

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO DE CIÊNCIAS HUMANAS E NATURAIS
DEPARTAMENTO DE OCEANOGRAFIA E ECOLOGIA
CURSO DE OCEANOGRAFIA

Fernando Zorzal Borges

Análise da distribuição sedimentar da Matéria Orgânica e
Fósforo Total na porção noroeste da Baía da Grande Vitória,
ES.

VITÓRIA
2009

Fernando Zorzal Borges

Análise da distribuição sedimentar da Matéria Orgânica e Fósforo
Total na porção noroeste da Baía de Vitória, ES.

Monografia apresentada ao curso de
graduação em Oceanografia da
Universidade Federal do Espírito Santo,
como requisito parcial para obtenção do
grau de Bacharel em Oceanografia.

Orientador: Gilberto Fonseca Barroso.

VITÓRIA
2009

AGRADECIMENTOS

Agradeço a minha família pela ajuda e cobrança.

Ao meu professor orientador Dr. Gilberto Fonseca Barroso pela oportunidade.

A Fabíola, co-orientadora, pela inteligência e simplicidade.

À professora Valéria Quaresma que gentilmente cedeu o espaço do laboratório e os preciosos equipamentos necessários.

A Mariana Luzia pela ajuda, amizade, pelo carinho e companheirismo.

Aos amigos nesse último ano de faculdade Larissa Albino, Nery, Mariana Braz, Diana....

Aos demais da turma de 2005.

Aos amigos do Laboratório de Limnologia e Planejamento Ambiental, principalmente Larissa, Alexandre, Henrique, Luciano e Tiago Dutra.

Aos colegas do laboratório de Geoquímica Ambiental Carol Grilo e Eduardo.

Aos demais amigos do curso.

RESUMO

Estuários são corpos costeiros de extrema importância pois representam um elo entre a zona terrestre e marinha, ocorrendo diversos processos físicos, químicos, geológicos e biológicos em seu interior. Um dos fenômenos mais interessantes desses ecótonos é seu padrão de sedimentação, depositando sedimentos tanto marinhos como fluviais. A Baía da Grande Vitória tem em seu entorno 4 cidades da Grande Vitória: Serra, Vila Velha, Cariacica e Vitória. Com mais de 1 milhão de habitantes, o ambiente vem sofrendo diversos impactos como lançamento de efluentes domésticos e industriais, desmatamento das florestas de manguezais, dragagens, etc. Este estudo teve como objetivo analisar a tendência da distribuição da matéria orgânica e fósforo total na Baía de Vitória. Foram duas amostragens (setembro e outubro) no período de estiagem com coleta superficial de sedimento em 35 pontos amostrais afastados 500 metros de distância uns dos outros. Assim, pode-se observar uma elevada concentração de matéria orgânica, que variou entre 6 e 59 % do peso total, e valores de fósforo total entre 13 e 283 $\mu\text{g/g}$. Os resultados encontrados puderam ser discutidos e elucidados através dos estudos prévios das condições sedimentológicas do local, evidenciando a influência do aporte dos rios Santa Maria, Bubú e Intangú e as alterações provocadas pelos efluentes domésticos despejados na baía.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Estatística do teste de correlação de Pearson para as variáveis estudadas.....	31
Tabela 2: Dados de Teor de Lama (%), MO (%) e Ptotal (ug/g PS) nas 35 estações amostrais.....	32
Tabela 3: Comparação de valores de Ptotal encontrados no SERSMV e outros estudos em demais ecossistemas.....	35
Tabela 4: Relação entre a concentração de Ptotal sedimentar e níveis de poluição conforme Zhang et al. (2007).....	36

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Localização geográfica, a bacia hidrográfica do RSMV (canto inferior a direita) e região da Baía de Vitória a esquerda do mapa.....	15
Figura 2: Rios e locais de interesse da Baía da Grande Vitória (ES) Uso do solo do entorno na Baía do Espírito Santo.....	16
Figura 3: Uso do solo do entorno na Baía do Espírito Santo	17
Figura 4: Batimetria da porção NO da Baía da Grande Vitória.....	18
Figura 5: Figura 5: Processos sedimentares na Baía de Vitória (VERONEZ JÚNIOR, 2009).....	19
Figura 6: Localização das 35 estações amostrais avaliadas na porção NO da Baía de Grande Vitória (ES).....	20
Figura 7: Modelo de distribuição espacial do teor de Lama (%) para a porção NO da Baía da Grande Vitória (ES) e valores encontrados para cada ponto no canto direito superior da figura.....	24
Figura 8: Modelo de distribuição espacial da concentração de MO para a porção NO da Baía da Grande Vitória (ES) e valores encontrados para cada ponto no canto direito superior da figura.....	26
Figura 9: Modelo de distribuição espacial da concentração de Ptotal para a porção NO da Baía da Grande Vitória (ES) e valores encontrados para cada ponto no canto direito superior da figura.....	28
Figura 10: Porção NO da baía da Grande Vitória demonstrando os menores valores (<100 µg/g) em verde e maiores valores (>100 µg/g) em vermelho.....	30

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	08
2 OBJETIVOS.....	14
2.1 Objetivo Geral.....	14
2.2 Objetivos Específicos.....	14
3 Área de estudo.....	15
4 METODOLOGIA.....	20
4.1 Amostragem.....	20
4.2 Análises Laboratoriais.....	20
4.2.1 Teor de Lama.....	20
4.2.2. Matéria Orgânica.....	20
4.2.3 Fósforo Total.....	21
4.2.4 Análise Espacial.....	22
5 RESULTADOS.....	23
5.1 Teor de Lama.....	23
5.2 Matéria Orgânica.....	25
5.3 Fósforo Total.....	27
5.4 Análise Estatística.....	31
6 Resultados.....	33
6.1 Teor de Lama.....	32
6.2 Matéria Orgânica.....	33
6.3 Fósforo Total.....	33
7 CONCLUSÕES.....	37
8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	38

1 INTRODUÇÃO

Um estuário é um corpo aquoso semi-fechado que se estende até o limite efetivo da influência das marés, com uma ou mais ligações com o mar ou outro corpo de água salino, ocorrendo em seu interior a diluição da água marinha pela água doce proveniente da drenagem continental (DYER, 1997; PERILLO, 1996) que pode sustentar organismos eurialinos durante uma parte ou ao longo de todo o ciclo de vida (PERILLO, 1996). Apresentam alta resiliência e também alto nível de produção biológica (ELLIOT, McLUSCKY, 2002), atuando como fonte e sumidouro de compostos que adentram o sistema através da zona costeira adjacente, águas subterrâneas, rios, sedimento e atmosfera (PAGLIOSA *et al.*, 2005), oferecendo habitat para inúmeras espécies de peixes comerciais e auxiliando espécies oceânicas que necessitam de águas rasas, locais protegidos para reprodução ou proteção dos juvenis (DAY *et al.*, 1989).

A importância de se conhecer as classificações físicas e geomorfológicas se dá através da necessidade de se compreender as características fundamentais dos estuários em geral, para que se possa determinar os processos característicos de um estuário distinto (ELLIOT, McLUSKY, 2002).

A descarga de água doce na parte interna, a entrada de água do mar, e os transportes associados de sedimentos em suspensão e nutrientes orgânicos e inorgânicos são processos que desempenham, e continuam desempenhando, uma grande importância para o desenvolvimento urbano, social e econômico das regiões estuarinas (MIRANDA, CASTRO, KJERVE, 2002). Um dos mais importantes serviços prestados por esses ecossistemas são os complexos ciclos biogeoquímicos. Estes ciclos envolvem a interação de processos biológicos, químicos e geológicos que determinam as fontes, sumidouros e fluxos dos elementos através de diferentes reservatórios dentro do ecossistema (BIANCHI, 2006, DAY *et al.*, 1989).

A matéria orgânica presente em um sistema estuarino pode ter sua origem autóctone ou alóctone. O aporte da matéria orgânica alóctone ocorre

predominantemente através dos rios (detrito de plantas superiores e plâncton dulcícola), plancton estuarino/marinho além de detritos das florestas de manguezal. As fontes de MO autóctone incluem o plâncton, micro e macroalgas bentônicas e epibênticas, demais vegetações aquáticas e produtores secundários (BIANCHI, 2006).

O crescimento urbano e populacional tem imposto sérios riscos às zonas costeiras. Segundo Day *et al.* (1989), podem existir vários tipos de impactos antrópicos no sistema estuarino, como por exemplo: enriquecimento com altos níveis de material orgânico, nutrientes inorgânicos e calor; alterações físicas; introdução de materiais tóxicos; mudanças diretas na estrutura da comunidade através de cultivos ou introdução de espécies exóticas. O enriquecimento acontece a partir da adição de substâncias de ocorrência geralmente natural ou em níveis não tóxicos, mas que desencadeiam mudanças na estrutura e metabolismo do ecossistema.

O despejo de esgoto urbano, detergentes, produtos industriais e fertilizantes agrícolas é um dos principais problemas nas interferências do ciclo biogeoquímico e, conseqüentemente no desequilíbrio do estado trófico dos estuários. Estes interferentes liberam quantidades elevadas de nitratos e fosfatos nos corpos hídricos, estimulando o processo de eutrofização (DAY *et al.*, 1989). O esgoto é um dos interferentes mais comuns, sendo uma mistura complexa de dejetos humanos, água e compostos químicos derivados de produtos de uso industrial e/ou doméstico (MONTONE, BÍCEGO, 2008). Alguns compostos são facilmente encontrados no esgoto devido à facilidade de adsorção com a matéria orgânica presente (BIANCHI, 2006).

O despejo desses efluentes com alta carga de matéria orgânica aumenta de maneira indireta a fixação de nutrientes no pacote sedimentar (BERBEL, BRAGA, 2008). A distribuição da matéria orgânica no leito dos corpos d'água no entanto, está diretamente relacionada ao padrão de circulação de correntes de água, configuração topográfica de fundo e composição textural de sedimentos. Os sedimentos mais ricos em matéria orgânica correspondem aos ambientes redutores com baixa degradação de matéria carbonosa de origem orgânica, com águas calmas e sujeitas a baixas velocidades de corrente

(KUTNER, 1976 *apud* SUGUIO, 2003). O longo período de residência deste material, o qual é submetido à lenta ação de bactérias heterotróficas, resulta em severas restrições de oxigênio e até mesmo de eventos de anoxia em certas zonas estuarinas (GROSS, 1978).

O elemento fósforo (P) é muito importante por ser um nutriente limitante da produção primária, com papel no armazenamento de energia e estruturação da membrana celular, participando de uma fração fundamental da molécula de ATP e na composição dos fosfolipídeos, respectivamente (ESTEVES, 1998); e na constituição de material genético (BIANCHI, 2006).

De acordo com Esteves (1998) pode-se agrupar as diferentes formas de P em cinco: P particulado, P orgânico dissolvido, P inorgânico dissolvido ou ortofosfato, P total dissolvido e P total. O ortofosfato pode ser considerado de maior importância em estudos de enriquecimento nutricional, uma vez que é a principal forma de P absorvida pelos vegetais (*op. cit.*).

As fontes de fósforo podem ser naturais ou antrópicas. Dentre as fontes naturais os rios são os principais transportadores, sendo fornecidos pelo intemperismo nas rochas da bacia de drenagem (MARINS *et al.*, 2007). A composição mineralógica dessas rochas também influencia na disponibilidade do elemento. Apatita é o mineral mais comum, representando cerca de 95% de todo P presente na crosta terrestre (SMIL, 2000). Kornitnig (1978 *apud* BIANCHI, 2006) quantificou a concentração de P para rochas como granito, folhelho e basalto, encontrando valores de 0,13-0,27%, 0,15-0,40% e 0,40-0,80%, respectivamente, o que demonstra que o tipo de rocha presente na bacia de drenagem reflete no aporte natural de P. Materiais particulados presentes na atmosfera assim como P resultante da decomposição de organismos alóctone também são fontes naturais (ESTEVES, 1998). Newman *et al.* (2001) ao estudarem um banhado em Everglades, Flórida (EUA) revelaram que o enriquecimento de P onde o fósforo é o principal limitante acarretou em aceleração das taxas de decomposição e das atividades microbianas. Certas espécies de bactérias catalizam o P orgânico liberado pela M.O. através da produção de enzimas como a fosfatase, sendo que algumas bactérias e fungos produzem fitase, de grande importância para a liberação de

ortofosfato (op.cit.). Segundo Smil (2000) a reserva de P atmosférico natural deve ser considerada insignificante pois o P não apresenta nenhum composto gasoso de longa duração. Porém, novos estudos sobre a Fosfina nos últimos anos têm mudado a concepção científica sobre esse gás e estudos atualmente buscam entender em detalhe o seu funcionamento biogeoquímico (HOU *et al.*, 2009).

Segundo estimativa apresentada no estudo de Bennett, Carpenter e Caraco (2001), desde a fase pré-industrial até dias atuais houve um incremento líquido no armazenamento terrestre e aquático de P em torno de 75%. A intensificação da erosão e do escoamento superficial provocado pelo desmatamento, esgoto não tratado que podem conter detergentes fosfatados, que atua como principal fonte pontual de P atualmente, e fertilizantes inorgânicos são ocasionados pelas atividades humanas e interferem direta ou indiretamente no aporte de P para os sistemas estuarinos (CARPENTER *et al.*, 1998 SMIL, 2000; BIANCHI, 2006).

O P tem seu ciclo biogeoquímico controlado por processos físicos, químicos e biológicos. Um dos principais fatores que controlam sua deposição no sedimento são os processos de adsorção e desorção. Estes processos são basicamente controlados pela presença de material argilosos, com alta capacidade de coesão e os óxidos/hidróxidos de Fe, Al e Ca, principalmente (BIANCHI, 2006).

A coluna sedimentar pode representar, portanto, além de um depósito de produtos, um compartimento que recicla compostos, armazenador dos compostos fosfatados de origem antrópica (McCOMB *et al.*, 1998), principalmente nas camadas mais superficiais e quando não sofre do efeito de processos hidrodinâmicos ou de bioturbação, pode representar uma barreira para a liberação dos nutrientes presentes na água intersticial, como discutido por Baumgarten, Nienchesi, Veeck (2001) ao estudarem uma enseada rasa estuarina com aportes de origem antrópica.

Um dos principais fatores de regeneração do P sedimentar para a coluna d'água é a diminuição do potencial redox provocado pela diminuição do

oxigênio na coluna d'água. Nestes eventos, a oxirredução nas camadas superficiais ocasionadas principalmente pelo óxido e hidróxido de ferro e alumínio que precipitam o fósforo (P) são desfeitas com a diminuição do potencial redox, fazendo com que os nutrientes sejam solubilizados para a coluna d'água (LEHTORANTA, EKHOLM, PITKÄNEN, 2008; PUNNING, KAPPEN, 2009).

A liberação de P pelos sedimentos também tem como fatores controladores a temperatura, como pode ser comprovado no aumento das taxas de regeneração devido às atividades microbianas que se aceleram durante o verão em estuários temperados e a salinidade, uma vez que ocorre uma diminuição da liberação de P dos sedimentos com o aumento da salinidade (BIANCHI, 2006).

A rápida decomposição pelos microorganismos do P orgânico dissolvido e o rápido aproveitamento pela comunidade primária pode excluir a participação do pacote sedimentar da reciclagem de P, sendo este processo conhecido como “curto-circuito” (ESTEVES, 1998).

Muitos aspectos têm sido associados com o incremento de P e conseqüente eutrofização: a diminuição da concentração de oxigênio dissolvido (McCORMICK, LAING, 2003), aumento da produção fitoplanctônica com prevaecimento de diatomáceas e espécies flageladas (RIEDEL *et al.* 2003 *apud* BIANCHI, 2007), redução da transparência da coluna d'água (SMIL, 2000), redução da biodiversidade, aumento da biomassa de consumidores (NOE *et al.*, 2002).

A concentração de P total em sedimento é pouco abordada como parâmetro ambiental, sendo utilizada na resolução CONAMA 344 de 2004, que trata sobre o descarte de sedimentos dragados. Zhang *et al.* (2008) desenvolveram valores para determinação do grau de poluição de ecossistemas lacustres por meio da concentração P_{total} nos sedimentos, valores estes que, de acordo com Berbel e Braga (2008), podem ser referenciados para os sistemas estuarinos. Por isso, determinar a quantidade de fósforo total no sedimento e buscar conhecer o elo entre esse nutriente e a qualidade da água nos

demonstra não só o risco de eutrofização do sistema como também é um importante passo para traçar estratégias de manejo e restauração (SMITH, 2006; ZHOU, STRUVE, 2004).

Este trabalho integra o projeto “Avaliação Ambiental Integrada de Ambientes Estuarinos: Estudo de Caso do Sistema Estuarino de Vitória (Espírito Santo) aprovado no edital 04 do órgão do Fundo de Apoio à Ciência e Tecnologia do Município de Vitória do ano de 2008.

2 OBJETIVOS

3.1 Objetivo Geral

Avaliar a tendência da distribuição da MO e Ptotal no sedimento da região NO da Baía de Vitória (ES).

3.2 Objetivos Específicos

- Quantificar as concentrações Ptotal, MO e o Teor de Lama no sedimento da porção NO da Baía de Vitória;
- Avaliar a correlação entre as concentrações de PT, MO e o Teor de Lama;
- Analisar a variação espacial PT e MO no sedimento superficial;
- Comparar os resultados encontrados com mapas de feições sedimentares elaborados por Veronez (2009), Paiva (2004) e D'Agostini (2005) para a mesma área de estudo;

3 ÁREA DE ESTUDO

O Sistema Estuarino do Rio Santa Maria de Vitória, ES (SERSMV) é influenciado por quatro municípios da Grande Vitória: Vitória, Cariacica, Vila Velha e Serra (Figura 1). Há um conjunto de tributários de médio porte, o rio Santa Maria da Vitória (RSMV) com 15,7 m³/s de vazão média, e de pequeno porte, os rios Bubu, Itanguá, Marinho e Aribiri (Figura 2), contribuindo com menos de 3m³/s (RIGO, 2004; BARROSO, DIAS Jr., 1997; BARROSO, DIAS Jr., GÜNTZEL, 1997; JESUS et al., 2004).

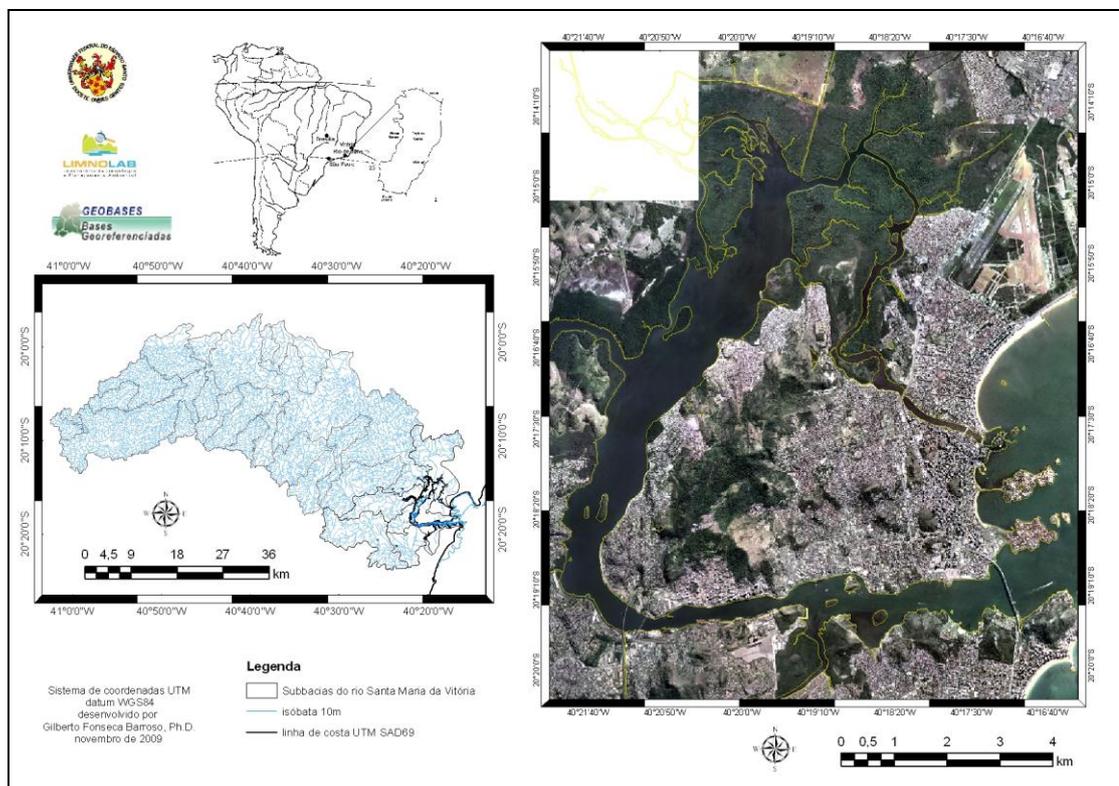


Figura 1: Localização geográfica, a bacia hidrográfica do SERSMV (canto inferior à direita) e região da Baía de Vitória a esquerda do mapa.



Figura 2: Rios e locais de interesse da Baía da Grande Vitória (ES)

A bacia hidrográfica do rio Santa Maria da Vitória possui área de 1660 Km² e duas usinas hidroelétricas, ambas sofrendo com o assoreamento de seus leitos (RIGO, 2004). O uso do solo é caracterizado por culturas agrícolas na parte superior da bacia, áreas de floresta natural, áreas alagáveis de várzea, núcleos urbanos, afloramentos rochosos e floresta de manguezal e em sua foz (Figura 2). A região de manguezal desde a intensa urbanização da área foi reduzido a 60 % da composição original (RIGO, 2004; NUNES, 2004).

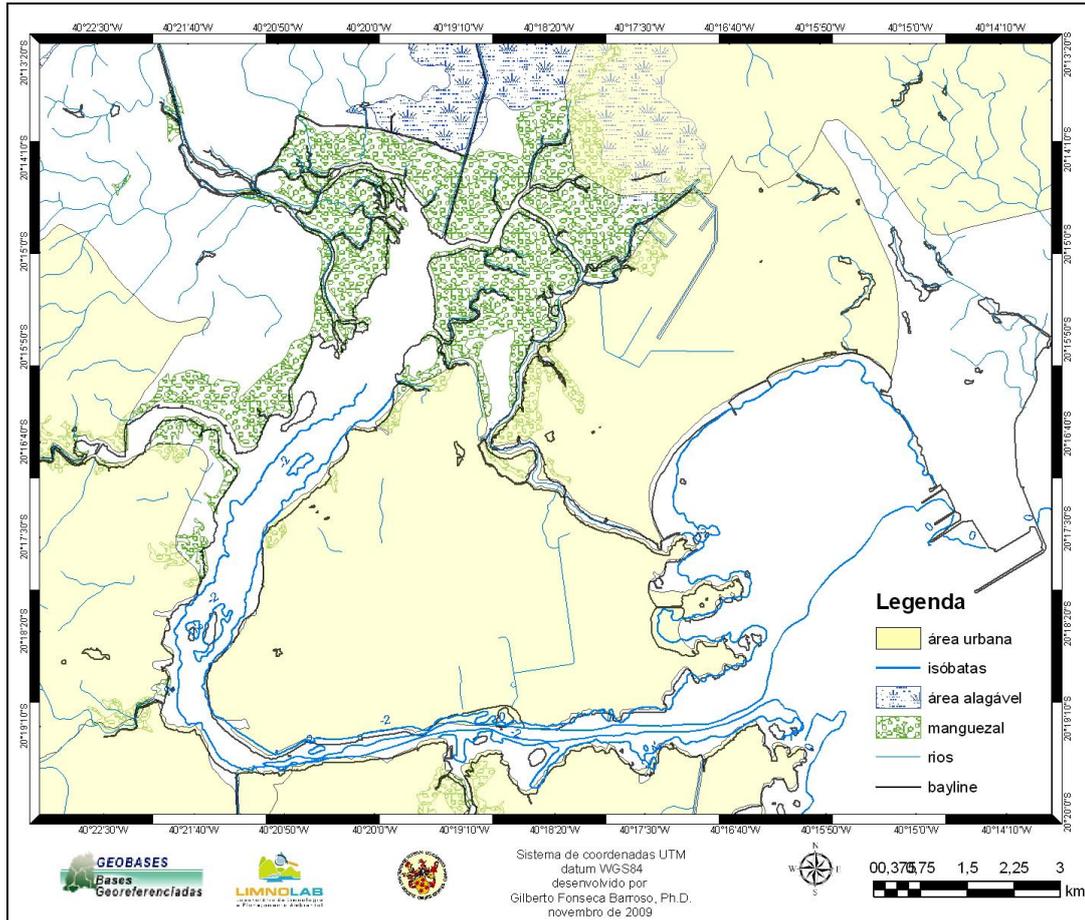


Figura 3: Uso do solo do entorno na Baía do Espírito Santo (ES).

O SERSMV possui duas conexões com o oceano aberto, o Canal da Passagem e a continuação da Baía da Grande Vitória pelo canal do Porto de Vitória. É abrigado da ação das ondas e tem extensas planícies de maré, com orientação SW-NE que favorece a ação dos ventos sobre o espelho d'água. A maré na região atravessa toda a baía, subindo até acima do delta do rio Santa Maria da Vitória (BARROS FILHO, 2002 apud VERONEZ JÚNIOR, 2009).

Segundo Veronez JÚNIOR (2009), a porção noroeste da Baía da Grande Vitória pode ser caracterizada quanto a sua dinâmica, dominada principalmente por marés (micromarés de ~2m) semidiurnas. O fluxo de maré vazante se mostra mais intenso durante as sizígias e menos intenso durante as quadraturas (RIGO, 2004). A região apresenta profundidades que variam entre locais que ficam expostos durante a maré baixa e submerso em maré alta, para zonas do canal mais profundas que chegam a mais de 10 metros de

profundidade (Figura 3).

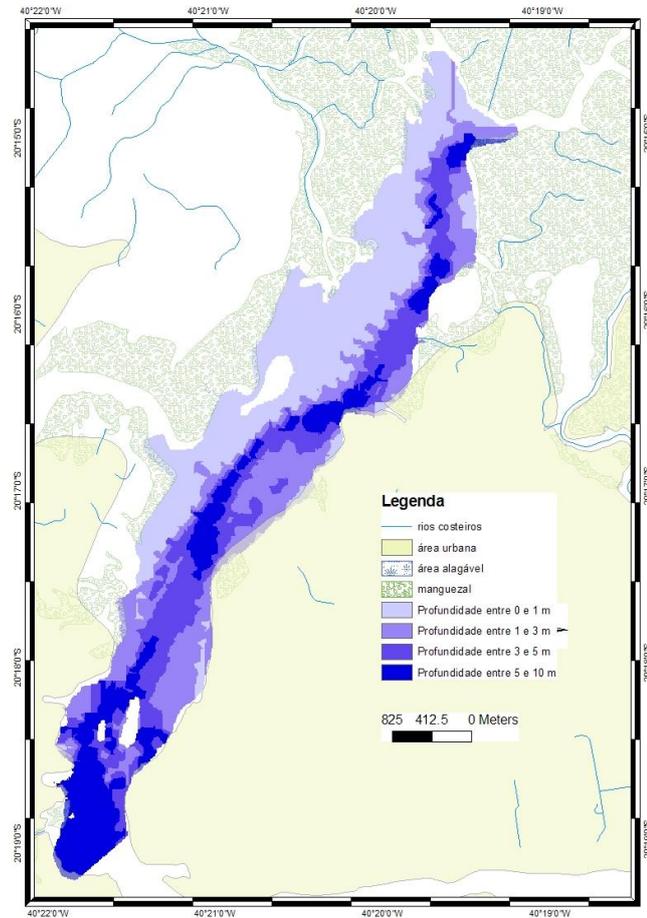


Figura 4: Batimetria da porção NO da Baía da Grande Vitória (ES).

Veronez Júnior (2009) definiu dois processos sedimentares na área de estudo deste trabalho (Figura 4), onde a zona mais próxima da foz do Rio Santa Maria da Vitória se caracterizaria por processos fluviais e estuarinos com aporte fluvial e a zona ao norte da foz do rio Bubú seria caracterizada por uma região de transporte e erosão com adaptação morfológica do fundo.

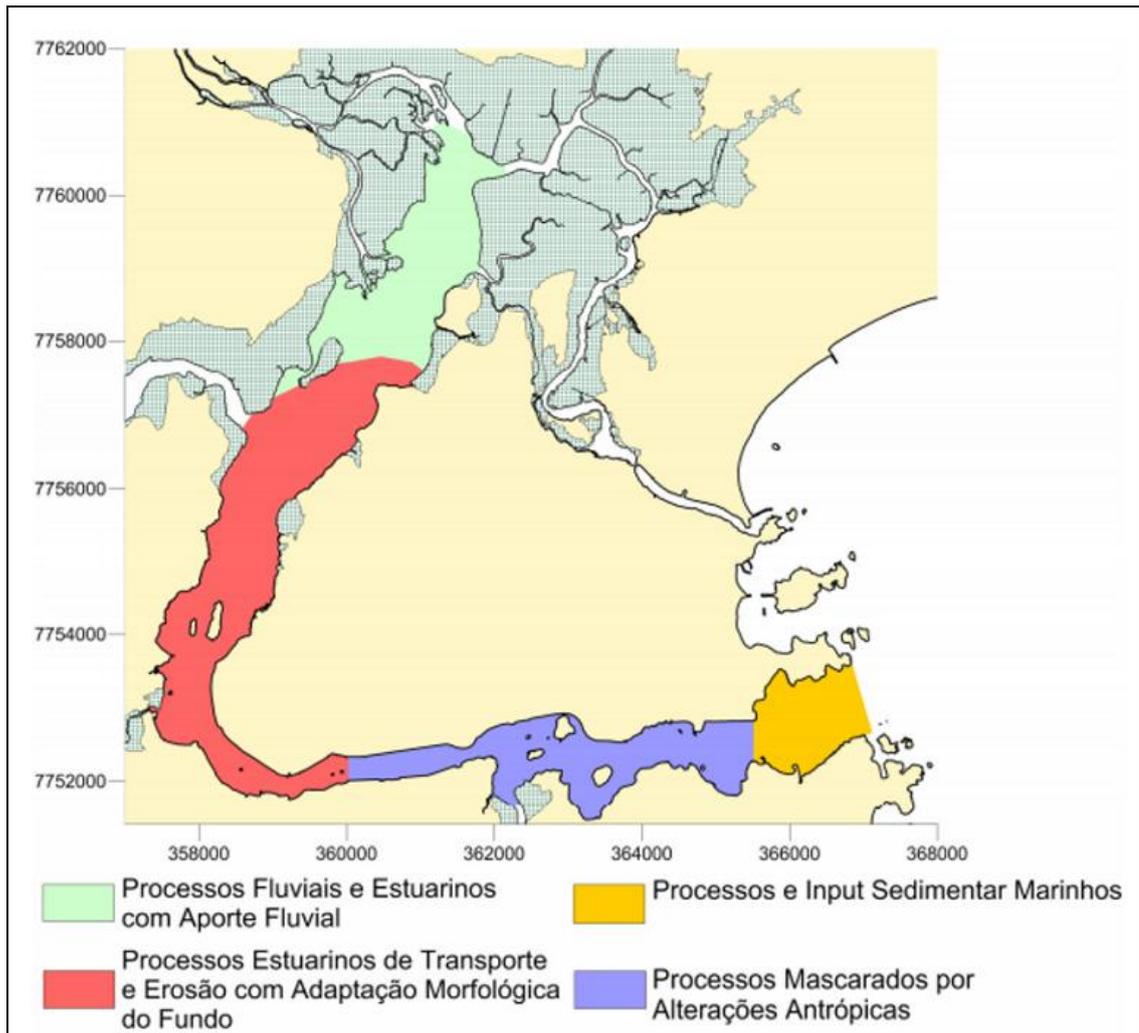


Figura 5: Processos sedimentares na Baía da Grande Vitória (VERONEZ JÚNIOR, 2009).

Mais de um milhão de pessoas habitam a Grande Vitória, produzindo esgoto doméstico e industrial contribuindo com a carga de material orgânico. Cerca de menos de 30% do esgoto recebe tratamento primário (JOYEUX, CAMPANHA FILHO, JESUS, 2004). O aporte de esgoto urbano não tratado compromete as atividades dependentes desses sistemas, como a pesca de subsistência, prática de esportes aquáticos e demais atividades de recreação sendo evidente o risco de contaminação por compostos tóxicos e possíveis organismos patogênicos.

4 METODOLOGIA

4.1 Amostragem

O presente trabalho foi desenvolvido na porção NO da Baía da Grande Vitória, ES, como demonstrado na Figura 5. Foram realizadas duas amostragens, no dia 16 de setembro (pontos 35 à 18) e 13 de outubro de 2009 (17 à 1).

As amostras de sedimento foram coletadas utilizando uma draga de Van-Veen para coleta superficial de sedimento, armazenadas em recipientes plásticos e congeladas em laboratório. As amostras foram divididas, obtendo-se uma parte para análise de teor de lama, quantificação de MO e para fósforo total.

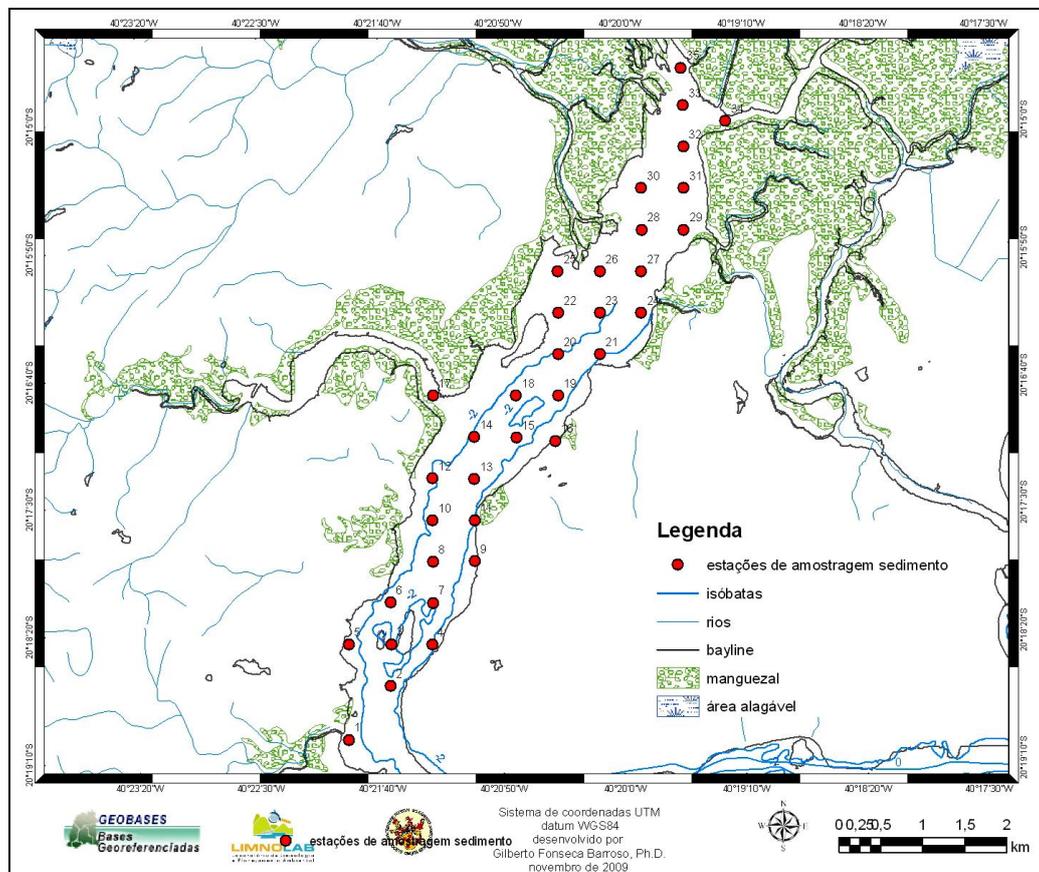


Figura 6: Localização das 35 estações amostrais avaliadas na porção NO da Baía de Grande Vitória (ES).

4.2 Análises Laboratoriais

4.2.1 Teor de Lama

O teor de lama foi medido através do método de via úmida, utilizando uma peneira de malha 0,062 mm e água destilada. As amostras foram calcinadas em mufla 500°C a 5 horas para retirada do teor orgânico. Após queima, o sedimento foi lavado com água destilada para retirada de sal e por final peneirado para quantificação do teor de lama conforme descrito por Suguio (1973) e o resultado expresso em porcentagem de lama por 1 grama de sedimento.

4.2.2 Matéria Orgânica

Após descongelamento, o sedimento foi exposto ao ar livre para secagem, os cadinhos de porcelana com volume de 20 ml, devidamente marcados com grafite, submetidos por 12 h na estufa a 60°C para secagem. O dessecador foi sempre utilizado para o resfriamento da vidraria, com intervalos de 2 h para resfriamento seguido de pesagem em balança analítica Scaltec (0,1mg). A primeira pesagem foi realizada com os cadinhos vazios e sem umidade para se ter o valor real de seus pesos, e em seguida, mediu-se o peso do sedimento úmido (PU). Após secagem ao ar livre e remoção de quaisquer fragmentos de folhas e detritos, os sedimentos foram submetidos à estufa por 24 h à 60°C para determinação do peso seco (PS). O sedimento seco foi calcinado em mufla à 550 °C por 4 h para ignição da matéria orgânica que volatiliza em CO₂. Novo resfriamento no dessecador e nova pesagem (PI). Com os dados de PU, PS e PI foram determinados;

$$\text{Porcentagem de matéria orgânica (\%)} = \frac{(\text{PS} - \text{PI}) \cdot 100}{\text{PS}}$$

onde,

PS = peso seco;

PI = peso após ignição.

4.2.3 Fósforo Total

Para determinação de Fósforo Total (P_{total}) no sedimento foi utilizado o método da digestão por persulfato de potássio conforme utilizado por Valderrama (1980) e determinação do ortofosfato conforme Carmouze (1994). As amostras foram descongeladas e lavadas com água destilada em peneiras de 0,125 mm, armazenadas em béquer e secas a 60 °C em estufa. Para digestão, uma alíquota de 0,2 g foi autoclavada em 10 ml de solução de persulfato de potássio durante 1 h á 120 °C, à pressão de 1,055 g/cm² para digestão conforme Valderrama (1981). A seguir, as amostras foram centrifugadas durante 10 min. Após sedimentação, foi retirado 2 ml do líquido sobrenadante e adicionado 100 µl de ácido ascórbico. A leitura em espectrofotômetro no comprimento de onda a 885 nm foi realizada 15 min após adição do reagente (CARMOUZE, 1994) com o resultado expresso em µg/g de sedimento seco.

4.2.4 Análise Espacial

A interpolação dos dados foi realizada pelo programa computacional ArcGIS 9.3 através da ferramenta Inverso da Distância Ponderada (*Inverse Distance Weighted* – IDW). Os modelos de superfície contínua gerados para teor de lama, MO e P_{total} através das estações amostrais foram restritos a uma área de 9 km², utilizando valores de potência para o inverso das distâncias 1,5, raio de busca de 500 m.

5 RESULTADOS

5.1 Teor de Lama

Os teores de Lama variaram entre 6 e 96 % do sedimento (Figuras 7). Os valores mais elevados foram encontrados a jusante da foz do RSMV e os menores valores principalmente na foz do delta do RSMV.

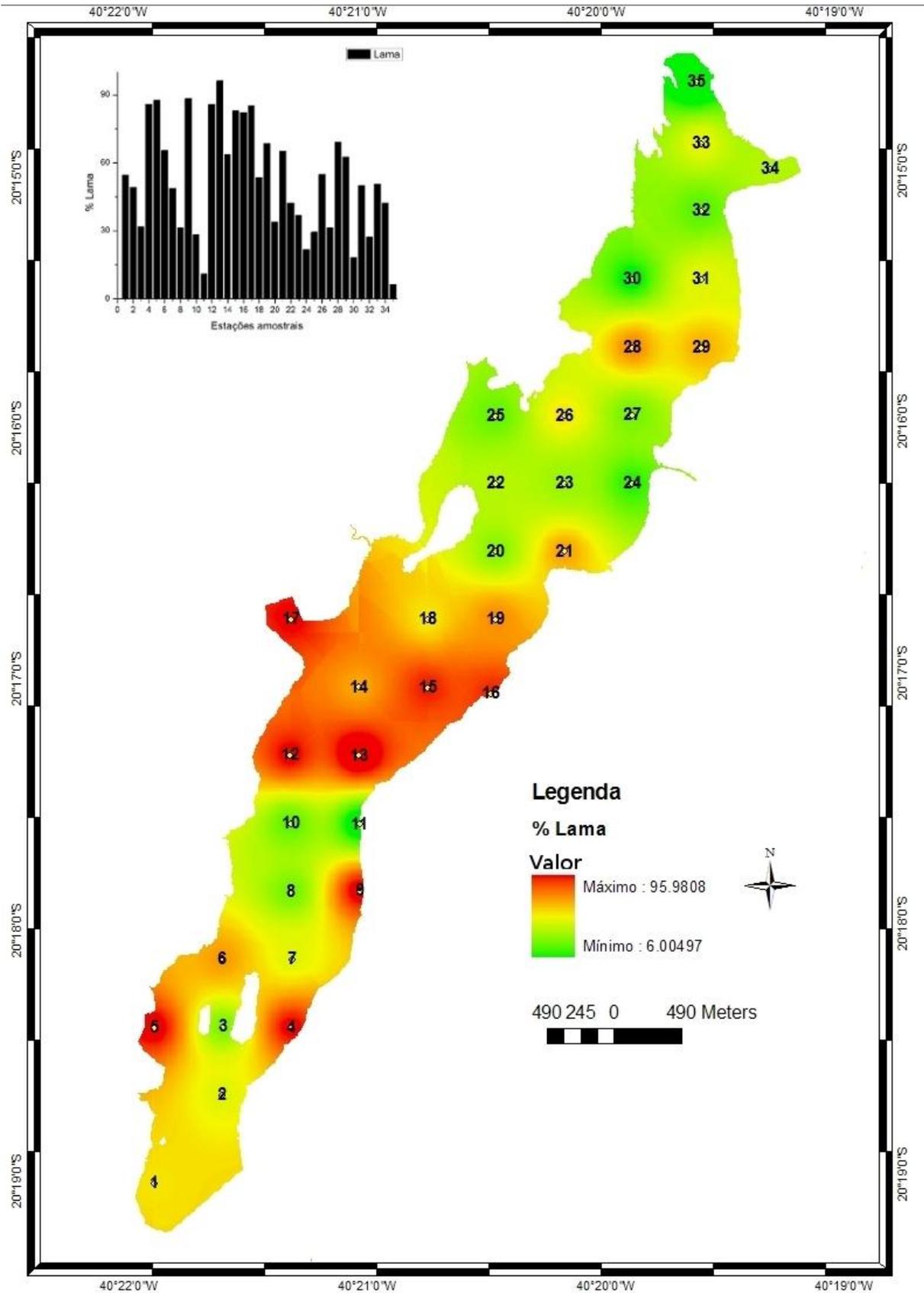


Figura 7 : Modelo de distribuição espacial do teor de Lama (%) para a porção NO da Baía da Grande Vitória (ES) e valores encontrados para cada ponto no canto direito superior da figura.

5.2 Matéria Orgânica

A concentração de matéria orgânica variou entre 6,3 e 59,5 % (Figura 8). O menor valor foi encontrado na estação amostral 34 e o maior na estação amostral 10. A composição do sedimento mostrou-se predominantemente orgânica, ou seja, acima dos 10% de material orgânico (linha clara no gráfico) (ESTEVEZ, 1998). Os sedimentos orgânicos estão próximos das fozes dos rios Bubú, Itanguá e do braço sul do RSMV. As áreas mais urbanizadas com aporte de esgoto doméstico também apresentaram valores elevados (estações amostrais: 5, 4, 9 e 19). Os menores valores foram encontrados próximos das regiões de manguezal ou em locais de grande profundidade e baixo de teor de lama (estações 24, 32, 34 e 35).

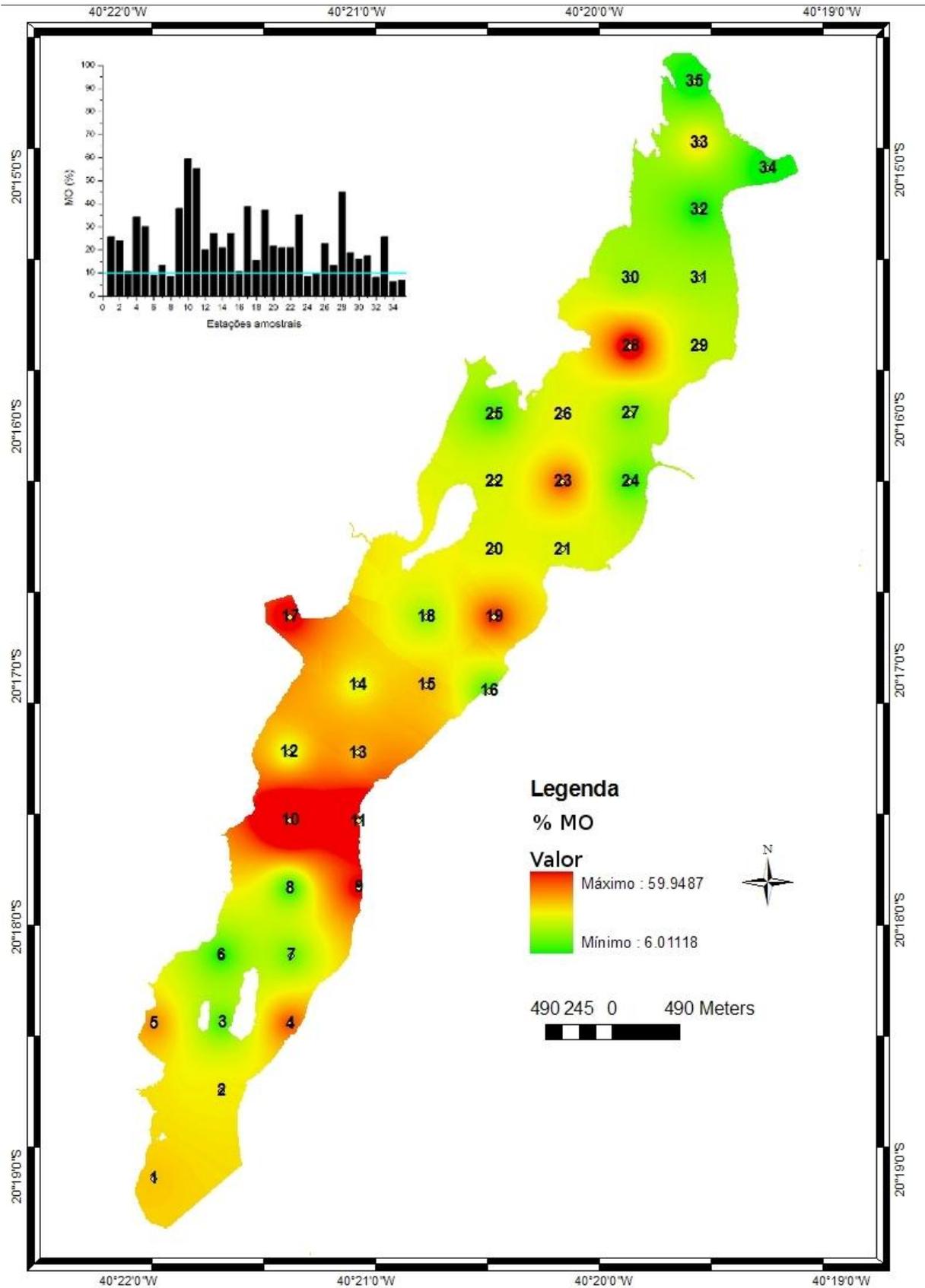


Figura 8: Modelo de distribuição espacial da concentração de MO para a porção NO da Baía da Grande Vitória (ES) e valores encontrados para cada ponto no canto direito superior da figura.

5.3 Fósforo Total

A concentração de P_{total} variou de 12 a 282 µg/g P.S. (peso seco), com média de valores de 111,9 µg/g P.S. O menor valor encontrado na estação amostral 34 e o maior valor encontrado na estação amostral 7.

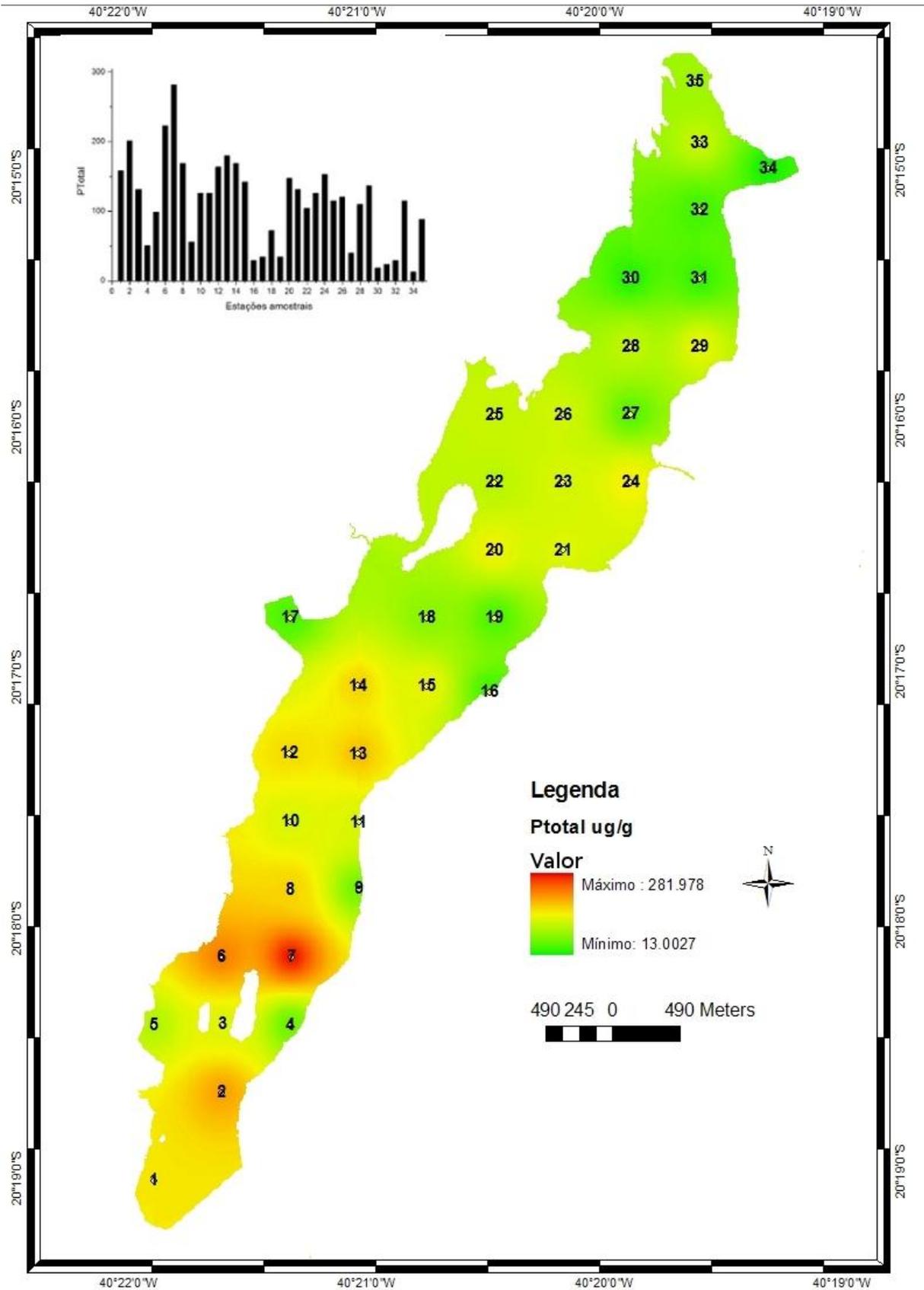


Figura 9: Modelo de distribuição espacial da concentração de Ptotal para a porção NO da Baía da Grande Vitória (ES) e valores encontrados para cada ponto no canto direito superior da figura.

É possível observar uma distribuição de P_{total} em regiões de valores mais elevados e de menores valores (FIGURA 10). Tanto os valores de MO e P_{total} apresentaram-se mais elevados em regiões próximas a áreas urbanizadas e de despejo de esgoto doméstico, como nos pontos 9, 10 e 19 para MO e 1, 2, 6, 7, 12 e 24 para P_{total} .

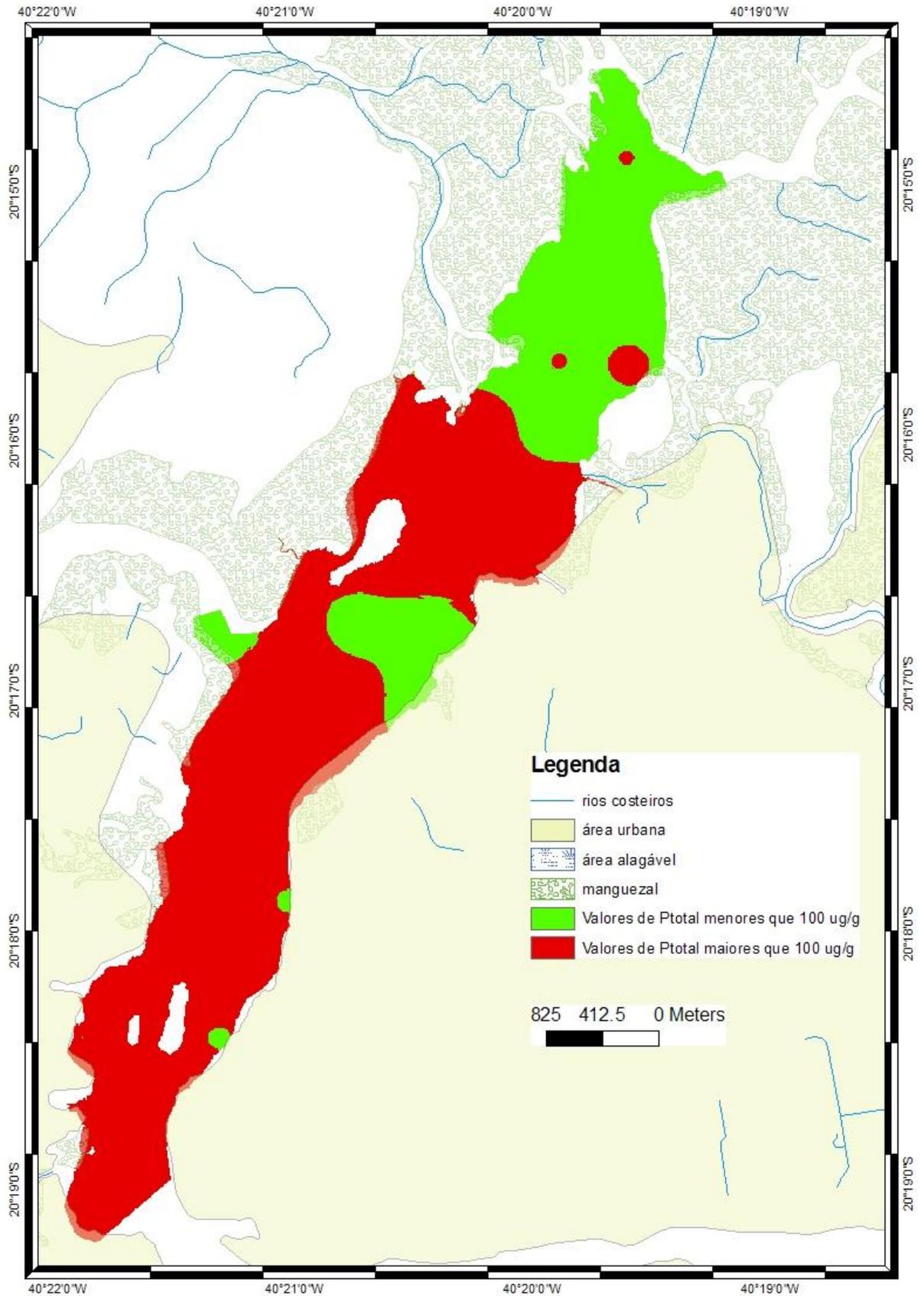


Figura 10: Porção NO da baía da Grande Vitória demonstrando os menores valores (<100 µg/g) em verde e maiores valores (>100 µg/g) em vermelho.

5.4 Análise estatística

O teste de Pearson para as três variáveis (Ptotal, MOT e Teor de lama) não apresentou correlação estatisticamente significativa (Tabela 1).

Tabela 1: Estatística do teste de correlação de Pearson para as variáveis estudadas.

Correlação de Pearson		Ptotal	MOT
Ptotal	r	1	-0,03763
	Significância	--	0,083007
MOT	r	-0,03763	1
	Significância	0,083007	--
Lama	r	0,02008	0,22885
	Significância	0,90883	0,18606

As análises estatísticas, porém, quando relacionadas com o processo de sedimentação discutido por Veronez (2009), mostraram boa correlação entre MO e Teor de Lama ($r = 0,71$) para a porção norte da área do estudo, mais especificamente para as estações amostrais entre 22 e 35, inseridas na zona onde há predominância dos processos fluviais e estuarinos com aporte fluvial (VERONEZ JÚNIOR, 2009).

A Tabela 2 contém os dados de Teor de Lama (%), MO (%) e Ptotal (ug/g OS) nas 35 estações amostrais.

Tabela 2: Dados de Teor de Lama (%), MO (%) e Ptotal (ug/g PS) nas 35 estações amostrais.

Estações Amostrais	Teor de Lama (%)	MO (%)	Ptotal (ug/g PS)
1	45.4	25.8	158.2
2	50.6	24.2	201.3
3	68.2	10.9	131.3
4	14.0	34.3	50.6
5	12.3	30.2	99.0
6	34.5	9.2	222.8
7	51.0	13.4	282.0
8	68.7	8.7	169.0
9	11.6	38.0	56.0
10	71.6	59.5	125.9
11	89.1	55.2	125.9
12	14.1	20.2	163.6
13	3.7	27.2	179.8
14	36.2	21.0	169.0
15	17.0	27.1	142.1
16	17.7	10.8	29.1
17	14.7	38.8	34.4
18	46.4	15.7	72.1
19	31.5	37.4	34.4
20	66.1	21.8	147.5
21	34.8	21.0	131.3
22	57.8	21.0	104.4
23	63.1	35.3	125.9
24	78.3	8.7	152.8
25	70.6	10.3	115.2
26	45.1	22.8	120.6
27	68.5	13.2	39.8
28	30.7	45.1	109.8
29	37.4	18.8	136.7
30	81.8	16.1	18.3
31	50.0	17.5	23.7
32	72.7	8.2	29.1
33	49.3	25.9	115.2
34	91.7	6.3	12.9
35	93.8	6.9	88.3

6 DISCUSSÃO

6.1 Teor de Lama

Os menores valores ficaram próximos da desembocadura do RSMV, local onde a presença de cascalho e sedimento de diâmetro maior era visualmente evidente possivelmente devido à maior competência do rio ainda naquele local. A perda de competência de transporte e a flocculação do sedimento coesivo foram bem evidenciados na distribuição dos teores de lama. À medida que os pontos amostrais se afastam da foz do RSMV, os teores de lama mostraram a maior concentração de sedimentos finos. Outro fator que deve ser considerado é a presença de locais urbanizados, onde os lançamentos de esgotos domésticos parecem ter influenciado positivamente no aumento das concentrações de lama, como na estação 29.

Os rios Bubú e Itanguá, por serem de pequeno porte, e conseqüentemente de baixa hidrodinâmica, tiveram influência no aporte de sedimentos mais finos, presentes em grande quantidade e próximos a sua foz. Segundo Dalmaschio (2008) o aporte sedimentar responsável pelo preenchimento do leito do SERSMV ocorre principalmente no período de intensas chuvas na bacia hidrográfica, sendo praticamente insignificante a quantidade de material em suspensão trazido pelos rios durante época de seca para preenchimento do canal. Como as coletas foram realizadas nos meses de setembro e outubro, final do período de estiagem, o sedimento presente pode ser definido como predominantemente antigo.

Assim como descrito por Paiva (1999), a Ilha do Lameirão contribuiu para um aumento na descarga de sedimentos finos resultando em altas concentrações em torno da estação amostral 29. Isto demonstra que há uma forte tendência erosiva das regiões de manguezal e de planície de maré, possivelmente pelo desmatamento e ocupação indevida da região.

Veronez Júnior (2009) relatou que a maior parte dos sedimentos lamosos que aportam o estuário não permanece no fundo da porção NO da Baía de Vitória,

sendo transportado à jusante pelas correntes de vazante que são dominantes e por ação antrópica (embarcações, pesca de fundo, redes de arrasto). A tendência encontrada, portanto, seria dimensionada por um retrabalhamento do sedimento do fundo, das planícies de maré, regiões de manguezal, além dos despejos de efluentes domésticos.

6.2 Matéria Orgânica

As altas concentrações de MO revelaram um sedimento predominantemente orgânico na maioria dos pontos estudados. O rio Bubú é possivelmente um dos principais aportes de MO para a área de estudo, uma vez que, além da aporte de esgoto doméstico em sua bacia, devido a sua baixa hidrodinâmica, contribui para a sedimentação de material fino, orgânico, nas regiões próximas a sua foz

Foi possível notar que alguns baixos valores estavam presentes na região sul, próximos das Ilhas, justamente um local que apresentou baixos teores de lama, local que segundo D'Agostini (2005) tem predominância por sedimento de areia média a grossa, o que poderia caracterizar uma zona de forte erosão.

6.3 Fósforo Total

A distribuição das concentrações de P_{total} teve uma tendência de acúmulo em direção à foz do estuário possivelmente causado pelo maior aporte de esgotos domésticos na região sul da área de estudo. Os menores valores encontrados na região norte podem ser explicados pela uso do solo da bacia hidrográfica do RSMV. A presença de florestas naturais e de extensa áreas alagáveis, que respondem como filtros biológicos de cargas orgânicas e nutrientes elevados, pode ter papel importante na baixa concentração de P_{total} na foz do RSMV.

Os valores de P_{total} encontrados neste estudo foram semelhantes aos valores

encontrados por Marins et al. (2007) para uma estuário considerado pouco impactado e muito inferiores aos relatados por Berbel e Braga (2008) para o sistema estuarino de Santos, região onde há um grau de ocupação e uso de solo muito mais elevada (Tabela 3). Isso, porém não define se um estuário é impactado ou não, uma vez que as variações temporais de P_{total} podem ser bastante dinâmicas. Fonseca (2009) em estudo no estuário do Rio Jaguaribe (CE) relatou uma variação na concentração de P_{total} de 100 ug/g em um mesmo ponto amostral após intervalo de apenas 12 horas de coleta. Segundo este autor, a variação foi provocada principalmente pela rápida liberação de P-inorgânico do sedimento, enquanto que as formas orgânicas apresentam maior tempo de residência.

Tabela 3: Comparação de valores de P_{total} sedimentar encontrados no SERSMV e outros estudos em demais ecossistemas.

Região	Ecossistema	P total min – Max (ug/g)	Autores (ANO)
Baía de Vitória	Estuário	12 - 282	Este trabalho
Canal da Passagem	Estuário	43 - 421	BORGES (2009)
Anchieta, ES	Foz de estuário	120 – 180	SUBTIL, BARROSO, (2004).
Baía de Sepetiba, RJ	Marinho	278,39 – 1238,82	DIAS (2006)
Santos, SP	Estuário	~2000	BERBEL & BRAGA, (2008)
Jaguaribe, CE	Estuário	77,5 – 157,1	MARINS <i>et al.</i> (2007)
Laguna dos Patos, RS	Lagoa costeira	60 – 520	SANTOS <i>et al.</i> (2004).
Mar Báltico, Finlândia	Estuário	55,8 - 124	LUKKARI <i>et al.</i> (2008)

Zhang et al. (2007) desenvolveram uma relação entre a concentração de Ptotal para indicar níveis de poluição no sedimento (Tabela 4). Apesar de os autores terem desenvolvido essa classificação para sedimentos lacustres, Berbel e Braga (2007) afirmam ser aplicável para regiões estuarinas e utilizaram para a região de Santos onde caracterizaram sedimentos “altamente poluídos”. Os dados levantados por este estudo indicariam um ambiente não poluído.

Tabela 4: Relação entre a concentração de Ptotal sedimentar e níveis de poluição conforme Zhang et al. (2008).

Nível de Poluição	Concentração de PT ug/g
Altamente Poluído	>1.300 ug/g
Moderadamente Poluído	500 a 1.300 ug/g
Não Poluído	< 500 ug/g

Este resultado, porém parece não ser aplicável para a região em estudo, uma vez que Grilo *et al.* (submetido) encontraram para o ano de 2005 fontes significativas de poluição na região. A dinâmica sedimentar, e principalmente o caráter erosivo de algumas regiões do canal poderiam mascarar esse resultado (D’AGOSTINI, 2005; VERONEZ JÚNIOR, 2009).

Berbel e Braga (2008) relataram também uma variação sazonal das características físico-químicas do sedimento do sistema estuarino de Santos, o que pressupõe a necessidade de amostragem em pelo menos duas estações para melhor compreensão do caso, como por exemplo estação chuvosa e de seca.

7 CONCLUSÕES

Pode-se concluir que:

1. As concentrações elevadas de MO ao longo da área de estudo evidenciaram que a região vem recebendo aporte de esgoto doméstico e demais poluentes inorgânicos.
2. Através do mapa de processos sedimentares realizado por Veronez Júnior (2009) foi possível a análise da distribuição dos teores de lama e MO, que apresentaram boa correlação estatística na zona dominada por processos fluviais.
3. A baixa correlação estatística entre os parâmetros MO e Ptotal na região sul da área de estudo indica que outros parâmetros físico-químicos como OD, regime de maré, de oxirredução podem ser considerados para melhor análise.
4. Os valores de Ptotal encontrados foram considerados bem inferiores a locais muito impactados como o sistema estuarino de Santos/São Vicente.
5. Uma quantificação das espécies químicas do fósforo torna-se importante para elucidar os fluxos de P na interface sedimento/água.
6. Levando-se em conta a elevada dinâmica na troca química entre a coluna d'água e o sedimento, uma avaliação temporal se mostra importante para melhor compreensão dos fatores associados a distribuição de Ptotal e MO na área estudada.

8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARROSO, G. F., DIAS JR., C. Avaliação preliminar da qualidade da água no Canal da Passagem / Manguezal do Lameirão. **VIII Seminário Regional de Ecologia, São Carlos**, 1997.

BARROSO, G. F., DIAS JR., C., GÜNTZEL, A. Preliminary assessment eutrophication potential of sewage effluents of four wastewater treatment plants in Espírito Santo State (Brazil). **Verhandlungen Internationale Vereinigung Limnologie**, 26: 666-670. 1997.

BAUMGARTEN, M. G. ; NIENCHESKI, L. F. H. ; VEECK, L. . Nutrientes na coluna da água e na água intersticial de sedimentos de uma enseada rasa estuarina com aportes de origem antrópica (RS-Brasil). **Atlântica**, Rio Grande, v. 23, p. 101-116, 2001.

BENNET, E. M, CARPENTER, S. R., CARACO, N. F. Human Impact on Erodable Phosphorus and Eutrophication: A Global Perspective. **BioScience**. Vol. 51, N 3, 2001.

BERBEL, G. B. B. ; BRAGA, E. S. . Variação sazonal das especiações de fósforo dissolvido e sedimentar e suas inter-relações com parâmetros físicos e químicos em Santos - verão e inverno de 2005. In: Elisabete de Santis Braga. (Org.). **Oceanografia e Mudanças Globais III SBO III Simpósio Brasileiro de Oceanografia**. 1 ed. São Paulo: IOUSP, v. 1, p. 583-597, 2008.

BIANCHI, T. S. **Biogeochemistry of estuaries**. Oxford University, 2008.

BORGES, F. Z. **Análise da Distribuição Vertical e Espacial da Matéria Orgânica e do Fósforo Total no sedimento de uma Região de manguezal, o canal da passagem, Vitória, ES**. Relatório final de Iniciação Científica, UFES, 2009.

CARMOUZE, J. P. **O metabolismo dos ecossistemas aquáticos: fundamentos teóricos, métodos de estudo e análises químicas**. Vol., São Paulo,

Edgard Blücher/FAPESP. 253. 1994.

CARPENTER, S. R., CARACO, N. F., CORREL, D. L., HOWARTH, R. W., SHARPLEY, A. N., SMITH, V. H. Nonpoint Pollution of Surface Waters with Phosphorus and Nitrogen. **Ecological Applications**, v. 8(3), p. 559–568, 1998.

D'AGOSTINI, D. P. **Fácies sedimentares associadas ao sistema estuarino da Baía de Vitória (ES)**. Monografia (Graduação em Oceanografia) – Programa de Graduação em Oceanografia, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2005.

DALMASCHIO, R. G. **Análise da vazão e descarga sólida na região de transição entre o estuário e o rio Santa Maria da Vitória – ES**. Monografia (Graduação em Oceanografia) – Programa de Graduação em Oceanografia, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2008.

DAY, J. W., HALL, C. S., KEMP, W. M., YAÉZ-ARANCIBA, A. **Estuarine Ecology**. Wiley-Interscience; 1 edition, 1989.

DIAS, J.C. Diagênese e acumulação de fósforo em sedimentos de áreas distintas na baía de Sepetiba. Dissertação (Mestrado em Geoquímica Ambiental) – Curso de pós-graduação em geociências da Universidade Federal Fluminense – 2006.

DYER, K. R. **Estuaries: a physical introduction**. 2 ed. Chichester: John Wiley & Sons, 1997

ELLIOT, M., MCLUSCKY, D. S. The need for definitions in understanding estuaries. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 55, 2002.

ESCHERICHE, S. A. **Hidrogeoquímica do Fósforo no Estuário do Jaguaribe (CE)**. Dissertação – Programa de pós-graduação em Ciências Marinhas Tropicais do Instituto de Ciências do Mar. 2007.

ESTEVES, **Fundamentos de Limnologia**. 2. ed. Editora Interciencia, Rio de Janeiro, 602p, 1998.

EYRE, B. Water quality changes in an episodically flushed sub-tropical

Australian estuary: A 50-year perspective. **Marine Chemistry**. V. 59, p. 177–187, 1997.

FONSECA, L.V. **Capacidade de retenção de Fósforo e Material Particulado em Suspensão por Manguezal de Área Impactada por Efluentes da Carcinocultura**. Dissertação – Programa de pós-graduação em Ciências Marinhas Tropicais do Instituto de Ciências do Mar. 2009.

GAO, X. XU, S. ZHANG, N. Distributions and forms of phosphorus in tidal flats sediments of the Yangtze Estuary and coast. **SCIENCE IN CHINA**. Vol. 44 Series B, 2001.

GRILO, C.F.; SANTOS, C. C.; BOINA, C.D.; PINTO, T.K.O.; VICENTE, M.A.; CASTRO, E.V.R; BARROSO, G.F.; NETO, R.R. Biogeochemistry of a Polluted Tropical Bay, Great Vitória Estuary System, Brazil. Artigo submetido a revista **Biogeochemistry**.

GROSS, M. G. Effects of waste disposal operations in estuaries and the coastal ocean. **Annual Reviews Earth & Planet Sci**. Vol. 6, 1978.

HOU, L. J.; CHEN, H., YANG, Y.; JIANG, J.M.; LIN, X.; LIU, M. Occurrence of matrix-bound phosphine in intertidal sediments of the Yangtze Estuary. **Chemosphere**, 2009.

JESUS, Honório Coutinho de; COSTA, Elza de Abreu; MENDONÇA, 18 Antônio Sérgio Ferreira, ZANDONADE, Eliana. Distribuição de metais pesados em sedimentos do sistema estuarino da Ilha de Vitória-ES. **Química Nova**. Vol. 27. 2004.

JOYEUX, J.C.; CAMPANHA, E.A.F. & JESUS, H.C. Trace metal contamination in estuarine fishes from Vitória Bay, ES, Brazil. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, 47 (5): 765-774. 2004.

LEHTORANTA, J., EKHOLM, P., PITKÄNEN, H. Eutrophication-driven sediment microbial processes can explain the regional variation in phosphorus concentrations between Baltic Sea sub-basins. **Journal of Marine Systems**.

Vol. 74, 2009.

MIRANDA, L., B., CASTRO, B., M., KJERVE, B. **Princípios de Oceanografia Física de Estuários**, EDUSP, 2002.

McCORMICK, P. V. LAING, J. A. Effects of increased phosphorus loading on dissolved oxygen in a subtropical wetland, the Florida Everglades. **Wetlands Ecology and Management** 11: 199–216, 2003.

McCOMB, A. J., QIU, S., LUKATELICH, R. J., McAULIFFE, T. F. Spatial and Temporal Heterogeneity of Sediment Phosphorus in the Peel-Harvey Estuarine System. **Estuarine, Coastal and Shelf Science** Vol. 47, 1998.

MONTONE, R. C., BÍCEGO, M. C. Contaminação por esgoto: indicadores químicos de esgotos. In: BAPTISTA NETO, J. A., WALLNER-KERSANACH, M., PATCHINEELAM, S. M. (Org). **Poluição marinha**. Interciência, 2008.

MUDROCH, Alena; AZCUE, José M. **Manual of aquatic Sampling**. Boca Raton: Lewis, 1995

MUEHE, D. Geomorfologia Costeira. In: **Geomorfologia uma atualização de bases e conceitos**. Bertrand Brasil, RJ. 1994.

NEWMAN, S., KUMPF, H., LAING, J. A., KENNEDY, W.C. Decomposition responses to phosphorus enrichment in an Everglades (USA) slough. **Biogeochemistry**. V.. 54, 2001.

NOE, G., D. L. CHILDERS, A. L. EDWARDS, E. GAISER, K. JAYACHANDRAN, D. LEE, J. MEEDER, J. RICHARDS, L. J. SCINTO , J. TREXLER, and R. D. JONES. Short-term changes in phosphorus storage in an oligotrophic Everglades wetland ecosystem receiving experimental nutrient enrichment. **Biogeochemistry**, V. 89, p. 239-267, 2002.

NUNES, A. L. **Modelo histórico das alterações fisiográficas recentes da baía de Vitória (ES) e áreas adjacentes. Com o uso de sistema de informações geográficas**. Monografia (Graduação em Oceanografia) – Programa de Graduação em Oceanografia, Universidade Federal do Espírito

Santo, Vitória, 2005.

PAIVA, D. S. **Estudo sedimentológico do material de fundo do canal da passagem e trecho da baía de Vitória – ES**. Monografia (Especialização em Ecologia e Recursos Naturais) – Curso de Especialização lato sensu do Departamento de Ecologia e Recursos Naturais, UFES, Vitória, 1999

PAGLIOSA, P.R. FONSECA, A. BOSQUILHA, G. E., BRAGA, E. S., BARBOSA, F. A. R. Phosphorus dynamics in water and sediments in urbanized and non-urbanized rivers in south Brazil. **Marine Pollution Bulletin**, v. 50, 2005.

PERILLO, G. M. E. **Geomorphology and sedimentology of estuaries**. Elsevier, 1996

PUNNING, J.M., KAPANEN, G. Phosphorus flux in Lake Peipsi sensu strictu, Eastern Europe. **Estonian Journal of Ecology**. V. 58, 2009.

RIGO, D. **Análise do escoamento em regiões estuarinas com manguezais – medições e modelagem na Baía de Vitória, ES**. Tese (Doutorado em Ciências em engenharia oceânica) – Programas de Pós-Graduação de engenharia, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2004.

SMITH, V.H. Responses of estuarine and coastal marine phytoplankton to nitrogen and phosphorus enrichment. **Limnology and Oceanography**. v. 51, 2006.

SMIL, Vaclav. Phosphorus in the environment: natural flows an human interferences. **Energy Environment**, v. 2000.

SUGUIO, K. . **Geologia Sedimentar**. São Paulo: Edgard Blücher, 2003.

SUGUIO, K. **Introdução à Sedimentologia**. São Paulo: Edgard Blucher, 1973.

VALDERRAMA, J. C. The simultaneous analysis of total nitrogen and total phosphorus in natural waters. **Marine Chemistry**, v. 10, 1981.

VERONEZ JÚNIOR , P. **Ecofácies e faciologia dos sedimentos de fundo da Baía de Vitória - E.S**. Dissertação (Mestrado em Oceanografia Ambiental)

Programa de Pós-graduação da Univesidade Federal do Espírito Santo, 2009.

ZHANG, R.; WU, F.; LIU, C.; FU, P.; LI, W.; WANG, L. ; LIAO, H & GUO, J. Characteristics of organic phosphorus fractions in different trophicsediments of lakes from the middle and lower reaches of Yangtze River region and Southwestern Plateau, China. **Environmental Pollution**, v. 152, p . 2008

ZHOU, Meifang; STRUVE, David M. The effects of post-persulfate-digestion procedures on total phosphorus analysis in water. **Water Research**, v. 38, p. 3893 – 3898, 2004.