



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
CURSO DE GRADUAÇÃO EM OCEANOGRAFIA**

LUCAS MEDEIROS GUIMARÃES

**DISTRIBUIÇÃO E ORIGEM DA MATÉRIA ORGÂNICA
PRESENTE NOS SEDIMENTOS SUPERFICIAIS
DEPOSITADOS DA BAÍA DE TODOS OS SANTOS – BA,
BRASIL**

**Salvador
2016**

LUCAS MEDEIROS GUIMARÃES

**DISTRIBUIÇÃO E ORIGEM DA MATÉRIA ORGÂNICA
PRESENTE NOS SEDIMENTOS SUPERFICIAIS
DEPOSITADOS DA BAÍA DE TODOS OS SANTOS – BA,
BRASIL**

Monografia apresentada ao Curso de Graduação em Oceanografia, Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia, como requisito para a obtenção do grau de Bacharel em Oceanografia.

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Ana Cecília Rizzatti de Albergaria Barbosa

Salvador
2016

LUCAS MEDEIROS GUIMARÃES

**DISTRIBUIÇÃO E ORIGEM DA MATÉRIA ORGÂNICA
PRESENTE NOS SEDIMENTOS SUPERFICIAIS
DEPOSITADOS DA BAÍA DE TODOS OS SANTOS – BA,
BRASIL**

Monografia apresentada como requisito parcial para a obtenção do grau de Bacharel em Oceanografia, Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia.

Aprovada em 9 de maio de 2016.

Banca Examinadora

Ana Cecília Rizzatti de Albergaria Barbosa – Orientadora _____
Doutora em Oceanografia Química e Geológica pela Universidade de São Paulo,
USP, Brasil.
Universidade Federal da Bahia

Antônio Fernando de Souza Queiroz _____
Doutor em Geoquímica Ambiental/Geoquímica de Manguezais pela Université Louis
Pasteur de Strasbourg, Strasbourg, França.
Universidade Federal da Bahia

José Roberto Bispo de Souza _____
Doutor em Geofísica pela Universidade Federal da Bahia, Salvador, Brasil
Universidade Federal da Bahia

AGRADECIMENTOS

Ao meu pai (Antônio Caetano Pedreira Guimarães) que carregou todos esses anos “a graça de um pai” nunca me deixando faltar nada, sendo um exemplo de pessoa batalhadora. E à minha mãe (Sueliana Medeiros Guimarães) que foi “um céu de ternura aconchego e calor”, sempre lutando para defender sua cria de todos os males.

À Professora Ana Cecília Rizzatti de Albergaria Barbosa, pela orientação, pelo apoio e confiança.

Aos professores do curso de Oceanografia da UFBA, principalmente à Paulo Mafalda, Hebe Queiroz, Clemente Tanajura, Guilherme Lessa, José Maria Landim, Vanessa Hatje, que me deram um embasamento teórico e prático de grande valor. Parafraseando Isaac Newton: “*Se consegui ver mais longe é porque estava aos ombros de gigantes*”.

Ao Dr. Ícaro e à MSc. Carine (caveira), que me acolheram no grupo OMA, tendo momentos de grandes ensinamentos, mas também momentos alegres de descontração. À mestranda Mari Rios pelas risadas mais gostosas de serem dadas, ao ilustríssimo mestrando *and* técnico Marcããão, que sempre está disposto a ajudar e passar seus conhecimentos. À minha colega de turma na graduação e agora no futuro mestrado também, Jel Verane, por ser uma pessoa doce e que sempre te ajuda quando pode.

Ao corpo técnico do LEPETRO: Sarinha, Gisele Moraes, Karina, Regina, Rui, Jucineide, Isabel, Jorginho, Adriana, Cícero e Alex pelo carinho e suporte.

Aos meus primeiros orientadores Joil José Celino e Olívia Maria Cordeiro de Oliveira, e à minha 1^o tutora Tainã Mamede, muito obrigado pelo embasamento na pesquisa. Ao coordenador do LEPETRO Prof. Dr. Antônio Fernando de Souza Queiroz, obrigado por sempre investir seus conhecimentos no NEA – UFBA.

Às pessoas que moraram comigo todos esses anos aqui em Salvador: Maurício, Afrânio, Allan, Willian (Nathy e Dêsa) e Ayrán. Foram momentos incríveis que passei com vocês. Valeu por me suportarem, sei que sou chato. Sem esquecer de *mis compañeros de piso en España*: Rogério, Lígia (Flor), “Samuel, Giovane e Carlos”, nunca os esquecerei. Sem deixar de citar meus dois especiais amigos que fiz nesse intercâmbio, Nicolás e Camila. E aos amigos brasileiros que fiz em minha estada na *España*: Vinicius, Bruno, Amanda Martins (*Pisha*), Amanda Mendes, Ana Beatriz (Benja), Naiana.

Aos meus amigos de Feira de Santana: Suzi, Nana, Leonardo, Henrique, Joabe, Renata e Rafael *Pivetão*. Obrigado por terem me distraído, alegrado e esquecido dos problemas que deixava na UFBA.

À minha família Medeiros pelas gargalhadas na casa de minha avó Gazinha, em especial a João, meu primo. Valeu doido. À minha família Guimarães. Obrigado por vocês sempre tentarem me amparar.

Aos amigos do curso de Oceanografia (são tantos). Em especial às meninas do PSB: Luanna, Thaise (Utinga) e Cibele (Ciiibas) valeu pela descontração aqui pela Federação. À Nara, Igor (Mizerigão), Jessyca Beatriz, Lari Psy, Ana Paula, Leo Lopes, Amana (Dona Lena), Isana, DiixcaraDeco, Renato Gema, Laila, Lillian, Mario, Américo, Márcio Valle, Juba *Migs*, Manu, Bia de Deus, Maria, Mateus (Sheldon), Bruce. Valeu *sagalera* pelos momentos de cervejas infinitas, tsunamis fest, festas na UFBA, congressos, estudos e reflexões oceanográficas, ou não. Bem, se eu esqueci de citar alguém, foi mal, na hora você não foi importante (BRINCADEIRAAAA, as minhas VERDADEIRAS amizades saberão de quem estou falando).

Aos fundadores da família ATLANTICUS: Priscilla, Ingrid (Bê), Amanda, Tayane, Willian, Nathália e Andresa. Vou sentir muita falta da nossa EJ e do MEJ. Boa sorte aos novos membros, levem essa EJ no coração e sintam sempre o orgulho de ser MEJ.

À Rita de Cássia, nossa secretária do Colegiado. Valeu por resolver nossos *pepinos* de matrícula, e por ser essa pessoa meiga e acolhedora. Ritinha, um *xêro pra tu*.

Ao Laboratório de Física Nuclear Aplicada pelas análises realizadas. Principalmente ao Dr. José Roberto, por ter feito as análises de minhas amostras. Meu sincero obrigado.

Ao Prof. Dr. Paulo Mafalda por ter me ajudado nos resultados estatísticos, seus ensinamentos foram bastante válidos. A Carlos "*Calabresa*", por ter me ajudado na confecção dos mapas deste trabalho, sua ajuda foi de grande valia. Muito obrigado mesmo!

A todos os órgãos de fomento que me concederam bolsa científica todos esses anos (Permanecer/UFBA, CNPq e FAPESB).

À banca examinadora pelos conselhos ditos para reforçar meu conhecimento.

A todos aqueles que direta ou indiretamente contribuíram para realização dos meus sonhos.

*“Todo pasa y todo queda, pero lo nuestro es pasar,
pasar haciendo caminos, caminos sobre el mar.*

*Nunca perseguí la gloria, ni dejar en la memoria
de los hombres mi canción; yo amo los mundos sutiles,
ingrávidos y gentiles, como pompas de jabón.*

*Me gusta verlos pintarse de sol y grana, volar
bajo el cielo azul, temblar súbitamente y quebrarse...*

Nunca perseguí la gloria.

*Caminante, son tus huellas el camino y nada más;
Caminante, no hay camino, se hace camino al andar.*

*Al andar se hace camino y al volver la vista atrás
se ve la senda que nunca se ha de volver a pisar.*

Caminante no hay camino sino estelas en la mar...

*Hace algún tiempo en ese lugar
donde hoy los bosques se visten de espinos
se oyó la voz de un poeta gritar
‘Caminante no hay camino, se hace camino al andar...’*

Antônio Machado

GUIMARÃES, Lucas Medeiros. Distribuição e origem da matéria orgânica presente nos sedimentos superficiais depositados da Baía de Todos os Santos – BA, Brasil. 56 f. il. 2016. Monografia (Graduação) – Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2016.

RESUMO

Os estudos das características composicionais da matéria orgânica (M.O.) em sedimentos superficiais de ecossistemas costeiros podem ser feitos através do uso de isótopos estáveis, como o $\delta^{13}\text{C}$ e o $\delta^{15}\text{N}$. A baía de Todos os Santos (BTS) é uma região costeira com poucos estudos que quantificaram e qualificaram a M.O. nas suas matrizes sedimentares. Este trabalho tem como objetivo principal caracterizar a distribuição e as principais fontes de M.O. sedimentar para a baía de Todos os Santos. Para isso, foram coletadas 24 amostras de sedimentos superficiais ao longo da área de estudo. O teor de carbono orgânico total (COT), a razão isotópica do carbono orgânico total ($\delta^{13}\text{C}$), o teor de nitrogênio total (NT) e a razão isotópica do nitrogênio total ($\delta^{15}\text{N}$), foram avaliadas através de um analisador elementar acoplado a um espectrômetro de massas de razão isotópica (EA-IRMS). A avaliação da granulometria usada no presente estudo está vinculada ao projeto de pesquisa intitulado “Avaliação da concentração e distribuição de contaminantes no material particulado em suspensão e nos sedimentos depositados na Baía de Todos os Santos” (FAPESB 9017/2014), desenvolvido no Núcleo de Estudos Ambientais do Instituto de Geociências da Universidade Federal da Bahia. A Análise de Componentes Principais (PCA) e a krigagem dos pontos foram utilizados para melhor categorizar a M.O. As concentrações de COT variaram de 0,10% a 2,18%, e as de NT variaram de 0,04% a 0,22%. Tais concentrações estiveram semelhantes àquelas encontradas por estudos anteriores realizados na BTS. Os valores de $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$ variaram entre -22,9‰ a -18,3‰ e -0,25‰ a 7,21‰, respectivamente. Através desses dados pode-se observar que a M.O. sedimentar da BTS tem como principal fonte a produção autóctone. Isso deve-se ao fato de que esta baía tem características marinhas, com pouca influência continental.

Palavras-chave: Isótopos estáveis, Carbono orgânico total, Nitrogênio total, Baía de Todos os Santos, Sedimentos marinhos.

GUIMARÃES, Lucas Medeiros. Distribution and source of the organic matter present Deposited in the surface sediments of the Todos os Santos' Bay – BA, Brazil. 56 pp. ill. 2016. Monograph (Undergraduate) – Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2016

ABSTRACT

Studies from the compositional characteristics of the organic matter (O.M.) in superficial sediments from coastal ecosystems can be done through the use of stable isotopes, as the $\delta^{13}\text{C}$ and the $\delta^{15}\text{N}$. The Todos os Santos Bay (TSB) is a coastal region with little studies that quantify and qualify the O.M. in their sedimental matrix. This study has as main objective to characterize the distribution and the principal sources of sedimental O.M. to the Todos os Santos Bay. For that, were collected 24 samples of superficial sediments over the study area. The content of total organic carbon (TOC), the isotopic ratio of total organic carbon ($\delta^{13}\text{C}$), the content of total nitrogen (TN) and the isotopic ratio of total nitrogen ($\delta^{15}\text{N}$) were evaluated through an elemental analyzer linked to an isotope-ratio mass spectrometry (I.R.M.S.). The evaluation of the granulometry used in the present study is linked to the research project entitled "Evaluation of the concentration and distribution of contaminants in suspended particulate matter and sediment deposited in the Todos os Santos Bay" (FAPESB 9017/2014), developed at the Center Environmental Studies of the Geosciences Institute of the Federal University of Bahia. The Principal Components Analysis (PCA) and the kriging of the points were used to better categorizing the O.M. The concentrations of the TOC vary from 0,10% to 2,18%, and the concentrations of TN vary from 0,04% to 0,22%. This concentrations were similar to those found in previous studies realized in TSB. The values of $\delta^{13}\text{C}$ and $\delta^{15}\text{N}$ vary from -22,9‰ to -18,3‰ and from -0,25‰ to 7,21‰, respectively. Through this data can be observed that the sedimental O.M. from the TSB has as its principal source the autochthonous production. This is due the fact that this bay has marine characteristics, with a little continental influence.

Keywords: Stable isotopes, Total organic carbon, Total nitrogen, Todos os Santos Bay, Marine sediments.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

<i>Figura 1 – Distribuição do $\delta^{13}\text{C}$ no ecossistema</i>	14
<i>Figura 2 – Composição dos isótopos estáveis de organismos autotróficos marinhos e terrestres em comparação à variação observada em compostos inorgânicos e constituintes orgânicos, destaque as plantas do tipo C_3, tipo C_4 e tipo CAM</i>	15
<i>Figura 3 – Distribuição do $\delta^{15}\text{N}$ no ecossistema</i>	16
<i>Figura 4 – Composição do isótopo de $\delta^{15}\text{N}$ para matérias naturais</i>	17
<i>Figura 5: Imagem de satélite da Baía de Todos os Santos (BTS), juntamente com os canais de drenagem</i>	18
<i>Figura 6 – Mapeamento batimétrico da Baía de Todos os Santos</i>	21
<i>Figura 7 – Distribuição de fácies texturais na Baía de Todos os Santos</i>	23
<i>Figura 8 – Localização geográfica dos pontos amostrados na baía de Todos os Santos – BA</i>	25
<i>Figura 9 – Exemplos das fases de coleta e armazenamento de amostras de sedimentos na Baía de Todos os Santos entre julho e agosto de 2015</i>	27
<i>Figura 10 – Distribuição horizontal do carbono orgânico total (COT) analisado em sedimentos superficiais coletados na Baía de Todos os Santos entre julho e agosto de 2015</i>	33
<i>Figura 11 – Padrão da circulação residual lagrangeana (azul) e euleriana (vermelho), ao final de 2 ciclos de maré. Em destaque a área de redução de velocidade</i>	33
<i>Figura 12: Mapa de classificação hidrodinâmica baseada nas amostras de sedimentos coletadas na Baía de Todos os Santos</i>	34
<i>Figura 13 – Correlação entre os conteúdos de carbono orgânico total (COT) e nitrogênio total (NT) e a granulometria fina</i>	35
<i>Figura 14 – Correlação entre os conteúdos de carbono orgânico total (COT) e nitrogênio total (NT) dos sedimentos coletados na BTS</i>	36

Figura 15 – Valores da razão C/N para diferentes tipos de materiais _____ 38

Figura 16 – Distribuição horizontal da razão isotópica do carbono orgânico total ($\delta^{13}\text{C}$) analisada em sedimentos superficiais coletados na Baía de Todos os Santos entre julho e agosto de 2015 _____ 41

Figura 17 – Distribuição horizontal da razão isotópica do nitrogênio total ($\delta^{15}\text{N}$) analisada em sedimentos superficiais coletados na Baía de Todos os Santos entre julho e agosto de 2015 _____ 42

Figura 18 – Análise dos Componentes Principais para granulometria (areia e silte), o teor de CaCO_3 , e a análise elementar e isotópica dos sedimentos coletados na BTS entre julho e agosto de 2015 _____ 43

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1 – Abundância média, razão e padrão aceito internacionalmente dos isótopos estáveis usados em estudos de caracterização de fonte de matéria orgânica _____ 13*
- Tabela 2 – Posicionamento dos pontos de amostragem em coordenadas geográficas ____ 26*
- Tabela 3 – Fáceis granulométricas, conteúdo de carbono orgânico total (COT, %), conteúdo de nitrogênio total (NT, %), razão entre carbono orgânico total e nitrogênio total (C/N), $\delta^{13}\text{C}$ do carbono orgânico total (%), $\delta^{15}\text{N}$ do nitrogênio total (‰) e teor de carbonato de cálcio (%) para as amostras coletadas na Baía de Todos os Santos entre julho e agosto de 2015 __ 32*
- Tabela 4 – Carbono orgânico total (COT), nitrogênio total (NT) e razão C/N em matriz sedimentar na Baía de Todos os Santos _____ 35*
- Tabela 5: Carbono orgânico total (COT) e nitrogênio total (NT) em matriz sedimentar de algumas baías do mundo _____ 36*
- Tabela 6 – Descarga média das principais bacias hidrográficas da Baía de Todos os Santos _____ 39*
- Tabela 7 – Variação da razão isotópica do Carbono e do Nitrogênio de sedimentos superficiais em algumas baías pelo mundo _____ 40*

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

BTS – Baía de Todos os Santos

C – Carbono

CaCO₃ – Carbonato de cálcio

CO₂ – Dióxido de carbono

CO₃²⁻ – Íon carbonato

COT – Carbono orgânico total

C/N – Razão entre teor de carbono orgânico total e nitrogênio total

C₃ – plantas cujo padrão fotossintético é do tipo C3 (Calvin-Benson)

C₄ – plantas cujo padrão fotossintético é do tipo C4 (Hatche-Slack)

HCO₃⁻ - Bicarbonato

IRMS – Espectrômetro de massa de razão isotópica

M.O – Matéria Orgânica

N – Nitrogênio

NH₃ - Amônia

NH₄⁺ – Íon amônio

NO₃⁻ – Nitrato

NT – Nitrogênio total

PDB – *Pee Dee Belemnite*

PCA – Análise dos Componentes Principais

USGS – *United State Geological Survey*

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	12
1.1. ISÓTOPOS	13
1.2. BAÍA DE TODOS OS SANTOS.....	17
2. OBJETIVOS.....	20
2.1. OBJETIVO GERAL	20
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	20
3. ÁREA ESTUDO	21
4. MATERIAIS E MÉTODOS.....	25
4.1. PRÉ-CAMPO	25
4.2. CAMPO DE AMOSTRAGEM	25
4.3. PROCEDIMENTO LABORATORIAL.....	27
4.4. ANÁLISE ESTATÍSTICA	29
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	31
5.1. ANÁLISE ELEMENTAR DA MATÉRIA ORGÂNICA.....	31
5.2. TEOR DE CaCO ₃	38
5.3. RAZÃO ISOTÓPICA DE CARBONO ORGÂNICO TOTAL ($\delta^{13}\text{C}$) E NITROGÊNIO TOTAL ($\delta^{15}\text{N}$).....	39
5.4. ANÁLISE DE COMPONENTES PRINCIPAIS (PCA).....	43
5. CONCLUSÕES	44
6. REFERÊNCIAS.....	45

1. INTRODUÇÃO

Os ecossistemas costeiros apresentam um papel importante no ciclo global do carbono, atuando tanto como estocadores deste elemento (i.e., estuários), como fonte de matéria orgânica ao oceano aberto (GUO et al., 2007; BAUER et al., 2013).

A matéria orgânica (M.O.) natural presente nos sistemas costeiros ocorre dissolvida na água, associada ao material particulado em suspensão (MPS) e adsorvida nos sedimentos. Ela é resultado de uma mistura de diversas fontes (TESI et al., 2007). As suas principais fontes podem ser classificadas em autóctone (i.e, derivados da produção primária fitoplanctônica ou de macrófitas marinhas) ou alóctone (i.e, derivada da vegetação encontrada ao longo do curso de rios ou da vegetação de manguezal adjacente aos estuários) (REMEIKAITĖ-NIKIENĖ et al., 2016).

A caracterização da M.O. depositada em baías se faz importante porque mais de 80% do carbono orgânico global é depositado em sistemas costeiros (TESI et al., 2007). Conhecer a distribuição, as fontes, bem como a composição da M.O. em sedimentos marinhos é essencial para compreender os mecanismos que controlam esses depósitos (HU et al., 2009). Além disso, a compreensão da M.O. sedimentar é importante, uma vez que ela atua nos ciclos biogeoquímicos globais (HU et al., 2006).

Em estudos ambientais, existe uma gama de parâmetros que são utilizados para a caracterização da M.O. (MARTINELLI et al., 2009). Essa caracterização geralmente é feita em matrizes sedimentares, uma vez que a M.O. tende a associar-se ao material particulado em suspensão e ser depositada (MEYERS, 1994; GOÑI et al., 2003; RAMASWAMY et al., 2008; HU et al., 2009; ALBERGARIA-BARBOSA, 2013; REMEIKAITĖ-NIKIENĖ et al., 2016). Os fatores que influenciam nessa deposição são: adsorção da matéria orgânica, hidrodinâmica local, transporte de material, deposição contínua, variabilidade de fonte, granulometria, troca catiônica e vários outros (CARVALHO, 2003; ZHANG et al., 2011; SOUZA, 2015).

Uma das formas para avaliar as fontes de M.O. é através do uso de isótopos estáveis, como o $\delta^{13}\text{C}$ e o $\delta^{15}\text{N}$ (MEYERS, 1994; GOÑI et al., 2003; MEYERS, 1994, PANCOST; BOST, 2004 HU et al., 2006; BARROS et al., 2010; ALBERGARIA-BARBOSA, 2013; XIA et al., 2014; SOUZA, 2015).

1.1. ISÓTOPOS

Isótopos são átomos de um mesmo elemento químico que contêm diferentes números de nêutrons, gerando a eles massas atômicas distintas (MARTINELLI et al. 2009). Estes elementos são divididos em dois grandes grupos: os radioisótopos e os isótopos estáveis. Os radioisótopos apresentam núcleos instáveis que emitem energia através de radiações quando se transformam em elementos mais estáveis. Já os isótopos estáveis não emitem radiação, tampouco há decaimento. Por este motivo, a proporção entre eles é relativamente constante ao longo do tempo (FRY, 2006; MARTINELLI et al., 2009). Geralmente, os isótopos estáveis mais abundantes, usualmente chamados de mais “leves” (i.e., ^{12}C , ^{14}N), têm massa atômica menor que os isótopos relativamente menos abundantes (i.e., ^{13}C , ^{15}N) (MARTINELLI et al., 2009).

A utilização dos isótopos estáveis na caracterização da matéria orgânica em sedimentos tem sido amplamente aplicada (MEYERS, 1994; GOÑI et al., 2003; MEYERS, 1994, PANCOST; BOST, 2004 HU et al., 2006; BARROS et al., 2010; ALBERGARIA-BARBOSA, 2013; XIA et al., 2014; SOUZA, 2015). Ela é possível devido ao fato de que diferentes produtores primários têm razões isotópicas características (MEYERS, 1994). Os isótopos estáveis mais importantes em estudos ambientais de avaliação da fonte de M.O. são o carbono e o nitrogênio (MARTINELLI et al., 2009). A sua utilização é baseada pela circunstância que a composição isotópica de cada elemento varia de forma previsível à proporção que ele se move através de diversos compartimentos do ecossistema (MARTINELLI et al., 2009). A Tabela 1 mostra estes elementos principais em estudos ecológicos, sua abundância média e o padrão aceito dos isótopos estáveis.

Tabela 1 – Abundância média, razão e padrão aceito internacionalmente dos isótopos estáveis usados em estudos de caracterização de fonte de matéria orgânica

Elemento	Isótopos	Abundância Média (%)	Razão	Padrão
Carbono	^{12}C	98,89	$^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$	PDB ^a
	^{13}C	1,11		
Nitrogênio	^{14}N	99,34	$^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$	N ₂ -atm ^b
	^{15}N	0,36		

^a Para o carbono o padrão é a rocha do fóssil *Belemnitella americana* da formação *PeeDee* (PDB) da Carolina do Sul, EUA; ^b o nitrogênio tem como padrão gás N₂ atmosférico;

Fonte: Modificado de MARTINELLI et al. (2009).

As razões isotópicas do carbono orgânico e do nitrogênio são expressas respectivamente na notação $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$ em partes por mil (‰), calculadas através da Equação (1) (SLEIMAN, 2008):

$$\delta X\text{‰} = \left(\frac{R_{\text{amostra}} - R_{\text{padrão}}}{R_{\text{padrão}}} \right) \times 1000$$

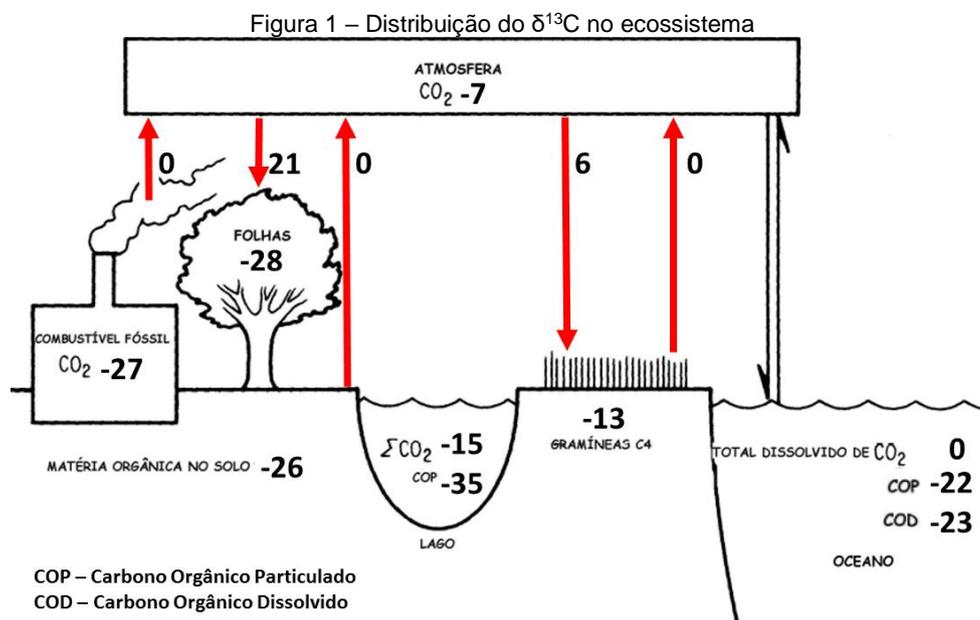
(Equação 1)

$\delta X\text{‰}$ (amostra) = enriquecimento isotópico da amostra relativo ao padrão;

R_{amostra} = razão isotópica da amostra (i.e.: carbono $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$; nitrogênio $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$);

$R_{\text{padrão}}$ = razão isotópica do padrão (caso carbono, PDB, caso nitrogênio N_2 atm.).

A Figura 1 mostra a distribuição do $\delta^{13}\text{C}$ no ecossistema (ciclo do carbono). Os organismos marinhos fotossintetizantes dependem do carbono inorgânico dissolvido na água. Por isso, a razão isotópica é dependente das três formas distintas que o carbono se apresenta na água: $\text{CO}_2(\text{aq})$, HCO_3^- e CO_3^{2-} . O $\text{CO}_2(\text{aq})$ é empobrecido de ^{13}C em relação aos HCO_3^- e CO_3^{2-} (PANCOST; PAGANI, 2006). O carbono orgânico provindo da produção primária marinha (origem fitoplanctônica) apresenta teores de $\delta^{13}\text{C}$ que variam de -22‰ a -12‰ (ZHOU et al., 2006).



Legenda: As flexas estão indicando o fluxo do CO_2 . Os números nos compartimentos indicam o valor de $\delta^{13}\text{C}$ e o número ao lado da flecha indica o fracionamento que ocorre durante a transferência

Fonte: Modificado de Peterson; Fry, (1987).

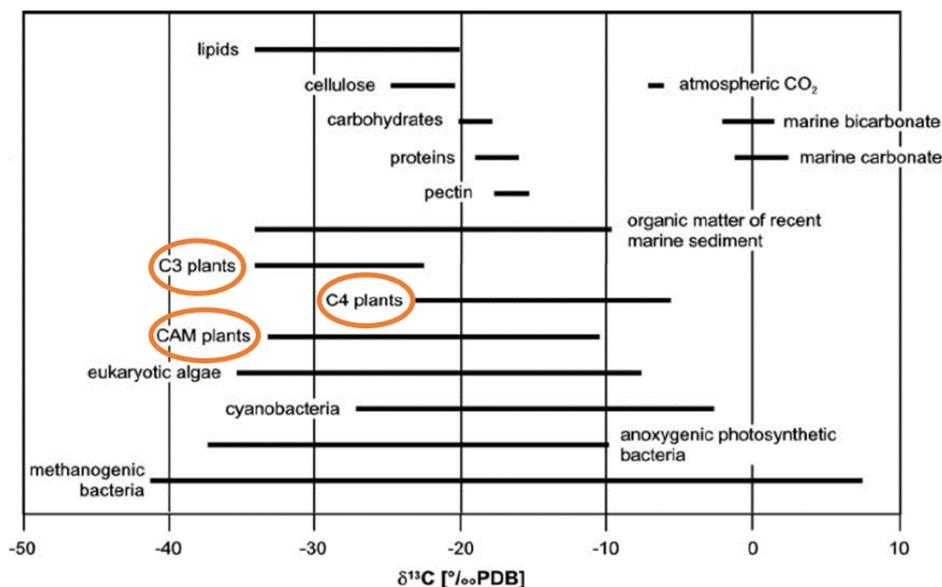
Em vegetação superior vascular, o CO_2 atmosférico é utilizado como o substrato de carbono. Os valores de $\delta^{13}\text{C}$ do CO_2 atmosférico é de aproximadamente -7,4‰ (PEREIRA; BENEDITO, 2007). Plantas vasculares cujo padrão fotossintético é do tipo C_3 apresentam um

elevado fracionamento no processo de fotossíntese, discriminando o ^{13}C e fazendo com que os valores de $\delta^{13}\text{C}$ sejam menores (LEHNINGER, 1982). A enzima primária (rubisco) de carboxilação desse tipo de planta possui forte afinidade por $^{12}\text{CO}_2$ (PIMENTEL, 1998). Isto é, a planta do tipo C_3 é muito empobrecida em carbono pesado. Os valores de $\delta^{13}\text{C}$ em plantas do tipo C_3 está entre -33‰ e -22‰ (PANCOST; BOOT, 2004).

Já em plantas cujo padrão fotossintético é do tipo C_4 , existe uma necessidade de economia de água e nitrogênio, por serem limitantes. Para isso, há uma maior afinidade de sua enzima primária (PEP-Case) ao HCO_3^- , seu substrato. Isso causa uma maior eficiência no uso de água e de nitrogênio devido ao controle estomático (PIMENTEL, 1998). Para evitar a perda de água, seus estômatos se fecham, e assim a penetração de CO_2 atmosférico diminui (PIMENTEL, 1998). Conseqüentemente, há uma menor discriminação do ^{13}C sobre o ^{12}C (PIMENTEL, 1998; MARTINELLI et al., 2009). Os valores isotópicos desse tipo de planta variam é entre -16‰ e -9‰ (PANCOST; BOOT, 2004).

As plantas crassuláceas utilizam um padrão fotossintético no estilo CAM (*Crassulacean Acid Metabolism*), que é parecido com o da planta C_4 . As plantas CAM fixam CO_2 durante a noite para evitar a perda de água quando seus estômatos se abrem. Assim, elas armazenam esse gás até a fotossíntese ocorrer durante o dia (BIANCHI; CANUEL, 2011). A variabilidade isotópica desse tipo de planta está em torno de -28‰ a -10‰ (LOPES; BENEDITO-CECILIO, 2002). Na Figura 2, os diferentes valores de razão isotópica do C podem ser observados para os diferentes organismos autotróficos para alguns meios (OLIVEIRA, 2010).

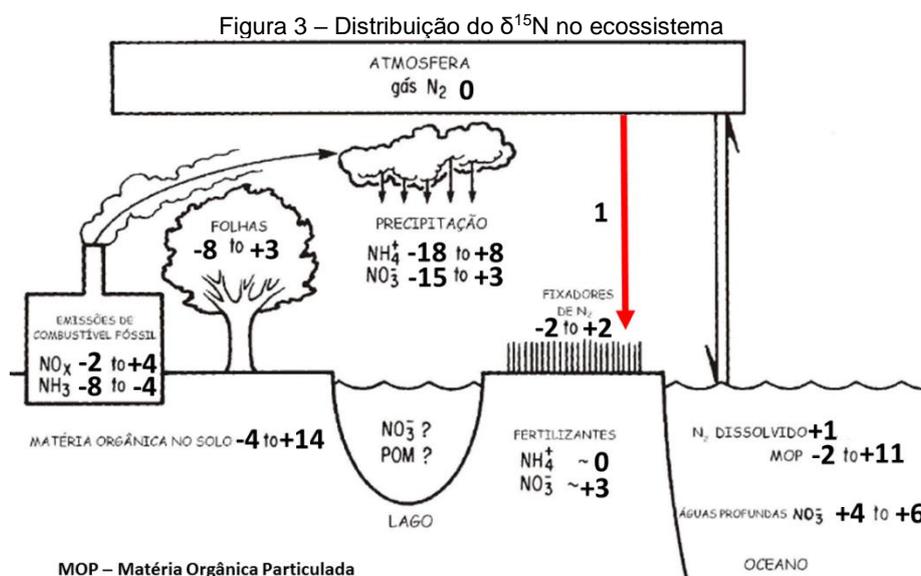
Figura 2 – Composição dos isótopos estáveis de organismos autotróficos marinhos e terrestres em comparação à variação observada em compostos inorgânicos e constituintes orgânicos, destaque as plantas do tipo C_3 , tipo C_4 e tipo CAM



Fonte: Modificado de Oliveira (2010).

Em conjunto com a razão do carbono, a razão isotópica para nitrogênio também pode determinar as fontes da matéria orgânica (ZHOU et al., 2006). Na razão isotópica do nitrogênio, também há diferenciação entre plantas terrestres e organismos marinhos (XIA et al., 2014).

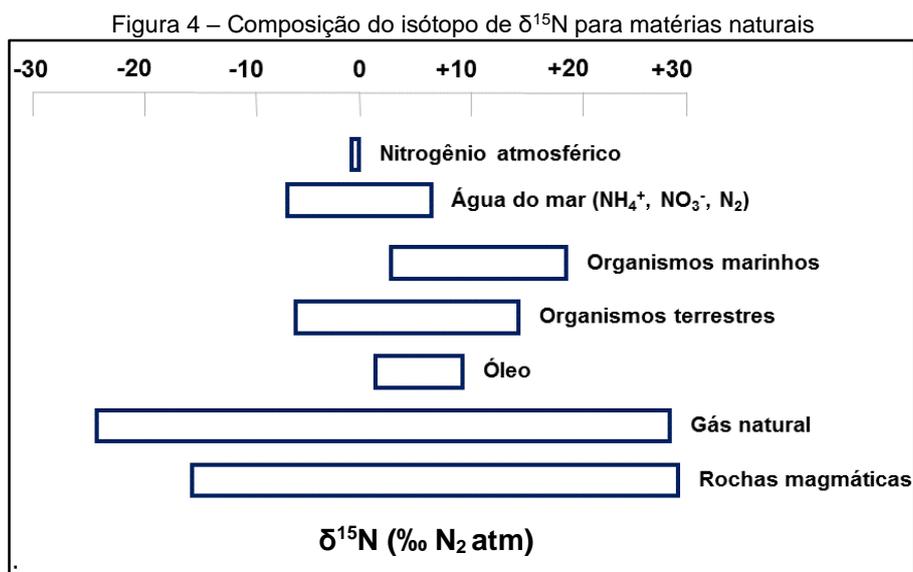
A fixação de N_2 atmosférico é realizada por microrganismos e bactérias que transformam o gás nitrogênio em amônia (NH_3) e íon amônio (NH_4^+), biodisponibilizando estes compostos ao ambiente (SARMIENTO; GRUBER, 2005). Durante o processo de fixação, há o fracionamento do N_2 , discriminando o isótopo ^{15}N . Plantas terrestres que assimilam N_2 atmosférico são empobrecidas de ^{15}N , em relação às não-fixadoras (GANNES et al., 1998). Com isso, o $\delta^{15}N$ das plantas fixadoras será próximo a 0‰ (MEYERS, 1997). Plantas que usam o nitrogênio mineral (NO_3^- e NH_4^+) têm geralmente valores de $\delta^{15}N$ positivos, porém, podendo variar de -10‰ a 10‰ (XIA et al., 2014). A Figura 3 mostra a distribuição do $\delta^{15}N$ no ecossistema.



Legenda: Os números nos compartimentos indicam o valor de $\delta^{15}N$ e o número ao lado da flecha indica o fracionamento que ocorre durante a transferência

Fonte: Modificado de Peterson; Fry (1987).

Para fitoplânctons marinho, esse *range* do $\delta^{15}N$ varia de 4 a 10‰ (XIA et al., 2014), uma vez que esses organismos assimilam NO_3^- com uma remoção preferencial de ^{14}N . Isso se deve ao fato desse isótopo ser mais leve, conduzindo a um aumento da $\delta^{15}N$ no substrato (MONTROYA, 2008). A Figura 4 mostra a variação de $\delta^{15}N$ em materiais naturais.



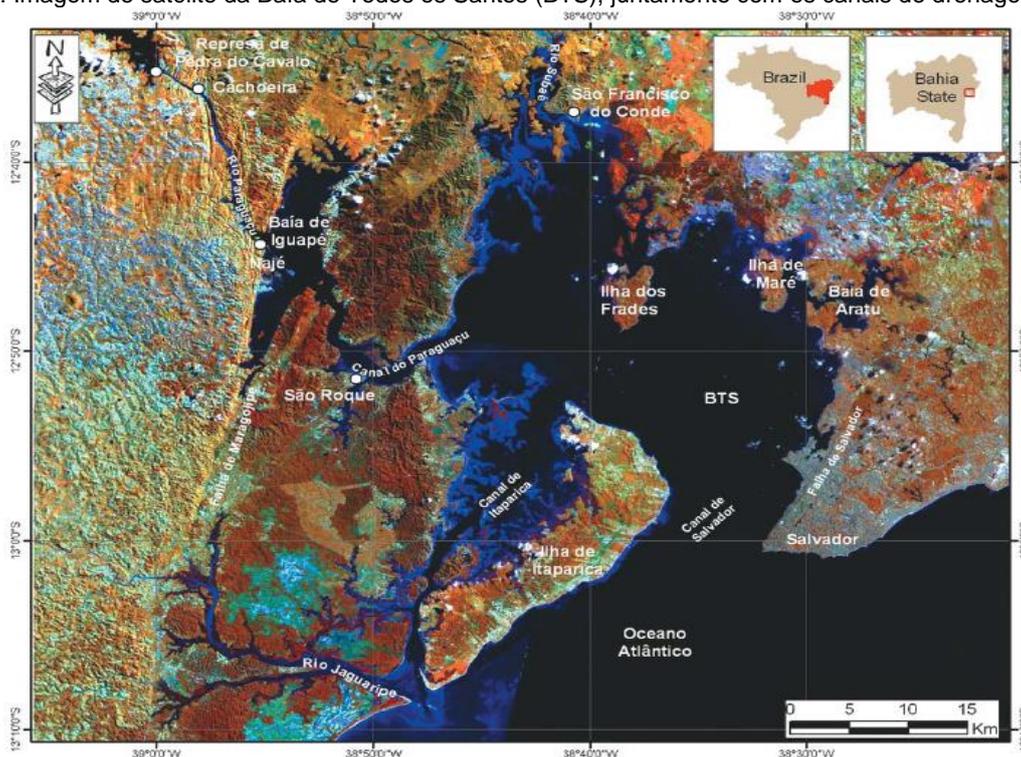
Fonte: Modificado de Brownlow (1996).

1.2. BAÍA DE TODOS OS SANTOS

Existem, no litoral brasileiro, 24 baías costeiras com mais de 50 km² de área (LESSA et al., 2009). Dentre essas baías, a Baía de Todos os Santos (BTS) representa a segunda maior baía do Brasil com uma área de 1233 km² (CIRANO; LESSA, 2007). Ela está localizada na região leste do litoral baiano, o maior litoral brasileiro com cerca de 1054 km de extensão (BRASIL, 2006). A BTS está nas extremidades da terceira maior cidade do Brasil (Figura 5), a cidade de Salvador (IBGE, 2014). Essa baía tem uma importância histórica, social e ecológica. Além disso, é a maior baía navegável do Brasil (LEÃO; DOMINGUEZ, 2000), facilitando assim, o desenvolvimento econômico da região (HATJE; ANDRADE, 2009).

O contingente populacional no entorno da BTS é maior que 3,4 milhões (IBGE, 2015). As intervenções antrópicas da região estão caracterizadas como: agricultura e pecuária, extrativismo vegetal, terminais portuários de grande porte, crescimento imobiliário, industrialização (inclusive relacionados ao petróleo, principalmente a Refinaria Landulpho Alves) e sistemas de dutos (HATJE; ANDRADE, 2009; QUEIROZ; CELINO, 2008). Elas trazem consigo um problema comum: o desmatamento, que é decorrente de diversas formas de uso e ocupação da região, não sendo este o único problema a ser citado (QUEIROZ; CELINO, 2008), essas intervenções são, também, potenciais fontes de contaminação para a região (HATJE; ANDRADE, 2009).

Figura 5: Imagem de satélite da Baía de Todos os Santos (BTS), juntamente com os canais de drenagem



Fonte: CIRANO; LESSA (2007).

A BTS corresponde a uma região costeira claramente influenciada por massas oceânicas, podendo ser considerada como baía de maré. Esta grande influência marinha pode ser caracterizada pela sua salinidade, que é na ordem de 35, variando de 28 a 36 (LOPES et al., 2009). Ademais, a circulação residual é de fundamental importância na distribuição de sedimentos, nutrientes, contaminantes, material em suspensão e outros materiais na BTS (XAVIER, 2002). Estudos evidenciam que a circulação dentro dessa baía é predominantemente dominada pelas marés (CIRANO; LESSA, 2007). Além disso, forçantes como: a variabilidade espacial da batimetria e da densidade da água, o vento, a descarga fluvial, e os fluxos de calor e de água interferem no escoamento residual da BTS (XAVIER, 2002; CIRANO; LESSA, 2007; LESSA et al., 2009; SANTANA, 2015).

Mesmo tendo características oceânicas, cerca de 95 bacias de drenagem (61.110 km² de área drenada) deságuam na BTS (LIMA; LESSA, 2002). Essas podem ser divididas em três principais grupos: a bacia de drenagem do rio Paraguaçu, a do Recôncavo Sul e a do Recôncavo Norte (INEMA, 2015). A primeira tem como principal rio o Paraguaçu. A segunda e a última têm como principais rios, o Jaguaripe e o Subaé, respectivamente (INEMA, 2015). Essas três bacias supracitadas passam por diversas regiões do Estado da Bahia, abrangendo climas semiáridos, subúmidos e úmidos, com vegetações variando de Caatinga à Mata Atlântica, onde podem ser observadas florestas do tipo ombrófila densa (primárias e

secundárias), manguezais, mata ciliar, vegetação de áreas úmidas e de restinga (INEMA, 2015). Dessa forma, nota-se que há uma grande diversidade de possíveis fontes de M.O. natural para a região, sendo que elas podem ser de origem marinha e terrestre (REMEIKAITĖ-NIKIENĖ et al., 2016)

Poucos foram os estudos feitos na BTS a fim de caracterizar a distribuição e a fonte da matéria orgânica nela sedimentada (SOUZA, 2015). A maioria das pesquisas foi feita em regiões mais estuarinas, próximas às zonas de deságue dos rios (COSTA et al., 2011; SILVA, 2011; SANTOS et al., 2013; ALMEIDA, 2014). Assim, se faz necessário a aplicação de um diagnóstico ambiental da BTS com uma área amostral abrangente, em relação à distribuição e à fonte de M.O.

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GERAL

Caracterizar a distribuição e as principais fontes de matéria orgânica para a baía de Todos os Santos.

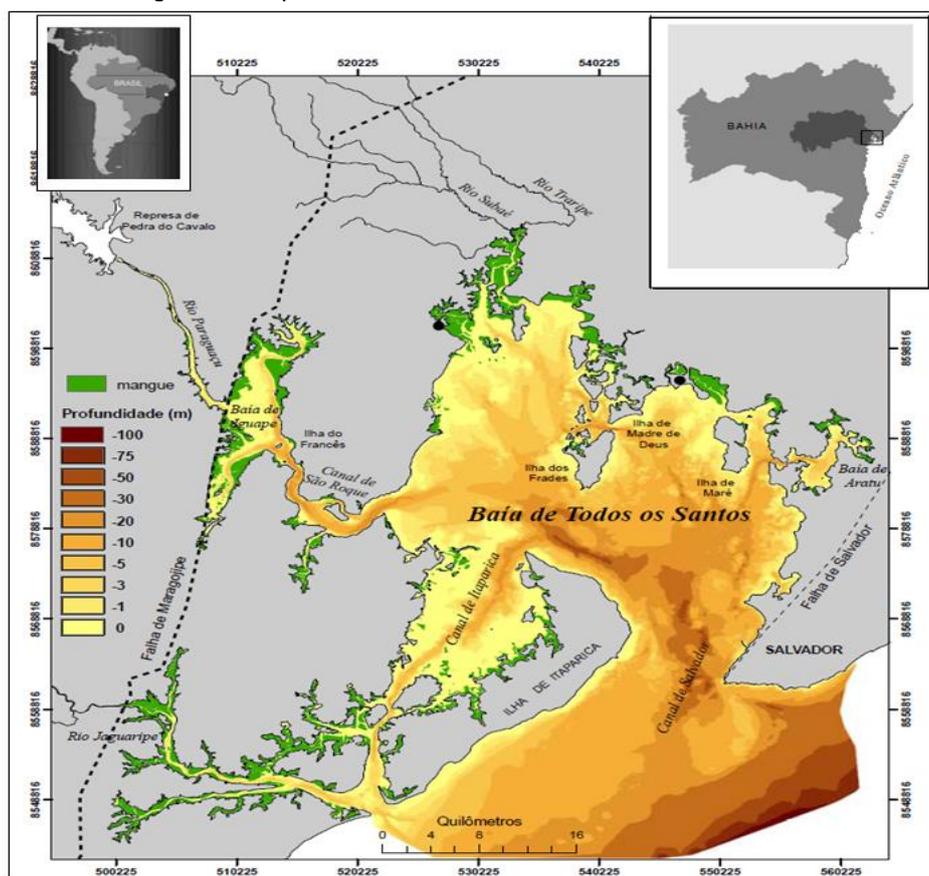
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- i. Avaliar a quantidade de M.O. depositada nos locais amostrados;
- ii. Verificar as concentrações de COT e NT depositados na área de estudo, avaliando a BTS como estocador de M.O.;
- iii. Identificar qual o tipo de matéria orgânica que é introduzido na região da BTS, através do uso de isótopos estáveis.

3. ÁREA ESTUDO

A Baía de Todos os Santos (Figura 6) é a segunda maior baía do Brasil, apresentando uma área com cerca de 1.233 km² e profundidade média de 9,8 m (CIRANO; LESSA, 2007). Ela está localizada na porção leste da faixa litorânea brasileira, no Estado da Bahia, entre as coordenadas 12°39'40" S – 13°00'00" S de latitude e 38°30'00" W – 38°43'30" W de longitude, na região do Recôncavo Baiano (LEÃO; DOMINGUEZ, 2000).

Figura 6 – Mapeamento batimétrico da Baía de Todos os Santos



Fonte: Modificado de Lessa; Dias (2009).

A BTS é delimitada pelas falhas de Maragogipe e de Salvador (Figura 6 e 7), e se encontra sobre as rochas sedimentares que preenchem a sub-bacia sedimentar do Recôncavo. Ela é uma reentrância costeira composta por sistemas de sub-baias, canais, presença de ilhas, enseadas, recifes de corais, manguezais, estuários e praias. Sendo que esses foram determinados através do desenvolvimento geológico da BTS, que ocorreu através de uma extensa cadeia de eventos (DOMINGUEZ; BITTENCOURT, 2009).

Esses eventos se iniciam na quebra do Gondwana no Jurássico Inferior. Após essa quebra, inseriu-se os efeitos progressivos de resfriamento do planeta Terra, durante o

Cenozóico, com variações na amplitude do nível do mar em episódios de inundação e esvaziamento da região. Essa baía é considerada uma feição transitória, presente somente em eventos transgressivos do nível do mar (DOMINGUEZ; BITTENCOURT, 2009).

A BTS apresenta características oceânicas, uma vez que seu aporte fluvial é pequeno quando considerado o aporte de água salgada, essa diferença chega a ser de duas ordens de grandeza (LEÃO; DOMINGUEZ, 2000). O ambiente bentônico da região comporta recifes de corais, estuários, costões rochosos e praias. Os ambientes pelágicos, são característicos de regiões neríticas e estuarinas (BARROS et al., 2009; LOPES et al., 2009).

Mesmo assim, há na BTS uma carga de drenagem total de aproximadamente 61.110 Km², sendo 96,8% dessa descarga fluvial provinda das três grandes bacias de drenagem associadas aos rios Paraguaçu (56.300 Km² ou 92,1% da área total), Jaguaribe (2.200 Km² ou 3,6% da área total) e Subaé (660 Km² ou 1,1% da área total). As outras 91 pequenas bacias perfazem juntas somente 3,2% da área total (1.950 Km²), e geram um efeito de descarga difusa durante os meses úmidos (LIMA; LESSA, 2002).

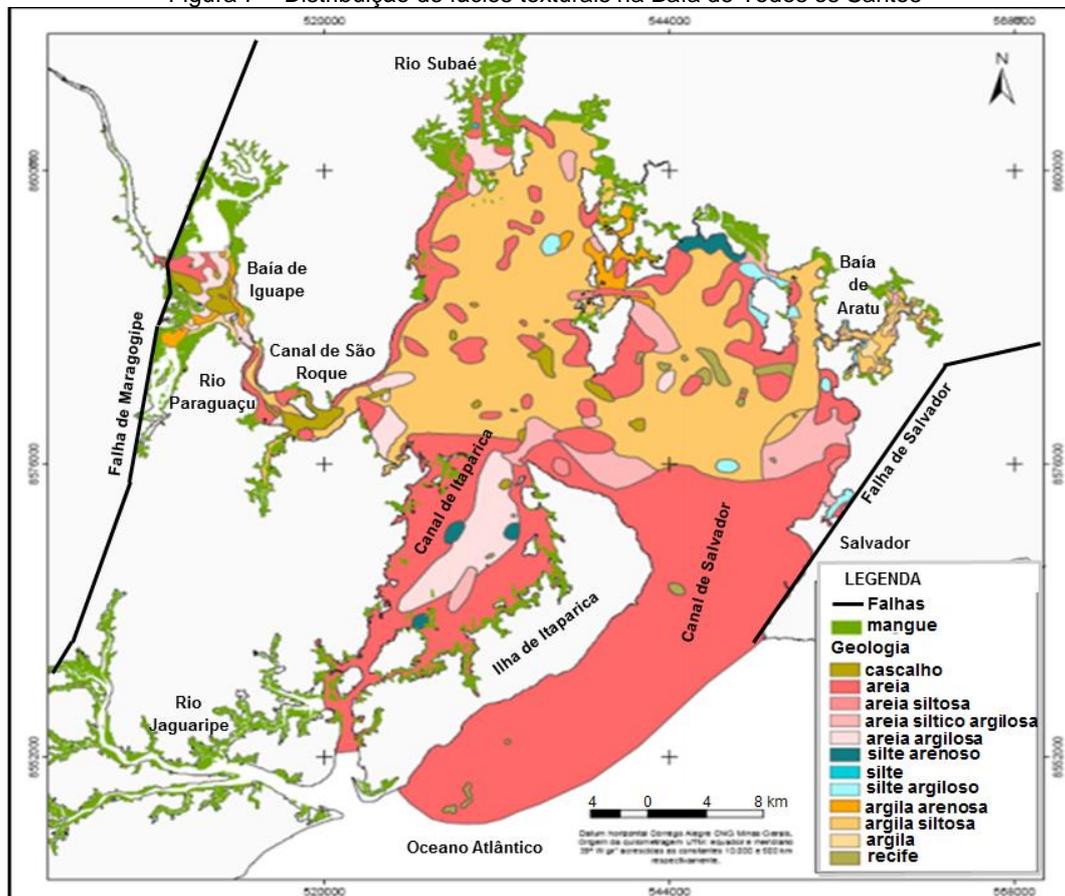
O tipo de sedimento de fundo na baía de Todos os Santos tem origem siliciclástica terrígena e biogênica. Os de fonte siliciclástica terrígena são provindos das descargas fluviais dos rios que nela desaguam e da desagregação de rochas. Já os sedimentos de origem biogênica são oriundos do resultado da fragmentação das partes duras do esqueleto de organismos marinhos (moluscos, algas coralináceas etc.), retrabalhados pela ação das fortes correntes de maré na entrada da baía (canal de Salvador) (LESSA et al., 2000). Xavier (2002) evidenciou que 97,4% da água do mar penetra na BTS através do canal de Salvador.

Dominguez; Bittencourt (2009), descrevem as características dos sedimentos de fundo da região da baía por quatro fácies sedimentares principais (Figura 7):

- (i) Fácies de areia quartzosa: os canais de Salvador e de Itaparica (Figura 7) são as áreas de maior expressão dessa fácies. No canal de Salvador, os grãos de quartzo e biodetritos dominam a composição dos sedimentos, entre 20 a 50%;
- (ii) Fácies de lama: ocupam aproximadamente a metade norte da Baía de Todos os Santos, e são predominantemente constituídas por silte e argila (> 50%);
- (iii) Fácies de areia/cascalho biodetrítico: ocorre sob forma de manchas isoladas na fácies de lama ou no entorno das principais ilhas da baía, seus componentes biogênicos constituem mais de 50% do sedimento;
- (iv) Fácies mista: é a mistura de areia quartzosa, lama e biodetritos, em diferentes proporções. No canal do rio Paraguaçu, há uma maior presença de areia

quartzosa e lama. Já na parte central da baía, apresenta maiores porcentagens de compostos biogênicos.

Figura 7 – Distribuição de fácies texturais na Baía de Todos os Santos



Fonte: Modificado de Lessa; Dias (2009).

Os teores de M.O. nos sedimentos de fundo da BTS são variáveis. As fácies de lama contêm maior teor de matéria orgânica, variando entre de 3 a 6%. As fácies de areia quartzosa são as que apresentam os menores teores, sendo menores que 1% (DOMINGUEZ; BITTENCOURT, 2009).

A região da BTS é constituída de remanescentes de Floresta Ombrófila densa e ecossistemas associados, como manguezais (recobrimdo 30% da extensão costeira da baía), restingas e áreas úmidas (BRAZÃO, 1981; GUEDES; SANTOS, 1997). Essas vegetações são todas típicas do clima da região, que é classificado como tropical quente e úmido, sem estação seca específica, com precipitação média anual de 1900 mm (GUEDES; SANTOS, 1997).

Há uma variação sazonal de temperatura e de salinidade na BTS que faz com que gere a ocorrência de duas massas d'água para essa região. A Água Tropical, tendo características de temperaturas maiores que 20°C e salinidade acima de 36. Essa massa d'água ocorre

durante as estações secas, nos meses de verão. Já a Água Costeira, categorizada por ser mais fria e ter salinidade inferior à 36, se forma na BTS nos meses de inverno, durante as estações chuvosas. A Água Costeira inibe a penetração da Água Tropical (CIRANO; LESSA, 2007). A temperatura anual da região é de aproximadamente 25°C, tendo amplitudes térmicas de 5,5°C (CRA, 2001).

Cirano; Lessa (2007) indicam que a BTS é um estuário tropical, dominado por maré. Essa maré é do tipo semidiurna, associada à plataforma continental adjacente. É citado também, que as marés astronômicas explicam pelo menos 86% da variância das correntes de marés relacionado a essa região. Em sizígia, a altura da maré oscila entre 1,87m, em quadratura, essa altura fica em torno de 0,98m. Portanto, as forçantes físicas indicam uma sazonalidade associada à região da BTS, pois as estações secas (verão) e chuvosas (inverno) alteram significativamente a distribuição da água para a baía (CIRANO; LESSA, 2007).

4. MATERIAIS E MÉTODOS

4.1. PRÉ-CAMPO

As estações de amostragem foram georreferenciadas (Tabela 2) com a utilização de um aparelho com sistema de posicionamento global (GPS). Os pontos de coleta foram plotados no *software Google Earth* (Figura 8). Para o armazenamento dos sedimentos a serem coletados, recipientes de vidro foram previamente lavados deixando-os em sabão neutro a 10% (Extran, Merk) por 24 horas. Posteriormente, eles foram lavados com água destilada. Em seguida os recipientes foram calcinados a 400°C por 4 horas.

4.2. CAMPO DE AMOSTRAGEM

Através do uso de uma embarcação motorizada, 24 amostras de sedimento foram coletadas na BTS (Figura 8; Tabela 2). Essa amostragem foi executada entre julho e agosto de 2015, através do uso de uma draga do tipo *Van Veen* de aço inoxidável, a qual estava amarrada a um cabo de 20 m de comprimento, acoplado a um sistema de roldana. As amostras foram armazenadas nos recipientes de vidros descontaminados (Figura 9), e em seguida foram transportadas para o laboratório e congeladas à -20°C para subsequente processamento de liofilização (por 72 horas, aproximadamente).

Figura 8 – Localização geográfica dos pontos amostrados na baía de Todos os Santos – BA



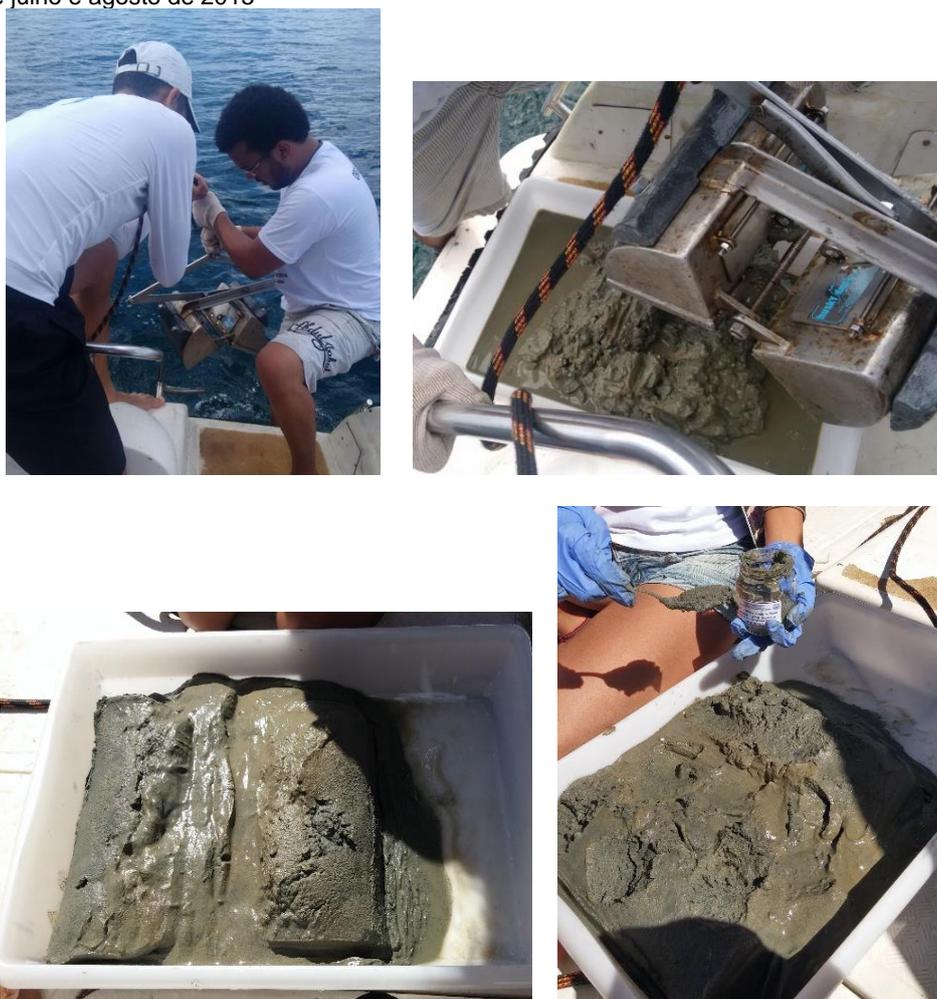
Fonte: Autor (2016) e modificado do *Google Earth* (2015).

Tabela 2 – Posicionamento dos pontos de amostragem em coordenadas geográficas

Estações de Amostragem	Latitude (S)	Longitude (O)
S 01	12°57'55.36"S	38°34'14.08"O
S 02	12°57'26.05"S	38°31'2.920"O
S 03	12°57'15.38"S	38°35'37.39"O
S 04	12°56'39.50"S	38°32'52.60"O
S 05	12°56'21.73"S	38°31'3.600"O
S 06	12°56'40.08"S	38°30'26.13"O
S 07	12°56'5.910"S	38°34'53.89"O
S 08	12°55'46.39"S	38°32'59.89"O
S 09	12°55'45.08"S	38°31'42.10"O
S 10	12°55'13.84"S	38°30'37.52"O
S 11	12°54'29.91"S	38°35'53.95"O
S 12	12°54'20.98"S	38°33'9.540"O
S 13	12°54'36.08"S	38°30'58.33"O
S 14	12°53'43.38"S	38°37'35.90"O
S 15	12°53'15.74"S	38°35'6.120"O
S 16	12°53'9.810"S	38°33'5.580"O
S 17	12°53'24.46"S	38°30'37.13"O
S 18	12°52'9.340"S	38°38'4.540"O
S 19	12°51'51.01"S	38°35'29.06"O
S 20	12°51'41.71"S	38°32'59.37"O
S 21	12°52'4.030"S	38°30'23.59"O
S 22	12°50'1.290"S	38°38'16.34"O
S 23	12°48'50.12"S	38°32'34.86"O
S 24	12°49'57.43"S	38°30'6.220"O

Fonte: Autor (2015).

Figura 9 – Exemplos das fases de coleta e armazenamento de amostras de sedimentos na Baía de Todos os Santos entre julho e agosto de 2015



Fonte: Autor (2015).

4.3. PROCEDIMENTO LABORATORIAL

4.3.1. Análise granulométrica

A análise granulométrica está vinculada ao projeto de pesquisa intitulado “Avaliação da concentração e distribuição de contaminantes no material particulado em suspensão e nos sedimentos depositados na Baía de Todos os Santos” (FAPESB 9017/2014), desenvolvido no Núcleo de Estudos Ambientais do Instituto de Geociências da Universidade Federal da Bahia, e foi realizada nas mesmas amostras coletadas. Essa análise foi procedida mediante a pesagem de aproximadamente 3 g de cada amostra. Estas foram calcinadas a 450°C por 8 horas, com posterior peneiramento com malha de 2 mm para quantificação da fração cascalho e com malha de 0,5 mm para quantificar a fração areia grossa (2 - 0,5 mm). As amostras residuais foram pesadas e transferidas para tubos Falcon juntamente com solução dispersante de hexametáfosfato de sódio ((NaPO₃)₆) a 0,1 mol L⁻¹, as quais foram agitadas

por 4 horas em mesa agitadora. A quantificação das partículas das amostras de sedimentos foi realizada em analisador de partículas com difração a laser (modelo Cilas 1064) na faixa granulométrica de 0,00004 – 0,5 mm. As frações determinadas foram: areia média (0,5 – 0,25 mm), areia fina (0,25 – 0,13 mm), areia muito fina (0,13 – 0,063 mm), silte (0,063 – 0,004 mm) e argila (> 0,004 mm) (GARCIA et al., 2014).

4.3.2. Teor de Carbonato (CaCO₃)

O CaCO₃ foi determinado mediante o tratamento ácido das amostras para digestão do material biodetrítico. Uma pequena quantidade da amostra de sedimento foi homogeneizada e macerada em almofariz de ágata. Uma alíquota de aproximadamente 0,25 g, pesada em balança analítica, foi separada em tubos Falcon de vidro com tampa. Homogeneizou-se essa alíquota com 10 mL de ácido clorídrico (HCl, 1 mol L⁻¹), permanecendo em repouso por, pelo menos, 12 h. Após esse procedimento as amostras foram centrifugadas à 3000 rpm por cinco minutos, para a retirada do sobrenadante. Esse processo de acidificação das amostras foi repetido três vezes, a fim de certificar a total eliminação do CaCO₃, baseado na metodologia estabelecida por Albergaria-Barbosa (2013).

Posteriormente a esse tratamento ácido, adicionou-se 10 mL de água destilada às amostras, que foram novamente centrifugadas por cinco minutos à 3000 rpm. O sobrenadante foi descartado, permanecendo somente o sedimento. Esse procedimento de lavagem foi repetido três vezes para total eliminação do HCl. As amostras foram secas em estufa a temperaturas entre 45° - 50° C e pesadas em balança analítica. O teor de CaCO₃ (expresso em %) foi determinado pela diferença de massa do sedimento inicial com o sedimento final através da Equação 2:

$$\text{Teor de CaCO}_3 = \frac{(\text{Peso}_{\text{inicial}} - \text{Peso}_{\text{final}})}{\text{Peso}_{\text{inicial}}} * 100$$

(Equação 2)

Peso_{inicial} = peso da amostra antes de ser acidificada;

Peso_{final} = peso da amostra após sua acidificação e secagem.

4.3.3. Características composicionais da matéria orgânica

Para avaliar as características composicionais da matéria orgânica dos sedimentos coletados foram determinados: teor de carbono orgânico total (COT), razão isotópica do carbono orgânico total (δ¹³C), teor de nitrogênio total (NT), razão isotópica do nitrogênio total

($\delta^{15}\text{N}$) e razão entre COT e NT (razão C/N), conforme metodologia estabelecida por Albergaria-Barbosa (2013).

Nas amostras destinadas às análises do COT e do $\delta^{13}\text{C}$, as alíquotas de sedimento liofilizadas foram submetidas à remoção do CaCO_3 , conforme descrito no item 4.3.2. O tratamento ácido para analisar o COT e o $\delta^{13}\text{C}$ é fundamental para retirar o carbonato presente na matriz dos sedimentos, pois esse interfere nos resultados obtidos para a razão isotópica do C (ALBERGARIA-BARBOSA, 2013). Não se faz necessária a digestão ácida nas amostras para analisar o NT e o $\delta^{15}\text{N}$. As amostras secas foram maceradas em almofariz de ágata (ALBERGARIA-BARBOSA, 2013).

Entre 10 e 15 mg de cada amostra de sedimento, pesados em balança analítica, foram acondicionados em cartuchos de estanho (5 por 9 mm) e submetidos a análise elementar e isotópica no analisador elementar *Costech Instruments Elemental System* acoplado a um detector de espectrometria de massa de razão isotópica *Thermo Finnigan Delta Plus* (EA-IRMS).

Os teores de COT e NT foram expressos em porcentagem (%) e foram obtidos através da relação da equação 3:

$$\%Amostra = \left(\frac{\% \text{ padrão } \times \text{ massa padrão}}{\text{área padrão}} \right) \times \text{área amostra}$$

(Equação 3)

A calibração foi verificada por um padrão de sedimento marinho de referência certificado pelo NIST (*National Institute of Standards and Technology*). Os valores isotópicos do carbono orgânico e nitrogênio total foram referenciados em relação a dois padrões certificados pela *United State Geological Survey* (USGS): USGS-40 (ácido L-glutâmico: $\delta^{13}\text{C} = -26,39\text{‰}$ vs *Pee Dee Belemnite* - PDB; $\delta^{15}\text{N} = -4,52\text{‰}$ vs ar) e USGS-41 (ácido L-glutâmico enriquecido em ^{13}C e ^{15}N : $\delta^{13}\text{C} = +37,63\text{‰}$ vs *Pee Dee Belemnite* - PDB; $\delta^{15}\text{N} = +47,57\text{‰}$ vs ar). O desvio padrão aceito para considerar o método válido foi de 0,05.

4.4. ANÁLISE ESTATÍSTICA

A análise estatística descritiva das variáveis sedimentológicas (granulometria) e geoquímicas (conteúdos de COT e NT) envolveu a interpretação do coeficiente de variação percentual. Os valores foram baixos e moderados (McCUNE & GRACE, 2002), foram

interpretados como tendência de normalidade. A partir dessa consideração foi empregada a análise de correlação linear Pearson entre as variáveis, para elaboração de uma matriz de correlações, cujos resultados foram testados através do Teste do coeficiente de correlação linear Pearson, revelando valores significativos ($p < 0,05$). Todas as análises descritivas e inferenciais foram realizadas através do programa *BioEstat 5.3* (AYRES et al., 2000).

A análise multivariada utilizada foi uma análise de gradiente linear, denominada Análise de Componentes Principais (PCA), para ordenar a concentração do teor de CaCO_3 , das análises elementares e dos isotópicas no sedimento, ao longo do gradiente granulométrico utilizado no presente trabalho. As variáveis foram normalizadas pelo desvio-padrão para a estimativa da matriz de correlações. Os scores foram centrados e padronizados para a sua representação no diagrama de ordenações. A análise PCA foi realizada empregando o pacote estatístico *Canoco for Windows* versão 4.5 (LEPS & SMILAUER, 2003).

Para a geoestatística, foi usado o método de regressão de *Kriging* (krigagem) para interpolar os dados de COT, $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$ e criar mapas de distribuição horizontal dos dados na BTS. Esse método foi realizado através do *Environmental System Research Institute* (ESRI). *ArcGIS for Desktop*. Versão 10.3.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. ANÁLISE ELEMENTAR DA MATÉRIA ORGÂNICA

A Tabela 3 apresenta o COT (%), o NT (%), o $\delta^{13}\text{C}$ (‰), o $\delta^{15}\text{N}$ (‰), a razão C/N e o teor de carbonato (CaCO_3 , %) detectados nas amostras de sedimentos superficiais. A Tabela 3 também mostra a porcentagem das fácies granulométricas encontradas para as mesmas amostras.

As concentrações de carbono orgânico total na matriz analisada, desconsiderando as amostras S01, S03, S07 e S09 onde o carbono orgânico total não foi detectado, variaram de 0,10% a 2,18% com uma média de $0,98 \pm 0,69\%$. Os valores de nitrogênio total variaram de 0,04% até 0,22% com uma média de $0,11 \pm 0,06\%$. A distribuição horizontal dos valores de COT nos sedimentos superficiais da BTS é apresentada na Figura 10. As concentrações apresentaram redução gradual de nordeste a sudoeste da BTS. Através da Figura 11, observa-se que os altos valores estão distribuídos em regiões de baixa intensidade dos campos de velocidades residuais, encontrados no trabalho de Xavier (2002). Já as regiões com maiores velocidades residuais (canal de Salvador, nas margens continentais de Salvador e da Ilha de Itaparica) apresentaram menores concentrações de COT (Figura 10).

A circulação residual pode ser explicada basicamente como sendo um movimento resultante de uma partícula após um período de tempo de um ou múltiplos ciclos de maré (HANSEN; RATRAY, 1965). Ela pode ser dividida entre os campos barotrópicos e baroclínicos. Essa circulação se associa na distribuição da M.O. dos sedimentos, porque é de fundamental importância no processo de deposição do MPS (XAVIER, 2002).

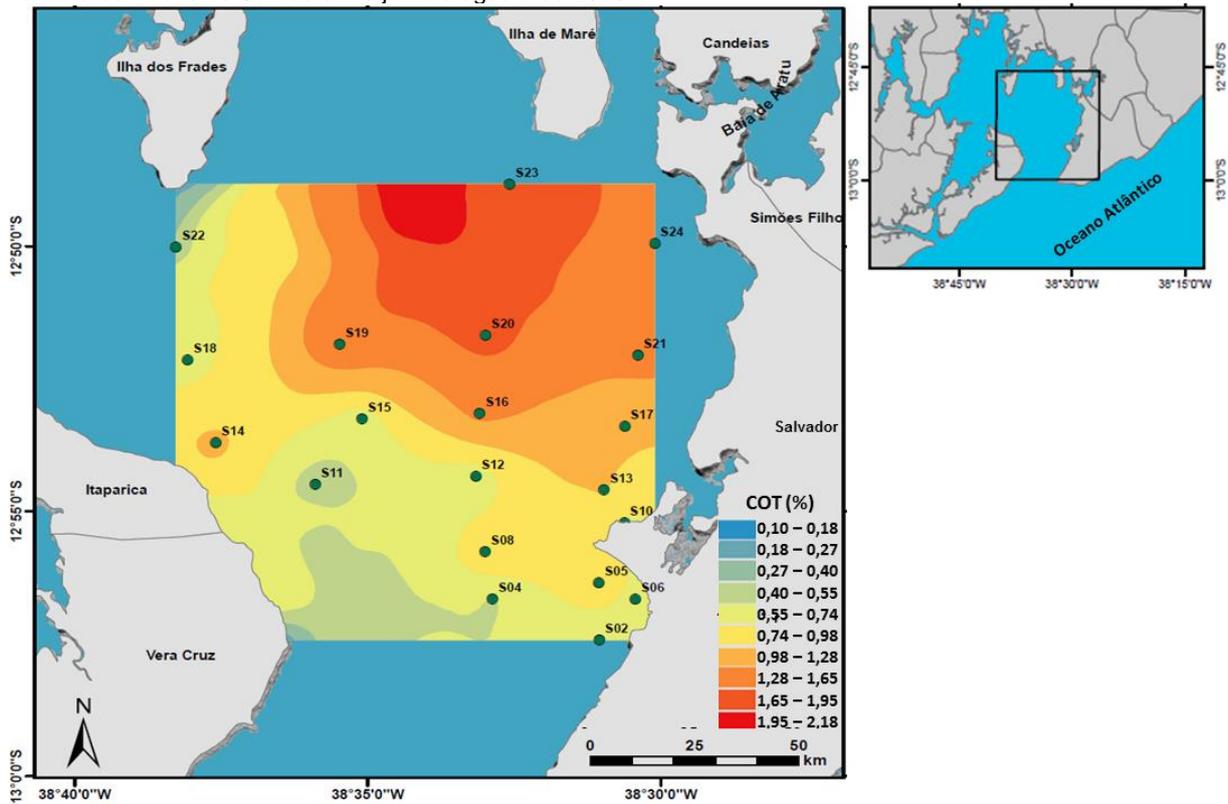
Tabela 3 – Fáceis granulométricas, conteúdo de carbono orgânico total (COT, %), conteúdo de nitrogênio total (NT, %), razão entre carbono orgânico total e nitrogênio total (C/N), $\delta^{13}\text{C}$ do carbono orgânico total (‰), $\delta^{15}\text{N}$ do nitrogênio total (‰) e teor de carbonato de cálcio (%) para as amostras coletadas na Baía de Todos os Santos entre julho e agosto de 2015

Estações	COT (%)	NT (%)	Razão C/N	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	$\delta^{15}\text{N}$ (‰)	CaCO₃ (%)	Areia (%)	Silte (%)	Argila (%)
S 01	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	7.02	100	0.0	0.0
S 02	0.57	0.11	5.31	-21.4	1.20	53.3	97.85	2.15	0.0
S 03	n.d.	0.04	n.d.	n.d.	-0.25	20.9	98.23	1.77	0.0
S 04	0.21	0.05	4.47	-20.6	3.25	24.7	98.52	1.48	0.0
S 05	1.19	0.12	9.57	-21.7	5.34	44.4	42.24	54.36	3.40
S 06	0.56	0.09	6.29	-22.9	6.71	30.4	83.20	15.84	0.96
S 07	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	17.9	100	0.0	0.0
S 08	1.30	0.11	11.6	-20.7	5.40	78.8	97.26	2.74	0.0
S 09	n.d.	0.06	n.d.	n.d.	2.32	16.9	97.42	2.58	0.0
S 10	0.36	0.08	4.69	-20.0	4.01	25.6	95.10	4.90	0.0
S 11	0.14	0.05	2.89	-19.5	2.99	12.4	100	0.0	0.0
S 12	0.18	0.07	2.72	-19.3	2.07	16.1	97.55	2.45	0.0
S 13	1.25	0.10	12.3	-21.4	6.14	51.0	97.61	2.39	0.0
S 14	1.33	0.17	7.71	-21.4	5.61	38.8	72.97	24.95	2.08
S 15	0.10	0.06	1.70	-18.5	1.97	20.1	97.31	2.69	0.0
S 16	1.70	0.19	8.80	-21.6	6.56	45.5	50.32	45.84	3.84
S 17	0.83	0.10	8.12	-20.3	5.16	68.6	77.27	18.79	3.94
S 18	0.48	0.11	4.42	-21.0	5.45	32.2	96.78	3.22	0.0
S 19	2.18	0.22	9.78	-21.9	6.73	40.1	52.20	43.59	4.21
S 20	2.01	0.21	9.44	-21.6	7.21	39.0	19.49	73.37	7.14
S 21	1.56	0.16	9.46	-21.7	5.99	45.6	41.13	54.63	4.25
S 22	0.16	0.08	2.06	-18.3	3.50	22.7	100	0.0	0.0
S 23	2.05	0.14	14.5	-19.4	5.73	75.0	60.57	34.22	5.21
S 24	1.21	0.17	7.10	-21.1	6.10	43.5	49.38	46.10	4.52

(n.d. = não detectado)

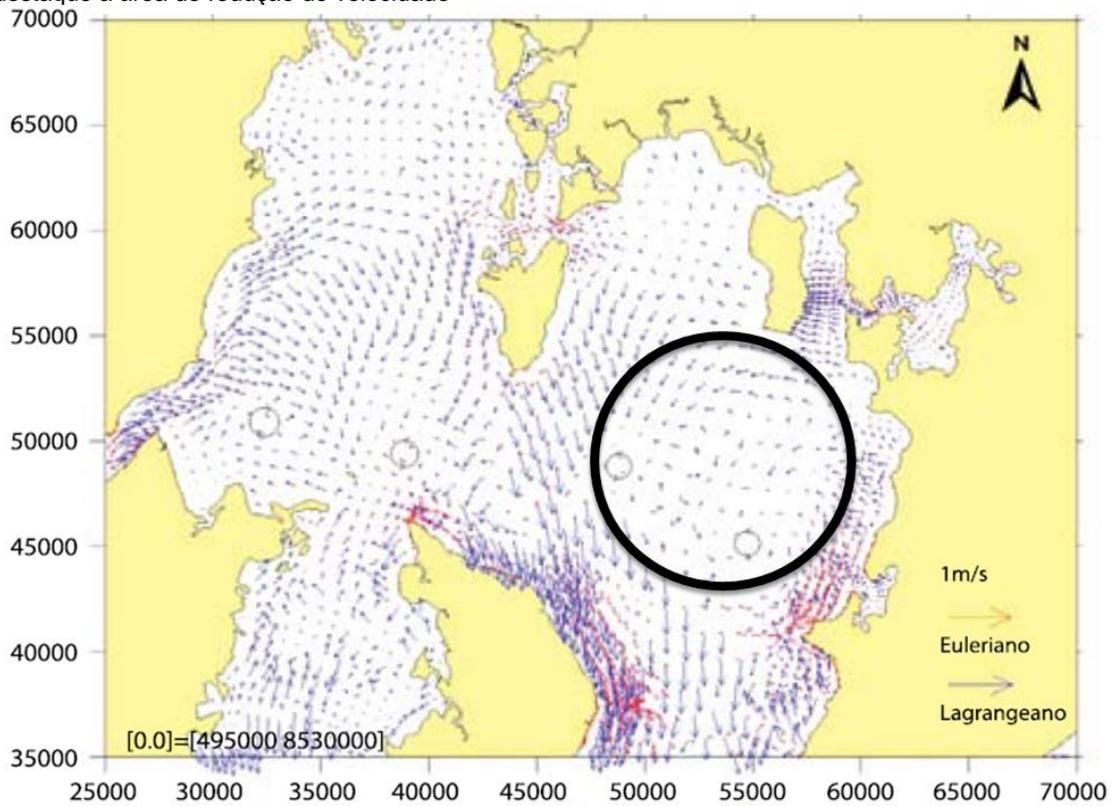
Fonte: Autor (2016).

Figura 10 – Distribuição horizontal do carbono orgânico total (COT) analisado em sedimentos superficiais coletados na Baía de Todos os Santos entre julho e agosto de 2015



Fonte: Autor (2016).

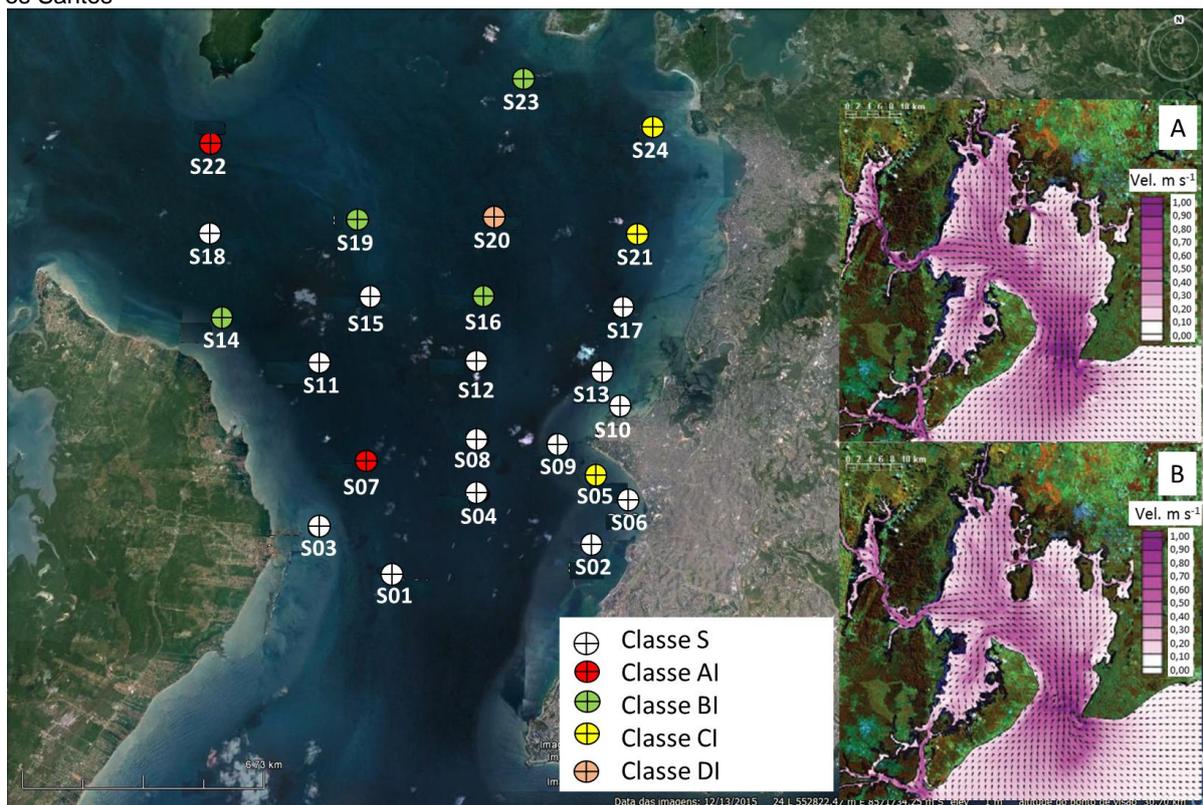
Figura 11 – Padrão da circulação residual lagrangeana (azul) e euleriana (vermelho), ao final de 2 ciclos de maré. Em destaque a área de redução de velocidade



Fonte: Modificado de Xavier (2002).

Na análise granulométrica realizada pela investigação científica do programa de pós-graduação já citado, verificou-se as fácies sedimentares da BTS através das mesmas amostras aqui avaliadas, e as classificou com predomínio de areia à lama extremamente siltosa e levemente arenosa. Os resultados encontrados estão na Tabela 3. Ainda houve comparação com os campos de correntes de maré na BTS proposta por Lessa et al. (2009), corroborando na quantificação da M.O. sedimentar (Figura 12).

Figura 12: Mapa de classificação hidrodinâmica baseada nas amostras de sedimentos coletadas na Baía de Todos os Santos

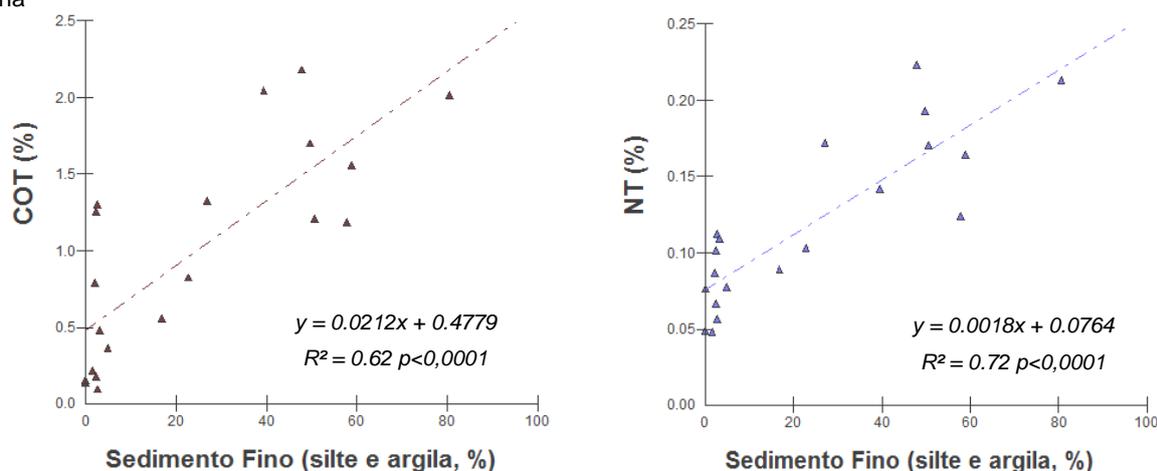


Legenda: S = areia; A-I = areia levemente siltosa; B-I = areia muito siltosa; C-I = lama arenosa extremamente siltosa; D-I = lama extremamente siltosa e levemente arenosa. Campo de correntes na BTS: (A) a meia maré vazante; e (B) a meia maré enchente, em situação de sizígia, de acordo com os resultados do modelo RMA2 proposto por Lessa et al. (2009)

Fonte: Modificado do *Google Earth* 2016 e Lessa et al. (2009).

Houve uma correlação extremamente significativa ($p < 0,0001$) entre o teor de lama (silte e argila) encontrado e o COT ($r = 0,79$) e o NT ($r = 0,85$) do presente estudo, como mostra na Figura 13. Amostras com maior predominância da fração fina possuem maior porcentagem de matéria orgânica (DOMINGUEZ; BITTENCOURT, 2009). Isso é devido ao fato que sedimentos mais finos (silte e argila) têm uma maior superfície de contato e capacidade de troca catiônica, aumentando a capacidade de adsorção de M.O. (ZHANG et al., 2011).

Figura 13 – Correlação entre os conteúdos de carbono orgânico total (COT) e nitrogênio total (NT) e a granulometria fina



Fonte: Autor (2016).

Os resultados obtidos de COT e NT deste estudo se assemelharam àqueles encontrados em estudos anteriores feitos na BTS (Tabela 4). É importante ressaltar que estes estudos anteriores foram feitos em regiões distintas da BTS. O trabalho realizado por Souza (2015) foi próximo ao canal do rio Paraguaçu e às regiões estuarinas do rio Subaé e São Paulo. Nestas duas últimas regiões também houve estudos de Costa et al (2011) e Celino et al (2008). Já Santos et al (2013) realizaram suas análises no canal de Itaparica, próximo ao estuário do rio Jaguaripe. Assim, observa-se que há uma constância na quantidade de COT e NT para a BTS como um todo.

Tabela 4 – Carbono orgânico total (COT), nitrogênio total (NT) e razão C/N em matriz sedimentar na Baía de Todos os Santos

Trabalhos	COT (%)	NT (%)	Razão C/N
Celino et al. (2008)	1,04 – 2,59	0,14 – 0,27	7,3 – 14,7
Costa et al. (2011)	0,95 – 2,72	0,10 – 0,33	1,9 – 16,8
Santos et al. (2013)	0,09 – 2,05	---	6,0 – 17,5
Souza (2015)	0,6 – 1,8	0,10 – 0,30	5,1 – 9,6
Presente estudo	0,10 – 2,18	0,04 – 0,22	1,7 – 14,5

Fonte: Autor (2016).

As concentrações de COT e NT do presente estudo foram comparadas com as concentrações de outras baías do mundo (XIA et al., 2014; YE et al., 2014; KRISHNA et al., 2013; WANG et al., 2013; BARROS et al., 2010; KUZYK et al., 2010; HU et al., 2009), como mostrado na Tabela 5.

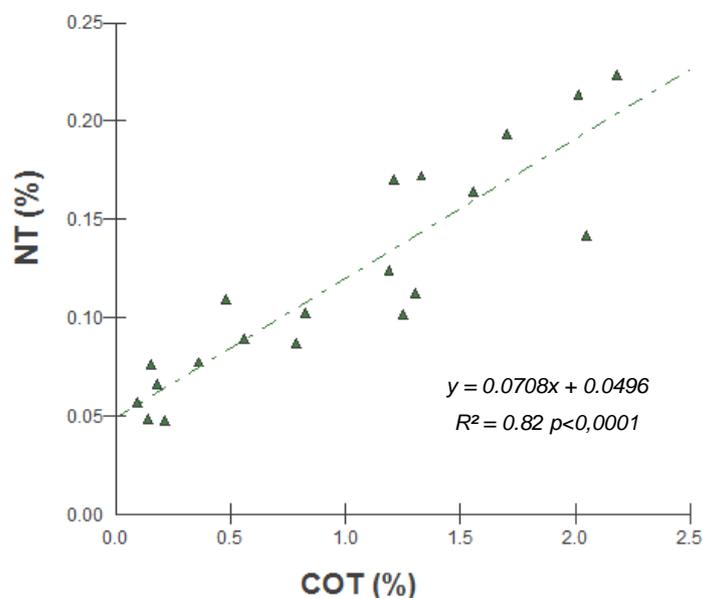
Tabela 5: Carbono orgânico total (COT) e nitrogênio total (NT) em matriz sedimentar de algumas baías do mundo

Trabalhos	COT (%)	NT (%)	Área de Estudo
HU et al. (2009)	0,04 – 0,69	0,01 – 0,10	Baía de Bohai, China
KUZYK et al. (2010)	0,40 – 1,55	0,04 – 0,21	Baía de Hudson – Canadá
BARROS et al. (2010)	0,34 – 2,93	0,04 – 0,35	Baía de Babitonga – SC, Brasil
KRISHNA et al. (2013)	0,63 – 1,64	0,02 – 0,13	Margem continental leste da Índia (Golfo de Bengala)
WANG et al. (2013)	0,52 – 0,69	0,05 – 0,07	Baía de Sishili, China
YE et al. (2014)	0,45 – 0,96	0,054 – 0,10	Baía Luoyuan, China
XIA et al. (2014)	0,17 – 0,87	0,05 – 0,14	Baía Sanggou, China
Presente estudo	0,10 – 2,18	0,04 – 0,22	Baía de Todos os Santos – Brasil

Fonte: Autor (2016).

Para avaliar a composição da matéria orgânica, foi feito o diagrama de correlação entre aos valores de COT e NT obtidos no presente estudo (Figura 14). Houve uma correlação positiva extremamente significativa ($p < 0,0001$) entre esses fatores ($r = 0,90$).

Figura 14 – Correlação entre os conteúdos de carbono orgânico total (COT) e nitrogênio total (NT) dos sedimentos coletados na BTS



Fonte: Autor (2016).

Quando os resultados de COT forem iguais a 0% e o NT > 0%, há uma denotação que o NT sedimentar contém alguma quantidade de nitrogênio inorgânico (NI) (GOÑI et al., 1998). É possível estimar o teor de nitrogênio orgânico (NO) da matéria orgânica sedimentar das amostras por simples subtração ($NO\% = NT\% - NI\%$) (GOÑI et al., 1998). Neste estudo, a

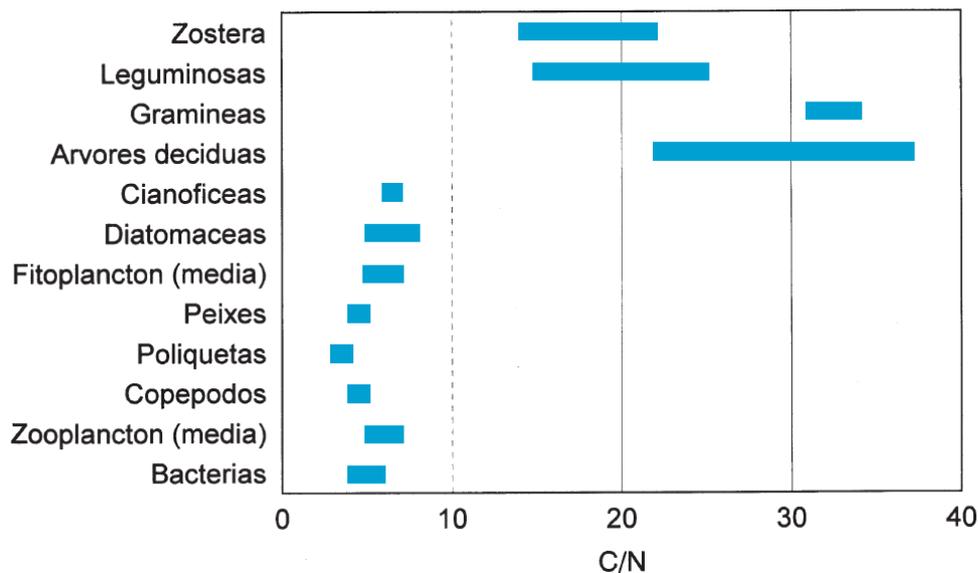
linha de regressão linear feita entre o COT e o NT intercepta o eixo y próximo de zero (Figura 14). Assim, isso sugere que a concentração de NI é pouco significativa nas amostras de NT. Portanto, assumindo que o NT é composto majoritariamente por nitrogênio orgânico (RUMOLO et al., 2011), usou-se a razão C/N na avaliação da fonte de M.O. (GIREESHKUMAR et al., 2013).

A razão entre o carbono orgânico total e o nitrogênio total (razão C/N) em sedimentos tem sido usada como indicadora das principais fontes de M.O. em ecossistemas aquáticos, classificando-as em de origem marinha ou de origem terrestre (GAO et al., 2012; GIREESHKUMAR et al., 2013; MEYERS, 1997). O constituinte da M.O. mais importante dos organismos terrestres e marinhos são conteúdos proteicos. As algas marinhas apresentam teores de proteínas superiores em relação às plantas terrestres (MARTINS, 2005). Essas proteínas das algas são ricas em nitrogênio (BIANCHI; CANUEL, 2011). Os vegetais terrestres apresentam menos de 20% de conteúdo proteico em sua constituição orgânica (MULLER; MATHESIUS, 1999). Essas plantas são ricas em compostos de carbono (BIANCHI; CANUEL, 2011).

A razão C/N para organismos planctônicos geralmente varia de 4,0 a 7,0 (MULLER; MATHESIUS, 1999). Os organismos bentônicos, que são ricos em proteínas, apresentam valores próximos a 4,0. Valores dessa razão entre 20 e 200 são considerados típicos para matéria orgânica provinda dos continentes (MARTINS, 2005). Neste estudo, esta razão variou de 1,70 a 14,5 (Tabela 3). As amostras S02, S04, S06, S10, S14, S18 e S24 apresentaram valores da razão próximos de 4,0 e 7,0, identificando uma fonte planctônica para a M.O. sedimentar. Já as amostras S11, S12, S15 e S22 exibiram valores abaixo de 4,0, evidenciando os organismos bentônicos como principal fonte de matéria orgânica sedimentar das amostras. A estação de amostragem S23 foi a única a apresentar valor próximo a 15 (razão C/N = 14,5). Isto pode ser explicado pela sua localização ser próxima ao aporte fluvial do estuário do rio Subaé e rio São Paulo (Figura 8).

Stein (1991) ainda determinou que os sedimentos contendo M.O. de fontes marinhas apresentam valores dessa razão de aproximadamente 6,0 (Figura 15) chegando a valores máximos de 10,0. Valores em torno de 10,0 são considerados intermediários indicando zona de mistura de fontes continentais e marinhas (STEIN, 1991). As amostras S05, S08 e S13 apresentaram valores intermediários, porém estão próximas à costa, o que interfere nos seus resultados. Já as amostras S16, S19, S20 e S21, que também apresentaram valores intermediários, estão mais na região central da BTS e o que pode explicar seus valores é a menor intensidade da velocidade residual nesses pontos.

Figura 15 – Valores da razão C/N para diferentes tipos de materiais



Fonte: Modificado de Stein (1991).

5.2. TEOR DE CaCO_3

As concentrações de carbonato de cálcio obtidos nas amostras de sedimentos variaram de 7,02% a 78,8%, com a média apresentando $36,4 \pm 19,7\%$. É notado que em amostras com maiores presenças da fração fina dos sedimentos (silte e argila) haverá um maior teor de CaCO_3 , pois há uma preservação do composto devido a área superficial desses sedimentos (ZHANG et al., 2011).

O teor de carbonato de cálcio (CaCO_3) das amostras de sedimentos tem sido usado como marcador das condições ambientais de deposição da matéria orgânica por diversos autores (KHIM et al., 2008; FERNANDEZ, 2010; GIULIANI et al., 2011). Esse composto é considerado como um produto autóctone em sedimentos marinhos (MAHIQUES, 1998), uma vez que há organismos bentônicos e planctônicos (i.e. foraminíferos, e diatomáceas, respectivamente) que secretam o CaCO_3 para constituir suas partes duras (MAHIQUES, 1998).

Essa análise corrobora para a classificação da fonte da M.O. da BTS ser de origem bentônica e fitoplanctônica, pois todas as amostras evidenciaram uma quantidade significativa de CaCO_3 . A BTS, por ser um sistema marinho, tem um padrão espacial em larga escala de comunidade bentônicas, como recifes de corais (BARROS et al., 2009). Estudos sobre a comunidade fitoplanctônica da BTS (MOLINARI et al., 2007; LOPES et al., 2009; ALMEIDA et al., 2014; SOARES et al., 2014) mostram uma dominância de diatomáceas e fitoflagelados na baía. Todas essas comunidades supracitadas são secretoras de carbonato de cálcio.

5.3. RAZÃO ISOTÓPICA DE CARBONO ORGÂNICO TOTAL ($\delta^{13}\text{C}$) E NITROGÊNIO TOTAL ($\delta^{15}\text{N}$)

Na Tabela 3, estão apresentados os valores da razão isotópica do carbono orgânico total e nitrogênio total obtidos nos sedimentos coletados. O $\delta^{13}\text{C}$ do COT variou de $-22,9\text{‰}$ a $-18,3\text{‰}$, com uma média de $-20,7 \pm 1,22\text{‰}$. Nas amostras S01, S03, S07 e S09 não foi detectado sinal de carbono. Os valores de $\delta^{13}\text{C}$ mostram que a M.O. da BTS tem origem fitoplanctônica (-23‰ a -12‰). Já os valores do $\delta^{15}\text{N}$ variaram de $-0,25\text{‰}$ a $7,21\text{‰}$ (Tabela 3), tendo uma média de $4,5 \pm 2,08\text{‰}$. A amostra S03 foi a única com valor negativo. Os teores de $\delta^{15}\text{N}$ para região estudada também mostra que a M.O. sedimentar da BTS tem como principal fonte os organismos fitoplanctônicos (XIA et al., 2014), pois a maioria das amostras mostrou valores entre 4 e 7‰.

Podemos, então, classificar a matéria orgânica sedimentar depositada na área de estudo como de origem principalmente marinha. A BTS tem características oceânicas, e o aporte das suas bacias hidrográficas mais importantes (Paraguaçu, Subaé e Jaguaripe) não tem grande interferência na composição da M.O. sedimentar (LEÃO; DOMINGUEZ, 2000; BARROS et al., 2009; LOPES et al., 2009). Estudos anteriores corroboram nessa caracterização (CELINO et al., 2008; COSTA et al., 2011; SANTOS et al., 2013; SOUZA, 2015). Os estudos citados foram todos próximos às zonas estuarinas dessas bacias, onde teoricamente o aporte de M.O. terrígena seria de grande influência para seus dados. Mesmo assim, a influência autóctone é predominante.

A BTS tem um grande volume e uma descarga fluvial relativamente pequena (LESSA et al., 2009). Apesar de ter a contribuição da segunda maior bacia hidrográfica do estado da Bahia (rio Paraguaçu), esse volume é pequeno. Segundo Lima; Lessa (2002), a descarga média deste rio antes de 1985 (ano da construção da Barragem Pedra do Cavalo) era de $107,7 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$, e entre 1986 e 2000, esse volume caiu para mais da metade, chegando até $52,8 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ (Tabela 6) após a construção da barragem Pedra do Cavalo.

Tabela 6 – Descarga média das principais bacias hidrográficas da Baía de Todos os Santos

Rios	Paraguaçu	Jaguaripe	Subaé	Outras bacias	Total
Descarga média ($\text{m}^3 \text{ s}$)	52,8	14,9	4,5	30,0	102,2

Fonte: Modificado de LIMA; LESSA, (2002).

Os resultados obtidos em outras baías do mundo (BARROS et al., 2010; CRESSON et al., 2012; KRISHNA et al., 2013; XIA et al., 2014; ZHANG et al. 2014) indicam valores similares de $\delta^{13}\text{C}$ (Tabela 7), mostrando que é comum a M.O. sedimentar de baías serem principalmente de origem marinha.

Tabela 7 – Variação da razão isotópica do Carbono e do Nitrogênio de sedimentos superficiais em algumas baías pelo mundo

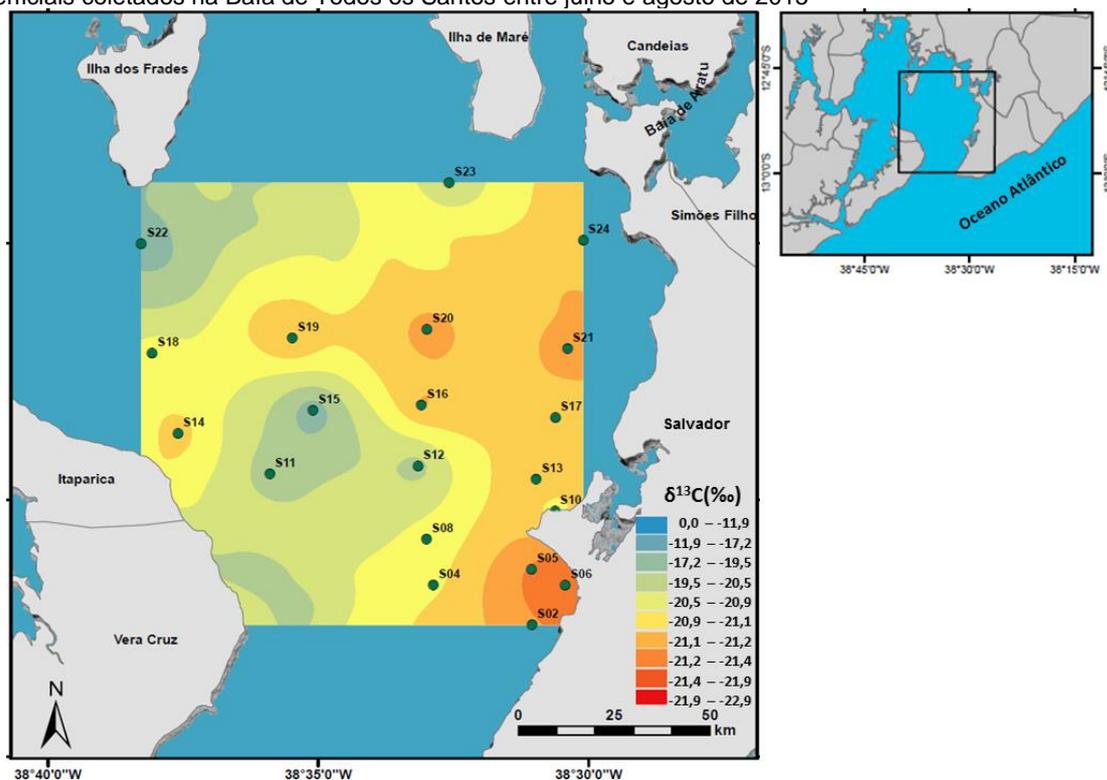
Trabalhos	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	$\delta^{15}\text{N}$ (‰)	Área de Estudo
HU et al. (2009)	-23,9 – -21,6	Média 6,28	Baía de Bohai, China
KUZYK et al. (2010)	-24,2 – -20,44	6,21 – 9,81	Baía de Hudson, Canadá
BARROS et al. (2010)	-24,9 – -22,7	3,6 – 6,4	Baía de Babitonga – SC, Brasil
CRESSON et al. (2012)	-22,5 – -21,7	3,42 – 3,92	Baía de Marseilles, França
KRISHNA et al. (2013)	-23,3 – -16,7	3,7 – 13,5	Margem continental leste da Índia (Golfo de Bengala)
YE et al. (2014)	-23,8 – -19,5	3,6 – 6,7	Baía Luoyuan, China
XIA et al. (2014)	-23,1 – -21,3	5,13 – 7,3	Baía Sanggou, China
Presente estudo	-22,9 – -18,3	-0,25 – 7,21	Baía de Todos os Santos – Brasil

Fonte: Autor (2016).

A Figura 16 apresenta a distribuição horizontal do $\delta^{13}\text{C}$ nos sedimentos superficiais da BTS. As amostras S01, S03, S07 e S09 foram desconsideradas pois não havia sinal de carbono em suas matrizes analisadas.

Na Figura 16, pode-se observar que os menores valores de $\delta^{13}\text{C}$ são encontrados próximos à costa. Na parte mais central do canal de Salvador, há valores menos negativos de $\delta^{13}\text{C}$. Isso mostra que, embora haja um predomínio de M.O. autóctone na BTS, as regiões próximas à costa têm maiores influências terrígenas.

Figura 16 – Distribuição horizontal da razão isotópica do carbono orgânico total ($\delta^{13}\text{C}$) analisada em sedimentos superficiais coletados na Baía de Todos os Santos entre julho e agosto de 2015



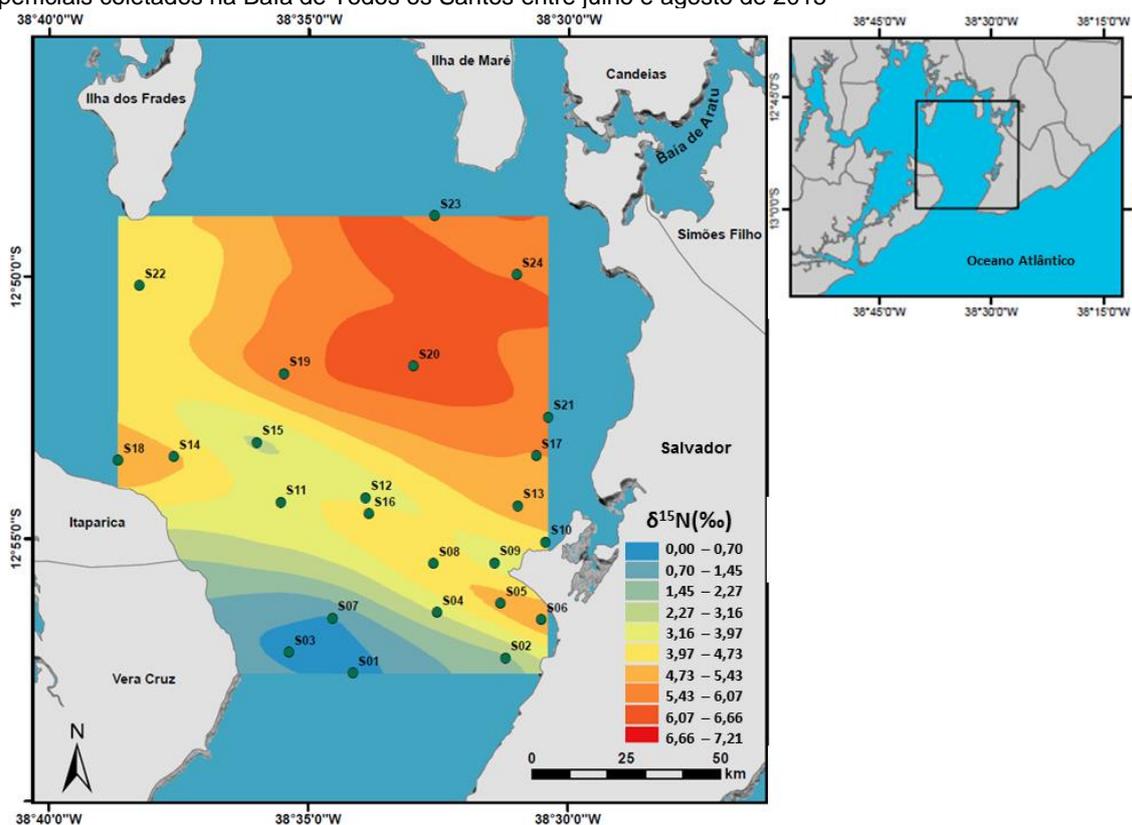
Fonte: Autor (2016).

Existe na BTS aportes fluviais relativamente pequenos, onde o conteúdo de M.O. terrígena se restringe à zona próxima do deságue dos rios nesta baía.

A Figura 17 mostra a distribuição dos valores de $\delta^{15}\text{N}$ encontrados. As amostras S01 e S07 não apresentaram sinal de nitrogênio quando analisadas, e a amostra S03 foi considerada com o valor zerado para melhor avaliação da distribuição da razão, pois foi a única com valor negativo e próximo a zero.

Acrescentando ao que foi dito, os altos valores do $\delta^{15}\text{N}$ (Figura 17) podem ser associados às regiões de baixa intensidade da circulação residual (Figura 11). Essas regiões podem ter maiores concentrações de organismos planctônicos devido ao baixo escoamento residual (XAVIER, 2002; SANTANA, 2015). A pouca influência de descarga fluvial juntamente com o baixo aporte nutricional do continente para a BTS, faz com haja uma dominância de fitoflagelados, organismos planctônicos que dominam ambientes de baixas concentrações de nutrientes (LOPES et al., 2009).

Figura 17 – Distribuição horizontal da razão isotópica do nitrogênio total ($\delta^{15}\text{N}$) analisada em sedimentos superficiais coletados na Baía de Todos os Santos entre julho e agosto de 2015



Fonte: Autor (2016).

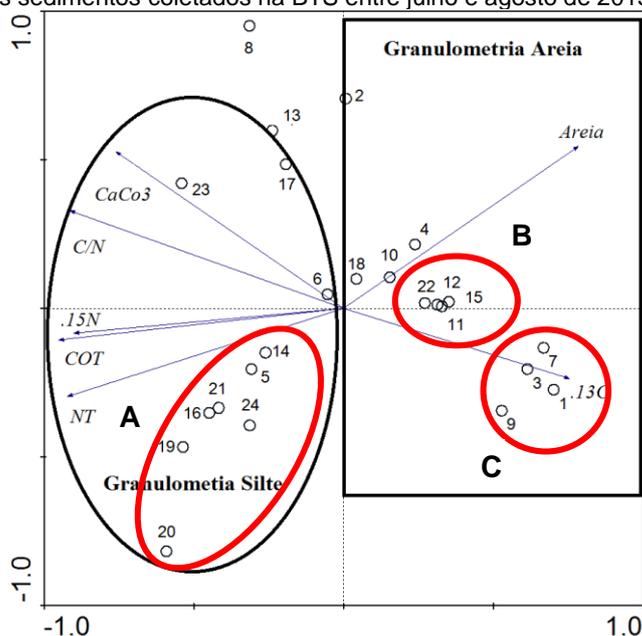
Estudos anteriores sobre a comunidade fitoplancônica na BTS (MOLINARI et al., 2007; LOPES et al., 2009; ALMEIDA et al., 2014; SOARES et al., 2014) mostram que a composição e a estrutura desses organismos para essa região têm uma estreita relação com as alterações da hidrodinâmica local. Lopes et al. (2009) caracterizam a BTS como sendo um sistema oligo-a mesotrófico e que as comunidades planctônicas da região são típicas de ambientes tropicais com considerada influência marinha.

Não houve uma correlação significativa entre o COT e $\delta^{13}\text{C}$. Isso mostra que a fonte de M.O. e a quantidade depositada não são influenciadas pelos mesmos fatores. Porém, há uma correlação extremamente significativa para os valores de NT e $\delta^{15}\text{N}$ ($p < 0,0001$).

5.4. ANÁLISE DE COMPONENTES PRINCIPAIS (PCA)

Na PCA, o primeiro componente principal explicou 74% da variância total dos dados, enquanto que o segundo componente explicou 12% dessa variância. Juntos, os dois primeiros componentes principais explicaram 86% da variância dos dados sedimentológico e geoquímico. O gradiente sedimentológico, levou à separação entre as estações de amostragem com granulometria predominantemente arenosa (lado direito), das estações de amostragem com predomínio de silte e argila (lado esquerdo) (Figura 18).

Figura 18 – Análise dos Componentes Principais para granulometria (areia e silte), o teor de CaCO_3 , e a análise elementar e isotópica dos sedimentos coletados na BTS entre julho e agosto de 2015



Legenda: NT, teor de Nitrogênio total, C/N, relação Carbono-Nitrogênio; COT, carbono orgânico total; $\delta^{13}\text{C}$ ($\delta^{13}\text{C}$); $\delta^{15}\text{N}$ ($\delta^{15}\text{N}$).

Pode-se observar a formação de três grupos nessa PCA: i) O Grupo A são as amostras com predominância de silte e argila que apresentou as maiores concentrações de COT, NT, razão C/N, além dos isótopos $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$, evidenciando uma contribuição positiva da granulometria dessas amostras na maior agregação de M.O.; ii) o Grupo B são as amostras com as menores concentrações de COT, NT, razão C/N, $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$. Essas apresentam a faixa granulométrica arenosa com maior predominância e não mostra teores de argila em sua composição. Isso evidencia os menores teores dos dados geoquímicos; iii) o grupo C correlaciona positivamente as amostras que não apresentaram sinal de carbono em sua análise. Essas amostras predominam areia em sua composição.

5. CONCLUSÕES

A investigação geoquímica dos sedimentos superficiais da baía de Todos os Santos através da determinação do COT (%), NT (%), razão C/N, $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$ e teor de CaCO_3 permitiu caracterizar a fonte e a distribuição da matéria orgânica marinha da região. Seus resultados foram correlacionados à granulometria das mesmas amostras realizada anteriormente.

A quantidade de M.O. depositada na BTS é comparável com aquela depositada em outras baías do mundo e em outros trabalhos realizados em distintas regiões da BTS.

A circulação residual, presente na BTS, influencia na quantidade de matéria orgânica depositada nessa região.

As principais fontes de matéria orgânica para a região estudada são as marinhas, predominantemente de origem planctônica. Locais mais próximos do continente e rios apresentam maior influência terrígena, embora essa não seja predominante.

6. REFERÊNCIAS

ALBERGARIA-BARBOSA, Ana Cecília Rizzatti. **Avaliação da influência do canal do Valo Grande na composição molecular e isotópica da matéria depositada no Sistema Estuarino-Lagunar de Cananéia-Iguape-SP**. 2013. 126 f. Tese (Doutorado em Oceanografia Química e Geológica) – Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013.

ALMEIDA, Marcos. **Distribuição e Origem dos Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos em Sedimentos Superficiais da Zona Intermareal do estuário do rio Paraguaçu, Bahia**. 2014. 73 f. Monografia (Graduação em Oceanografia) – Instituto Geociências, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2014.

ALMEIDA, A. S. C.; VARGAS, A. Y. C.; GOMES, D. F.; LESSA, G. Variação espaço-temporal da comunidade fitoplantônica na Baía de Todos os Santos em marés de quadratura. In: Congresso Brasileiro de Oceanografia, 2014. Itajaí – SC. **Anais de resumo – Congresso Brasileiro de Oceanografia – CBO' 2014**. Itajaí – SC, p. 1027-1028, 2014.

AYRES, M. P.; WILKENS, R. T.; RUEL, J. J.; LOMBARDERO, M.J.; VALLERY, E. Nitrogen budgets of phloem-feeding bark beetles with and without symbiotic fungi (Coleoptera: Scolytidae). **Ecology** v.81, p. 2198-2210, 2000.

BARROS, G. V.; MARTINELLI, L. A.; NOVAIS, T. M. O.; OMETTOJ. P. H. B.; ZUPPI, G. A. 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** v.408, p. 2226–2232, 2010.

BARROS, F. C. R.; CRUZ, I. C. S; KIKUCHI, R. K. P.; LEÃO, Z. M. A. N. Ambiente Bentônico. In HATJE, V.; ANDRADE, J.B de (Org.). **Baía de Todos os Santos – Aspectos oceanográficos**. Salvador: EDUFBA, cap. 6, p. 207-247, 2009.

BAUER, J. E.; CAI, W. J.; RAYMOND, P. A.; BIANCHI, T. S.; HOPKINSON, C. S.; REGNIER, P. A. The changing carbon cycle of the coastal ocean. **Nature**, v. 504, n. 7478, p. 61-70. 2013;

BIANCHI, T. E CANUEL, E. **Chemical biomarkers in aquatic ecosystems**, Princeton University Press, New Jersey, 2011.

BRAZÃO, J. E. M. **Vegetação: As Regiões Fitoecológicas, sua Natureza e seus Recursos Econômicos** - Folha SD 24, Salvador, MME/Radambrasil, Rio de Janeiro, 1981.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Livro sobre Erosão e Progradação do Litoral Brasileiro**. Brasília, DF, 2006. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/estruturas/sqa_sigercom/_arquivos/ba_erosao.pdf>. Acessado em 13 de abril de 2016.

BROWNLOW A. H. Sulfur isotopes. In **Geochemistry**. Prentice Hall: New Jersey, 1996.

CARVALHO, A. Geologia sedimentar, **Sedimentologia**. Lisboa, Editora Âncora, v. 1, 2003.

CELINO, J. J.; OLIVEIRA, O. M. C.; HADLICH, G. M.; QUEIROZ, A. F. S.; GARCIA, K. S. Assessment of contamination by trace metals and petroleum hydrocarbons in sediments from the tropical estuary of Todos os Santos Bay, Brazil. **Revista Brasileira de Geociências**. v.38 n.4, p. 753-760, 2008.

CIRANO, M.; LESSA, G. C. Oceanographic characteristics of Baía de Todos os Santos. Brasil. **Revista Brasileira de Geofísica**, v. 25, p. 363-387, 2007.

COSTA, A. B.; NOVOTNY, E. H.; BLOISE, A. C.; DE AZEVEDO, E. R.; BONAGAMBA, T. J; ZUCCHI, M. R.; SANTOS, V. L. C. S.; AZEVEDO, A. E. G. Characterization of organic matter in sediment cores of the Todos os Santos Bay, Bahia, Brazil, by elemental analysis and ¹³C NMR. **Marine Pollution Bulletin** v.62, p. 1883–1890, 2011.

CRA - Centro de Recursos Ambientais. Bacias Hidrográficas do Recôncavo Norte. CRA, **Boletim Técnico**, Salvador, p. 147-292, 2001.

CRESSON, P.; RUITTON, S.; FONTAINE, M. F.; HARMELIN-VIVIEN, M. Spatio-temporal variation of suspended and sedimentary organic matter quality in the Bay of Marseilles (NW Mediterranean) assessed by Biochemical and isotopic analyses. **Marine Pollution Bulletin**. v.64 p.1112–1121, 2012.

DOMINGUEZ, J.M.L, BITTENCOURT, A.C.S.P. Geologia. In HATJE, V.; ANDRADE, J.B de (Org.). **Baía de Todos os Santos – Aspectos oceanográficos**. Salvador: EDUFBA, cap. 2, p. 25-66, 2009.

FERNANDEZ, B. B. **Variações do conteúdo de carbonato em estudos paleoceanográficos**: um exemplo na Bacia de Campo. 79 f. Dissertação (Mestrado) - Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.

FRY, B. **Stable isotope ecology**. New York: Springer, 2006.

GANNES, L. Z. RÍO, C. M. del; KOCH, P. Natural Abundance Variations in Stable Isotopes and their Potential Uses in Animal Physiological Ecology. **Comp. Biochem. Physiol.** v. 119A, n. 3, p. 725–737, 1998.

GAO X.; YANG Y.; WANG C. Geochemistry of organic carbon and nitrogen in surface sediments of coastal Bohai Bay inferred from their ratios and stable isotopic signatures. **Marine Pollution Bulletin**, v.64 n.6, p. 1148–1155, 2012.

GARCIA, K.S.; ANUNCIAÇÃO, D.S.; JESUS, G.M. de; GOMES, J.M.P.; SOARES, S.A.R.; GARCIA, R.J.L. Técnicas de campo e laboratório aplicadas às matrizes dos ambientes costeiros nos municípios de Una, Canavieiras e Belmonte. Em: CELINO, J. J.; HADLICH, G. M.; QUEIROZ, A. F. S.; OLIVEIRA, O. M. C. (Org. (s)). Avaliação de ambientes costeiros da região Sul da Bahia: geoquímica, petróleo e sociedade. Salvador: Edufba. 2014.

GIREESHKUMAR T R, DEEPULAL P M, CHANDRAMOHANAKUMAR N. Distribution and sources of sedimentary organic matter in a tropical estuary, south west coast of India (Cochin estuary): A baseline study. **Marine Pollution Bulletin**, v.66 n.1–2, p. 239–245, 2013.

GIULIANI, S.; CAPOTONDI, L.; MAFFIOLO, P.; LANGONE, L.; GIGLIO, F.; YAM, R.; FRIGNANI, M.; RAVAIOLI, M. Paleoenvironmental changes in the Pacific sector of the Southern Ocean (Antarctica) during the past 2.6 Ma. **Global and Planetary Change**, v. 77, n. 1/2, p. 34–48, 2011.

GOÑI, M. A.; TEXEIRA, M. J.; PERKEY, D. W. Sources and distribution of organic matter in a river-dominated estuary (Winyah Bay, SC, USA). **Estuarine, Coastal and Shelf Science**. v.57, p. 1023–1048, 2003.

GOÑI, M. A.; RUTTENBERG, K. C.; EGLINTON, T. I. A reassessment of the sources and importance of land-derived organic matter in surface sediments of the Gulf of Mexico. **Geochimica et Cosmochimica Acta**. v.62 n.18, p. 3055-3075, 1998.

GUEDES, M. L. S.; SANTOS J. J. Vegetação: Mata Atlântica Ombrófila Densa e Restinga. In: **BTS: Diagnóstico Sócio – Ambiental e Subsídios para Gestão Germem/UFBA – NIMA**, Salvador, p. 125-135, 1997.

GUO, L.; PING, C. L.; MACDONALD, R. W. Mobilization pathways of organic carbono from permafrost to arctic rivers in a changing climate. **Geophysical Research Letter**. v. 34, n. 13, p. 1-5, 2007.

HANSEN, D. V.; RATTRAY, M. Gravitational circulation in straits and estuaries. **Journal of Marine Research**. v.23, p. 104–122, 1965.

HATJE, V.; ANDRADE, J. B. de. **Baía de Todos os Santos: aspectos oceanográficos**. Salvador: EDUFBA, p. 19-22, 2009.

HU, L.; GUO, Z.; FENG, J.; YANG, Z.; FANG, M. Distributions and sources of bulk organic matter and aliphatic hydrocarbons in surface sediments of the Bohai Sea, China. **Marine Chemistry**. v.113, p. 197–211, 2009.

HU, J.; PEN, P.; JIA, G.; MAI, B.; ZHANG, G. Distribution and sources of organic carbon, nitrogen and their isotopes in sediments of the subtropical Pearl River estuary and adjacent Shelf, Southern China. **Marine Chemistry**. v.98, p. 274– 285, 2006.

IBGE (2015) Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Estimativas da população residente no Brasil e unidades da federação com data de referência em 1º de julho de 2015**. Disponível em:

ftp://ftp.ibge.gov.br/Estimativas_de_Populacao/Estimativas_2015/estimativa_dou_2015_20150915.pdf>. Acessado em 13 de abril de 2016.

IBGE (2014) Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Estimativas da população dos municípios brasileiros com data de referência em 1º de julho de 2014**. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/pdf/analise_estimativas_2014.pdf>.

Acessado em 18 de abril de 2016.

INEMA - INSTITUTO DO MEIO AMBIENTE E RECURSOS HPIDRICOS. **Comitê de bacias**. Disponível em: <<http://www.inema.ba.gov.br/gestao-2/comites-de-bacias>>. Acessado em: 14 de julho de 2015.

KHIM, B. K.; PARK, Y. H.; BAHK, J. J.; JIN, J. H.; LEE, G. H. Spatial and temporal variation of geochemical properties and paleoceanographic implications in the South Korea Plateau (East Sea) during the late Quaternary. **Quaternary International**, v. 176/177, p. 46–61, 2008.

KRISHNA, M. S.; NAIDU, S. A.; SUBBAIAH, C. V.; SARMA, V. V. S. S.; REDDY, N. P. C. Distribution and sources of organic matter in surface sediments of the eastern continental margin of India. **Journal os Geophysical Research: Biogeosciences**. v.118, p. 1484-1494, 2013.

KUZYK, Z. Z.; MacDONALD, R.; TREMBLAY, J. STERN, G. A. Elemental and stable isotopic constraints on river influence and patterns of nitrogen cycling and biological productivity in Hudson Bay. **Continental Shelf Research**. v.30 p.163–176, 2010.

LEÃO, Z. M. A. N.; DOMINGUEZ, J. M. L. Tropical Coast of Brazil. **Marine Pollution Bulletin**, v. 41, p. 112-122, 2000.

LEHNINGER, A. L. **Principles of biochemistry**. New York: Worth, 1982.

LEPŠ, J. & ŠMILAUER, P. **Multivariate analysis of ecological data using CANOCO**. Cambridge University Press. Cambridge, 2003;

LESSA, G. C.; CIRANO, M.; GENZ, F.; TANAJURA, C. A. S.; SILVA, R. R. da. Oceanografia Física. In HATJE, V.; ANDRADE, J.B de (Org.). **Baía de Todos os Santos – Aspectos oceanográficos**. Salvador: EDUFBA, cap.3, p. 67-120, 2009.

LESSA, G., DIAS, K. Distribuição espacial das litofácies de fundo da Baía de Todos os Santos. **Quaternary and Environmental Geosciences**, v. 01, n. 2, p.84-97, 2009.

LESSA, G.C.; BITTENCOURT, A.C.S.P.; BRICHTA, A.; DOMINGUEZ, J.M.L. A Reevaluation of the Late Quaternary Sedimentation in Todos os Santos Bay (BA), Brazil. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 72, n.4, p. 573-590, 2000.

LIMA, G.M.P.; LESSA, G.C. The fresh-water discharge in Todos os Santos Bay (BA) and its significance to the general water circulation. **Revista Pesquisas**, v.28 n. 2, p. 85-98, 2002.

LOPES, R. M. DIAS, J. F. GAETA, S. A. Ambiente Pelágico. In HATJE, V.; ANDRADE, J.B de (Org.). **Baía de Todos os Santos – Aspectos oceanográficos**. Salvador: EDUFBA, cap. 4, p. 121-156, 2009.

LOPES, C. A.; BENEDITO-CECILIO, E. Variabilidade isotópica (d13C e d15N) em produtores primários de ambientes terrestres e de água doce. **Acta Scientiarum**, Maringá, v. 24, n. 2, p. 303-312, 2002.

LOPES, C. A. **Variabilidade de isótopos estáveis de carbono e de isótopos estáveis de nitrogênio**. 47 f. Exame Geral de Qualificação (Mestrado em Ecologia de Ambientes Aquáticos Continentais) – Departamento de Biologia, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2001.

MAHIQUES, M. M. **Características da Matéria Orgânica Sedimentar da Plataforma Continental Interna e Média entre a Baía da Guanabara (RJ) e São Francisco do Sul (SC)**.

1998. 86 f. (Tese de Livre-Docente ao Departamento de Oceanografia Física) – Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1998.

MARTINELLI, L. A.; OMETTO, J. P. H. B.; FERRAZ, E. S.; VICTORIA, R. L.; CAMARGO, P. B. de; MOREIRA, M. Z. **Desvendando as questões ambientais com isótopos estáveis**. São Paulo: Oficina de Textos, 2009.

MARTINS, C.C. **Marcadores Orgânicos Geoquímicos em Testemunhos de Sedimento do Sistema Estuarino de Santos e São Vicente, SP: um registro histórico da introdução de hidrocarboneto no ambiente marinho**. 215 f. (Tese de doutorado) – Instituto Oceanográfico, Universidade São Paulo, São Paulo, 2005.

McCUNE, B.; GRACE, J. B. **Analysis of Ecological Communities**. MjM Software, Gleneden Beach, Oregon, USA. 304p. 2002.

MEYERS, P. A. Organic geochemical proxies of paleoceanographic, paleolimnologic and paleoclimatic processes. **Org Geochem**. v.27, p. 213-250, 1997.

MEYERS, P. A. Preservation of elemental and isotopic source identification of sedimentary organic matter. **Chemical Geology**. v.114, p. 289-302, 1994.

MOLINARI, A.L.M.; MAFALDA, P. O.; OLIVEIRA, O.C.; CERQUEIRA, W.R. Caracterização da comunidade fitoplanctônica da Baía de Todos os Santos, Bahia. In: Congresso de Ecologia do Brasil, 2007. Caxambu – MG. **Anais do VIII Congresso de Ecologia do Brasil**. Caxambu – MG, p. 1-2, 2007.

MONTOYA, J. P. Nitrogen Stable Isotopes in Marine Environments. In: **Nitrogen in the Marine Environment**. 2. ed. Reino Unido: Londres, cap.29, p.1277-1302, 2008.

MULLER, A.; MATHEUSIUS, U. The paleoenvironments os coastal lagoons in the southern Baltic Sea, I The Applications of sedimentary C_{org}/N ratios as source indicators of organic matter. **Palaeogeograf. Palaeocl.** p. 145: 1-16, 1999.

OLIVEIRA, Cristiane Rossi de. **Determinação de biomarcadores e compostos organoestânicos em amostras de sedimentos superficiais de três regiões portuárias do estado de Santa Catarina, Brasil**. 2010. 150 f. (Tese de Doutorado em Química) – Centro de Ciências Físicas e Matemáticas, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2010.

PANCOST, R. D.; PAGANI, M. Controls on the carbon isotopic compositions of lipids in marine environments. In: VOLKMAN, J. K. (Ed.). **Marine organic matter: biomarkers, isotopes and DNA**. New York: Springer. p. 209-49, 2006.

PANCOST, R. D.; BOOT, C. S. The paleoclimatic utility of terrestrial biomarkers in marine sediments. **Marine Chemistry**. v. 92, p. 239-261, 2004.

PEREIRA, A. L.; BENEDITO, E. Isótopos estáveis em estudos ecológicos: métodos, aplicações e perspectivas. **Rev. biociên**. v.13, p.16-27, 2007.

PETERSON B. J.; FRY, B. Stable isotopes in ecosystem studies. **Annual Review of Ecology and Systematics**, Palo Alto, v. 18, p. 293-320, 1987;

PIMENTEL, C. **Metabolismo de carbono na agricultura tropical**. Seropédica: Edur, 1998;

QUEIROZ, A. F. S; CELINO, J. J. **Avaliação de ambientes na Baía de Todos os Santos: aspectos geoquímicos, geofísicos e biológicos**. Edufba, Salvador, 39p, 2008.

RAMASWAMY, V.; GAYE, B.; SHIRODKAR, P. V.; RAO, P. S.; CHIVAS, A. R.; WHEELER, D.; THWIN, S. Distribution and sources of organic carbon, nitrogen and their isotopic signatures in sediments from the Ayeyarwady (Irrawaddy) continental Shelf, northern Andaman Sea. **Marine Chemistry**. v.111, p. 137–150, 2008.

REMEIKAITĖ-NIKIENĖ, N.; LUJANIENĖ, G.; MALEJEVAS, V.; BARISEVIČIŪTĖ, R.; ŽILIUS M.; GARNAGA-BUDRĖ, G.; STANKEVIČIUS, A. Distribution and sources of organic matter in sediments of the south-eastern Baltic Sea. **Journal of Marine Systems**. v. 157, p. 75-81, 2016.

RUMOLO, P.; BARRA, M.; GHERARDI, S.; MARSELLA, E.; SPROVIERI, M. Stable isotopes and C/N ratios in marine sediments as a tool for discriminating anthropogenic impact. **Journal of Environmental Monitoring**. v.13, p. 3399–3408, 2011.

SANTANA, Rafael Costa. **O Impacto de Diferentes Forçantes na Circulação Residual de um Estuário Tropical Bem Misturado: Baía de Todos os Santos, Brasil – 13°S**. 2015. 79 f. Dissertação (Mestrado em Geofísica) – Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2015.

SANTOS, E. C.; CELINO, J. J.; CANCIO, V.; SOUZA, J. R. P. Source and distribution of organic matter in surface sediments from mangroves on the island of Itaparica, Bahia/Brazil. **Springer Environ Monit Assess** v.185, p. 9857–9869, 2013.

SARMIENTO, J. L.; GRUBER, N.; Ocean Biogeochemical Dynamics. Special Version Adapted for AOS105/EEB139, 2005.

SLEIMAN, M.; VENTURINI-FILHO, W.G.; DUCATTI, C.; NOJIMOTO, T. Utilização de isótopos estáveis do carbono e do nitrogênio para determinar o percentual de malte em cervejas tipo Pilsen. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 11, n. 2, p.95-102, 2008.

STEIN, R. Accumulation organic carbono in marine sediments. Results from the deep sea drilling project / Ocean Drilling Program, **Springer-Verlag**. 217p, 1991.

SILVA, Carine Santana. **Hidrocarbonetos Saturados em Sedimentos da Zona Intermareal na Baía de Todos os Santos – Bahia**. 2011. 66 f. Monografia (Graduação em Oceanografia) – Instituto Geociências, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2011.

SOARES, L., GOMES, D. F., VARGAS, A. Y. C., LESSA, G. Variação espaço-temporal da comunidade fitoplanctônica na Baía de Todos os Santos na baixa-mar de maré de sizígia. In: Congresso Brasileiro de Oceanografia, 2014. Itajaí – SC. **Anais de resumo – Congresso Brasileiro de Oceanografia – CBO' 2014**. Itajaí – SC, p. 1023-1024, 2014.

SOUZA, José Roberto Bispo de. **Avaliação das Fontes e Distribuição da Matéria Orgânica Sedimentar na Baía de Todos os Santos, Utilizando Marcadores Geoquímicos**. 2015. 101 f. Tese (Doutorado em Geofísica) Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2015.

TESI T.; MISEROCCHI, S.; GOÑI, M. A.; LANGONE, L.; BOLDRIN, A.; TURCHETTO, M. Organic matter origin and distribution in suspended particulate materials and surficial sediments from the western Adriatic Sea (Italy). **Estuarine, Coastal and Shelf Science** v.73, p. 431-446, 2007.

XAVIER, Andrea Gallo. **Análise da Hidrodinâmica da Baía de Todos os Santos**. 2002. 221 f. Tese (Doutorado em Ciências em Engenharia Oceânica) – COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2002.

XIA, B.; CUI, Y.; CHEN, B.; CUI, Z.; QU, K.; MA, F. Carbon and nitrogen isotopes analysis and sources of organic matter in surface sediments from the Sanggou Bay and its adjacent areas, China. **Acta Oceanol. Sin.** v. 33, n. 12, p. 48–57, 2014.

WANG, Y.; LIU, D.; RICHARD, P.; LI, X. A geochemical record of environmental changes in sediments from Sishili Bay, northern Yellow Sea, China: Anthropogenic influence on organic matter sources and composition over the last 100 years. **Marine Pollution Bulletin**. v.77, p.227–236, 2013.

YE, X.; WANG, A.; CHEN, J. Distribution and deposition characteristics of carbon and nitrogen in sediments in a semi-closed bay area, southeast China. **Continental Shelf Research**. v.90, p.133–141, 2014.

ZHANG, Y.; XUEQIANG, L.; HONGLEI, L.; QIONGQIONG, L.; DAN, Y. Identifying the sources of organic matter in marine and riverine sediments of Bohai Bay and its catchment using carbon and nitrogen stable isotopes. **Chinese Journal of Oceanology and Limnology**, v.33 n. 1, p. 204-209, 2014.

ZHANG M.; ZOU J.; MAO Y. Contribution of culturing scallop to carbon cycle in Sanggou Bay. **Fishery Modernization (in Chinese)**, v.38, n.4, p.13–16, 2011.

ZHOU, J.; WU, Y.; ZHANG, J.; KANG, Q.; LIU, Z. Carbon and nitrogen composition and stable isotopes as potential indicators of source and fate of organic matter in the salt marsh of the Changjiang Estuary, China. **Chemosphere**, v. 65, p. 310-317, 2006.

