



UNIVERSIDADE
E D U A R D O
MONDLANE

ESCOLA SUPERIOR DE CIÊNCIAS MARINHAS E COSTEIRAS

Monografia para obtenção do grau de licenciatura em Geologia Marinha

Título:

**Comparação dos níveis de Produtividade na Região do Mangal e do
Canal do Estuário dos Bons Sinais com base nas concentrações de
Carbono Orgânico, Quelimane- Província da Zambézia.**

Autor:

Erasnes Francisco Honwana



UNIVERSIDADE
E D U A R D O
MONDLANE

ESCOLA SUPERIOR DE CIÊNCIAS MARINHAS E COSTEIRAS

Monografia para obtenção do grau de licenciatura em Geologia Marinha

**Comparação dos níveis de Produtividade na Região do Mangal e do
Canal do Estuário dos Bons Sinais com base nas concentrações de
Carbono orgânico, Quelimane- Província da Zambézia.**

Autor:

Erasnes Francisco Honwana

Supervisora:

dr^a. Carlota Alves Emílio

Quelimane, Novembro de 2017

Dedicatória

Dedico esse trabalho em especial á memória do meu primeiro filho Bryan, que em vida me proporcionou momentos únicos e foi minha fonte de inspiração, pois através dele vieram minhas forças e minha dedicação na carreira estudantil, e a mais nova da família Honwana, Ayane pois muita coisa lhe aguarda pela frente.

Agradecimentos

Em primeiro lugar agradeço a Deus todo poderoso pelo dom da vida e da sabedoria, por ter sido meu guia e minha luz em todos momentos ao longo da jornada estudantil.

O meu especial agradecimento vai para os meus pais Francisco Honwana e Amélia Macumbe pelo apoio incondicional, por acreditarem e lutarem para que não me faltasse nada;

Aos meus irmãos (Carla, Donaldo e Hélio), e primos (Amélia, Francisco, José de lemos, Mário, Adriano, Liotério, José e Michael) pelo apoio;

Aos meus tios Jaime salvador e Sérgio Macumbe, Sérgio, Samuel e Eugénio Honwana pelo apoio moral;

Aos meus supervisores Carlota Alves e César Hogueane, pelo conhecimento transmitido, pelo acompanhamento ao longo da carreira estudantil, pela paciência e por acreditarem no meu potencial;

A todos docentes da ESCMC em especial o MSc. Noca, MSc. Matsinhe , dr. Banito, Dr. Fialho, Dr^a. Valera, dr^a. Paula, MSc. Yolanda, pelo conhecimento transmitido;

Aos funcionários da escola dr. Falume, Senhor Maquina, Nazarete, e em especial Dona Rita e o Senhor Jacinto por nos aturarem no refeitório dia pois dia, o meu muito obrigado

À Universidade Eduardo Mondlane pela bolsa de estudos;

Aos meus irmãos, minha família as pessoas com quem sempre contei durante a longa jornada estudantil nos altos e baixos, na doença e na alegria, o Alberto Sibie, Ernesto Tembe, Evaristo Simbine, Vicente dos Anjos, Edson Mavie e o Adriano Muhate meu muito *khanimambo* por tudo;

A Mércia Manuel e Balbina Siteo, pois foram mais irmãs do que colegas, o meu profundo obrigado pelo companheirismos, cumplicidade e pela ajuda sempre que precisava.

Aos meus amigos Maikel, Dirson, Samuel, Carlos, Rijate, Marly, Luther, Elisa, Rodrigues, Wilton, Edson, Magno, Clemente, Fernando, Hawita e em especial a Admira Vicente por me conceder a chance de ser pai e pelos inesquecíveis momentos e a Zélia Tembe pela amizade e pelos bons momentos que juntos passamos.

A todo pessoal da residência em particular a geração 2014 a mencionar: Cândido, Feliz, Flávio, Jamisse, Macicame, Sérgio, Balbina, Kátia, Guta, Cláudia, Matola, Salvador e aos demais residentes Luisa, Leovistônia, Isabel, Cacilda, Francisco, Momed, Amôs e não menos importante o meu profundo agradecimento vai para Alcinda Abreu pelos inesquecíveis momentos, pela paciência por me aturar nos últimos e mais difíceis momentos “muito obrigado”.

Aos meus companheiros da turma de Geologia Mércia, Nilton, Guzia, Edson, Cecílio, Ermenegildo, Samuel, Catarina, Bonga, Germano, Norton, Agostinho, José, Paulo, Camacho, Raimundo, Lucas, Fernando, Nelson, Lourindo e em especial o Adérito pela dupla que formamos na construção do instrumento e Jordão pela ajuda na construção e colecta dos testemunhos. A turma de oceanografia Sebastião, Cesárdio, Custódio, Nhacudima e Fernando. A turma de biologia Cremilda e por fim Adélia e a Atália pois foram grandes amigas, em suma quero agradecer a todos colegas da ESCMC que directa ou indirectamente estiveram do meu lado ao longo desses árduos anos.

Declaração de honra

Declaro por minha honra que o presente trabalho intitulado Comparação dos níveis de Produtividade na Região do Mangal e do Canal do Estuário dos Bons Sinais com base nas concentrações de Carbono Orgânico, Quelimane - Província da Zambézia é da minha autoria e resulta da investigação por mim realizada, nunca foi apresentado na sua essência ou parte do mesmo para obtenção de qualquer grau académico, estando indicadas nas referências bibliográficas as fontes usadas da sua elaboração.

Quelimane, Novembro de 2017

Autor

(Erasnes Francisco Honwana)

Resumo

Com base nos testemunhos foram colhidas 58 centímetros de amostras de sedimentos na zona do Mangal e 116 centímetros no curso de água. Os resultados das análises permitiram a identificação de pequenas variações na paleoprodutividade quando comparados os dois testemunhos. Contudo, quando analisados independentemente, notou-se uma variação acentuada nos primeiros 38 centímetros nos sedimentos correspondentes a zona do Mangal em relação aos da região do curso de água. Em função das concentrações do carbono orgânico, duas fases com intervalos de profundidades diferentes foram reconhecidas em ambas regiões. Foram designadas as fases da região do mangal, 0-32 centímetros de profundidade como primeira e 34-58 centímetros como segunda; 0-58 centímetros e 60-108 centímetros de profundidade para a região do curso de água respectivamente e os restantes 8 centímetros para a região do curso de água demonstram o início de uma nova fase com os valores de carbono orgânico subindo de 0.0150g a 0.0469g. No geral, a primeira fase é caracterizada por valores elevados de carbono orgânico, sedimentos finos do tipo silte e argila, e alta produtividade, por oposição a segunda fase caracteriza-se por valores baixos de carbono orgânico e consequentemente baixa produtividade, facto esse que aliou se com a deposição de sedimentos grosseiros (areia).

Palavras-chaves: Carbono orgânico, Granulometria, Produtividade, Paleoprodutividade.

Abstract

Based on the records, 58 centimeters of sediment samples were collected in the mangrove zone and 116 centimeters in the water course. The results of the analyzes allowed the identification of small variations in paleoproductivity when comparing the two samples. However, when analyzed independently, a marked variation was observed in the first 38 centimeters in the sediments corresponding to the mangrove zone in relation to those in the water course region. Depending on the concentrations of organic carbon, two phases with different depth intervals were recognized in both regions. The phases of the mangrove region were designated 0-32 centimeters deep as first and 34-58 centimeters as second; 0-58 centimeters and 60-108 centimeters deep for the water course region respectively and the remaining 8 centimeters for the water course region demonstrate the beginning of a new phase with values of organic carbon rising from 0.0150g to 0.0469g. In general, the first phase is characterized by high values of organic carbon, fine sediments of the silt and clay type, and high productivity, as opposed to the second phase characterized by low values of organic carbon and consequently low productivity, which allied with the deposition of thick sediments (sand).

Keywords: Organic carbon, Grain size, Productivity, Paleoproductivity.

Lista de abreviaturas

Sigla	Significado
CO	Carbono orgânico
MO	Matéria orgânica
PCE	Ponto do canal do estuário
PZM	Ponto da zona de mangal
g	Gramas
%	Porcentagem
cm	Centímetros
Pvc	Policloreto de Vinil
°C	Graus Célsius
Eq.	Equação

Lista de figuras

Figura 1: Ciclo do carbono entre o ambiente marinho e a atmosfera. Fonte: www.solarnavigator.net .	12
Figura 2: Descrição da área de estudo.....	13
Figura 3: Pontos de amostragem: (a) PCE e (b) PZM.....	15
Figura 4: Corte transversal e subamostragem.	16
Figura 5: A- Cabos de aço, B- Dentes, C- Alicates e D- Testemunho de pvc.....	17
Figura 6: (a) Amostras no interior da estufa e (b) uma amostra sendo pesada na balança analítica.....	18
Figura 7: Remoção de Carbonatos e MO nos sedimentos (a) e crivos usados (b).....	20
Figura 8: Curva da variação em gramas (a) e em percentagem (b) do conteúdo de Carbono orgânico ao longo do PZM.....	23
Figura 9: Curva da variação em gramas (a) e em percentagem (b) do conteúdo de CO ao longo do PCE.....	24
Figura 10: Curvas da concentração do Carbono orgânico nos dois pontos de amostragem (PZM e PCE).	25
Figura 11: Variação da concentração do Silte, Argila e Areia ao longo do PCE.....	26
Figura 12: Curvas do CO (a), e da granulometria: Argila (b), Silte (c) e Areia (d).....	28
Figura 13: Diagrama de Hjulström.....	39
Figura 14: Coeficiente de Pearson entre o carbono orgânico e Argila no PCE.....	40
Figura 15: Coeficiente de Pearson entre o carbono orgânico e Silte no PCE.	40
Figura 16: Coeficiente de Pearson entre o carbono orgânico e Areia no PCE.....	41

Lista de tabelas

Tabela 1: Material usado na construção do testemunho de pvc.....	16
Tabela 2: Parâmetros estatísticos do Carbono orgânico nos dois pontos de amostragem.	26
Tabela 3: Coeficientes de Pearson calculados entre os parâmetros analisados.....	28
Tabela 4: Classificação da correlação em função do coeficiente de Pearson.	39
Tabela 5: Coordenadas dos pontos de amostragem.	40

Índice

Conteúdos	páginas
Dedicatória	i
Agradecimentos.....	ii
Declaração de honra	iv
Resumo.....	v
Abstract	vi
Lista de abreviaturas.....	vii
Lista de figuras	viii
Lista de tabelas	ix
Índice.....	x
1. Introdução e objectivos.....	1
1.1. Introdução.....	1
1.2. Objectivos.....	3
2. Revisão de literatura	4
2.1. Produtividade oceânica.....	4
2.2. Produtividade nas Florestas de mangal.....	4
2.3. Produtividade nos estuários e preservação do carbono orgânico nos sedimentos.....	5
2.4. Paleoprodutividade	6
2.5. Proxies aplicados em estudos de paleoprodutividade marinha.....	6
3. Metodologia.....	13
3.1. Área de estudo	13
3.2. Materiais e equipamentos usados.....	14
3.3. Colecta das amostras.....	15
3.4. Análises geoquímicas granulométricas.....	17
3.5. Análises estatísticas	20
4. Resultados	22
4.1. Quantificação do Carbono orgânico (CO).....	22
4.2. Comparação do carbono orgânico nos dois pontos de amostragem.....	24
4.3. Variações da granulometria	26

4.4.	Correlação da curva do Carbono orgânico com as curvas da granulometria	27
5.	Discussão	29
5.1.	Quantificação do carbono orgânico	29
5.2.	Comparação das concentrações do carbono orgânico no PZM e PCE	31
5.3.	Correlação da granulometria com os níveis de produtividade (PCE)	31
6.	Conclusão	33
7.	Recomendações	33
8.	Referências bibliográficas	34
	Anexos	39

1. Introdução e objectivos

1.1.Introdução

O estuário é um ecossistema costeiro de elevada produtividade biológica, formado nas desembocaduras dos rios, onde há mistura das águas do mar e da foz dos rios. Fertilizado pela matéria orgânica, pelos nutrientes carreados pelas chuvas na vegetação de mangal e pela decomposição do solo, os quais se misturam com os nutrientes trazidos pela água do mar e pelas descargas fluviais proporcionando desde modo condições óptimas para existência da vida (Carriço, 2002).

A mistura dessas massas de água é aquecida pela energia solar formando um meio suave e biologicamente mais activo pelo processo da fotossíntese. Toda essa mistura é agitada pelo fluxo e refluxo das marés e correntes, somando-se às diferentes densidades e temperaturas. O ecossistema estuarino é, portanto, complexo e bastante sensível (Bryon, 1994).

Como sabe-se que a fotossíntese converte o carbono inorgânico contido no dióxido de carbono em carbono orgânico deste modo, a produtividade biológica pode ser definida como o total de carbono fixado pelos organismos fotossintéticos e transformado em matéria orgânica expressa em área por unidade de tempo (Pinet, 2009).

A produtividade biológica desempenha um papel importante no controle do fluxo de carbono entre o oceano e a atmosfera. Flutuações na produtividade podem, portanto, influenciar o clima, alterando as concentrações atmosféricas de dióxido de carbono (Broecker, 1982 citado por Paytan, 2006). Além disso, mudanças na produtividade marinha têm influência sobre a biogeoquímica de alguns elementos traço, tais como, fósforo (P), nitrogênio (N), silício (Si) e Bário (Ba) e gases, como por exemplo o dimetil sulfeto (Paytan, 2006).

A reconstituição da produtividade biológica de um meio estuarino é designado paleoprodutividade, e este por sua vez é um tema que tem despertado interesse no ramo da Paleoceanografia, visto que tem relação com o entendimento da vida marinha ao longo do tempo (Andrade, 2011).

A paleoprodutividade envolve muitos processos, dentre os quais aqueles que estão relacionados à circulação oceânica no passado, e principalmente com o balanço, produção e degradação da matéria orgânica e, ainda, com os ciclos dos elementos biogénicos, em especial, na história do ciclo oceânico do carbono (Andrade, 2008).

De acordo com Scourse e Austin (2002 citado por Andrade), estudos em ambientes costeiros (estuários) vêm se tornando cada vez mais importantes para estudos de reconstituições ambientais,

pois fornecem: (a) registros com alta resolução estratigráfica, por estas áreas apresentarem taxas de sedimentação alta; (b) bons registros da interação dos processos oceânicos com o continente, fornecendo informações sobre mudanças climáticas e suas interações com processos oceânicos; (c) registros de flutuações do nível do mar, clima, produtividade primária e o ciclo do carbono.

Assim sendo os dados da granulometria dos sedimentos também desempenham um papel importante, no que diz respeito à deposição e preservação da matéria orgânica, por essa razão é uma ferramenta crucial no estudo de reconstituição da paleoprodutividade pois fornece informações sobre as condições hidrodinâmicas de um determinado ecossistema (Mahiques, 1998).

Devido a grande importância que o Estuário dos Bons Sinais possui, para a pesca, turismo, actividade económica, a presença de porto de Quelimane que facilita a troca de mercadorias, pelo alto valor ecológico, grandes densidades de mangais que proporcionam locais de reprodução de maior parte de peixes com alto valor económico, e também pela importância económica desse local, no que tange ao desenvolvimento das actividades de aquacultura, tem sido nos últimos anos alvo de vários estudos em diferentes áreas de acção como, na Oceanografia, Biologia Marinha e Química Marinha (António, 2013).

Assim sendo, poucos estudos virados a área da Geologia Marinha vem sendo desenvolvidos, e em particular, ainda não existem estudos relacionados a paleoprodutividade do estuário dos Bons Sinais sendo que o presente trabalho é um estudo inédito para a presente área de estudo, portanto é importante para a pesquisa científica.

Diversos estudos têm sido desenvolvidos para a reconstituição da paleoprodutividade a destacar o de Andrade (2011) que analisa as Variações de paleoprodutividade na plataforma continental interna ao largo de Itajaí-SC durante o Holoceno: uma abordagem de multi-indicadores, o de Nagai (2009) que também analisa as Variações de paleoprodutividade na plataforma interna de Cabo Frio; RJ, de Dymond e Collier (1996) que falam dos fluxos do Bário particulado e sua relação com a produtividade biológica, Harris *et al.* (1996) que relacionam o fluxo das Clorinas com a produtividade primária marinha do Quaternário e Mahiques (1998) que fala das características da matéria orgânica sedimentar da plataforma continental interna e media entre a Baía de Guanabara e São Francisco do sul. Ainda assim não existem estudos relacionados com a paleoprodutividade no Estuário dos Bons Sinais.

Neste contexto o presente trabalho tem como propósito principal, Comparar os níveis de Produtividade na Região do Mangal e do Canal do Estuário dos Bons Sinais com base nas concentrações de Carbono Orgânico.

Através das variações das concentrações do carbono orgânico e variações da granulometria, entender as principais causas dessas diferenças ao longo dos testemunhos e correlacionar a produtividade com a granulometria. Esse estudo irá contribuir na compreensão da produtividade biológica no estuário dos Bons Sinais desde um passado recente até o presente.

1.2.Objectivos

Geral

- Comparar os níveis de Produtividade na região do Mangal e do canal do Estuário dos Bons Sinais com base nas concentrações do Carbono orgânico.

Específicos

- Quantificar o carbono orgânico ao longo dos testemunhos;
- Comparar as concentrações do Carbono orgânico na zona da Floresta de Mangal e do canal do Estuário;
- Fazer a análise granulométrica ao longo dos testemunhos;
- Correlacionar a granulometria com os níveis de produtividade;

2. Revisão de literatura

2.1. Produtividade oceânica

A produtividade biológica pode ser definida como a absorção de carbono inorgânico dissolvido e seu subsequente sequestro sob a forma de compostos orgânicos por produtores primários marinhos (Paytan, 2006). Assim, variações na produtividade biológica em meios marinhos costeiros ou continentais podem alterar concentrações de CO₂ atmosférico, influenciando conseqüentemente o clima (Nagai, 2009).

A produtividade primária pode ser dividida em (1) produção primária que ocorre na superfície dos oceanos e (2) produção exportada, ou seja parte da produção primária que é exportada da superfície para o assoalho oceânico (Paytan, 2006).

Nagai (2009) afirma que por haver esta relação entre a produtividade nas águas superficiais e o estoque de carbono orgânico nos sedimentos subjacentes, a produtividade pode ser inferida como fluxo de carbono.

Como a distribuição do carbono nos sedimentos oceânicos está relacionada à produtividade biológica, degradação da matéria orgânica, carbonato de cálcio, e circulação oceânica (Mix, 1989); estudos relacionados à paleoprodutividade são importantes na compreensão de inúmeros factores, como: padrões de corrente e vento, ciclo do carbono, biogeografia e clima (Nagai, 2009).

2.2. Produtividade nas Florestas de mangal

As florestas de Mangal são ecossistemas costeiros, situados nas regiões tropicais e subtropicais, ocorrendo junto a desembocadura de rios, estuários e lagunas costeiras, até onde houver influência de marés. Os mangais são ecossistemas de transição entre os ambientes oceânico e terrestre (Schaeffer-Novelli, 1989 citado por MITADER, 2015).

As florestas de mangal são consideradas grandes reservatórios de carbono, ao captar o dióxido de carbono pelo processo da fotossíntese, libertando o oxigênio e retendo o carbono na biomassa vegetal em forma de madeira e no solo por longo prazo. Mais de 50% e por vezes mais de 90% de carbono está reservado ou contido no solo no total de carbono sequestrado pelo ecossistema de mangal (Kauffman e Donato, 2012).

Em suma, devido as enormes quantidades de matéria orgânica gerada nas florestas de mangal, e liberada para as águas costeiras na forma de detritos, compondo a base alimentar de várias espécies de caranguejos, camarões e peixes de valor comercial a MITADER (2015) considera que os mangais são ambientes de alta produtividade biológica.

2.3. Produtividade nos estuários e preservação do carbono orgânico nos sedimentos

Os estuários estão entre as áreas mais produtivas do planeta, com uma produção primária de cerca de $10 \text{ Kcal.m}^{-2}.\text{ano}^{-1}$ de matéria orgânica comparada a menos de $1 \text{ Kcal.m}^{-2}.\text{ano}^{-1}$ em oceano aberto (Kennish, 1991).

Nos estuários, assim como nos demais ambientes aquáticos, a comunidade planctónica representa a base principal da teia alimentar, formada por milhares de espécies de pequenos organismos animais e vegetais, representantes de diversos grupos taxonómicos e tamanhos que, em princípio, variam entre $0,2$ e $5.000 \mu\text{m}$, contribuindo com mais de 90% da produção orgânica anual. A reacção da fotossíntese, realizada pelo fitoplâncton, principalmente, constitui-se no primeiro passo na fixação do carbono inorgânico em carbono orgânico particulado (Parsons e Takahashi, 1973) e (Santos, 2009).

Os rios são o fornecedor dominante de sedimentos em estuários. O transporte e deposição de sedimentos de granulação fina, ribeirinhas em estuários são maioritaneamente controlados por três factores: misturas estuarinas, agregação (floculação) e propriedades de partículas primárias (Rao e Chakraborty, 2016).

As análises texturais dos sedimentos estuarinos podem fornecer informações sobre a hidrodinâmica deposicional do ambiente. Deste modo, por um lado a presença predominante de sedimentos muito finos em ambientes estuarinos aponta o facto de serem locais de baixa energia e por outro a presença de sedimentos grossos aponta o facto de serem locais de alta energia (Ribeiro, 2008).

O teor de carbono orgânico contido nos sedimentos não só infere informações sobre a produtividade do ambiente, mas também revela o quão os sedimentos são estáveis. Essa estabilidade é ditada pelo tamanho dos agregados dos sedimentos, onde sedimentos lamosos (silte e argila) são mais estáveis em relação aos sedimentos arenosos. Deste modo a matéria orgânica tende ser melhor preservada em solos mais estáveis, onde os microagregados têm a capacidade de se cimentar entre si dificultando a erosão e remoção da matéria orgânica. Enquanto os sedimentos grossos (areia) apresentam uma má preservação

da matéria orgânica, dado que existe muitos poros os quais permitem a acção microbiana que por sua vez degradam a matéria orgânica, desta forma são menos estáveis e maus preservadores da matéria orgânica (Pillon *et al.*, 2002).

2.4. Paleoprodutividade

O estudo da paleoprodutividade é importante para o entendimento da sua participação no ciclo do carbono, tendo uma relação proporcional com a deposição de carbono no ambiente marinho (Khim *et al.*, 2008 citado por Andrade, 2011).

As variações do conteúdo de Carbono orgânico e de sua taxa de acumulação nos sedimentos são aplicados em reconstituições de produtividade oceânica, pelo fato do carbono orgânico ser o principal constituinte dos compostos biológicos.

Muitos estudos como o caso de Andrade (2008) e Mahiques (2007), assumem que a quantidade de matéria orgânica que atinge o assoalho oceânico seja proporcional à produtividade exportada da superfície oceânica (Paytan, 2006).

Do outro lado a interpretação das flutuações do conteúdo de carbono orgânico em termos de paleoprodutividade é dificultada por processos que afectam, principalmente, a preservação da matéria orgânica nos sedimentos. Se tratando de ambientes costeiros, o aporte de carbono orgânico de origem continental pode resultar numa superestimação da produtividade oceânica, o que torna a identificação da origem da matéria orgânica (continental ou marinha), presente nos sedimentos marinhos, extremamente importante (Nagai, 2009).

2.5. Proxies aplicados em estudos de paleoprodutividade marinha

A reconstituição da paleoprodutividade pode ser inferida a partir de diferentes *proxies* registrados em sedimentos marinhos, tais como: a abundância de carbono orgânico (Meyers e Bernasconi, 2005 citado por Andrade, 2008), concentração de biomarcadores (Dumitrescu e Brassell, 2005 citado por Andrade, 2008), Barita biogénica (Klump *et al.*, 2000) e concentrações de opalina (Nair *et al.*, 2005; Dezileau *et al.*, 2003; Ragueneau *et al.*, 2000 citado por Andrade, 2008).

A utilização de *proxies* paleoambientais tais como foraminíferos, dados geoquímicos e isotópicos de suas testas, obtidos de testemunhos, e as comparações desses *proxies* com indicadores geoquímicos e sedimentares desses mesmos testemunhos e com dados paleoclimáticos existentes, nos permitem tentar sanar algumas lacunas nos resultados, por meio de inferências acerca do comportamento oceanográfico e paleoclimático das regiões de colecta dos testemunhos analisados (Silva, 2013).

Cada *proxy* tem características próprias, incluindo suas limitações, sendo alguns deles, por exemplo, preferencialmente preservados em ambientes com altas taxas de sedimentação (Mckey *et al.*, 2004). E, por esta razão, é cada vez mais frequente a utilização de vários indicadores combinados em estudos paleoambientais, em particular a paleoprodutividade (Andrade, 2008).

2.5.1. Pigmentos – Clorinas

Plantas superiores e algas sintetizam uma variedade de compostos orgânicos pigmentados, usados principalmente para o processo de fotossíntese. O principal pigmento fotossintético utilizado pelas plantas e maioria de classes de algas são as clorofilas, das quais a clorofila-*a* (Chl-*a*) é a mais comum (Jeffrey e Vesk, 1995 citado por Pivel *et al.*, nd).

Vários estudos têm mostrado que a série de processos de transformação, incluindo a desmetalização do quelato de magnésio, descarbometoxilação (piro-formação) e a hidrólise dos ésteres ocorre tanto na coluna de água quanto na interface água sedimento, formando os feopigmentos, chamados de clorinas (Harris *et al.*, 1996).

Apesar da fácil degradação dos pigmentos clorofílicos na coluna de água e na superfície do sedimento, uma pequena fração é preservada sob forma de clorinas (Lourenço, 2007). No Oceano Atlântico as variações estratigráficas de clorinas no sedimento marinho têm sido relacionadas à paleoprodutividade em locais de alta produtividade como áreas de ressurgência na costa africana (Brassel *et al.*, 1986b; Harris *et al.*, 1996; Summerhayes *et al.*, 1995 citado por Lourenço, 2007) e também no Atlântico Norte e mares do Norte (Harris *et al.*, 1996).

A abundância de clorinas ao longo do testemunho depende, assim como toda a matéria orgânica, de variações na produtividade e na diagénese, sendo que a diagénese é influenciada por factores como quantidade de oxigénio na coluna de água e água de fundo, tempo de residência na coluna de água e na interface sedimento-água após deposição, reactividade molecular, formação de complexos pigmentados, adsorção e bioturbação (Higginson, 1999 citado por Lourenço, 2007).

2.5.2. Carbonato de Cálcio

Mais de 95% do carbono dos oceanos é transferido para o sedimento através da decantação de esqueletos de carbonato de cálcio (CaCO_3), produzido nas águas superficiais. Estes esqueletos de carbonato de cálcio carregam o sinal da produtividade e são melhores preservados nos sedimentos do que o carbono orgânico refratário que o acompanha (Brummer & Van Eijden, 1992 citado por Andrade, 2011).

O carbonato de cálcio nos sedimentos marinhos é composto predominantemente pelas partes duras dos organismos marinhos (Paytan, 2006). Em ambientes próximos à costa e nas plataformas continentais as principais fontes de acumulação de carbonato são os organismos bentônicos, tais como, moluscos, briozoários, algas, equinodermas e corais.

2.5.3. Reconstituição de produtividade através de biomarcadores orgânicos

Estrutura de classe das algas está intimamente ligada à produtividade de água e nutrientes em geral. Conhecimento da comunidade fitoplanctônica pode ajudar a distinguir áreas de alta produtividade de áreas de baixa produtividade. Fitoplâncton marinho, zooplâncton e bactérias sintetizam um grande número ou compostos orgânicos, muitos dos quais são táxon específico. A relação entre a ocorrência de certos compostos (biomarcadores) e abundância dos grupos de fitoplâncton particular tem sido utilizadas para distinguir matéria orgânica marinha da terrestre, e poderia em princípio ser usada para reconstruir a estrutura da comunidade (Paytan, 2006).

Esforços para desenvolver estes proxies estão em andamento, no entanto, a diagênese é um grande obstáculo para reconstrução quantitativa. Além disso, a extração de compostos orgânicos específicos de sedimentos em massa utilizando solventes resulta em apenas uma recuperação parcial, e a pequena fração extraída pode não representativa no que diz respeito a quantidade de matéria orgânica total (Paytan, 2006).

2.5.4. Reconstituição de produtividade através teor de nutrientes

A disponibilidade de nutrientes (N, P, Fe, Si) em muitos locais controla a produtividade na superfície do oceano. Por conseguinte, tem sido sugerido que o conhecimento das concentrações de nutrientes ou seu grau de utilização pode ser examinado no registro sedimentar e pode fornecer informações

indirectas sobre produtividade do passado. Tais proxies incluem a composição isotópica de nitrogênio, da matéria orgânica, composição isotópica da concha siliciosa das diatomáceas e a relação Cádmiu/Cálcio de foraminíferos planctônicos (Paytan 2006).

De acordo com Montoya (1994 citado por Paytan 2006), deve ser considerado que a relação entre a entrada e absorção dos nutrientes (exemplo da utilização) e produtividade biológica não é tão linear. Além disso, mudanças na relação isotópica ou composição elementar do reservatório oceânico e mudanças pós deposicionais, não podem ser descartadas e podem afectar o registro sedimentar.

2.5.5. Reconstrução de produtividade com base na Barita e acumulação de Bário

Metais como bário, estrôncio e cálcio estão envolvidos em processos biológicos. O bário é um dos indicadores mais utilizados para estimar a paleoprodutividade (Dymond *et al.*, 1992a; Paytan *et al.*, 1996).

A sua presença no sedimento marinho ocorre na forma de silicato, proveniente do continente e na forma de barita, associada ao material orgânico. Sedimentos em áreas de alta produtividade são enriquecidos em bário, o motivo disso não é totalmente conhecido, e sua alta preservação no sedimento o torna um bom indicador de produtividade. Porém, de forma a estimar a paleoprodutividade a partir do bário presente no sedimento, é necessário estimar a quantidade de bário biogénico e distingui-lo da sua fonte não biogénica (Pires, 2004). Contudo nem sempre é possível estimar esse valor, e para algumas regiões não são conhecidos valores médios de Ba_{ex} , o que torna a estimativa da paleoprodutividade a partir do bário ineficiente.

Barita Marinha é o portador principal de partículas de bário na coluna d'água, está relacionado ao fluxo de exportação de carbono marinho (Dymond *et al.*, 1992). A Precipitação da barita na coluna de água está associada a decomposição de matéria orgânica (Pires, 2014). Isso resulta em uma correlação positiva entre barita e o bário em excesso e as quantidades de carbono orgânico em sedimentos, e matéria particulada filtrada (Dehairs *et al.*, 1980; Dymond *et al.*, 1992). Com base nesse relacionamento em sedimentos, Dymond *et al.* (1992) previu uma correlação positiva entre o acúmulo de bário em excesso em sedimentos marinhos e exportação de carbono.

O bário em excesso é determinado a partir da concentração total de bário no sedimento após subtrair o bário associado ao material terrigeno, que é calculado a partir do total Alumínio (Al) ou titânio (Ti) e normalização para uma proporção constante da razão Ba/Al ou Ba/Ti detríticos (Paytan 2006).

As concentrações de alumínio ($Al_{\text{detritico}}$) ou Titânio ($Ti_{\text{detritico}}$) podem ser usadas no denominador, pois ambos os elementos são justificados nesses tipos de estudos por serem estáveis e considerados conservativos, sendo indicadores de contribuição terrígena (Klump *et al.*, 2001; Reitz *et al.*, 2004; Carvalho *et al.*, 1993 citado por Pires, 2014). No entanto o mesmo autor salienta ainda que estudos com a utilização do Alumínio são mais frequentes.

2.5.6. Foraminíferos como proxies de paleoprodutividade

Os foraminíferos representam um dos grupos ecológicos mais importantes dos protistas heterotróficos marinhos. Os primeiros registros fósseis aparecem no início do Cambriano (há aproximadamente 545 Ma), no entanto, devido à má preservação desses registros fósseis e dificuldades na sua identificação, o início da evolução dos foraminíferos não é bem compreendida (Pawlowski *et al.*, 2003 citado por Andrade 2011). Ao longo do Fanerozóico, os foraminíferos invadiram o ambiente marinho, ocorrendo explosão na diversidade e em seu modo de vida (Goldstein, 1999 citado por Andrade 2011).

Como indicadores micropaleontológicos, estes organismos são amplamente utilizados em estudos relacionados à paleoprodutividade (Nagai, 2009). De acordo com Loubere e Fariduddin (1999 citado por Nagai 2009), a distribuição ambiental dos foraminíferos bentônicos é influenciada pela variabilidade nos fluxos de carbono para o fundo marinho. A variação de produtividade primária é responsável pela quantidade e qualidade da matéria orgânica que chega ao assoalho oceânico, o que influencia a composição e o estoque das comunidades de foraminíferos bentônicos (Herguera e Berger, 1991; Schmiedl *et al.*, 2000; Fontanier *et al.*, 2003 citado por Nagai 2009). Além de mudanças nas associações, o *microhabitat* desses organismos, é controlado pelo consumo de oxigênio e os limites de redox na coluna sedimentar, que por sua vez controlam o suprimento de matéria orgânica metabolizada para o meio (Fontanier *et al.*, 2002 como citado em Nagai 2009).

2.5.7. Indicadores geoquímicos de produtividade

Vários indicadores geoquímicos que registam fluxos de partículas na coluna d'água também têm sido utilizados como proxies para a produtividade (Al/Ti , Ba/Ti , $^{231}Pa / ^{230}Th$, $^{10}Ser / ^{230}Th$). Em vastas áreas do oceano aberto e costeiras a maioria da matéria particulada afundada na água é de origem biogênica e, portanto, está relacionada com a produtividade (Paytan, 2006).

A origem da matéria orgânica sedimentar pode também ser inferida através do conteúdo de outros indicadores geoquímicos elementares (como, ferro - Fe, cálcio - Ca, e titânio - Ti). O cálcio presente nos sedimentos, por ser componente da calcita e aragonita, reflete o conteúdo de carbonato marinho (Nagai, 2009).

De acordo com Arz *et al.* (1998, citado por Paytan, 2006) conteúdos elevados de cálcio estariam relacionados a baixos conteúdos de titânio e ferro; pois, estes elementos, estão relacionados a componentes siliciclásticos e especialmente minerais argilosos. Mahiques *et al.* (1999), em testemunho colectado na plataforma sudeste brasileira, utilizaram razões Fe/Ca e Ti/Ca para avaliar aporte de sedimentos terrígenos, encontrando correlação significativa entre estas razões e conteúdo de argila nos sedimentos, o que posteriormente é uma ferramenta importante na identificação da origem da matéria orgânica presente nos sedimentos em estudos de paleoprodutividade.

2.5.8. Reconstituição da produtividade com base na matéria orgânica e carbono orgânico

As características da matéria orgânica depositada nos sedimentos marinhos têm sido amplamente utilizadas na correlação com diversos processos oceanográficos, tais como, produtividade de águas superficiais, aporte de materiais continentais, dinâmica das massas de água, potencial de oxi-redução e taxas de sedimentação (Mahiques *et al.*, 2007).

A produção de matéria orgânica de um sistema marinho está intimamente ligada à disponibilidade de luz (energia solar) e de nutrientes. Porém, outros factores podem limitar este processo, como os teores de oxigénio dissolvido, condições de ressurgência e turbulência e ainda turbidez da água (Pinet, 2009).

Inversamente, a degradação da matéria orgânica marinha é realizada, principalmente, por bactérias decompositoras, as quais exercem papel fundamental na dinâmica trófica do sistema. Assim, tanto o material orgânico morto, quanto o produto do metabolismo dos organismos vivos são submetidos a um processo de decaimento energético, que consiste na degradação de compostos orgânicos complexos em substâncias cada vez mais simples. Desta forma, nutrientes inorgânicos são novamente disponibilizados no sistema, podendo ser reciclados pelos produtores primários (Andrade 2008).

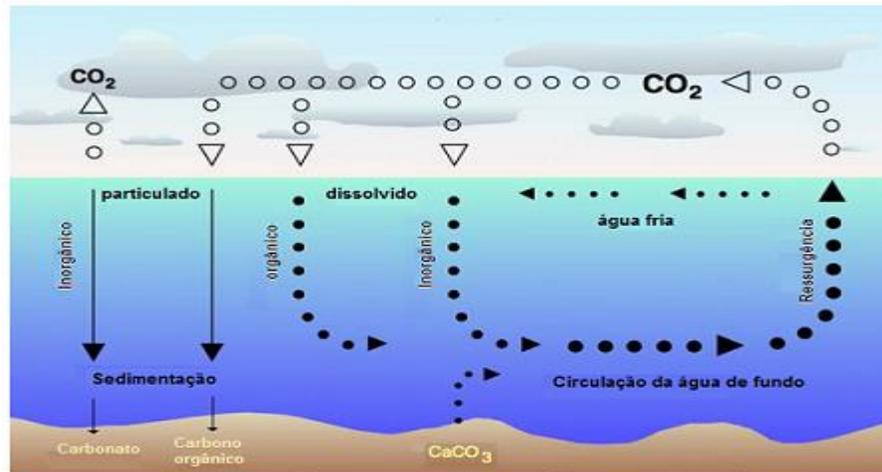


Figura 1: Ciclo do carbono entre o ambiente marinho e a atmosfera. Fonte: www.solarnavigator.net.

Como um componente biológico dominante, medições do teor de Carbono orgânico de sedimentos são importante ferramenta para reconstituir a produção biológica. Em áreas retiradas da descida transporte de material com granulometria fina, foi assumido que o fluxo de Carbono orgânico, atingindo o sedimento é proporcional à sua exportação líquida da superfície do oceano (Paytan & Griffith, 2007).

De fato, estudos de sedimentos do fundo indicam que existe uma relação entre a produtividade e o fluxo de matéria orgânica para o fundo do mar. No entanto, há uma forte profundidade de dependência da relação por causa da degradação de carbono orgânica na coluna d'água. Apenas uma pequena fracção da matéria orgânica que chega nos sedimentos do fundo marinho é soterrada e conservada (Paytan, 2006).

Fluxo de carbono para o oceano profundo, também conhecido como produção exportada, é um dos parâmetros mais importantes no ciclo global do carbono, principalmente no que diz respeito a sua relação com o sequestro de carbono e mudanças climáticas, dado que é um importante mecanismo pelo qual o dióxido de carbono é removido da atmosfera através da superfície do oceano para as camadas mais profundas e, portanto, evitando dessa forma impactos climáticos em largas escalas de tempo por volta de milhares de anos (Broecker, 1982; Berger *et al.*, 1989; Hansell *et al.*, 1997, citado por Paytan, 2006). Produção exportada é muito maior do que o carbono soterrado nos sedimentos, sendo que somente uma pequena fracção da produção exportada eventualmente é soterrada em sedimentos. Este parâmetro, no entanto, não é fácil medir directamente ou mesmo estimar nos oceanos dos dias actuais, muito menos para o passado (Paytan e Griffith, 2007).

3. Metodologia

3.1. Área de estudo

Estuário dos Bons Sinais, localiza-se na região Sul da província da Zambézia. Está situado entre as coordenadas 18°52' Latitude Sul e 36°53' Longitude Este da costa moçambicana. A Boca do Estuário está ligada ao mar aberto. O Estuário dos Bons Sinais resulta da junção dos rios Cuácua e Licuar, que se encontram na região denominada confluência. Possui uma largura média de 2 km e cerca de 30 km de comprimento, o que perfaz uma área estimada em cerca de 60 km² limitada pela vegetação de floresta de mangal ao longo das margens do canal principal e secundários. O estuário é maioritariamente de fundo argiloso e de baixa profundidade, com ocorrência frequente de bancos de areia e ilhas (Nataniel, 2010).

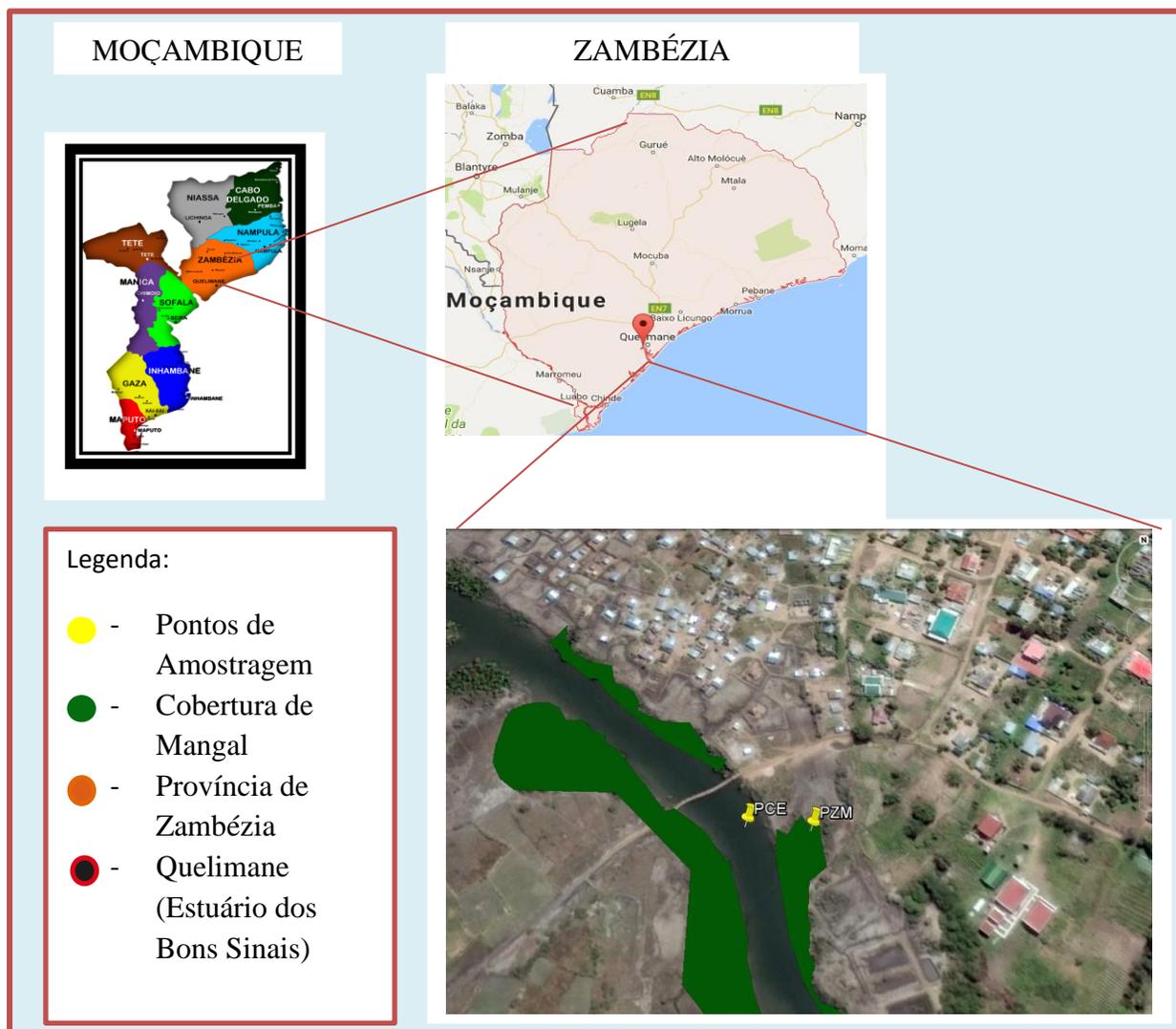


Figura 2: Descrição da área de estudo e identificação dos pontos de amostragem.

3.1.1. Clima e pluviosidade

O estuário situa-se numa região de clima tropical húmido sujeita a depressões tropicais transversais do canal de Moçambique, com duas estações bem definidas, chuvosa e seca. A estação chuvosa compreende os meses de Outubro a Março e a seca, de Abril a Setembro. Na estação chuvosa, é frequente a ocorrência de curtos períodos de precipitações violentas que geralmente causam grandes inundações. As temperaturas médias anuais variam de 24 a 26°C (Tembe, 2001 citado por Timba, 2014).

3.1.2. Distribuição de minerais no Estuário dos Bons Sinais

Segundo Chichava (2017), num estudo de minerais presentes nos sedimentos do estuário dos Bons Sinais, diz que os sedimentos do fundo do estuário são compostos por cinco (5) fases de minerais: Quartzo, Albita, Mascovita, Titanita e Topázio embora em quantidades reduzidas sendo que não seja possível o comércio dos mesmos. O mesmo autor acrescenta ainda que dentre os minerais identificados, o Quartzo é o mais abundante, estando por detrás dessa abundância o facto de que o quartzo é forte e resistente ao intemperismo, o que permite que o mineral seja transportado por distâncias longas até depositar nesses ambientes.

3.2. Materiais e equipamentos usados

- ✓ Testemunho de Pvc para a colecta das amostras;
- ✓ Escadote para dar mais altura e suporte na hora da perfuração;
- ✓ Martelo para auxiliar na perfuração;
- ✓ Tábua de madeira para servirem de topo protector na hora da perfuração;
- ✓ Gps para o registo das coordenadas dos pontos de amostragem;
- ✓ Rebarbadeira e serrote para o corte do testemunho;
- ✓ Marcadores permanentes para a graduação do testemunho;
- ✓ Fita métrica para a medição e divisão do testemunho em subamostras;
- ✓ Estufa de marca thermo scientific para secar as amostras;
- ✓ Balança analítica;
- ✓ Capsulas de alumínio;

3.3. Colecta das amostras

Em primeiro lugar a colecta das amostras consistiu na construção e testagem do testemunhador de Pvc, para que fosse possível fazer perfurações sem perder nem misturar os sedimentos ao longo da profundidade.

As amostras foram colectadas na maré viva mais concretamente no pico mínimo da vazante para o aproveitamento da camada de solo ou substrato que se encontra exposta nesse período, e em simultâneo ter-se acesso a um ponto próximo a camada mais profunda do canal do Estuário.



Figura 3: Pontos de amostragem: (a) PCE e (b) PZM

Foram colectadas um total de dois testemunhos, sendo que um foi extraído no ponto do canal do estuário (PCE) e a outro foi extraído na margem do estuário, no ponto da zona de mangal (PZM) entre as coordenadas ilustradas na tabela 5 dos anexos. Os testemunhos colectados foram posteriormente divididas em intervalos regulares de 2cm, contudo foram 29 amostras retiradas do testemunho pertencente ao PZM, e 58 amostras pertencentes ao testemunho do PCE, o que perfaz um total de 87 subamostras. É de salientar ainda que teve-se dificuldades na extracção da amostra no PZM, por razões desconhecidas facto este que culminou com a obtenção de apenas 58 cm de profundidade.

O corte transversal das amostras foi feito com o uso de uma rebarbadeira, presente na Escola Superior de Ciências Marinhas e Costeiras (ESCMC), e a divisão dos testemunhos em amostras foi possível com o uso de uma faca para os cortes longitudinais da amostra.



Figura 4: Corte transversal e subamostragem.

Tabela 1: Material usado na construção do testemunho de Pvc

Materiais	Finalidade
Tubos de Pvc (Hidronil)	Armazenamento dos sedimentos
Chapa de zinco	Dentes para o bloqueio e inibição da saída dos sedimentos
Parafusos e porcas	Prender os dentes no tubo de Pvc
Cabos finos de aço	Apoiar os dentes na hora do bloqueio da saída de sedimentos
Tubos metálicos	Para a construção da alavanca para puxar os cabos de aço e retirar o tudo do substrato
Serrote, Rebarbadeira e Máquina de soldar	Para o corte e fixação dos tubos
Broca	Para a perfuração dos tubos



Figura 5: A- Cabos de aço, B- Dentes, C- Alicates e D- Testemunho de Pvc

3.4. Análises geoquímicas granulométricas

3.4.1. Análises geoquímicas

As análises geoquímicas foram feitas no Laboratório de solos da ESCMC, onde a quantificação da matéria orgânica (MO) para a obtenção do Carbono orgânico (CO) foi baseada no método gravimétrico que consiste na diferença de massa do sedimento antes e depois da calcinação em estufa de acordo com as metodologias sugeridas por Silva *et al.* (1999), onde estes autores dizem que as temperaturas adequadas para a queima ou calcinação da matéria orgânica são de 250⁰C por um período de 5 horas.

Foram pesadas 20g de sedimentos devidamente homogêneos para uma ótima representatividade dos mesmos e colocadas em capsulas de alumínio, devidamente identificadas, e foram submetidas a 105⁰ C por 24 horas para secarem na estufa. Após 24 horas as amostras foram retiradas da estufa, deixadas para arrefecerem, posteriormente pesadas numa balança analítica, e o peso depois do arrefecimento foi registrado de seguida as mesmas amostras foram submetidas a 250⁰ C conforme o descrito por Silva *et al.* (1999) por um período de 5 horas para a eliminação da matéria orgânica. Após as 5 horas as amostras foram novamente retiradas da estufa, e foram deixadas para arrefecerem e de seguida foram pesadas e o peso foi devidamente registrado.

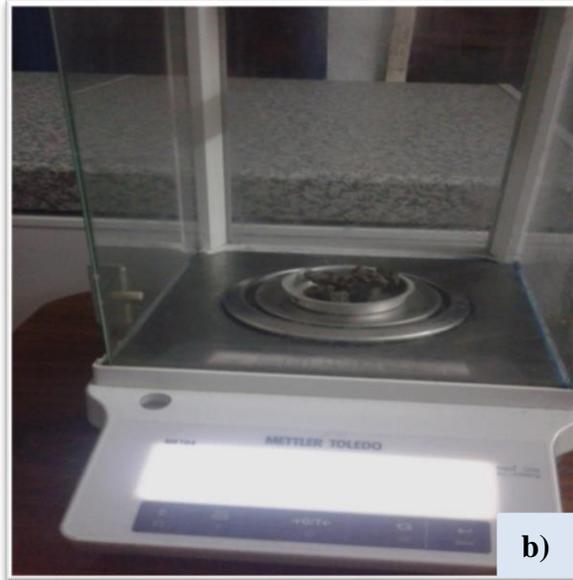


Figura 6: (a) Amostras no interior da estufa e (b) uma amostra sendo pesada na balança analítica.

Matéria orgânica (MO)

Para a determinação da MO no presente trabalho foram usadas as equações 1 e 2 conforme o proposto por Davies (1974).

$$MO (\%) = \frac{Pi - Pf}{Pi} * 100 \quad \text{Eq. [1].}$$

$$MO (g) = Pi - Pf \quad \text{Eq. [2].}$$

Onde:

- ✓ MO (%): Matéria orgânica em percentagem;
- ✓ MO (g): Matéria orgânica em gramas;
- ✓ Pi: Peso inicial depois dos 105⁰ C e
- ✓ Pf: Peso final depois dos 250⁰ C

Carbono orgânico (CO)

Sabe-se que o CO é o constituinte maioritário da MO, portanto para a sua determinação e quantificação foi usada a equação 3 proposta por Davies (1974) em seus estudos experimentais sobre a “Perda na ignição como uma estimativa da matéria orgânica do solo”.

$$CO (\%) = \frac{MO}{1.724} \quad \text{Eq. [3].}$$

Onde:

- ✓ CO (%): É o Carbono orgânico em percentagem e
- ✓ MO: É a matéria orgânica em percentagem.

3.4.2. Análises granulométricas

No presente estudo apenas foram feitas análises granulométricas para os sedimentos referentes ao PCE, e as mesmas foram feitas em intervalos regulares de 10cm.

Depois de colectadas as amostras foram levadas ao laboratório de solos da ESCMC subdivididas em intervalos de 10 cm para as análises, de seguida foram submetidas a estufa para secarem e posteriormente foram embaladas em sacos plásticos devidamente identificados e levadas à Faculdade de Agronomia e Engenharia Florestal na cidade de Maputo para as análises granulométricas.

As amostras foram pesadas 20g numa balança analítica e posteriormente foram submetidas ao procedimento de a extracção de carbonatos e matéria orgânica designada de ataque das amostras.

Após a extracção dos carbonatos e matéria orgânica os sedimentos foram deixados na estufa para secarem durante 24h a 105⁰C. Após as 24 horas as amostras foram crivadas e nesse procedimento foi separado os diversos tamanhos de areia com diferentes malhas e a fracção mais fina que restou correspondia ao silte e a argila e esses por sua vez foram submetidas ao método de pipetagem, que é baseada na velocidade de sedimentação das partículas segundo intervalos de tempo estabelecidos com base na lei de Stokes (Folk, 1974) para a sua separação.



Figura 7: Remoção de Carbonatos e MO nos sedimentos (a) e crivos usados (b).

3.4.3. Tratamento dos dados

Os dados foram anotados num bloco de notas e de seguida foram lançados no pacote de *Microsoft Office Excel 2010* para posteriormente serem analisados onde, foram divididos e designados como ponto da zona de mangal e ponto do canal do estuário de acordo com o local de amostragem.

No *Microsoft Office Excel 2010* foram calculados os valores de matéria orgânica, carbono orgânico e alguns parâmetros estatísticos e por fim a construção dos respectivos gráficos.

3.5. Análises estatísticas

As correlações de Pearson foram realizadas entre os dados referentes aos índices de produtividade (CO e MO) nos dois pontos de amostragem, e de seguida foram realizadas entre os dados de granulometria e CO dados esses pertencentes ao ponto de amostragem do Estuário, para calcular o grau de relação existente entre os parâmetros adquiridos.

A correlação de Pearson é utilizada na descrição da associação entre variáveis independentes, não implicando em dependência entre as variáveis, nem relação de causa-e-efeito (Zar, 1999 citado por Nagai, 2009). A ocorrência de correlação positiva significativa entre duas variáveis quer dizer que se uma das variáveis apresenta aumento em seus valores, a outra variável também apresentará aumento (Nagai, 2009).

O coeficiente de correlação de Pearson foi determinada pela equação 4, e a classificação de coeficiente de correlação de Pearson está patente na tabela 4 do anexo 1.

A correlação de Pearson foi calculada utilizando o *Microsoft Office Excel 2010*.

$$r = \frac{\sum(x - x^{\circ}) \cdot (y - y^{\circ})}{(n - 1) \cdot S_x \cdot S_y} \quad \text{Eq.}$$

[4].

Onde:

X – Segunda variável; **y** – Primeira variáveis em estudo;

x^o – Média do conjunto de dados da primeira variável;

y^o – Média do conjunto de dados da segunda variável;

S_x – Desvio padrão do conjunto de dados da primeira variável e

S_y – Desvio padrão do conjunto de dados da segunda variável.

4. Resultados

4.1. Quantificação do Carbono orgânico (CO)

Ao longo do testemunho observa-se um aumento gradativo dos valores de Carbono orgânico da base em direção ao topo, sendo que elevadas flutuações nos valores de carbono orgânico são observados dos 0-28cm de profundidade, e daí em diante as flutuações são leves. Os valores de carbono orgânico para o testemunho do PZM com 58 cm de profundidade variam entre 0.0382g a 0.3926g correspondentes a 0.2825 % e 2.7588 %, em 52cm e 24 cm de profundidade da amostra total ao longo do testemunho, respectivamente. Com base nos valores do Carbono orgânico ao longo do testemunho observa-se um aumento da base (58cm) até aos 14 cm, e a partir dessa mesma profundidade até o topo observa-se uma leve diminuição do Carbono orgânico. Os gráficos da figura 8 apresentam as variações do Carbono Orgânico em gramas (Figura 8a) e em percentagem (Figura 8b).

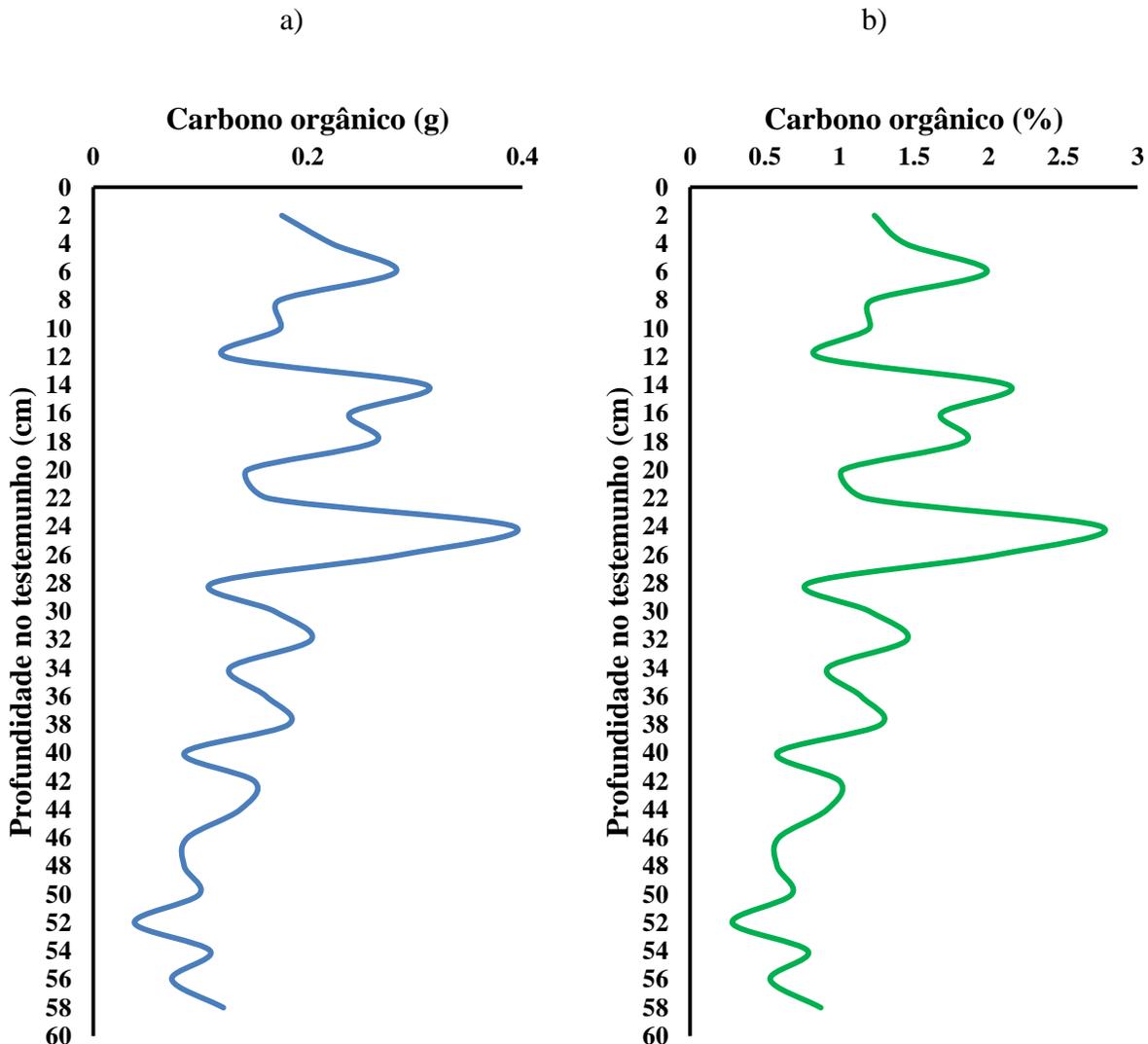


Figura 8: Curva da variação em gramas (a) e em percentagem (b) do conteúdo de Carbono orgânico ao longo do PZM.

Os valores do Carbono orgânico para o testemunho do PCE de 116 cm de profundidade variam entre 0.0069g a 0.2134g correspondentes a 0.0366% e 2.1524%, em 82cm e 12 cm de profundidade da amostra total ao longo do testemunho, respectivamente. Tal como no PZM, é observado no ponto do estuário ilustrado na figura 9, uma subida gradativa dos valores de Carbono orgânico em direcção ao topo.

No geral nota-se uma ligeira subida dos valores referentes ao conteúdo de Carbono orgânico a partir dos 106cm (0.0116g) até 116 cm (0.0469g) de profundidade, e dos 106cm até os 60 cm (0.0464g) de profundidade pequenas variações do Carbono orgânico são observados com um padrão de aumento, e tem-se uma subida brusca dos valores de Carbono orgânico a partir dos 58cm (0.1838g) de profundidade, tendo assim apresentado leves oscilações do conteúdo de carbono orgânico em direcção ao topo do testemunho, e é nessa faixa que é observado o valor máximo na profundidade dos 12 cm com 0.2134g de Carbono orgânico. No topo do testemunho nos 2cm de profundidade com 0.2001g correspondentes a 1.6306% do total da amostra, observa-se um ligeiro acréscimo no conteúdo de Carbono orgânico.

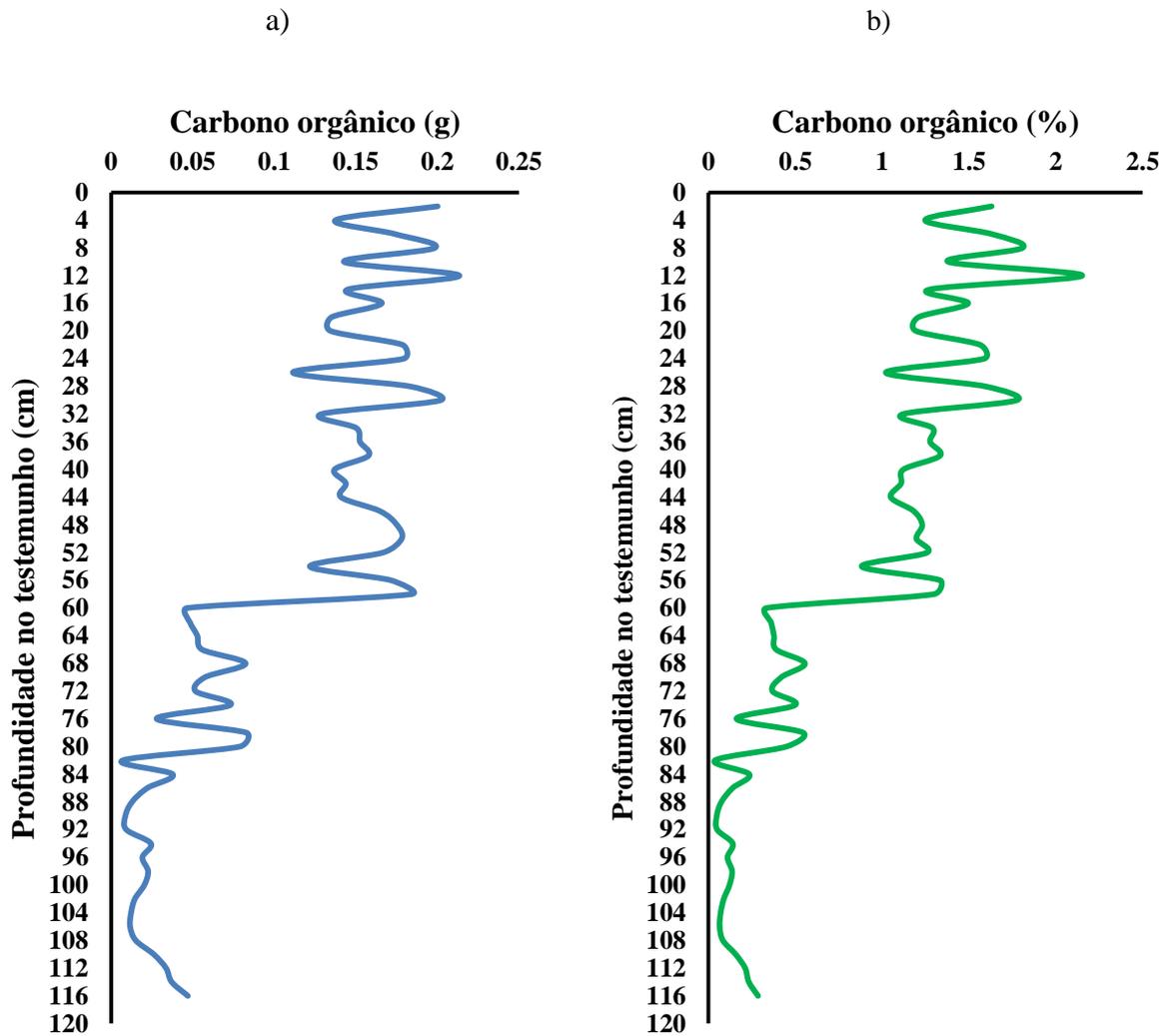


Figura 9: Curva da variação em gramas (a) e em percentagem (b) do conteúdo de CO ao longo do PCE.

4.2. Comparação do carbono orgânico nos dois pontos de amostragem

Na figura 10 são ilustradas duas curvas do Carbono orgânico (g), onde é possível notar que a curva referente ao Carbono orgânico no PZM apresenta enormes variações e picos muito acentuados em relação a curva do PCE nas primeiras profundidades.

Mas em termos de valores pequena diferença existe entre ambas curvas, e em simultâneo apresentam um mesmo comportamento da base ao topo, são crescentes. A curva do PZM apresenta como valor médio 0.1685g que se difere pouco do valor médio do PCE no intervalo dos 0-58cm apresentando 0.1611g. O PZM apresenta maiores variações nos valores de carbono orgânico em relação ao PCE no que diz respeito ao desvio padrão, mas em suma para os dois pontos de amostragem os valores de carbono orgânico se desviam muito dos respectivos valores da média conforme ilustra a tabela 2.

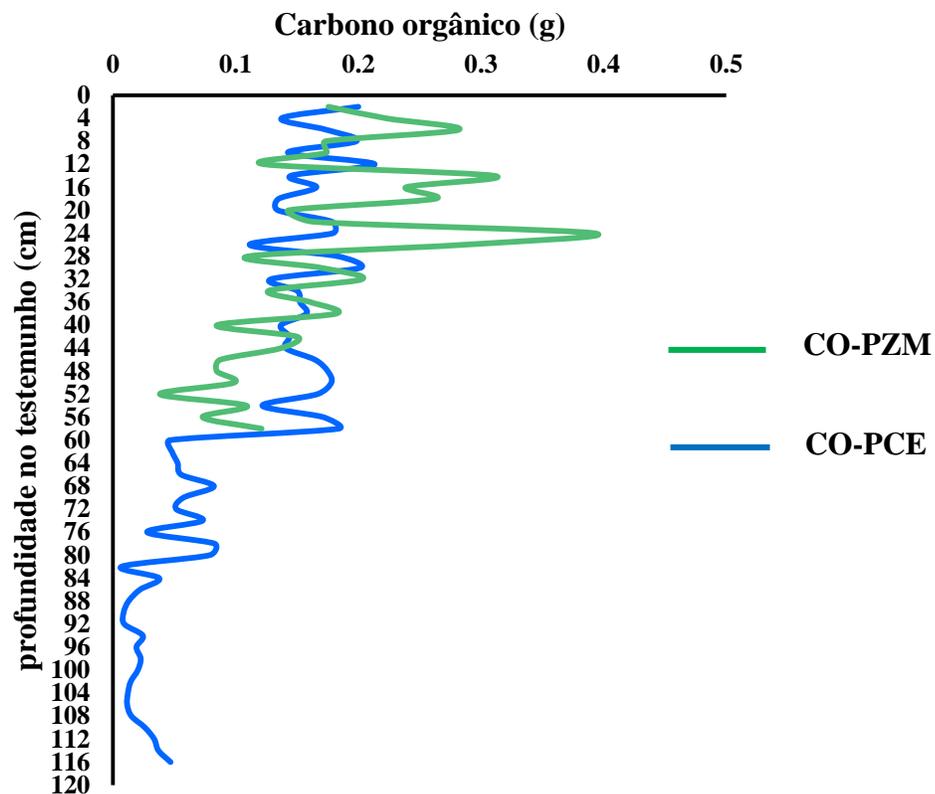


Figura 10: Curvas da concentração do Carbono orgânico nos dois pontos de amostragem (PZM e PCE).

Tabela 2: Parâmetros estatísticos do Carbono orgânico nos dois pontos de amostragem.

	Profundidade	Máximo	Mínimo	Média	Desv. Padrão
CO-PM (g)	0-58cm	0.3926	0.0382	0.1685	0.0805
CO-PE (g)	0-58cm	0.2134	0.1113	0.1611	0.0259
	0-116cm	0.2134	0.0069	0.0984	0.0678

4.3. Variações da granulometria

Nos resultados obtidos conforme ilustra a figura 11, é observada uma diminuição do tamanho dos grãos da base do testemunho em direcção ao topo. A mesma figura apresenta valores separados mediante o tipo de sedimento, e no caso temos ao longo do testemunho a presença de Silte, Argila e Areia. Por um lado o silte apresenta uma concentração que varia de 8.24% a 53.38%, e por outro a argila varia de 0.11% a 15.26%, sendo que este é o menos abundante no testemunho, e por último temos a areia variando de 35.39% a 88.90% ao longo do testemunho, sendo que este é o mais abundante, além disso tem um padrão crescente do topo em direcção a base.

Os valores máximos do silte encontram-se nos primeiros 10 cm de profundidade com uma concentração de 53.38% e decrescem em direcção a base do testemunho e o mínimo encontra-se nos 100 cm de profundidade com 8.24% em termos de concentração. A argila apresenta o seu máximo nos 40 cm de profundidade com 15.26% e o mínimo nos 80cm sendo que esse último valor coincide com o valor máximo da areia em termos de profundidade, nesta profundidade a areia apresenta uma concentração de 88.9% e a respectiva concentração mínima encontra-se nos primeiros 10 cm de profundidade com 35.39% valor este que por sua vez coincide com o valor máximo do silte na mesma profundidade.

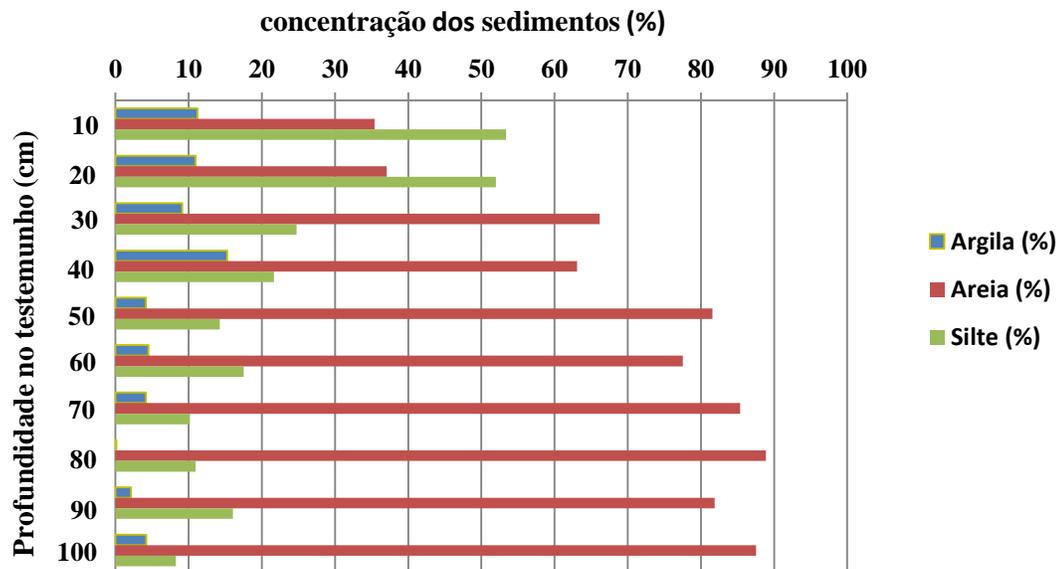


Figura 11: Variação da concentração do Silte, Argila e Areia ao longo do PCE.

4.4. Correlação da curva do Carbono orgânico com as curvas da granulometria

São apresentados na figura 12 as curvas da granulometria com o Carbono orgânico do PCE onde é possível notar uma relação entre os parâmetros.

Foram calculados os coeficientes de Pearson para se verificar possíveis relações entre as curvas do Carbono orgânico do PCE em relação a cada curva do tipo de sedimento (silte, argila e areia), onde foi possível notar uma relação positiva entre o Carbono orgânico com o silte, argila e areia.

O valor do coeficiente de Pearson (r) obtido na correlação entre o Carbono orgânico e silte foi de 0.7313 ilustrado na figura 15 do anexo 1 que significa que há uma correlação moderada positiva entre ambos parâmetros, no que diz respeito a argila foi obtido um $r = 0.7528$ ilustrado na figura 14 do anexo 1, que também significa que há uma relação moderada positiva e quanto a areia o valor de $r = -0.7849$ ilustrado na figura 16 do anexo 1, de acordo com a tabela 4 dos anexos existe uma correlação moderada negativa.

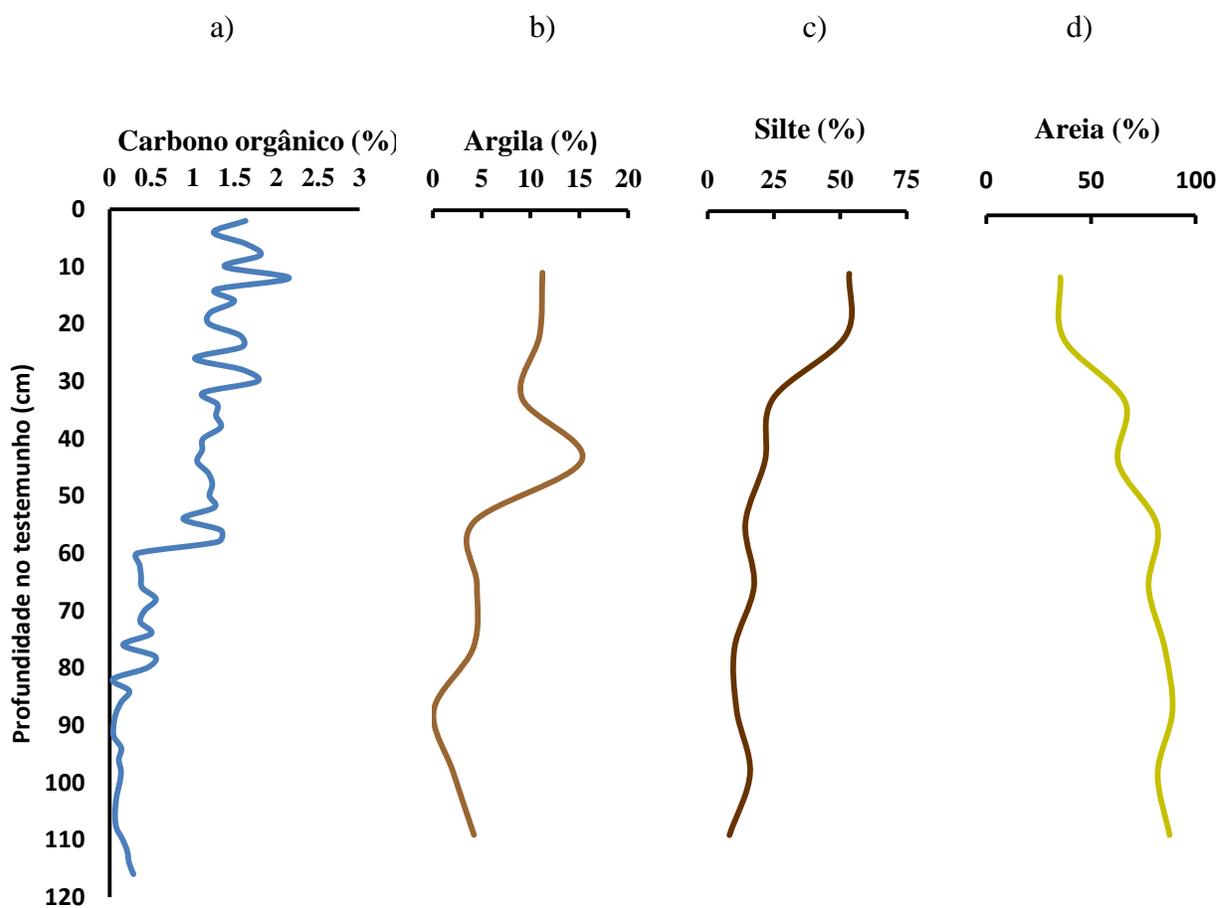


Figura 12: Curvas do CO (a), e da granulometria: Argila (b), Silte (c) e Areia (d).

Tabela 3: Coeficientes de Pearson calculados entre os parâmetros analisados

	MO	Silte	Argila	Areia
CO-PE	1	0.7313	0.7528	-0.7849

5. Discussão

5.1. Quantificação do carbono orgânico

Para ambos testemunhos (PCE e PZM) os valores de carbono orgânico têm um padrão crescente da base ao topo dos testemunhos. Foram identificadas duas fases em função das concentrações do carbono orgânico ao longo dos testemunhos.

Primeira fase nas profundidades que compreendem dos 0-32cm para o testemunho do PZM e 0-58cm para o PCE observa-se valores elevados de Carbono orgânico, provavelmente esses altos valores de carbono orgânico nos indicam épocas de descargas fluviais ricas em nutrientes, bem como águas estuarinas menos turvas possibilitando assim a penetração da luz e maiores índices de produtividade e as variações dessas concentrações são devido às variações sazonais no fornecimento de nutrientes. Porém, Santos et al (2010) associa valores elevados de carbono orgânico nas primeiras profundidades à diferenças estruturais da vegetação local, que implica em uma maior adição de biomassa no solo, ou por uma maior quantidade de raízes, enquanto Portugal (2008), Pulrolnik e Barros (2009) associam esses valores elevados de Carbono orgânico na superfície com deposição de resíduos vegetais nos sedimentos. Para além disso o tipo de solo contribui na retenção do carbono orgânico, visto que os solos mais estáveis preservam melhor o material depositado devido a maior coesão entre microagregados (Pillon *et al.*, 2002).

Para Andrade (2011), por um lado os elevados valores de carbono orgânico podem estar associados a maior deposição de material orgânico proveniente de efluentes domésticos ou mesmo industriais e por outro deve se a diminuição das correntes do fundo o que culmina com a conservação do material depositado nos sedimentos, bem como a diminuição do oxigênio no fundo onde não se verifica a decomposição da matéria orgânica depositada.

Verifica se no presente estudo que as grandes concentrações de carbono orgânico estão associados a sedimentos basicamente siltosos e argilosos, este facto se assemelha ao estudo realizado por Fritzen (2007) em que autor verificou maiores concentrações de carbono orgânico em sedimentos muito finos (silte e argila). É importante ressaltar que o tamanho das partículas influencia as propriedades físico-químicas do sedimento, uma vez que quanto menor o tamanho da partícula, maior a área superficial específica, aumentando a capacidade de trocas de catiões e favorecendo a adsorção de orgânicos.

Mahiques *et al.*, (2007) afirma que a deposição de material fino está directamente relacionada a deposição de maiores quantidades de carbono orgânico, geralmente estes são depositados em condições de baixa energia hidrodinâmica. O mesmo autor salienta ainda que altos valores de matéria orgânica podem estar intimamente ligados a variações climáticas, e em prol dessas variações Nagai (2009) afirma que valores elevados de matéria orgânica nos sedimentos estão relacionados com períodos de climas secos, em que talvez as condições hidrodinâmicas do estuário não foram muito intensas.

A segunda fase para ambos testemunhos caracteriza-se pela redução nas concentrações de Carbono orgânico, compreende dos 34-58cm de profundidade para o testemunho do PZM e 60-108cm de profundidade para o PCE. Nagai (2009) afirma que a diminuição do conteúdo de Carbono orgânico pode estar relacionada a um ou mais dos seguintes factores: (i) re-suspensão da matéria orgânica, devido a correntes de fundo mais intensas, promovendo a deposição de sedimentos mais arenosos; (ii) degradação da matéria orgânica como resultado do aumento na oxigenação; e/ou (iii) diminuição do aporte de matéria orgânica continental, devido as alterações do nível do mar relativamente mais altos.

Porém para o presente estudo as menores concentrações de carbono orgânico nos sedimentos provavelmente são ocasionadas pela menor deposição de nutrientes de origem alóctone que são responsáveis pela produção de matéria orgânica, e as oscilações dessas pequenas concentrações são devido às variações sazonais no fornecimento desses nutrientes pelas fontes externas.

Para Nagai (2009) e Andrade (2008) os baixos valores de carbono orgânico nessas faixas não significam necessariamente que houve baixa paleoprodutividade, possivelmente houve remoção do material orgânico contido nos sedimentos, mas para o caso de Santos (2010) baixos teores de carbono orgânico foram associados a épocas de baixas produtividades, é de salientar ainda que para o mesmo autor chegar a essa conclusão, teve que usar outros indicadores de paleoprodutividade como o caso da abundância de Foraminíferos, a Barita e os Pigmentos Fotossintéticos (Clorinas).

Para o caso de PCE, precisamente entre 58 e 60cm de profundidade ocorre uma descida brusca no conteúdo de Carbono orgânico, possivelmente este facto pode estar associado a mudanças bruscas das condições hidrodinâmicas, correntes e ondas mais intensificadas provavelmente houve uma época de clima mais húmido conforme discutem Mahiques, (2007) e Andrade, (2011).

Dos 108-116cm de profundidade o testemunho PCE apresenta uma ligeira subida nos valores de Carbono orgânico, e diminuição de fracção de areia nos sedimentos provavelmente estaríamos perante o início de uma situação idêntica a da primeira fase, com valores de Carbono orgânico altos e provavelmente início de uma época de alta produtividade estuarina.

5.2.Comparação das concentrações do carbono orgânico no PZM e PCE

Apesar das poucas profundidades alcançadas no PZM foi possível fazer uma comparação com o PCE em termos de carbono orgânico contido nos sedimentos.

De acordo com os parâmetros estatísticos ilustrados na Tabela 2, apenas pequenas diferenças no conteúdo de carbono orgânico são observadas, onde por exemplo temos como valores médios 0.1685 e 0.1611 e de desvio padrão 0.0805 e 0.0259 para PZM e PCE respectivamente. A diferença nos valores do desvio padrão significam que o PZM apresenta maiores variações nos valores do conteúdo de carbono orgânico em relação ao PCE. A pequena diferença observada nos valores médios é possivelmente ocasionada pelo facto de ambos pontos de amostragem sofrerem influência das marés, com isso a matéria orgânica produzida em ambos ambientes assim como os nutrientes disponíveis são distribuídas de uma forma homogênea pelo fluxo e refluxo das marés permitindo assim uma semelhança em termos de carbono orgânico contido nos sedimentos. Além disso Fritzen (2007) afirma que as marés e as chuvas influenciam no escoamento da matéria orgânica das zonas de cobertura de mangal para os canais estuarinos, e a quantidade de matéria orgânica escoada dependerá do total produzido, do tipo de solo e da inclinação do terreno, facto esse que permite o transporte do carbono orgânico das florestas de mangal para o canal estuarino.

5.3.Correlação entre a granulometria e os níveis de produtividade (PCE)

Os valores de coeficiente de Pearson, que podem ser observados na Tabela 3, indicam a existência de uma correlação entre as concentrações do carbono orgânico e o tamanho dos sedimentos, onde para o silte e argila obteve-se valores de r positivos 0.7313 e 0.7528, respectivamente que nos remetem a uma correlação moderada positiva. Para a areia obteve se um valor negativo do coeficiente de Pearson (r) de -0.7849 que nos diz que há uma correlação moderada negativa entre ambos parâmetros.

De facto essas correlações entre a granulometria e o carbono orgânico são justificadas na Figura 12 onde maiores valores de areia culminam com menores valores de carbono orgânico. Esta constatação, vai de acordo com o observado por Andrade (2011), Nagai (2009), Mahiques (2007), Silva *et al* (2014) & Andrade (2008), que igualmente relacionaram altos valores de carbono orgânico em sedimentos mais finos (silte e argila), e baixos valores em sedimentos de tamanho maior (areia).

Nas primeiras profundidades do testemunho (0-20cm) temos valores elevados do conteúdo de lama (principalmente da fracção silte e considerável fracção de argila) e consequente reduzida concentração de areia. Para Andrade (2011) estaríamos perante um relativo incremento na e paleoprodutividade indicada pelo aumento de carbono orgânico e diminuição na intensidade das correntes bem como a diminuição oxigénio das águas de fundo. Além disso sedimentos finos apresentam uma maior coesão e a argila actua como um cimentador aumentando deste modo a coesão dos sedimentos finos.

A partir dos 30 cm em diante há um incremento nos valores de areia, demonstrando que estamos perante uma situação em que as condições hidrodinâmicas se intensificavam, mas é na profundidade dos 80cm que é observado o valor máximo do conteúdo de areia e menores valores de argila quase próximos a zero e consequentemente um brusco decréscimo da paleoprodutividade.

Portanto essa baixa paleoprodutividade caracterizada por baixos teores de carbono orgânico, segundo Santos (2010), estão associados a ambientes com condições hidrodinâmicas muito intensas, em que as correntes do fundo são muito fortes até o ponto de re-suspenderem ou mesmo erodir, diminuindo assim a quantidade de carbono orgânico contido nos sedimentos (Andrade, 2011). Pillon *et al.*, (2002), contrariamente, afirma que a areia fina tem pouca capacidade de retenção da matéria orgânica devido a sua instabilidade e alta porosidade, que permite a acção microbiana e oxigenação degradando dessa forma a matéria orgânica.

6. Conclusão

A pesquisa comparou os níveis de produtividade na zona de mangal e no canal do Estuário dos Bons Sinais, onde de acordo com os resultados e discussão teve-se as seguintes conclusões:

- Mediante os valores obtidos de carbono orgânico ao longo dos testemunhos conclui-se que a produtividade do estuário tem aumentado de um passado recente em direcção ao presente.
- Pequenas diferenças foram identificadas entre ambos pontos de amostragem. Estas diferenças entre as concentrações do carbono orgânico entre ambos pontos de amostragem podem estar associadas ao tipo de sedimentos e sua estabilidade na retenção de matéria orgânica, deposição de biomassa nos sedimentos, disponibilidade de nutrientes e por fim a remoção ou adição do carbono orgânico pelas marés.
- De acordo com os dados de granulometria nota-se o predomínio de sedimentos de tipo areia ao longo do testemunho de PCE.
- O estudo permite-nos aferir que possíveis variações nas condições hidrodinâmicas do estuário e na oxigenação do mesmo podem ter sido os principais factores controladores das variações observadas do carbono orgânico ao longo dos testemunhos analisados.

7. Recomendações

Para os próximos estudos recomenda-se:

- ✓ O uso de multi-proxies para o estudo da paleoprodutividade;
- ✓ Obtenção de testemunhos mais longos;
- ✓ Datação absoluta dos sedimentos;
- ✓ Estudo da origem da matéria orgânica.

8. Referências bibliográficas

- ✓ Andrade, M. M. (2008). Paleoprodutividade costeira da região de Cabo Frio, Rio de Janeiro, ao longo dos últimos 13.000 anos cal AP (Tese de Doutorado). Universidade Federal Fluminense, Brasil: Niterói.
- ✓ Andrade, P. C. (2011). Variações da paleoprodutividade na plataforma continental interna ao largo de Itajaí-SC (26°59'16.8''S - 048°04'33.6''W) durante o Holoceno: uma abordagem de multi-indicadores. Tese de Mestrado. Universidade de São Paulo, Brasil: São Paulo.
- ✓ António, M. H. (2013). Hidrodinâmica do Estuário dos Bons Sinais. Trabalho de Mestrado. Universidade Eduardo Mondlane, Quelimane.
- ✓ Brito, F. P., (2014). Composição e fluxo da matéria orgânica em um canal de maré no ecossistema de manguezal do estuário do rio Paraíba do Sul, costa norte do rio de Janeiro. Universidade estadual do norte fluminense, Brasil: Rio de Janeiro.
- ✓ Bryon, M. E. (1994). Desenvolvimento Urbano X Meio Ambiente – UFPE (195p). Brasil: Recife.
- ✓ Chichava, S. (2017). Estudo de minerais presentes nos sedimentos superficiais do fundo do estuário dos bons sinais. Monografia de Licenciatura. Escola superior de Ciências Marinhas e Costeiras, Zambézia: Quelimane.
- ✓ Carriço, J. M. M. (2002). A Carcinicultura no Estuário do Rio Jaguaribe Itamaracá/PE. Tese de Mestrado. Universidade Federal de Pernambuco, Brasil: Recife.
- ✓ Carvalho, C. E. V., Lacerda, L. D., Rezende, C. E. & Abrão, J.J. (1993). Titanium and Calcium as tracers for continental and oceanic materials in the Brazilian continental platform (vol. 2, pp. 248-255). Anais do III Simpósio Ecossistemas da Costa Brasileira, Serra Negra. Academia Ciência Estado de São Paulo, SP.

- ✓ Davies, B. E. (1974). Loss-on-Ignition as an Estimate of Soil Organic Matter. Soil Science Society of America Journal. Clemson University. disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/250124135>.

- ✓ Dehairs, F., Chesselet, R. & Jedwab, J. (1980). Discrete suspended particles of barite and the barium cycle in the open ocean (v. 49, pp. 528–550). Earth and Planetary Science Letters.

- ✓ Dymond, J., Suess, E. & Lyle, M. (1992a). Barium in Deep-Sea Sediment: A Geochemical Proxy for Paleoproductivity (v. 7, PP. 163–181). Paleoceanography.

- ✓ Dymond, J. e Collier, R. (1996). Particulate barium fluxes and their relationships to biological productivity. College of Oceanic and Atmospheric Science, U.S.A.

- ✓ Fernandes, M. G.P. E. (1999). Estatística aplicada. Universidade do Minho, Braga.

- ✓ Fritzen, L. B., (2007). Composição, origem e grau de enriquecimento do material orgânico sedimentar no sector norte do sistema estuarino-lagunar do rio Itapocu, SC. Universidade federal de santa catarina. Florianópolis.

- ✓ Folk, R. L. (1974). Petrology of Sedimentary Rocks. Hemphills Publishing, USA. 182p;

- ✓ Forstner, U. & Wittmann, G. T. W. (1983). Metal pollution in the aquatic environment (2ª ed, pp. 486). Folia geobotanica et phytotaxonomica. Springer Verlag: Berlin.

- ✓ Harris, P. G., Zhao, M., Rossell, M., Tiedemann, R. & Maxwell, JR. (1996). Chlorin accumulation rate as a for quaternary marine primary productivity. Universidade off Bristol

- ✓ Kauffman, J.B., Heider, C., Cole, T., Dwire, K.A. & Donato, D.C. (2011). Ecosystem Carbon pools of Micronesian mangrove forests: implications of land use and climate change. Wetlands 31.

- ✓ Kennish, M. J. (1991). Ecology of estuaries: anthropogenic effects. Boca Raton: CRC Press (p. 494).
- ✓ Klump, J., Hebbeln, D. & Wefer, G. (2001). High concentrations of biogenic barium in Pacific sediments after Termination I - a signal of changes in productivity and deep water chemistry (v. 177, pp. 1–11). Marine Geology.
- ✓ Lourenço, R. A. (2007). Aplicação de Marcadores Orgânicos Moleculares em Estudos Oceanográficos e Paleoceanográficos: Estudo de Caso na Margem Continental Superior do Sudeste do Brasil (Tese de Doutorado). Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo. Brasil: São Paulo.
- ✓ Mahiques, M. M. (1998). Características da matéria orgânica sedimentar da plataforma continental interna e média entre a Baía da Guanabara (RJ) e São Francisco do Sul (SC). Tese de título de Livre-Docente. Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo, Brasil: São Paulo.
- ✓ Ministério da Terra, Ambiente e Desenvolvimento Rural [MITADER], Centro de Desenvolvimento Sustentável para as Zonas Costeiras, (2015). Estratégia e Plano de Acção Nacional para a Restauração de Mangal 2015-2020.
- ✓ Mix, A. C. (1989). Influence of productivity variations on long-term atmospheric CO₂.(pp. 541-544) Nature.
- ✓ Nagai, R. H. (2009). Variações de paleoprodutividade na plataforma interna de Cabo Frio, RJ, durante o Holoceno (Tese de mestrado). Universidade de São Paulo, Brasil: São Paulo.
- ✓ Nagai, R. H., Mello, S. H., Lourenco, R. A., Bicego, M. C. & Mahiques, M. M. (2010). Paleoproductivity changes during the late quaternary in the southeastern: Brazilian upper continental margin of the southwestern atlantic. Instituto oceanográfico da universidade de são Paulo, São Paulo: Brasil.

- ✓ Nataniel, A. F. (2010). Nitrate and Phosphate Fluxus between the Bons Sinais Estuary and the adjacente Mangrove (p.41). Dissertation thesis, Quelimane.
- ✓ Parsons, T. R. & Takahashi, M. (1973). Biological oceanographic processes. (3ª Ed, p. 166). Pergamon Press, Oxford.
- ✓ Paytan, A., Kastner, M. & Chavez, F. (1996) Glacial to Interglacial Fluctuations in Productivity in the Equatorial Pacific as Indicated by Marine Barite (v. 274, pp. 1355–1357). Science.
- ✓ Paytan, A. (2006). Ocean Paleoproductivity. *In: Gornitz*. (5ª ed, pp. 644-651). Encyclopedia of Paleoclimatology and Ancient Environments. Encyclopedia of Earth Science Series. Kluwer Academic Publishers.
- ✓ Paytan, A. & Griffith, E. M., (2007). Marine Barite: Recorder of variations in ocean export productivity. department of geological and environmental sciences. Stanford University. Stanford: USA.
- ✓ Pillon, C. N., Mielniczuk, J. & Neto, L. M. (2002). Dinâmica da Matéria Orgânica no Ambiente. EMBRAPA, Pelotas, RS.
- ✓ Pinet, P. R. (2009). Invitation To Oceanography: Biological productivity in the ocean (5ª ed. pp338-375). Jones and Bartlett publishers. London
- ✓ Pires, B. T. L. (2014). Fracionamento Geoquímico do Bário em Sedimentos Superficiais da Margem Continental Sudeste Brasileira, Bacia de Campos, RJ. (Tese de Mestrado). Universidade Estadual do Norte Fluminense. Brasil: Rio de Janeiro.
- ✓ Pivel, M. A. G., Santarosa, A. C. A., Bariani, L., Costa, K. B. & Toledo, F. A. L. (n.d). Paleoprodutividade Na Bacia de Santos Nos Últimos 15 Mil Anos. Universidade de São Paulo. Brasil: São Paulo.
- ✓ Portugal, A. F. (2008). Determinação de estoques totais de carbono e nitrogênio e suas frações em sistemas agrícolas implantados em Argissolo Vermelho-Amarelo (v.32, p.2091-2100). R Bras Ci Solo.

- ✓ Pulrolnik, K. & Barros, N. F. (2009). Estoques de carbono e nitrogênio em frações lábeis e estáveis da matéria orgânica de solos sob eucalipto, pastagem e cerrado no Vale do Jequitinhonha-MG (v.33, pp.1125-1136). R Bras Ci Solo.
- ✓ Rao, V. & Chakraborty, P. (2016). Estuarine and Marine Geology (2011-2015). National Institute of Oceanography. Goa: India.
- ✓ Reitz, A., Pfeifer, K., Lange, G. J. & Klump, J. (2004). Biogenic barium and the detrital Ba/Al ratio: a comparison of their direct and indirect determination (v. 204, pp. 289–300). Marine Geology.
- ✓ Ribeiro, M. A. (2008). Determinação Da Origem Da Matéria Orgânica Sedimentar Através De Marcadores Moleculares Lipídicos (Álcoois Lineares E Esteróis) No Sistema Lagunar Mundaú-Manguaba – Al. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal Fluminense, Niteroi.
- ✓ Santos, C. T. N. (2010). Reconstrução das condições paleoambientais e paleoclimáticas no estuário do Tejo durante o Holocénico (~ 12000 anos). Dissertação de Mestrado em Ciências do Mar. Universidade do Porto.
- ✓ Santos, S. C. (2009). Análise estratigráfica e caracterização faciológica de depósitos sedimentares neocretácicos pertencentes à formação açu, bacia potiguar emersa. Porto alegre.
- ✓ Silva, A. S., Silva, I. F., Bandeira, L. B., Dias, B. O. & Neto, L. F. (2014). Argila e matéria orgânica e seus efeitos na agregação em diferentes usos do solo. Instituto Federal Baiano. Brasil.
- ✓ Silva, A.C., Torrado, P.V. & Abreu, J. S. (1999). Métodos de quantificação da matéria orgânica do solo. Universidade de São Paulo. Brasil: São Paulo.
- ✓ Timba, I. L (2014). Propagação de Onda de Maré no Estuário dos Bons Sinais. Universidade Eduardo Mondlane, Quelimane.

Anexos

Tabela 4: Classificação da correlação em função do coeficiente de Pearson (r). Fonte: Fernandes, (1999).

Coeficiente de correlação		Correlação
$r = 1$		Perfeita positiva
$0.8 \leq r < 1$		Forte positiva
$0.5 \leq r < 0.8$		Moderada positiva
$0.1 \leq r < 0.5$		Fraca positiva
$0 < r < 0.1$		Infinita positiva
$r = 0$		Nula
$-0.1 < r < 0$		Infinita negativa
$-0.5 < r \leq -0.1$		Fraca negativa
$-0.8 < r \leq -0.5$		Moderada negativa
$-1 < r \leq -0.8$		Forte negativa
$r = -1$		Perfeita negativa

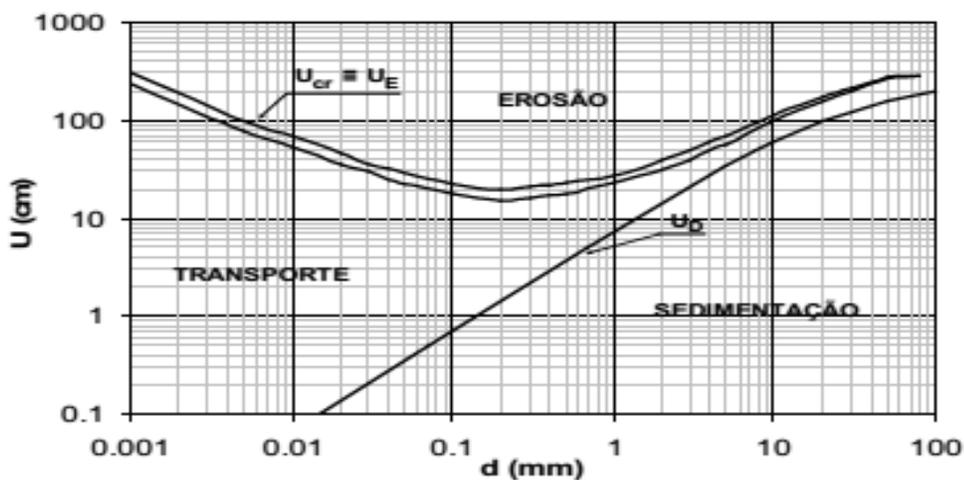


Figura 13: Diagrama de Hjulström (Graf, 2001).

Tabela 5: Coordenadas dos pontos de amostragem.

Pontos	Latitude	Longitude
PZM	17 ⁰ 52' 22,31" S	36 ⁰ 51' 25,59" E
PCE	17 ⁰ 52' 22,08" S	36 ⁰ 51' 23,13" E

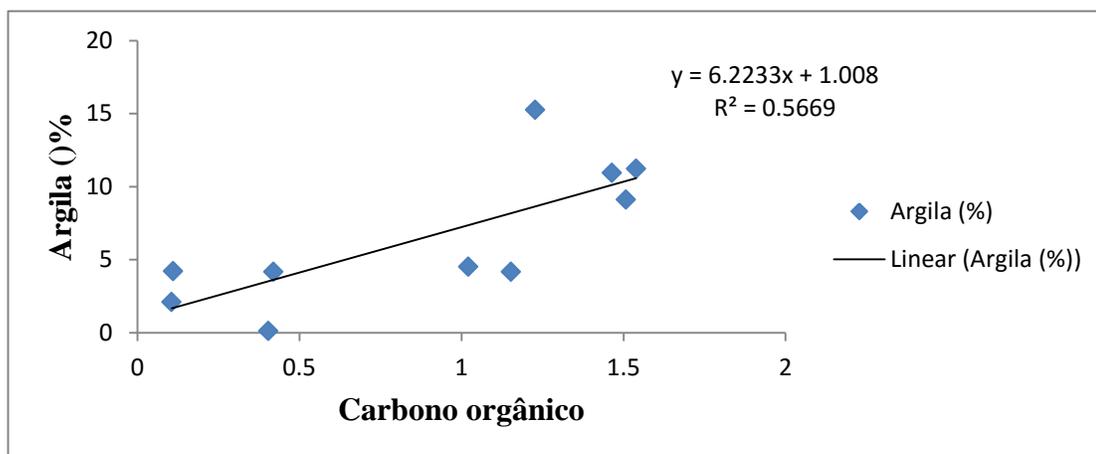


Figura 14: Coeficiente de Pearson entre o carbono orgânico e Argila no PCE

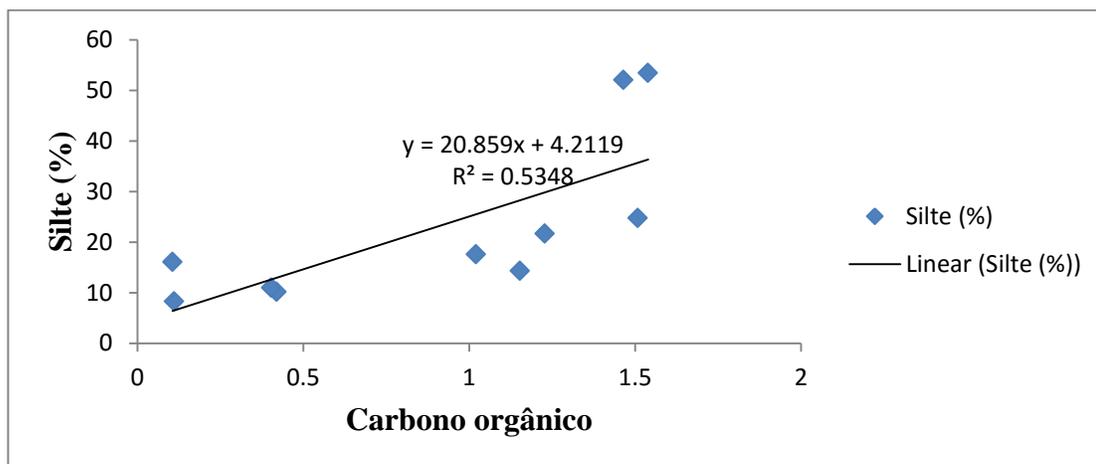


Figura 15: Coeficiente de Pearson entre o carbono orgânico e Silte no PCE.

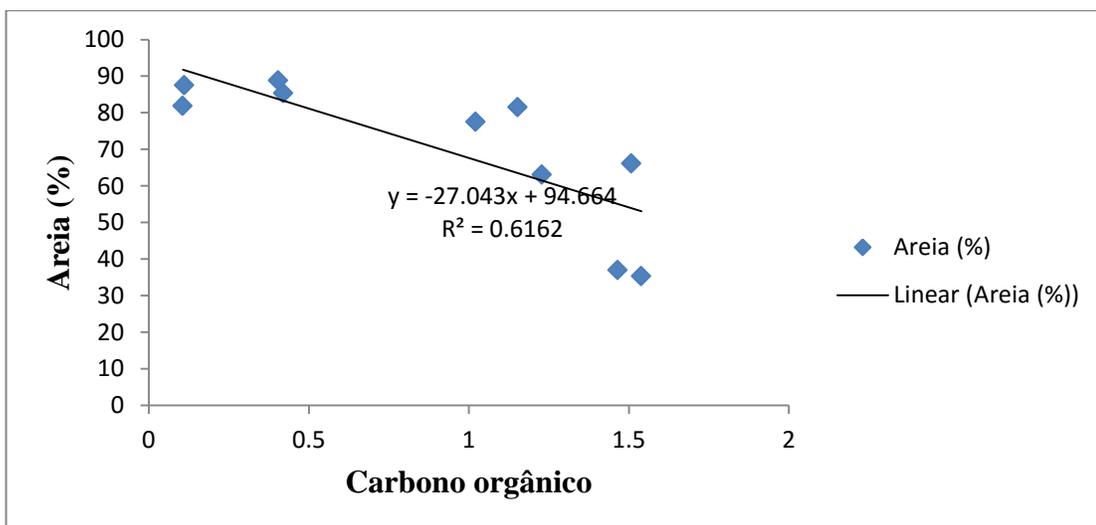


Figura 16: Coeficiente de Pearson entre o carbono orgânico e Areia no PCE.