental Shelf Research* 70, 13-26.
- Thornton S. F. e McManus J. 1994. Application of Organic Carbon e Nitrogen Stable Isotope e C/N Ratios as Source Indicators of Organic Matter Provenance in Estuarine Systems: Evidence from the Tay Estuary, Scotle. *Estuarine, Coastal e Shelf Science* 38, 219-233.
- Usui, T., Nagao S., Yamamoto, N., Suzuki K., Kudo I., Montani S., Noda A. e Minagawa M. 2006. Distribution e sources of organic matter in surficial sediments on the shelf e slope off Tokachi, western North Pacific, inferred from C e N stable isotopes e C/N ratios. *Marine Chemistry* 98, 241-259.

Voß M., Struck U. 1997. Stable nitrogen e carbon isotopes as indicator of eutrophication of the Oder river (Baltiv Sea). *Marine Chemistry* 59, 35-49.

Voss M., Larsen B., Leivuori M. e Vallius H. 2000. Stable isotope signals of eutrophication in Baltic Sea sediments. *Journal of Marine Systems* 25 287-298.

Wada E., Minagawa M., Mizutani H., Tsuji T., Imaizumi R. e Karasawa K. 1987. Biogeochemical studies on the transport of organic matter along the Otsuchi River watershed Japan. *Estuarine, Coastal e Shelf Science* 25, 321-336.

Waldron S., Tatner P., Jack I. e Arnott C. 2001. The Impact of Sewage Discharge in a Marine Embayment: A stable isotope reconnaissance. *Estuarine, Coastal e Shelf Science* 52, 111-115.

CAPÍTULO 4

CONCLUSÕES

As razões C/N obtidos para o sedimento de fundo no complexo estuarino Nova Viçosa-Caravelas apresentaram valores que indicam a influência de matéria orgânica terrígena. Os pontos com os maiores valores de carbono orgânico total e Nitrogênio total ocorreram próximos a cidade de Caravelas, e podem ser reflexo da influência antrópica. Em relação $\delta^{13}\text{C}_{\text{DIC}}$, foram observados valores negativos relacionados a fontes terrígena, e valores positivos relacionados a fontes marinha, mostrando a influência do oceano, principalmente na desembocadura do estuário. A análise $\delta^{13}\text{C}$ nos sedimentos estuarinos mostrou resultados consistentes com outros estudos realizados no litoral brasileiro, indicando uma origem terrestre misturada com possíveis fontes de esgotos. No entanto, a classificação do $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$ da matéria orgânica nestes sedimento mostra que estes valores são intermediários entre as duas fontes (terrestre e marinha), com uma grande tendência para a fontes terrígenas de mangue. Apesar do facto de existirem duas cidades muito perto de complexo estuarinos Nova Viçosa-Caravelas, os resultados sugerem que os processos bioquímicos inerentes ao ambiente estuarino possuem um papel importante no ciclo da matéria orgânica de origem urbana. A classificação ambiental baseado em $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$ de matéria orgânica nos sedimentos e matéria em suspensão coletado no estuário mostra que os valores variam entre terrigenous (característica dos manguezais) e intervalos marinhos, dando uma linha de base para o futuro trabalho de acompanhamento neste importante ecossistema.

Com relação aos sedimentos coletados nas armadilhas posicionadas nos recifes costeiros, as variações, encontradas na massa aprisionada, refletem as condições oceanográficas vigentes em cada período. As diferenças encontradas refletem nas pequenas variações percentuais do conteúdo de carbonato existente em cada amostra em diferentes períodos do ano. A sazonalidade vista na quantidade de material retido nas armadilhas e na porcentagem de carbonato de cálcio não é encontrada entre os isótopos de ^{13}C e ^{15}N , o mesmo vale para a razão C/N, que permanece muito próxima em todos os períodos amostrados. As análises isotópicas não indicam diferenças de fontes. Os resultados encontrados nos sedimentos coletados com armadilhas nos recifes avaliados não identificam diferença na origem do material aprisionado ao longo do ano de 2010. Na totalidade das armadilhas foram encontradas diferenças somente em quantidade de material e não em sua composição. Mesmo com as diferenças no conteúdo de carbonato de cálcio, é possível afirmar que as fontes do material particulado em suspensão analisadas não mudam durante um ciclo anual. A plataforma rasa da área estuda é conhecida por ser uma plataforma transicional entre a dominância siliciclástica para zonas de dominância carbonática, formada por material de origem biogênica produzida pelos organismos que compõe os recifes encontrados na região, caracterizando o material analisado como de origem marinha.

APÊNDICE A – JUSTIFICATIVA DA PARTICIPAÇÃO DOS CO-AUTORES

ARTIGO 1

André Luiz Belém – Possui graduação em Oceanologia pela Universidade Federal do Rio Grande (1993), mestrado em Oceanografia Biológica pela Universidade Federal do Rio Grande (1997) e doutorado em Mathematischen, Natur- und Ingenieurwissenschaft - Alfred-Wegener Institut für Polar- und Meeresforschung (2002). Atualmente é professor adjunto da Universidade Federal Fluminense. Tem experiência na área de Oceanografia, com ênfase em Modelagem de Processos Físicos e Biológicos, atuando principalmente nos seguintes temas: oceanografia, oceanografia física, interação de processos físico-biológicos, geoquímica e oceanografia e gelo marinho. Participou na elaboração final do artigo para submissão, incluindo a tradução para o inglês.

Rafael Nunes Doria - Possui graduação em Física pela Universidade Federal da Bahia (2006) e mestrado em Geofísica pela Universidade Federal da Bahia (2013). Atualmente é Professor da SENAI - Departamento Regional da Bahia. Tem experiência na área de Física. Participou ativamente nas coletas e análises do material sedimentar

Maria do Rosário Zucchi - Possui graduação em Física pela Universidade de São Paulo (1994), mestrado em Física pela Universidade de São Paulo (1997) e doutorado em Física pela Universidade de São Paulo (2001). Atualmente é professora associada da Universidade Federal da Bahia. Tem experiência em Geofísica Nuclear, atuando principalmente em isótopos ambientais. Responsável pelo laboratório de isótopos estáveis conduziu os trabalhos de coleta e análise do material sedimentar.

Jose Roberto Bispo de Souza - Possui graduação em Bacharelado em Física pela Universidade Estadual de Feira de Santana (2009), mestrado em Geofísica pela Universidade Federal da Bahia (2011) e curso- técnico-profissionalizante em Técnico em Arquitetura pelo Centro Integrado Luiz Navarro de Brito(1998). Atualmente é Professor Substituto da Universidade Federal da Bahia. Responsável pela coleta e preparação das amostras. Participou ativamente da elaboração do texto final.

Alexandre Barreto Costa - possui graduação em Bacharelado Em Física pela Universidade Federal da Bahia (1997), mestrado em Geofísica pela Universidade Federal da Bahia (2001) e doutorado em Geofísica pela Universidade Federal da Bahia (2006). Atualmente é professor Adjunto da Universidade Federal da Bahia. Tem experiência na área de Geociências, com ênfase em Geofísica Nuclear, atuando principalmente nos seguintes temas: espectrometria gama de sedimentos e rochas; radioatividade em águas subterrâneas; datação por carbono 14; datação por chumbo 210 através de espectrometria gama de alta resolução; isótopos estáveis aplicados em águas, matéria orgânica e corais; e análise elementar. Na área de geotermia, trabalha com na parte de determinação de calor radiogênico em rochas utilizando a técnica de espectrometria gama e com medidas propriedades térmicas de rochas. Pesquisador com vasta experiência em análises com isótopos estáveis, revisou o artigo em sua versão final e contribuiu significativamente para a conclusão.

Carlos Alexandre Domingos Lentini - doutor em Oceanografia Física e Meteorologia pela Rosenstiel School of Marine and Atmospheric Science da Universidade de Miami (RSMAS/UM) com Pós-Doutorado no Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo (IO-USP). Desde 2007 é Professor do Departamento de Física da Terra e do Meio Ambiente do Instituto de Física da Universidade Federal da Bahia (UFBA), atuando nos cursos de Graduação em Oceanografia e de Pós-Graduação em Geofísica (Área de Concentração em Oceanografia Física) da UFBA, e em Sistemas Costeiros e Oceânicos do Centro de Estudos do Mar (PGSISCO) da Universidade Federal do Paraná (UFPR). Atualmente é Professor Adjunto IV, pesquisador do Grupo de Oceanografia Tropical (GOAT) e do Centro de Pesquisa em Geofísica e Geologia (CPGG). Publicou mais de 50 trabalhos em revistas especializadas, capítulos de livros, anais e eventos científicos, incluindo 2 trabalhos premiados. Tem experiência na área de Oceanografia e Sensoriamento Remoto, com ênfase em Oceanografia Física, por Satélites e análise de dados geofísicos (in-situ e numéricos), atuando principalmente nos seguintes temas: dinâmica da troposfera oceânica, variabilidade climática, hidrodinâmica da plataforma continental, circulação de meso escala com ênfase no Atlântico Sudoeste e Tropical Oeste, e interações bio-físicas. É membro da American Geophysical Union (AGU), American Meteorological Society (AMETSOC), Associação Brasileira de Oceanografia (AOCEANO), Sociedade Brasileira de Geofísica (SBGf) e Sociedade Brasileira de Meteorologia (SBMet). Revisor final do manuscrito em sua versão em língua inglesa.

Antônio Expedito Gomes de Azevedo - Possui graduação em Bacharelado em Física pelo Instituto de Física (1963) e doutorado em Earth Sciences pela Columbia University (1981). Atualmente é Pesquisador Aposentado com Bolsa de Pesquisa da Universidade Federal da Bahia. Tem experiência na área de Geociências, com ênfase em Geofísica. Pesquisador sênior do laboratório de isótopos estáveis foi responsável financeiro pela execução do projeto, assim como um dos revisores da versão final para submissão.

ARTIGO 2

André Luiz Belém – Possui graduação em Oceanologia pela Universidade Federal do Rio Grande (1993), mestrado em Oceanografia Biológica pela Universidade Federal do Rio Grande (1997) e doutorado em Mathematischen, Natur- und Ingenieurwissenschaft - Alfred-Wegener Institut für Polar- und Meeresforschung (2002). Atualmente é professor adjunto da Universidade Federal Fluminense. Tem experiência na área de Oceanografia, com ênfase em Modelagem de Processos Físicos e Biológicos, atuando principalmente nos seguintes temas: oceanografia, oceanografia física, interação de processos físico-biológicos, geoquímica e oceanografia e gelo marinho. Participação na elaboração final do artigo para submissão, incluindo a tradução para o inglês.

Maria do Rosário Zucchi - Possui graduação em Física pela Universidade de São Paulo (1994), mestrado em Física pela Universidade de São Paulo (1997) e doutorado em Física pela Universidade de São Paulo (2001). Atualmente é professora associada da Universidade Federal da Bahia. Tem experiência em Geofísica Nuclear, atuando principalmente em isótopos ambientais. Responsável pelo laboratório de isótopos estáveis condução dos trabalhos de análise do material sedimentar.

ANEXO A – REGRAS DE FORMATAÇÃO DA REVISTA BRAZILIAN JOURNAL OF GEOLOGY

GUIA PARA PREPARAÇÃO DE MANUSCRITOS

Os manuscritos deverão ser digitalizados em formato Microsoft Word (.doc) e submetidos online. Os trabalhos devem ser redigidos em inglês, embora submissões em português ou espanhol possam ser aceitas. Os manuscritos podem ser submetidos nas categorias seguintes: artigos originais, comunicações rápidas, artigos com avaliação acelerada e cartas para o editor. Editoriais específicos e artigos de revisão poderão ser encomendados pelos editores.

ARTIGOS ORIGINAIS

Os manuscritos relativos a artigos originais completos não deverão ultrapassar 8.000 palavras, incluindo título, autores, instituições e endereços, resumo e palavras-chave, *abstract* e *keywords*, texto, referências e legendas. Ilustrações e tabelas deverão ser enviados em arquivos separados, e nenhum arquivo poderá ultrapassar 10 Mb de tamanho. Eles devem seguir na medida do possível a seguinte formatação:

Página de título: deverá incluir o título completo (até 250 caracteres), título curto (até 40 caracteres), endereço completo do autor correspondente e nomes dos demais autores, com afiliação.

Resumo e *Abstract*: são limitados a 250 palavras. Não são permitidas citações ou abreviações. Para *keywords* e palavras-chave, 3-6 itens devem ser usados, sem repetir palavras do título do trabalho.

Texto principal: deverá conter, preferencialmente, introdução, materiais e métodos, resultados, discussão, conclusões e agradecimentos.

a) A introdução deve explicitar o problema que foi investigado e indicar os objetivos do trabalho. Publicações prévias relevantes podem ser comentadas, ou apresentado o estado da arte no campo de estudos e considerações a respeito dos dados originais que foram obtidos.

b) Na seção “Materiais e métodos”, a informação deve ser breve, clara e suficiente. Métodos padrão necessitam apenas ser referenciados e técnicas já publicadas podem ser descritas brevemente, segundo as respectivas referências.

c) Os resultados devem trazer o relato objetivo e direto das observações efetuadas e dos dados produzidos, com algum julgamento pessoal. Tabelas e ilustrações são bem-vindas. O texto não deve repetir o que está evidente nas figuras e tabelas, mas deve comentar o significado desses dados.

d) Na seção “Discussão e Conclusões” devem ser incluídas a interpretação dos dados aportados e a relevância das novas informações à luz do conhecimento existente.

e) Os agradecimentos devem constar de um parágrafo à parte, colocado antes das referências e ser apenas os estritamente necessários.

Ilustrações: a versão digital da BJB encoraja a submissão de figuras coloridas, enquanto que a versão impressa publicará ilustrações em preto e branco e tons de cinza. Não serão aceitos encartes. As ilustrações devem conter informações claras e legíveis e incluir explicação dos símbolos utilizados. Gráficos, fotografias, fotomicrografias e pranchas serão consideradas como figuras e numeradas sequencialmente, na ordem de sua citação no texto.

Tabelas: deverão ser concisas, autoexplicativas, com as laterais abertas e numeradas sequencialmente.

Referências: citações no texto devem ter autor (es) e ano de publicação, com páginas específicas quando for apropriado. No final do artigo os trabalhos devem ser listados completos, com todos os autores, por ordem alfabética do sobrenome do primeiro autor.

COMUNICAÇÕES RÁPIDAS

Comunicações rápidas são limitadas a 2000 palavras, incluindo referências. Resumo e *abstract* são limitados a 100 palavras. A critério dos editores, essas comunicações poderão ser programadas para a primeira edição disponível.

ARTIGOS COM AVALIAÇÃO ACELERADA

Artigos com avaliação acelerada devem ser estudos originais completos, que apresentem urgência justificada para publicação rápida e, a critério dos editores, poderão ser programados para a primeira edição disponível. Eles devem seguir o mesmo formato descrito para os artigos originais.

CARTAS PARA O EDITOR

Cartas ao Editor são submetidas para comentar algum aspecto relevante das Ciências Geológicas, ou para expressar opiniões diferentes a respeito de algum artigo publicado recentemente pela revista. Nesse último caso, elas serão constituídas de um único documento, sem título, podendo incluir algumas referências. Não serão submetidas à revisão pelos pares e serão publicadas a juízo dos editores, que poderão solicitar uma resposta ao (s) autor (es) do artigo comentado.

EDITORIAIS

Editoriais devem cobrir aspectos de espectro amplo das Ciências Geológicas. Serão emitidos pelos editores da BJB, por pessoas ligadas à Sociedade Brasileira de Geologia ou por personalidades do setor. Esses documentos não serão submetidos à revisão pelos pares e serão publicados a juízo dos editores.

ARTIGOS DE REVISÃO

Artigos de revisão devem cobrir temas relevantes da Geologia. Esses artigos serão solicitados pelos editores, mas artigos de revisão submetidos espontaneamente serão bem-vindos. Nesse caso, os potenciais autores têm que levar em conta que deverão ser reconhecidos como plenamente competentes no campo de estudos em revisão.

ORGANIZAÇÃO DAS SUBMISSÕES

- a) Formato do texto: Editar o texto em Microsoft Word, espaçamento duplo, em formato A4.
- b) Elementos do texto: A hierarquização de títulos e subtítulos deverá obedecer ao padrão seguinte: Cabeçalhos de seção principal com todas as letras MAIÚSCULAS, em negrito. Seções de hierarquia inferior devem estar em letras Maiúsculas e Minúsculas, em negrito. Subseções devem estar em itálico, com todas as letras MAIÚSCULAS. Subdivisões inferiores em itálico, com a primeira letra da primeira palavra em *Maiúscula* e as demais *minúsculas*. Os locais de inserção das figuras e tabelas deverão estar assinalados no texto, em posição o mais próximo possível de sua primeira citação, seguidos das respectivas legendas. No texto, as palavras “Figura” e “Tabela” podem ser escritas por extenso, ou abreviadas entre parênteses (Fig. 1, Tab. 1). Abreviações devem ser evitadas ou usadas com parcimônia. Se usadas, devem ser definidas na primeira vez em que forem mencionadas e não devem ser utilizadas no título, resumo e *abstract*.
- c) Formato do Resumo e do Abstract: em parágrafo único, espaçamento duplo e devem ser seguidos de palavras-chave e *keywords*.
- d) Ilustrações: Letreiros e símbolos devem ter dimensões adequadas para permitir legibilidade. Escalas gráficas, se necessárias, devem ser colocadas dentro da área das ilustrações. Fotografias de afloramentos deverão apresentar barra de escala e orientação. As figuras devem ser enviadas como arquivos nos formatos .tiff ou .jpg de alta resolução (mínima de 600 dpi), podendo ser comprimidas em LZW no caso do formato .tiff.
- e) Tabelas: Devem ser digitadas em documentos Microsoft Word (.doc), compatível com formato A4.
- f) Fórmulas e Equações: Numerar as fórmulas e equações à direita, com números arábicos entre parênteses e, no texto, referir como “equação (1)”, etc.
- g) Agradecimentos: Subtítulo em negrito e itálico.
- h) Referências: Subtítulo em negrito e minúsculas. Seguem exemplos dos formatos que devem ser empregados para os tipos de referências mais frequentes.

Livros e Capítulos de Livros:

Bedell R., Crósta A.P., Grunsky E. (eds.). 2009. *Remote Sensing and Spectral Geology*. Littleton, Society of Economic Geologists, 270 p.

Kaufman A.J., Sial A.N., Frimmel H.E., Misi A. 2009. Neoproterozoic to cambrian palaeoclimatic events in southwestern Gondwana *In: Gaucher C., Sial A.N., Frimmel H.E., Helverson G.P. (eds.) Neoproterozoic-cambrian tectonics, global change and evolution: a focus on southwestern Gondwana*. Developments in Precambrian Geology, 16, Amsterdam, Elsevier, p. 369-388.

Pankhurst R.J. & Rapela C.W. (eds.). 1998. *The Proto-Andean margin of Gondwana*. London, Geological Society of London Special Publication, 142, 382 p.

Trompette R. 1994. *Geology of western Gondwana (2000–500 Ma)*: Rotterdam, Balkema, 350 p.

Artigos de Periódicos ou de Publicações Seriadas:

Almeida F.F.M. 1986. Distribuição regional e relações tectônicas do magmatismo pós-paleozóico no Brasil. *Revista Brasileira de Geociências*, 16(4):325-349.

Costa I.P., Bueno G.V., Milhomem P.S., Silva H.S.R.L., Kosin M.D. 2007. Sub-bacia de Tucano Norte e Bacia de Jatobá. Rio de Janeiro, *Boletim de Geociências da Petrobras*, 15(2):445-453.

Escayola M.P., Pimentel M.M., Armstrong R. 2007. Neoproterozoic backarc basin: sensitive high-resolution ion microprobe U-Pb and Sm-Nd isotopic evidence from the eastern Pampean Ranges, Argentina. *Geology*, 35:495-498.

Heilbron, M. & Machado, N., 2003, Timing of terrane accretion in the Neoproterozoic-Eopaleozoic Ribeira orogen (SE Brazil): *Precambrian Research*, 125:87-112.

Artigos publicados em eventos:

Astini R., Ramos V.A., Benedetto J.L., Vaccari N.E., Cañas F.L. 1996. La Precordillera: un terreno exótico a Gondwana. *In: 13º Congreso Geológico Argentino y 3º Congreso Exploración de Hidrocarburos, Actas*, v. 5, p. 293-324.

Leite Junior W.B, Bettencourt J.S., Payollav B.L. 2003. Evidence for multiple sources inferred from Sr and Nd isotopic data from felsic rocks in the Santa Clara Intrusive Suite, Rondonia, Brazil. *In: SSAGI, South American Symposium on Isotope Geology*. Salvador, *Short Papers*, p. 583-585.

Milani E.J. & Thomaz Filho A. 2000. Sedimentary basins of South América. *In: Cordani U.G., Milani E.J., Thomaz-Filho A., Campos D.A. (eds.) Tectonic evolution of South America*. 31º International Geological Congress. Rio de Janeiro, p. 389-452.

Teses e Dissertações:

Paes V.J.C. 1999. *Geologia da quadrícula Alvarenga, MG, e a gequímica: implicações geotectônicas e metalogenéticas*. MS Dissertation, Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 144 p.

Ávila C.A. 2000. *Geologia, petrografia e geocronologia de corpos plutônicos paleoproterozóicos da borda meridional do Cráton São Francisco, região de São João Del Rei, Minas Gerais*. PhD Thesis, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 401 p.

Mapas impressos:

Inda H.A.V. & Barbosa J.F. 1978. *Mapa geológico do Estado da Bahia, escala 1:1.000.000*. Salvador, Secretaria das Minas e Energia, Coordenação da Produção Mineral.

Mascarenhas J.F. & Garcia T.M. 1989. *Mapa geocronológico do Estado da Bahia. Escala 1, 1.000.000*. Texto Explicativo. Salvador, Secretaria das Minas e Energia, Coordenação da Produção Mineral. 186 p.

Schobbenhaus C. (coord.) 1975. *Carta Geológica do Brasil ao Milionésimo – Folha Goiás (SD 22)*. Texto explicativo. Brasília, Departamento Nacional da Produção Mineral, 114 p.

Relatórios internos:

Relatórios internos não serão aceitos, com exceção daqueles que são amplamente difundidos na comunidade científica e autorizados pelos consultores *ad hoc*.

FORMATO FINALE PROCEDIMENTOS DE SUBMISSÃO

Formato final: O manuscrito final para publicação é a versão definitiva, com as correções feitas e aceitas pelos consultores e editores. Deverá ser mantida a mesma formatação da versão inicial submetida e os “tipos e tamanhos de arquivos” serão aqueles indicados nos procedimentos de submissão.

Forma de envio: A submissão de manuscritos deverá ser efetuada apenas *online*, pelo Sistema Eletrônico de Submissão, de acordo com as instruções que constam da página da BJG (rbg.sbgeo.org.br), no item “Instruções para envio de artigos”. Na sequência de passos práticos, o texto deverá ser enviado no “Passo 3” (*Transferência de manuscrito*) e as ilustrações (inclusive tabelas) no “Passo 4” (*Transferência de documentos suplementares*).

Avaliação: Todos os trabalhos, após aprovação pelo Conselho Editorial, serão encaminhados para análise e avaliação de revisores, cujos comentários serão devolvidos aos autores para modificações no texto ou justificativas de sua manutenção. Somente após aprovação final dos editores os trabalhos serão encaminhados para publicação.

CONDIÇÕES PARA SUBMISSÃO NO BRAZILIAN JOURNAL OF GEOLOGY / REVISTA BRASILEIRA DE GEOCIÊNCIAS

Como parte do processo de submissão de artigos, os autores deverão declarar expressamente que:

1. Reconhecem a sua responsabilidade em redigir corretamente o artigo nos idiomas escolhidos e na terminologia técnica adequada, bem como em inserir corretamente as citações e as referências bibliográficas.

2. É obrigatório o envio de carta de submissão assinada por todos os autores. Nesta carta, os autores devem referir que a contribuição é original e inédita, nunca foi publicada e não foi ou não será enviada a outra revista enquanto sua publicação estiver sendo considerada pelo BJJG. Além disso, deve ser declarado na carta que todos os autores são responsáveis pelo conteúdo do manuscrito, participaram da concepção do projeto e/ou análise dos dados obtidos e/ou redação final do artigo e que todos concordam com a versão enviada para a publicação. O documento deve também citar que não foram omitidas informações a respeito de financiamento para a pesquisa ou de ligação com pessoas ou companhias que possam ter interesse nos dados abordados pelo artigo. Finalmente, devem ser mencionadas explicitamente situações de conflito de interesse que possam influenciar de forma inadequada o desenvolvimento ou as conclusões do trabalho.

3 A submissão está em conformidade em relação a todos os itens listados a seguir.

- O artigo não foi particionado, permitindo o entendimento integral e independente do seu conteúdo.

- O artigo, editado em Microsoft Word, formato A4, não excede 8.000 palavras.

- Cada ilustração ou tabela está sendo enviada em arquivo separado (formato .tif para as figuras).

- Nenhum arquivo ultrapassa 10Mb, tanto de texto como de ilustração.

4. Estão cientes de que as submissões que não estiverem de acordo com as “Instruções aos autores” para a RBG/BJG lhes serão devolvidas.

5. Estão cientes de que, no caso da avaliação feita pelos revisores “*ad hoc*” resultar em “*correções obrigatórias*”, terão até trinta dias para fazer as correções sugeridas pelos editores.

6. Estão cientes de que deverão verificar com o devido cuidado as provas de impressão e retorná-las aos editores com as devidas correções no prazo de 48 horas, para garantir a publicação do artigo sem erros.

7. Transferência de direitos autorais: Estão cientes de que, caso o artigo venha a ser aceito para publicação, os direitos autorais serão transferidos para a Sociedade Brasileira de Geologia por meio do envio de uma carta assinada por todos os autores.

ANEXO B – REGRAS DE FORMATAÇÃO DA REVISTA GEOLOGIA USP. SÉRIE CIENTÍFICA

Apresentação do Artigo

1. Página de rosto - deverá conter três títulos: em português, em inglês e um título curto, no idioma principal do manuscrito, com no máximo 50 caracteres contando os espaços; nome completo e instituição de origem dos autores; endereço completo do autor principal (caixa postal, logradouro, CEP, cidade, estado, país e telefone para contato), e-mail de todos os autores; número de palavras; total de figuras e de tabelas.
2. Resumo e Abstract - em um único parágrafo, devem ser concisos, com no máximo 270 palavras. Textos mais longos devem vir acompanhados de justificativa circunstanciada.
3. Palavras-chave e keywords - máximo de seis, separadas por ponto e vírgula, com a primeira letra em maiúscula. Ex.: Bacia do Araripe; Quaternário; Fácies; Depósitos magmáticos. Os descritores em inglês devem acompanhar os termos em português.
4. Texto principal - poderá ser redigido em português ou inglês. Elaborar em Word, fonte Times New Roman, tamanho 12, espaço simples. O tamanho máximo aceito para publicação é de 25 páginas, incluindo texto, resumo, abstract, tabelas, figuras e referências bibliográficas. Trabalhos mais longos podem ser aceitos desde que argumentos científicos que os justifiquem sejam apresentados e aceitos.
 - a) Na fase de submissão, inserir numeração de páginas, bem como as figuras, tabelas e legendas.
 - b) Quando o artigo estiver devidamente aprovado para publicação, as figuras e tabelas devem ser retiradas do texto. Enviá-las separadamente e numeradas, cada uma num arquivo. As legendas devem vir em um único arquivo, separadas das figuras e tabelas.
5. Títulos e subtítulos - utilizar a formatação abaixo:

NÍVEL 1 - NEGRITO, CAIXA ALTA.

Nível 2 - Negrito, caixa alta na primeira letra da primeira palavra e caixa baixa nas demais.

Nível 3 - *Itálico, caixa alta na primeira letra da primeira palavra e caixa baixa nas demais (sem negrito).*

Nível 4 - Caixa alta na primeira letra da primeira palavra e caixa baixa nas demais (sem negrito).
6. Tabelas e quadros - considerar quadro como tabela. Elaborar em Word, no modo tabela, com formato aberto, fonte Arial, tamanho 8. Obedecer às medidas: 8,2 cm (uma coluna) ou 17 cm (duas colunas), comprimento máximo de 22 cm, incluindo a legenda. Tabelas muito extensas deverão ser divididas.
 - a) Na fase de submissão, inserir as tabelas no texto, juntamente com a legenda, com a devida numeração sequencial.
 - b) Quando o artigo estiver devidamente aprovado para publicação, as tabelas devem ser retiradas do texto. Enviá-las separadamente e numeradas, cada uma num arquivo. As legendas devem vir em um único arquivo, separadas das tabelas.
7. Ilustrações - mapas, fotos, figuras, gráficos, pranchas, fotomicrografias etc., considerar como figuras. Utilizar fonte Arial, tamanho 9. Obedecer às medidas: 8,2 cm (uma coluna) ou 17 cm (duas colunas), comprimento máximo de 22 cm, incluindo a legenda. Deverão estar em formato JPEG, TIFF ou EPS, com resolução mínima de 300 dpi.

a) Na fase de submissão, inserir as figuras no texto, juntamente com a legenda, com a devida numeração sequencial. Ilustrações coloridas serão aceitas desde que os custos da impressão sejam cobertos pelo autor.

b) Quando o artigo estiver devidamente aprovado para publicação, as figuras devem ser retiradas do texto. Enviá-las separadamente e numeradas, cada uma num arquivo. As legendas devem vir em um único arquivo, separadas das figuras.

8. Citações no texto - exemplos de citação direta / citação indireta:

a) Um autor

Santos (1980) / (Santos, 1980)

b) Dois autores

Norton e Long (1995) / (Norton e Long, 1980)

c) Mais de dois autores

Moorbath et al. (1992) / (Moorbath et al., 1992)

d) Congressos, conferências, seminários etc.

No Congresso Brasileiro de Geologia (1984) / (Congresso Brasileiro de Geologia, 1984)

e) Vários trabalhos de diferentes autores

Smith (1985), Rose e Turner (1986) e Johnson et al. (1990) / (Smith, 1985; Rose e Turner, 1986; Johnson et al., 1990)

f) Citação de vários trabalhos de um mesmo autor

Smith (1979a, 1979b, 1981) / (Smith, 1979a, 1979b, 1981)

9. Referências - listar no final do texto, em ordem alfabética de autores e, dentro dessa sequência, em ordem cronológica. A exatidão das referências bibliográficas é de inteira responsabilidade dos autores. Exemplos de referências:

a) Livro com um autor

Middlemost, E. A. K. (1997). *Magma, rocks and planetary development: A Survey of Magma/Igneous Rock Systems*. Harlow: Longman.

b) Livro com dois autores

Anderson, M. P., Woessner, W. W. (1992). *Applied groundwater modeling. Simulation of flow and advective transport*. San Diego: Academic Press.

c) Livro com três ou mais autores

Harland, W. B., Armstrong, R. L., Cox, A. L. V., Craig, L. E., Smith, A., Smith, D. (1989). *A geologic time scale* (2a ed.). Cambridge: Cambridge University Press.

d) Capítulo de livro

Almeida, F. F. M., Amaral, G., Cordani, U. G., Kawashita, K. (1973). The Precambrian evolution of the South American cratonic margin south of Amazonas River. In: A. E. Nairn, F. G. Stille (Eds.), *The ocean basin and margins* (v. 1, 411-446). New York: Plenum.

e) Artigo de periódico

Caffe, P. J., Soler, M. M., Coira, B. L., Cordani, U. G., Onoe, A. T. (2008). The granada ignimbrite: a compound pyroclastic unit and its relationship with upper miocene caldera volcanism in the northern

Puna. *Journal of South American Earth Science*, 25(4), 464-484.

f) Trabalho apresentado em evento

Danni, J. C. M., Ribeiro, C. C. (1978). Caracterização estratigráfica da sequência vulcano-sedimentar de Pilar de Goiás e de Guarinos, Goiás. *XXX Congresso Brasileiro de Geologia*, v. 2, 582-596. Recife: SBG.

g) Mapa

Inda, H. A. W., Barbosa, J. F. (1978). *Mapa Geológico do Estado da Bahia*. Escala 1:1.000.000. Salvador: Secretaria de Minas e Energia do Estado da Bahia/CBPM.

h) Teses e dissertações

Petta, A. R. (1995). *Estudo geoquímico e relações petrogenéticas do batólito múltiplo composto São Vicente/Caicó (RN-Brasil)*. Tese (Doutorado). Rio Claro: Instituto de Geociências e Ciências Exatas ? UNESP.

i) Documentos em meio eletrônico

Livro

Sharkov, E. (2012). *Tectonics: Recent Advances*. Croatia: InTech, <<http://www.intechopen.com/books/tectonics-recent-advances>>.

Artigo de periódico

Soares, E. A., Tatumi, S. H. (2010). OSL age determinations of pleistocene fluvial deposits in Central Amazonia. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 82(3), 691-699. Acesso em 14 de fevereiro de 2011, <<http://www.scielo.br/pdf/aabc/v82n3/17.pdf>>.

Trabalho apresentado em evento

Souza-Lima, W., Farias, R. M. (2007). A flora quaternária dos travertinos de Itabaiana, Sergipe. *PALEO 2007*(p. 7). Itabaiana: SBP. Acesso em 18 de dezembro de 2008, <http://www.phoenix.org.br/Paleo2007_Boletim.pdf>.

j) Com numeração DOI

Livro

Zavattini, J. A. (2009). *As chuvas e as massas de ar no estado de Mato Grosso do Sul: estudo geográfico com vista à regionalização climática*. DOI: 10.7476/9788579830020.

Artigo de periódico

Evandro L. Kleina, E. L., Rodrigues, J. B., Lopesa, E. C. S., Gilvana L. Soledade, G. L. (2012). Diversity of Rhyacian granitoids in the basement of the Neoproterozoic-Early Cambrian Gurupi Belt, northern Brazil: Geochemistry, U?Pb zircon geochronology, and Nd isotope constraints on the Paleoproterozoic magmatic and crustal evolution. *Precambrian Research*, 220-221, 192-216, DOI: 10.1016/j.precamres.2012.08.007.