



**Faculdade de Ciências**

**Departamento de Ciências Biológicas**

**Biologia Marinha, Aquática e Costeira**

Culminação de Estudos II

Variante: Investigação.

**Estudo Comparativo do Incremento do Carbono Azul Armazenado pelas Ervas Marinhas Abaixo e Acima do Substrato nas Zonas Entremarés e na Franja (sublitoral) a Noroeste da Cidade De Maputo.**



**Autora:** Dulce Joaquim Congolo



**Faculdade de Ciências**

**Departamento de Ciências Biológicas**

**Biologia Marinha, Aquática e Costeira**

Culminação de Estudos II

Variante: Investigação.

**Estudo Comparativo do Incremento do Carbono Azul Armazenado pelas Ervas Marinhas Abaixo e Acima do Substrato nas Zonas Entremarés e na Franja (sublitoral) a Noroeste da Cidade De Maputo.**

**Autora:** Dulce Joaquim Congolo

**Supervisor:**

Prof. Doutor Salomão O. Bandeira

**Co-supervisora:**

Dr<sup>a</sup> Manuela Amone Mabuto

Maputo, Outubro 2024

## **Estudo Comparativo do Incremento do Carbono Azul Armazenado pelas Ervas Marinhas Abaixo e Acima do Substrato nas Zonas Entre-marés e na Franja (sublitoral) a Noroeste da Cidade De Maputo.**

---

### Agradecimentos

A presente dissertação representa a realização de um sonho e o final de uma etapa bastante importante da minha vida. Com ela aprendi e sobretudo cresci a nível académico.

Agradeço a Deus, por tudo que tem feito por mim, minha força e fonte de todo entendimento e conhecimento.

Endereço a minha mais profunda gratidão aos meus pais: Joaquim Congolo e Adelaide Machava Congolo, irmãs: Elsa Felicidade, Joaquina e Rosilda pelo acompanhamento e apoio durante o curso. À memória do meu irmão Messias Congolo. Ao meu namorado Lemos pelo apoio. A minha filha Win.

Estou muito grata aos meus supervisores Prof. Doutor Salomão O. Bandeira e Doutora Manuela Amone Mabuto pelo apoio moral, financeiro, sugestões construtivas e sábios conselhos que serviram de diretrizes durante o desenvolvimento do presente trabalho.

Ao corpo docente do Departamento de Ciências Biológicas, pela orientação, dedicação, e paciência muito obrigada por tudo. Aos técnicos e funcionários do Departamento de Ciências Biológicas (D.C.B.).

Aos meus amigos: Assucena Chissico, Paulo Nhagumbe, Cidália Moisés, Emelda Massunda Isabel Cossa, Sandra Monjane, Dorca Ordela, Hermínia Vilanculo e Fulgência pela força, risos, pelo apoio durante o percurso académico, estou inteiramente grata.

A todos os colegas de carteira, pelo apoio moral, compreensão e companheirismo durante o curso.

Agradeço também aos técnicos do laboratório da Faculdade de Agronomia e Engenharia Florestal (FAEF), ao Doutor Agostinho Machava pela contribuição para a realização deste trabalho de investigação.

A todos, meu muito obrigado!

**Estudo Comparativo do Incremento do Carbono Azul Armazenado pelas Ervas  
Marinhas Abaixo e Acima do Substrato nas Zonas Entre-marés e na Franja (sublitoral)  
a Noroeste da Cidade De Maputo.**

---

Declaração de honra

Declaro por minha honra que o presente trabalho de investigação é da minha inteira responsabilidade, e foi elaborado com base nos dados por mim colhidos e constituem a mais perfeita realidade. Submetido para o grau de Licenciatura em Biologia Marinha Aquática e Costeira, do Departamento de Ciências Biológicas da Universidade Eduardo Mondlane.

A candidata

---

(Dulce Joaquim Congolo)

**Estudo Comparativo do Incremento do Carbono Azul Armazenado pelas Ervas  
Marinhas Abaixo e Acima do Substrato nas Zonas Entre-marés e na Franja (sublitoral)  
a Noroeste da Cidade De Maputo.**

---

Dedicatória

Aos meus pais, ao meu namorado, a minha filha e minhas irmãs,

Devo a eles o que sou hoje

**Estudo Comparativo do Incremento do Carbono Azul Armazenado pelas Ervas  
Marinhas Abaixo e Acima do Substrato nas Zonas Entre-marés e na Franja (sublitoral)  
a Noroeste da Cidade De Maputo.**

---

*Don't follow the path everyone walks through,  
Find your own path through hard work and dedication,  
and Leave a trail behind.*

L. N. Mishra

## **Estudo Comparativo do Incremento do Carbono Azul Armazenado pelas Ervas Marinhas Abaixo e Acima do Substrato nas Zonas Entre-marés e na Franja (sublitoral) a Noroeste da Cidade De Maputo.**

---

### Resumo

O estudo do incremento do carbono azul capturado pelas ervas marinhas em diferentes zonas a noroeste da cidade de Maputo foi realizado entre os dias 10 a 13 de Novembro de 2021. As amostragens foram feitas em sessenta (60) pontos de seis áreas em duas zonas no Bairro dos pescadores, durante a maré-baixa das marés vivas, em locais cuja profundidade não excedia 1 metro de altura. As amostragens consistiram no registo das coordenadas dos pontos nos tapetes de ervas marinhas usando um GPS e na colecta de amostras de ervas marinhas, fazendo dois transectos dentro dos tapetes.

Durante o estudo feito no Bairro dos pescadores nas diferentes zonas de coleta, foi possível verificar seis (6) espécies: *Cymodocea serrulata*, *Halodule uninervis*, *Halophila ovalis*, *Thalassia hemprichii*, *Thalassodendron ciliatum* e *Zostera capensis*. Sendo a *Cymodocea serrulata*, *Halophila ovalis* e *Halodule uninervis* as espécies mais comumente distribuídas e algumas associadas entre si ao longo da praia. Em média ocorrem dois a três espécies de ervas marinhas por tapete, havendo tapetes mono-específicos constituídos por *Cymodocea serrulata*.

O objetivo deste estudo foi avaliar os estoques de carbono azul (BC) na biomassa e sedimento em habitats de tapetes de ervas marinhas. Nove amostras de sedimentos de 10 m de distância por tapete de ervas marinhas foram colectadas em seis locais (três de cada área). Seis repetições para biomassa de cada área foram colhidas em cada local durante quatro dias.

Os estoques de carbono orgânico variaram entre espécies e reservatórios, com os estoques médios de carbono de ervas marinhas nas duas zonas (entre-marés e franja (sublitoral)) acima e abaixo do solo ( $0,21 \pm 0,008$  Mg C e  $0,23 \pm 0,0009$  Mg C) e ( $0,16 \pm 0,006$  Mg C e  $0,18 \pm 0,0007$  Mg C) respectivamente. A diferença na biomassa acima do solo entre as duas zonas é devido à diferença nas características das espécies, que afetam as taxas de fotossíntese, produtividade e acúmulo de biomassa. O sedimento foi o reservatório de C dominante na zona franja com  $0,7 \pm 0,002$  Mg C.

**Palavras chaves:** Carbono Azul, Ervas Marinhas, Biomassa, Baía de Maputo, Moçambique.

**Estudo Comparativo do Incremento do Carbono Azul Armazenado pelas Ervas  
Marinhas Abaixo e Acima do Substrato nas Zonas Entre-marés e na Franja (sublitoral)  
a Noroeste da Cidade De Maputo.**

---

**Lista De Abreviaturas**

<b>ANOVA</b>	Análise de Variância
<b>BC</b>	Carbono Azul
<b>C</b>	Carbono
<b>CO<sub>2</sub></b>	Dióxido de carbono
<b>C<sub>org</sub></b>	Carbono orgânico
<b>C<sub>s</sub></b>	<i>Cymodocea serrulata</i>
<b>DBD</b>	Densidade aparente seca
<b>DCB</b>	Departamento de Ciências Biológicas
<b>Ha</b>	Hectare
<b>Ho</b>	<i>Halophila ovalis</i>
<b>Hu</b>	<i>Halodule uninervis</i>
<b>M.O</b>	Matéria orgânica
<b>Mg</b>	Megagramas / toneladas métricas
<b>PVC</b>	Policloreto de vinila

**Lista De Tabela**

Table 1-Tabela 1: : caracterização dos pontos de amostragem.....	27
Table 2-Zona dos locais de amostragem, número de amostras colhidas e especies de ervas marinhas identificadas na baía de Maputo.....	30

**Lista de Figuras**

Figure 1- Mapa ilustrando o ponto de estudo na Baía de Maputo      Fonte: <a href="https://www.researchgate.net/figure/map-of-Maputo-Bay">https://www.researchgate.net/figure/map-of-Maputo-Bay</a> . ....	22
Figure 2-: Ilustra os estoques de carbono abaixo e acima do solo nas três áreas dos tapetes de ervas marinhas na zona entremarés da Baía de Maputo. ....	31
Figure 3- Ilustra os estoques de carbono abaixo e acima do solo nas três áreas dos tapetes de ervas marinhas na zona franja da Baía de Maputo. ....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>

**Estudo Comparativo do Incremento do Carbono Azul Armazenado pelas Ervas  
Marinhas Abaixo e Acima do Substrato nas Zonas Entre-marés e na Franja (sublitoral)  
a Noroeste da Cidade De Maputo.**

---

Figure 4 -Estoque de Corg em sedimentos de tapetes de ervas marinhas nas duas zonas (A e B).....32

**Índice**

Agradecimentos ..... 1

Declaração de honra..... 2

Dedicatória..... 3

Resumo ..... 5

Lista De Abreviaturas ..... 6

Lista de Figuras..... 6

1. Introdução ..... 9

2. Problema/ Justificativa..... 11

    3. Hipóteses ..... 13

4. Revisão bibliográfica ..... 13

    4.1 Ervas marinhas ..... 14

    4.2 Ervas marinhas em Moçambique ..... 15

    4.3 Armazenamento de carbono azul nas ervas marinhas ..... 16

    4.4 Determinação do carbono orgânico ..... 18

**5 Objectivos:** ..... 20

    5.1 Geral: ..... 20

        5.2.1. Específicos: ..... 20

6. Área de Estudos ..... 20

    6.1 Localização Geográfica ..... 20

    6.2 Habitats ..... 22

    6.3. Distribuição das Ervas marinhas na Baía de Maputo ..... 22

7. Metodologia ..... 23

**Estudo Comparativo do Incremento do Carbono Azul Armazenado pelas Ervas  
Marinhas Abaixo e Acima do Substrato nas Zonas Entre-marés e na Franja (sublitoral)  
a Noroeste da Cidade De Maputo.**

---

7.1. Determinação da estrutura do tapete de ervas marinhas.....	23
7.1.2. Determinação de carbono acima e abaixo do solo .....	24
7.1.3. Determinação de Carbono Orgânico (C <sub>org</sub> ) em Sedimentos.....	25
7.2. Análise de Dados .....	26
7.3. Análise estatística .....	26
8.Resultados .....	27
8.1. Zonas de coleta e suas características.....	27
8.2. Zona entre-marés (constituído pelas áreas 1, 3 e 5) .....	29
8.3. Zona franja sublitoral (constituído pelas áreas 2, 4 e 6).....	29
8.4. Associação e comunidade de ervas marinhas.....	29
8.5 Carbono Subterrâneo das Ervas Marinhas.....	31
8.6. Carbono no sedimento de espécies de ervas marinhas .....	32
8.7. Densidade e percentagem da cobertura de ervas marinhas .....	33
9.Discussão .....	33
9.1. Composição das espécies, distribuição e abundância de ervas marinhas.....	33
9.2. Carbono de erva marinha acima do solo .....	34
9.3. Carbono Subterrâneo de Ervas Marinhas .....	34
9.4. Estoques de Carbono Orgânico em Sedimentos.....	35
10.Utilidade dos resultados.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
11. Limitações.....	37
12.Conclusão.....	37
13. Recomendações.....	38
14. Referências Bibliográficas .....	38
<b>Anexos</b> .....	<b>48</b>

# **Estudo Comparativo do Incremento do Carbono Azul Armazenado pelas Ervas Marinhas Abaixo e Acima do Substrato nas Zonas Entre-marés e na Franja (sublitoral) a Noroeste da Cidade De Maputo.**

---

## **1. Introdução**

Carbono Azul refere-se ao carbono orgânico que é capturado da atmosfera e armazenado por centenas de milhares de anos pelos oceanos e ecossistemas costeiros: tapetes de ervas marinhas, pântanos salgados e florestas de mangais (Howard, *et al.*, 2014), que armazenam o carbono em seus sedimentos e biomassa (Macreadie, 2019; Githaiga, *et al.*, 2017). São componentes importantes do ciclo do carbono marinho, contabilizando por aproximadamente 50% do armazenamento anual de carbono orgânico em oceanos costeiros (Githaiga *et al.*, 2017).

O conceito de Carbono Azul (BC) foi introduzido com o objectivo de destacar que para além das florestas terrestres (carbono verde) os ecossistemas costeiros contribuem significativamente para o sequestro de carbono orgânico (Macreadie, 2019), ou seja, os tapetes de ervas marinhas armazenam mais do dobro do carbono em relação às florestas terrestres (Fourqurean *et al.*, 2019). O interesse global em carbono azul está enraizado em seu potencial para abranger estratégias para mitigar e se adaptar às mudanças climáticas por meio da conservação e restauração de ecossistemas costeiros com vegetação (Githaiga *et al.*, 2017).

Os ecossistemas de ervas marinhas desempenham um papel importante na absorção e armazenamento de carbono atmosférico (Howard *et al.*, 2016). O sequestro de carbono e a capacidade de armazenamento são impulsionados em parte por processos que influenciam a quantidade de carbono alóctone derivado (terrestre e oceânico) no sedimento de ervas marinhas (Gullstrom, *et al.*, 2018).

O armazenamento de C é altamente variável nos habitats de ervas marinhas e depende de vários factores biológicos e ambientais como: disponibilidade de nutrientes, sedimentação hidrologia, condições geomorfológicas, clima, composição de espécies e actividades antropogénicas (Lima *et al.*, 2020, Mazarrasa *et al.*, 2021, Alemu *et al.*, 2022; Duffy *et al.*, 2022 e Simpson *et al.*, 2022).

O incremento do stock de carbono orgânico sedimentar resulta da biomassa abaixo do solo devido alta produção de raízes, estrutura de ervas marinhas e também retém matéria orgânica suspensa no sedimento como matéria orgânica acumulada (Githaiga *et al.*, 2017).

A eficiência com a qual as ervas marinhas sedimentam o carbono orgânico é influenciada por sua densidade, porosidade e tamanho de grão (Gullstrom, *et al.*, 2018).

## **Estudo Comparativo do Incremento do Carbono Azul Armazenado pelas Ervas Marinhas Abaixo e Acima do Substrato nas Zonas Entre-marés e na Franja (sublitoral) a Noroeste da Cidade De Maputo.**

---

Os habitats intertidais fornecem inúmeros serviços ecossistêmicos, incluindo o sequestro e armazenamento de carbono (Macreadie *et al.*, 2021). A escassez de informação é ainda mais relevante para os tapetes de ervas marinhas nas zonas subtidais que são menos acessíveis (Omollo *et al.*, 2022). Os tapetes de ervas marinhas estão entre os mais ecossistemas aquáticos produtivos e fornecem habitats eficientes para a fixação de carbono orgânico sedimentar de longo prazo excedendo em muito as taxas de acumulação de ecossistemas terrestres (Gullstrom, *et al.*, 2018; Fourqurean *et al.*, 2012a), em que os processos fotossintéticos apoiam alta produção primária líquida e sequestro eficiente de biomassa de carbono (Gullstrom, *et al.*, 2018).

A proporção de biomassa de ervas marinhas que se acumula como carbono orgânico armazenado no sedimento é influenciado por baixa taxa de decomposição favorecida por baixos níveis de oxigénio, embora a degradação continue mesmo sob condições anóxicas. A biomassa, produtividade e diversidade de mangais, pântanos, vegetação e tapetes de ervas marinhas que sustenta o sequestro de carbono são sensíveis à variação de precipitação e mudanças associadas em salinidade do sedimento (Gullstrom, *et al.*, 2018).

Os solos anaeróbios dos tapetes de ervas marinhas evitam a remineralização de carbono orgânico e tendem a promover o sequestro de longo prazo (Pedersen *et al.*, 2011). As estimativas conservadoras de armazenamento de carbono nos solos de tapetes de ervas marinhas em todo o mundo variam de 4.2 a 8.4 Pg de carbono (Fourqurean *et al.*, 2012a). Apesar dos tapetes de ervas marinhas ocuparem menos de 0.2% dos oceanos do mundo, são responsáveis por aproximadamente 10% de fixação anual estimado de carbono orgânico, com 27.4 TC anualmente (Duarte *et al.*, 2005).

Com base em um conjunto de dados global, Fourqurean *et al.*, (2012a) relatam uma faixa na biomassa de ervas marinhas de mais de 5 ordens de magnitude (0.001-23.382 Mg C<sub>org</sub> ha<sup>-1</sup>) e uma faixa no solo C<sub>org</sub> de 0.002 a 48.238 (peso seco). Essa variação é atribuída à influência de vários factores biológicos e ambientais que podem alterar amplamente as taxas de deposição de carbono orgânico (Lavery *et al.*, 2013).

Desde o início do século XX, tapetes de ervas marinhas em todo o mundo diminuíram a uma taxa média de 0.9% (Pendleton *et al.*, 2012), infelizmente, os leitos de ervas marinhas estão sendo globalmente impactados por múltiplos estressores antropogénicos do desenvolvimento costeiro, alterações do habitat, enriquecimento de nutrientes, aumento da turbidez

## **Estudo Comparativo do Incremento do Carbono Azul Armazenado pelas Ervas Marinhas Abaixo e Acima do Substrato nas Zonas Entre-marés e na Franja (sublitoral) a Noroeste da Cidade De Maputo.**

---

e eutrofização, escoamento de sedimentos, distúrbios físicos, práticas de pesca comercial, espécies invasoras, doenças, aquacultura, e aquecimento global (Short *et al.*, 2014).

O resultado da perda de ervas marinhas em todo o mundo está levando a uma redução de serviços ecossistemas associados, o que o torna um factor que contribui para a degradação e saúde do oceano (Waycott *et al.*, 2009). As perdas relatadas de ervas marinhas em escala global levaram a maior conscientização sobre a necessidade de proteção, monitoramento, gerenciamento e reabilitação ou restauração, havendo evidências que a restauração do habitat de ervas marinhas aumenta o sequestro de carbono na zona costeira (Greiner *et al.*, 2013).

13 Espécies pertencentes a oito géneros e três famílias ocorrem em Moçambique: *Zostera* (Zosteraceae), *Enhalus*, *Halophila*, *Thalassia* (Hydrocharitaceae), *Cymodocea*, *Halodule*, *Syringodium* e *Thalassodendron* (Cymodoceaceae). Este número exclui a *Rúppia* marítima, que ocorre em Moçambique; também considerada como sendo ervas marinha. Distribuem-se na sua maioria, ao longo de toda a costa, ocorrendo geralmente agrupadas em vários tipos de comunidades (Duarte *et al.*, 2012).

As ervas marinhas da Ilha de Inhaca cobrem cerca de 50% das áreas entre-marés e os principais habitats são dominados por *T. ciliatum*, *C. serrulata* na baía oriental de Maputo (Oeste de Inhaca), *T. hemprichii*, *H. uninervis* nas baías norte (Sangala) e sul (Saco) de Inhaca, e *Z. capensis* na margem sul ligando a foz do Saco e a península Machangulo. As ervas marinhas em Machangulo são discretas, dadas as extensas florestas de mangal (Bandeira & Paula, 2014).

Na Baía de Maputo ocorrem nove espécies de ervas marinhas distribuídas em três famílias: *Cymodocea rotundata*, *C. serrulata*, *Halodule uninervis*, *Syringodium isoetifolium*, *Thalassodendron ciliatum*, *T. leptocaula* (Cymodoceaceae), *Halophila ovalis*, *Thalassia hemprichens* (Hydrocharitaceae) e *Zostera* (Zosteraceae) (Bandeira & Paula, 2014). O objectivo do estudo é estimar o armazenamento de  $C_{org}$  (sedimentos e biomassa viva) e os estoques de tapetes de ervas marinhas em cada zona (entre-marés e franja (sublitoral)), a noroeste da cidade de Maputo.

### **2. Problema/ Justificativa**

A mudança climática global refere-se às mudanças ambientais complexas causadas pelo aumento de emissões de  $CO_2$  e outros gases de efeito estufa para a atmosfera, fazendo com que

## **Estudo Comparativo do Incremento do Carbono Azul Armazenado pelas Ervas Marinhas Abaixo e Acima do Substrato nas Zonas Entre-marés e na Franja (sublitoral) a Noroeste da Cidade De Maputo.**

---

a Terra fique mais quente e o clima mais extremo, gerando consequências para as formas de vida marinha e terrestre (Harley *et al.*, 2006; Dahl, 2016).

As alterações climáticas estão a causar vários impactos, desde a subida do nível do mar, aumento das variabilidades climáticas, incêndios intensos e mais frequentes, incêndios florestais e secas a nível global, que têm efeitos prejudiciais nos ecossistemas marinhos, terrestres e de água doce, bem como no bem-estar humano (IPCC, 2022). Essas mudanças resultam do aumento dos níveis antropogénicos de dióxido de carbono na atmosfera como desmatamento, actividades industriais e queima de combustíveis fósseis (Harley *et al.*, 2006; Goudie, 2013).

As ervas marinhas têm papel importante no meio ambiente e na vida humana, também actuam na mitigação das mudanças climáticas (Mazarrasa *et al.*, 2021). Os habitats de ervas marinhas na região costeira enfrentam inúmeras ameaças, devido aos impactos directos: práticas destrutivas de pesca, ancoragem de barcos, dragagem, o desenvolvimento costeiro e as mudanças de salinidade resultantes de actividades antropogénicas, bem como aos impactos indirectos decorrentes de actividades naturais (Duarte *et al.*, 2005).

As ervas marinhas são espécies importantes no armazenamento de carbono, ajudam na reciclagem de nutrientes, protecção da linha da costa e servem como campo de criação e alimentação de peixes e outros macroinvertebrados (Jahnke *et al.*, 2019). Tem o papel na regulação do clima e conservação da biodiversidade (Tilaar *et al.*, 2019).

A biomassa da planta em pé é uma importante fonte de carbono sedimentar e pode ser vista como a primeira das três fases interconectadas do carbono no processo de armazenamento, seguido pelas fases dos detritos e refractária (Cebrian, 1999). Essas fases actuam em diferentes escalas de tempo onde as fases de biomassa e detrito compreendem a curto prazo de armazenamento de carbono. A fase detrítica ocorre na parte superior, camada do sedimento onde uma grande parte de biomassa é decomposto e a parte inferior do substrato é mais resistente à deterioração (Klap *et al.*, 2000).

Entretanto, há um interesse considerável em quantificar a capacidade de capturar e armazenar carbono nestes sistemas em diferentes zonas dentro dos tapetes de ervas marinhas. A presente pesquisa pretende responder as seguintes questões: Qual é a capacidade de armazenamento de carbono em diferentes compartimentos (abaixo e acima do solo) nos tapetes de ervas marinhas

## **Estudo Comparativo do Incremento do Carbono Azul Armazenado pelas Ervas Marinhas Abaixo e Acima do Substrato nas Zonas Entre-marés e na Franja (sublitoral) a Noroeste da Cidade De Maputo.**

---

entre a zona entre-maré e sublitoral? Até que ponto o distúrbio ambiental pode afectar o sequestro de carbono no sedimento destas espécies?

Assim, a taxa crescente de degradação global, juntamente com a perda de ecossistemas de armazenamento de carbono (como durante o desenvolvimento costeiro), requer a implementação de medidas de proteção eficientes. Os habitats de ervas marinhas enfrentam uma série de ameaças decorrentes da crescente urbanização, incluindo declínios na qualidade da água, perda de biodiversidade e erosão da estrutura do habitat, exigindo assim prontamente conhecimento e visão sobre a capacidade de armazenamento de carbono das ervas marinhas para uma melhor gestão destes.

Entretanto, o armazenamento do carbono nestes ecossistemas serve como esperança ou ferramenta significativa para a mitigação das mudanças climáticas. Espera-se que os resultados ajudem a prever respostas futuras das ervas marinhas ao aquecimento global e fornecer uma base científica para a conservação e importância de ervas marinhas.

### **3. Hipóteses**

O sequestro e armazenamento de carbono está relacionado a uma produção primária líquida alta, uma baixa taxa de decomposição no sedimento e a capacidade de capturar matérias orgânicas alóctones (Mazarrasa *et al* 2015 & Gullstrom, *et al* 2017). A maioria dos tapetes de ervas marinhas é autotrófica e é necessária uma alta taxa de fotossíntese para construir o pool de biomassa de carbono (Duarte *et al.* 2010).

- **Hipótese básica:**

-  Há maior concentração de carbono armazenado em zona da franja (sublitoral) que na região entre-maré.

- **Hipóteses alternativas:**

-  A degradação do habitat contribui na redução do stock de carbono na zona entre-marés.

### **4. Revisão bibliográfica**

#### **4.1 Características das zonas**

A região costeira pode ser caracterizada em três grandes zonas:

- **Zona supralitoral**, que não recebe o impacto direto das ondas e é caracterizada pela presença de líquens, macroalgas, gastrópodes, crustáceos e caranguejos (Airoldi, 2001).

## **Estudo Comparativo do Incremento do Carbono Azul Armazenado pelas Ervas Marinhas Abaixo e Acima do Substrato nas Zonas Entre-marés e na Franja (sublitoral) a Noroeste da Cidade De Maputo.**

---

- **Zona do infralitoral** sofre o impacto das ondas, e fica coberta de água a maior parte do tempo e caracteriza-se pela presença de moluscos, ouriços-do-mar, peixes e macroalgas (Airoldi, 2001).
- **Zona entre-marés** é uma região intermediária entre o continente e o oceano, com períodos de imersão e emersão, é caracterizada pela presença de macroalgas dos além de crustáceos e moluscos bivalves (Fraschetti *et al.*, 2005). Além da zonação, a região entre-marés ainda possui diferenças verticais (limites das faixas de zonação) e horizontais (comprimento das faixas) que são decorrentes dos diferentes graus de exposição às ondas e é ocupada por diversos organismos bêntonicos (Masi e Zalmon, 2008). Esta zona pode ser dividida em três faixas principais: uma inferior dominada por algas (sublittoral fringe), uma intermediária contendo muitas espécies de macroalgas e invertebrados (eulittoral) e uma superior povoada por poucos organismos incluindo líquens, cianofíceas e gastrópodes (littoral fringe) (Lewis e Stoner, 1983).

### **4.2 Ervas marinhas**

As ervas marinhas consistem em três linhagens (Hydrocharitaceae, Cymodoceaceae e Zosteraceae) que evoluíram de uma planta monocotiledónea (Phair, 2018), que se adaptaram com sucesso a ambientes marinhos entre-marés e submarinhos exceto a Antártida ( Short *et al.*, 2007 ; Nordlund *et al.*, 2017 ), dominados pela alteração dos níveis da água, temperatura e salinidade, existem cerca de 70 espécies em todo o mundo encontradas desde o nível da maré média até 70 m de profundidade em águas claras, mas tendem a se desenvolver melhor em águas rasas (Bjork *et al.*, 2008 & Bandeira *et al.*, 2014).

Este ecossistema é um grupo diversificado de plantas com características morfológicas diferentes, embora todas compartilhem algumas características semelhantes, incluindo um extenso sistema subterrâneo de rizoma, raiz que as ancora ao substrato. O crescimento e sobrevivência destas plantas são naturalmente condicionados por factores físicos (Radiação solar, temperatura, salinidade e profundidade), químicos (oxigénio e matéria orgânica) e biológicos (herbívoria e a competição por nutrientes e espaço) (Hemminga e Duarte, 2000 & Martins, 2014).

O principal factor que controla a produção, morfologia e distribuição de ervas marinhas é irradiação (Gattuso *et al.*, 2006). Estes sistemas modificam seus ambientes ao reduzir a ressuspensão de sedimentos e o fluxo de água e melhorando captura de partículas inorgânicas

## **Estudo Comparativo do Incremento do Carbono Azul Armazenado pelas Ervas Marinhas Abaixo e Acima do Substrato nas Zonas Entre-marés e na Franja (sublitoral) a Noroeste da Cidade De Maputo.**

---

através de sua estrutura, levando a mudanças na composição de sedimentos, balanço de carbono e dinâmica de nutrientes (Nordlund *et al.*, 2017).

Da distribuição conhecida de ervas marinhas, apenas um quarto que corresponde a 26% ocorre dentro de Áreas Marinhas Protegidas (AMPs). Em contraste, 40% dos recifes de coral de águas quentes, 43% dos mangais, 42% dos pântanos salgados e 32% dos corais de águas frias são encontrados em AMPs, tornando as ervas marinhas o principal ecossistema marinho menos protegido (Programa das Nações Unidas para o Ambiente, 2020).

### **4.2 Ervas marinhas em Moçambique**

Em Moçambique, as ervas marinhas cobrem cerca de 439 km<sup>2</sup> de área (Bandeira & Gell, 2003) com cerca de 13 espécies, agrupadas em três famílias, distribuídas ao longo da costa nomeadamente: *Enhalus acoroides*, *Cymodocea serrulata*, *Cymodocea rotundata*, *Halodule uninervis*, *Halophila ovalis*, *Halophila stipulacea*, *Syringodium isoetifolium*, *Thalassia hemprichii*, *Thalassodendron ciliatum*, *Thalassodendron multifolium*, *Zostera capensis* e *Thalassodendron leptocaula* (Gumusay, 2019).

Destas foi possível verificar na Baía de Maputo seis (6) espécies: *Cymodocea serrulata*, *Halodule uninervis*, *Halophila ovalis*, *Thalassia hemprichii*, *Thalassodendron ciliatum*, e *Zostera capensis*. As espécies *E. acoroides*, *H. stipulacea* e *H. minor* são encontradas apenas na região norte e a *Zostera capensis* na região sul. Constituem o grupo de espécies pioneiras a *H. uninervis*, *H. ovalis* e *C. serrulata*, especialmente em área com grandes perturbações (Bandeira & Gell, 2003; Bandeira & Paula, 2014 & Amone-Mabuto *et al.*, 2017). Estas comunidades ecossistemáticas podem ocorrer em associações distintas de dois a três espécies especialmente ou em tapetes mono-específicos nas zonas entre-marés formando extensos tapetes (Perreira *et al.*, 2014). A perda histórica total conhecida de ervas marinhas em Moçambique é estimado em 2.755 ha (FAO, 2010).

### **Ecologia dos Ecossistemas de Carbono Azul**

Os oceanos desempenham um papel fundamental na captura e reciclagem de CO<sub>2</sub> atmosférico global, devido às trocas gasosas na interface atmosfera-oceano (Luna & Babiera, 2016). Estes ecossistemas absorvem mais de um terço das emissões de CO<sub>2</sub>, através de processos biológicos, físicos e químicos. Em mar aberto, as ervas marinhas capturam carbono, convertendo CO<sub>2</sub> em biomassa através da fotossíntese. Contudo, a maior parte do CO<sub>2</sub> assimilado por organismos

## **Estudo Comparativo do Incremento do Carbono Azul Armazenado pelas Ervas Marinhas Abaixo e Acima do Substrato nas Zonas Entre-marés e na Franja (sublitoral) a Noroeste da Cidade De Maputo.**

---

fotossintéticos no oceano é reciclado perto da superfície e convertido novamente em CO<sub>2</sub> por bactérias marinhas, que foi denominada bomba biológica, ou biological pump (Longhurst & Harrison, 1989). Uma parcela significativa desse carbono biogênico é depositada no fundo do mar, onde pode ser armazenado a longo prazo (séculos a milênios), constituindo um sumidouro de CO<sub>2</sub> e contribuindo para mitigar as mudanças climáticas (Pendleton *et al.*, 2012).

A degradação, conversão para usos alternativos da terra e perda de ecossistemas de Carbono Azul podem resultar na liberação de GEE na atmosfera a partir da decomposição microbiana dos estoques de carbono em sua biomassa e solo, alimentando as mudanças climáticas (Pendleton *et al.*, 2012). A conservação e restauração dos ecossistemas dos tapetes de ervas marinhas proporcionam a manutenção dos benefícios, incluindo pesca, proteção costeira, e serviços relacionados ao ecossistema, que apoiam as comunidades costeiras e seus meios de subsistência (Duarte *et al.*, 2013), contribuindo para atingir o objetivo de manter o aquecimento global abaixo de 2 ° C até 2050 (UNFCCC, 2016). Com crescimento do mercado de carbono, existem oportunidades para financiar a restauração de ecossistemas de Carbono Azul usando esquemas de compensação de carbono (Thomas, 2014).

### **4.3 Armazenamento de carbono azul nas ervas marinhas**

O oceano funciona como um sumidouro de carbono absorvendo o CO<sub>2</sub> atmosférico (Luna & Babiera, 2016). O sequestro de carbono inclui o carbono absorvido na coluna de água e o carbono armazenado nos sedimentos (Mazarrasa *et al.* 2015). Cerca de metade das emissões de dióxido de carbono foram absorvidas pelos ecossistemas do mundo e o oceano é o ambiente chave para a deposição de gases de efeito estufa (Fourqurean *et al.*, 2012a).

Todos os ecossistemas vegetais, onde a produção primária e o crescimento das plantas são processos contínuos, têm a capacidade de armazenar dióxido de carbono. No entanto, para ser considerado um sumidouro significativo de carbono e assim ter um impacto nos níveis de dióxido de carbono atmosférico, a produtividade primária deve ser eficiente e o armazenamento de carbono deve ser de longo prazo, cobrindo décadas ou mesmo séculos (Belshe *et al.*, 2017).

O aumento da temperatura atmosférica e oceânica, mudanças de regimes de marés, danos causados pela radiação UV, sedimentação, hipoxia, anoxia, e aumento de tempestades e

## **Estudo Comparativo do Incremento do Carbono Azul Armazenado pelas Ervas Marinhas Abaixo e Acima do Substrato nas Zonas Entre-marés e na Franja (sublitoral) a Noroeste da Cidade De Maputo.**

---

inundações resulta do aquecimento global, com a mudança climática como precursora (Bjork *et al.*, 2008).

Os tapetes de ervas marinhas, as florestas de mangais e os pântanos são denominados habitats costeiros de carbono azul e são considerados entre os ecossistemas mais produtivos e valiosos do planeta (Barbier *et al.*, 2011; Luna & Babiera, 2016). Esses habitats fornecem uma ampla gama de serviços ecossistêmicos funcionam como berçários, locais de alimentação e refúgios de predadores, filtram a água reciclando nutrientes e melhoram a segurança costeira ao estabilizar o nível do leito sedimentar (Green e Short, 2003; Nordlund *et al.*, 2016).

Os tapetes de ervas marinhas em profundidades mais rasas têm um alto acúmulo de sedimentos que pode estar associado a maior produção primária e maior stock de biomassa em pé (Serrano *et al.*, 2014). Tapetes densos têm a capacidade de estabilizar o sedimento, ao reduzir a velocidade da água e facilitar os processos de sedimentação, estes tapetes de ervas marinhas poderiam aumentar a quantidade de partículas finas, o que promove um alto armazenamento de carbono (Duarte *et al.*, 2011).

O sistema subterrâneo estabiliza o sedimento e suporta a acumulação de carbono (Green e Short, 2003). Apesar de sua ampla distribuição, os tapetes de ervas marinhas ocupam 0.1% da superfície do oceano e fornecendo mais de vinte e quatro serviços ecossistêmicos para os seres humanos (Nordlund *et al.*, 2017), mas estima-se que enterrem cerca de 10% do carbono orgânico anual nos oceanos (Duarte *et al.*, 2005), e são responsáveis pela captura de até 55% do carbono atmosférico conhecido como Carbono Azul, esta reserva é armazenada nos sedimentos em mangais, pântanos salgados e tapetes de ervas marinhas (Nellemann *et al.*, 2009).

Os tapetes de ervas marinhas estão a sofrer um rápido declínio global, acredita-se que quase um terço de todas as áreas de ervas marinhas tenham sido perdidas nos últimos 140 anos e as taxas actuais de perda são estimadas em cerca de 1.5% ano<sup>-1</sup> (Githaiga *et al.*, 2017). O que implica que uma quantidade significativa de carbono orgânico armazenado poderia ser remineralizada (Pendleton *et al.*, 2012) e que o potencial para futura captura de carbono sendo reduzido, minando os esforços para mitigar as mudanças climáticas (Githaiga *et al.*, 2017).

## **Estudo Comparativo do Incremento do Carbono Azul Armazenado pelas Ervas Marinhas Abaixo e Acima do Substrato nas Zonas Entre-marés e na Franja (sublitoral) a Noroeste da Cidade De Maputo.**

---

A redução das ervas marinhas é motivada por estressores antropogénicos (poluição, regimes alterados de sedimentação, distúrbios físicos directos, introdução de espécies invasivas, pesca insustentável, mudanças hidro-climáticas da terra e do mar que têm impactos variados sobre os diferentes componentes dos ecossistemas marinhos (Armitage e Fourqurean, 2016). A resiliência dos ecossistemas marinhos às pressões antropogénicas é fraca. Essas tendências são exacerbadas pelo aumento da população humana nas áreas costeiras e pela crescente necessidade de recursos marinhos (Mazarrasa *et al.*, 2021).

As espécies de ervas marinhas diferem na sua biomassa, produtividade e preferências ambientais (Serrano *et al.*, 2014). O aumento antropogénico de nutrientes pode alterar a biomassa das plantas, uma vez que o potencial de armazenamento de carbono orgânico no solo pode estar positivamente ligado à produtividade das ervas marinhas que é sensível à entrada de nutrientes, muitas vezes diminuindo devido à limitação de luz durante a proliferação de algas, alterando assim potencial de armazenamento de carbono no solo em tapetes de ervas marinhas ( Armitage e Fourqurean, 2016 ).

Rozaimi *et al.* (2013) sugeriram que a composição de espécies de ervas marinhas pode possivelmente desempenhar um papel fundamental no potencial de armazenamento de carbono de diferentes tapetes de ervas marinhas, enquanto que Duarte *et al.* (2010) salientaram que, para a maioria das espécies de ervas marinhas do mundo, há pouco conhecimento sobre os seus stocks de carbono.

Os tapetes de ervas marinhas podem se tornar uma solução na mitigação das mudanças climáticas, cujo papel destas ervas marinhas centra-se na absorção e redução da emissão de carbono (Nellemann, *et al.*, 2009). Estas ervas possuem a capacidade de absorver o dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) da atmosfera o qual é armazenado ou passado para vários compartimentos na forma de biomassa (Kondoy *et al.*, 2014).

### **4.4 Determinação do carbono orgânico**

Existem vários métodos para a determinação do carbono orgânico.

#### **Cálculo do Teor de Carbono Orgânico (% C)**

## **Estudo Comparativo do Incremento do Carbono Azul Armazenado pelas Ervas Marinhas Abaixo e Acima do Substrato nas Zonas Entre-marés e na Franja (sublitoral) a Noroeste da Cidade De Maputo.**

---

O teor de carbono orgânico de uma amostra de solo pode ser medido usando uma variedade de métodos. O método escolhido dependerá em grande parte da acessibilidade ao equipamento necessário. As opções para medir o teor de carbono orgânico incluem:

1- Usando um analisador elementar automatizado (chamado de analisador CHN, pois muitos analisadores elementares são configurados para medir simultaneamente o teor de carbono (C), hidrogênio (H) e nitrogênio (N));

2- Usando combustão e relações empíricas entre carbono orgânico e matéria orgânica (conhecido como Perda de Ignição, LOI);

3- Usando técnicas de química húmida, como o método Walkley-Black, que é simples e requer equipamento mínimo. Os resultados obtidos pelo método húmido não podem ser considerados quantitativos, e o processo produz resíduos tóxicos e apropriado somente para laboratórios equipados para segurança, uso e descarte de oxidantes químicos e estudos de baixa resolução, porém esta técnica tem limitações (Howard *et al.*, 2014). O uso de qualquer uma dessas técnicas depende da disponibilidade, bem como das restrições do orçamento e de capacidade.

- **Medição % de carbono através do analisador de LOI**

Porcentagem de perda na técnica de ignição (% LOI (loss of ignition)).

LOI é uma medida da massa de amostra perdida (por exemplo, oxidada e perdida como gás ou volatilizada) quando aquecido a altas temperaturas. Normalmente, a amostra é aquecida até a combustão a 450 °C por 4–8 horas (Heiri *et al.*, 2001). Esta temperatura é usada para garantir que apenas orgânicos (não inorgânico) o carbono é oxidado.

- **Método de covariância Eddy**

O método de covariância parasita (EC) é um método alternativo, mais sofisticado, para medir diretamente a troca de CO<sub>2</sub> entre os ecossistemas e a atmosfera. Não é intrusivo, in situ, e mede os fluxos de todo o ecossistema. No entanto, EC é caro porque requer a compra de torres de fluxo e o pagamento de pessoal para realizar o processamento de dados complexos (Howard *et al.*, 2014).

# **Estudo Comparativo do Incremento do Carbono Azul Armazenado pelas Ervas Marinhas Abaixo e Acima do Substrato nas Zonas Entre-marés e na Franja (sublitoral) a Noroeste da Cidade De Maputo.**

---

## **5.Objectivos**

### **5.1 Geral:**

- Avaliar o armazenamento de carbono azul capturado pelas ervas marinhas abaixo e acima do solo nas zonas entre-marés e franja a Noroeste da Baía de Maputo, Moçambique.

### **5.2.1. Específicos:**

- Comparar os parâmetros ambientais observados entre as duas áreas.
- Identificar a concentração de carbono armazenado abaixo (rizoma e raízes) e acima do substrato (folhas) nas ervas marinhas entre as duas áreas em estudo;
- Identificar a concentração de carbono armazenado no sedimento nas duas zonas;
- Determinar a contribuição da biomassa e sedimento para o carbono orgânico das espécies de ervas marinhas.

## **6. Área de Estudos**

### **6.1 Localização Geográfica**

A Baía de Maputo é uma baía muito grande que tem cinco rios de entrada (Bandeira e Paula, 2014) situada na região sul de Moçambique entre as coordenadas 25° 55' S e 26° 10' S e 32° 40' E e 32° 55' E (Figura 1). Possui uma área de cerca de 1280 Km<sup>2</sup> e uma variação de profundidade de 8-20 m (Bandeira e Paula, 2014) e liga-se ao Oceano Índico através de uma abertura ao norte. É limitada pelas Ilhas dos Portugueses e Inhaca, e pela península do Machangulo a este, e pelo continente a oeste e a sul (Hoguane *et al.*, 2002).

A baía tem um substrato lamacento nas áreas oeste e sul; outras áreas tendem a ser arenosas. Substratos rochosos na zona entre-marés são proeminentes no lado oriental da Ilha da Inhaca, especialmente no extremo norte da ilha (Bandeira e Paula, 2014). Está localizada numa região de clima subtropical, caracterizado por duas estações: precipitação mensal total extrema 5.4-259.3 mm em estação chuvosa a partir de Outubro a Março, e 0.0-121.2 mm em estação seca de Abril a Setembro (Louro, 2004). A temperatura média diurna no Verão é de 3 ° C e 24.0 ° C nos meses de Inverno. A precipitação média anual é de 1100 mm (Hoguane *et al.*, 2002). Os ventos predominantes são de leste, embora ventos de nordeste também ocorram, e entre os meses de Março e Julho estes ventos são mais fracos (Louro, 2004). A baía de Maputo é também um importante local de pesca especialmente para camarão, também abriga várias

## **Estudo Comparativo do Incremento do Carbono Azul Armazenado pelas Ervas Marinhas Abaixo e Acima do Substrato nas Zonas Entre-marés e na Franja (sublitoral) a Noroeste da Cidade De Maputo.**

espécies de preocupação especial, como dugongos, golfinhos, cinco espécies de tartarugas, tubarões, baleias, cavalos-marinhos, espécies ameaçadas bivalves, a erva marinha vulnerável *Zostera capensis*, a Ilha da Inhaca detém 33% de todas as espécies de aves que ocorrem na África Austral (Bandeira e Paula, 2014).

A baía tem as reservas marinhas e terrestres da ilha de Inhaca e Machangulo península, mas enfrenta desafios como o porto de Maputo e indústrias na baía ocidental (Maputo cidade), desmatamento de manguezais, pesca predatória e impactos de eventos extremos como inundações, sedimentação (Bandeira e Paula, 2014).

O Bairro dos Pescadores localiza-se na Baía de Maputo, Praia da Costa do Sol, nas S 25° 50' 46.5" e longitudes E 32° 39' 41.9" (Bandeira, 2000). A praia do Bairro do Pescadores, localiza-se a Norte da cidade de Maputo (figura 1) e encontra-se delimitada a Este pela Ilha Xefina Grande e pelo Bairro dos Pescadores a Oeste (Martins, 1997).

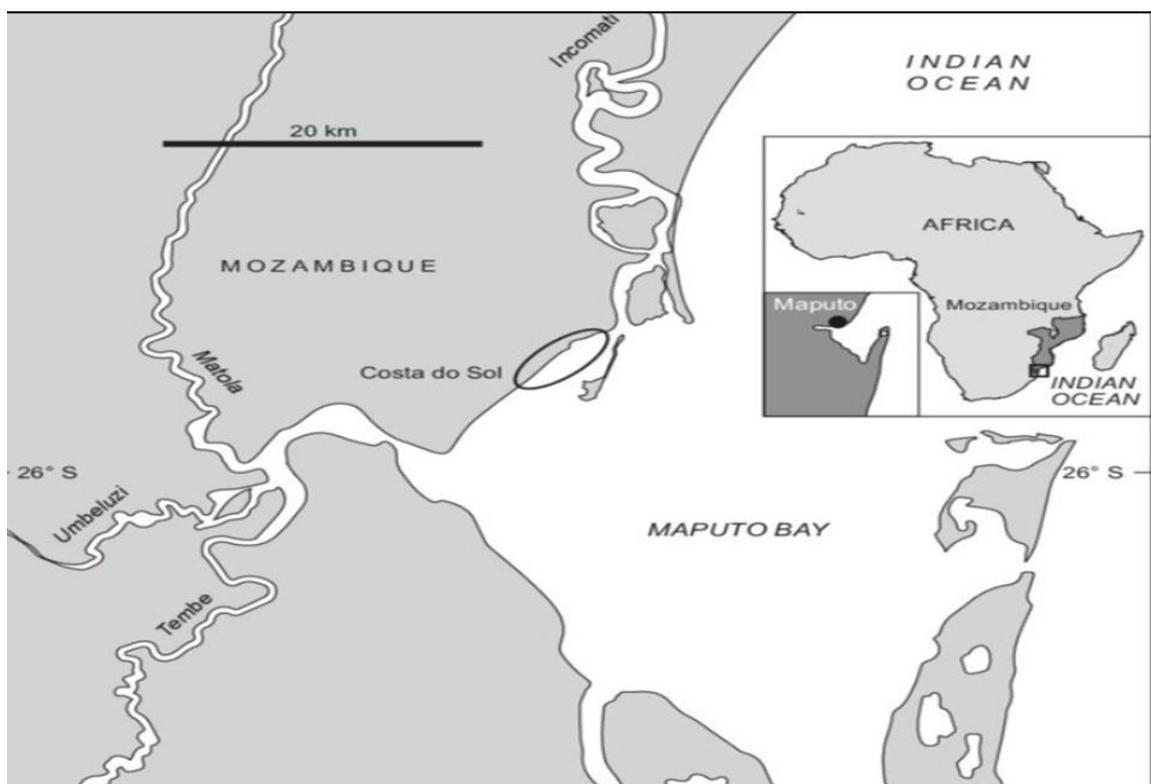


Figura 1-Mapa ilustrando o ponto de estudo na Baía de Maputo Fonte: <https://www.researchgate.net/figure/map-of-Maputo-Bay>.

## **Estudo Comparativo do Incremento do Carbono Azul Armazenado pelas Ervas Marinhas Abaixo e Acima do Substrato nas Zonas Entre-marés e na Franja (sublitoral) a Noroeste da Cidade De Maputo.**

---

### **6.2 Habitats**

A Baía de Maputo é composta por cinco habitats, nomeadamente: florestas de mangal, vegetação submersa (essencialmente tapetes de ervas marinhas e macroalgas), Areia (praias arenosas e formações dunares), recifes de coral e formações rochosas (Bandeira & Paula, 2014).

O Bairro dos Pescadores localiza-se na boca do estuário do Rio Incomati e os habitats comuns neste local incluem a florestas de mangal, vegetação aquática e submersa (tapetes de ervas marinhas e macroalgas), praias arenosas e formações dunares. Rios importantes desembocam na Baía de Maputo a saber o rio Incomati a norte, os rios Umbelúzi, Tembe, Matola a oeste, e o rio Maputo a sul (Bandeira & Paula, 2014).

### **6.3. Distribuição das Ervas marinhas na Baía de Maputo**

As ervas marinhas cobrem aproximadamente 38.75 km<sup>2</sup>. A principal distribuição de ervas marinhas na área da baía é encontrada em torno da ilha de Inhaca, com bancos de areia e bancos de areia estendidos próximos e ao redor de Machangulo e no meio da baía, bem como ao norte da cidade de Maputo, nas áreas costeiras de Marítimo, Costa de Sol e Bairro dos Pescadores. A ocorrência de ervas marinhas em áreas de mangal é limitada nos estuários da baía (Bandeira & Paula, 2014).

Nove espécies de ervas marinhas distribuídas em três famílias foram identificadas na Baía de Maputo: *Cymodocea rotundata*, *C. serrulata*, *Halodule uninervis*, *Syringodium isoetifolium*, *Thalassodendron ciliatum*, *T. leptocaulis* (Cymodoceaceae), *Halophila ovalis*, *Thalassia hemprichii* (Hydrocharitaceae) (Zosteraceae), ocorrendo em áreas com sedimentos relativamente finos, sendo as espécies de ervas marinhas bastante escassas e menos desenvolvidas devido a perturbações frequentes (Bandeira & Paula, 2014).

No Bairro dos Pescadores, foram encontradas seis (6) espécies: *Cymodocea serrulata*, *Halodule uninervis*, *Halophila ovalis*, *Thalassia hemprichii*, *Thalassodendron ciliatum*, e *Zostera capensis*. Sendo a *Cymodocea serrulata*, *Halophila ovalis* e *Halodule uninervis* as espécies mais comumente distribuídas e algumas associadas entre si ao longo da praia. Em média ocorrem dois a três espécies de ervas marinhas por tapete, havendo tapetes mono-específicos constituídos por *Cymodocea serrulata*. No entanto, a *Halophila ovalis*, a comunidade mais dominante e extensa distribuída ao longo das zonas distintas (Observação pessoal).

## **Estudo Comparativo do Incremento do Carbono Azul Armazenado pelas Ervas Marinhas Abaixo e Acima do Substrato nas Zonas Entre-marés e na Franja (sublitoral) a Noroeste da Cidade De Maputo.**

---

### **7. Metodologia**

Para este estudo foram identificados artigos científicos através de um levantamento da literatura sobre ecologia de ervas marinhas, carbono azul e biogeoquímica, biomassa acima e abaixo do solo, carbono no sedimento e Baía de Maputo. As bases eletrônicas consultadas foram (i) Scientific Electronic Library Online (SciELO); ii) Google Scholar e (iii) Science Direct. Foi aplicado as metodologias de amostragem recomendadas pelo manual Coastal Blue Carbon (2019).

As espécies de ervas marinhas crescem em águas rasas entre-marés e subtidais, directamente adjacentes às áreas costeiras em bancos de areia/lama (Singh *et al.*, 2021). Em cada local, a amostragem foi realizada em áreas entre-marés e franja em tapetes de ervas marinhas dominadas por *H. uninervis*, *H. ovalis* e *C. serrulata*.

A amostragem foi realizada em duas zonas distintas: zona entre-marés e franja (sublitoral) em sessenta pontos no Bairro dos Pescadores em Novembro de 2021. Foi realizada durante 4 dias com o favorecimento da maré baixa diurna para a colecta, em tapete de ervas marinhas no bairro dos pescadores na cidade de Maputo, onde diariamente foram colectados núcleos de sedimento em diferentes áreas em distintas profundidades (0-2.5; 2.5-5 e 5-25 cm) e a biomassa acima e abaixo do solo em cada área.

Em cada zona, dois transectos paralelos medindo 100 m de comprimento e 50 m de distância foram estabelecidos, e três pontos de amostragens foram marcados ao longo de cada transecção. As amostras foram extraídas cuidadosamente em quadrícula de 0.25 m<sup>2</sup> colocados a 10 m de distância ao longo de cada transecção.

Usou-se o GPS (Sistema de Posicionamento Global) da marca Garmin 65s para marcar e registar coordenadas geográficas dos pontos e áreas de colecta nos tapetes de ervas marinhas.

#### **7.1. Determinação da estrutura do tapete de ervas marinhas**

Em cada ponto de amostragem, uma quadrícula de 0.25 m<sup>2</sup> foi colocada sobre as ervas marinhas e posteriormente foi colhida toda a vegetação na quadrícula, embalada em sacos zip lock pré-etiquetados e levados para o laboratório. A identificação das espécies foi realizada em laboratório por meio de guia de identificação de campo (Bandeira *et al.*, 2014). Seguindo isto, as folhas foram raspadas delicadamente com bisturi para remover as epífitas.

## **Estudo Comparativo do Incremento do Carbono Azul Armazenado pelas Ervas Marinhas Abaixo e Acima do Substrato nas Zonas Entre-marés e na Franja (sublitoral) a Noroeste da Cidade De Maputo.**

---

### **7.1.2. Determinação de carbono acima e abaixo do solo**

O material colhido acima do solo (folhas) de cada quadrícula foi pesado e seco em estufa de marca memmert a 60 °C por 72 h para atingir peso constante (Omollo *et al.*, 2022), e fez-se um registro. Dentro das mesmas quadrículas onde as amostras acima do solo foram coletadas, três núcleos (totalizando 09 núcleos por zona de amostragem e 27 núcleos em toda zona entre-maré e na franja) usando um perfurador de PVC (quatro diâmetro interno, 50 cm de comprimento), com auxílio do martelo de borracha enterrou-se o tubo até uma profundidade de 30 cm no local da amostragem e tapou-se o mesmo para que o sedimento não pudesse sair, posteriormente retirou-se o tubo e fechou-se com um plástico de modo a extrair o sedimento em diferentes profundidades e rotularam-se as amostras. As raízes e rizomas foram lavados e colocados em sacos zip lock rotulados para ao laboratório. Foram posteriormente enxaguadas com água destilada, separadas em espécies e secos em estufa de marca memmert por 72 h a temperatura de 60 °C até peso constante. Em seguida, foram pesados e os pesos secos registrados (Short and Coles, 2001).

A amostra das duas zonas foi posteriormente homogeneizada por trituração com um almofariz e pilão antes da análise de carbono (Gullstrom, *et al.*; 2018). Pesou-se 0.05 g de cada amostra incluindo o peso da amostra padrão 2-2-21. Para cada erlenmeyers de 250 ml pipetou-se cinco ml de Dicromato de potássio ( $K_2Cr_2O_7$ ). Adicionou-se dez ml do ácido sulfúrico ( $H_2SO_4$ ) para cada amostra e deixaram-se as amostras por 30 minutos. Passado os 30 minutos adicionou-se 80 ml de água destilada e três gotas do indicador. Titularam-se as amostras com o sulfato ferroso amoníaco.

O estoque (acima e abaixo do solo) foi convertido em seu equivalente de carbono conforme descrito por (Githaiga *et al.*, 2017 e Omollo *et al.*, 2022), demonstrado pela seguinte equação:

$$AGB/BGB \text{ (kg C/m}^2\text{)} = (\text{biomassa vegetal} \times (0,34))/0,25(\text{m}^2)$$

Onde:

- 0,34 é o fator de conversão de carbono,
- 0,25 m<sup>2</sup> é a área da quadrícula.

Isto é recomendado tanto no manual do Carbono azul costeiro quanto no IPCC, 2014 (Howard *et al.*, 2014 e Omollo *et al.*, 2022).

## **Estudo Comparativo do Incremento do Carbono Azul Armazenado pelas Ervas Marinhas Abaixo e Acima do Substrato nas Zonas Entre-marés e na Franja (sublitoral) a Noroeste da Cidade De Maputo.**

---

### **7.1.3. Determinação de Carbono Orgânico (C<sub>org</sub>) em Sedimentos**

Três núcleos de PVC (diâmetros internos de 4 e 50 cm de comprimento) foram usados para obter amostras de sedimentos. Com auxílio do martelo de borracha enterrou-se o tubo até uma profundidade de 30 cm no local da amostragem e tapou-se o mesmo para que o sedimento não pudesse sair, posteriormente retirou-se o tubo e fechou-se com um plástico. As amostras foram cortadas em subamostras em diferentes profundidades (0-2.5; 2.5-5; 5-25 cm) e armazenadas em sacos zip lock pré-etiquetados e levadas ao laboratório.

As amostras foram então secas em estufa de marca memmert por 72 h a 60 °C até atingir um peso constante. As amostras de sedimentos secos foram então pesadas usando uma balança de pesagem e seus pesos secos registrados. Cada amostra de sedimento seco foi posteriormente homogeneizada por trituração com um almofariz e pilão (Gullstrom, *et al*; 2018). Pesou-se 0.2 g de cada amostra incluindo o peso da amostra padrão 2-2-21. Para cada erlenmeyers de 250 ml pipetou-se cinco ml de dicromato de potássio. Adicionou-se dez (10) ml do ácido sulfúrico para cada amostra e deixou-se as amostras por 30 minutos. Passado os 30 minutos adicionou-se 80 ml de água destilada e três (3) gotas do indicador. Titulou-se as amostras com o sulfato ferroso amoníaco.

Cada amostra de sedimento foi dividida em duas subamostras para análise do carbono total e conteúdo de carbono orgânico (como percentagem de sedimento DW).

A densidade aparente seca (DBD) de cada amostra de sedimento foi calculada e todas as seções no núcleo foram reunidas.

Densidade aparente seca (DBD) (g/cm<sup>3</sup>) = peso seco da amostra (g)/volume da amostra seca do solo (cm<sup>3</sup>)

#### **Onde:**

Volume da amostra de solo seco =  $[\pi \times (\text{raio do PVC})^2] \times (\text{altura (h) da amostra})$

A densidade de carbono do solo foi calculada para todas as amostras de solo em cada núcleo e somada.

A quantidade total de carbono na área franja foi determinada somando os estoques médios de carbono de cada reservatório (até uma profundidade máxima de 30 cm) e multiplicando-o pela área de tapetes de ervas marinhas na área abaixo das marés. As variabilidades e os erros

## **Estudo Comparativo do Incremento do Carbono Azul Armazenado pelas Ervas Marinhas Abaixo e Acima do Substrato nas Zonas Entre-marés e na Franja (sublitoral) a Noroeste da Cidade De Maputo.**

---

associados às medições foram determinados calculando o desvio padrão para cada poça e multiplicando-o pela área abaixo das marés.

### **7.2. Análise de Dados**

As partes de ervas marinhas, após a evaporação, foram medidas para o peso seco e registada respectivamente. Os resultados da pesagem a seco foram utilizados para determinação da biomassa e tratados com a seguinte equação (Fourqurean *et al*, 2012):

Carbono no componente de biomassa viva (kg C / m<sup>2</sup>) = (Biomassa estimada da planta x factor de conversão de carbono (0,34)) / área da parcela (m<sup>2</sup>).

A percentagem do carbono e matéria orgânica foi obtida pela formula:

$$C = 0,396 \times [T] \times \frac{(V \times \text{Ensaio em branco} - VTA)}{\text{Peso}}$$

**Peso**

$$M.O = 0,6827 \times [T] \times \frac{(V \times \text{Ensaio em branco} - VTA)}{\text{Peso}}$$

**Peso**

**Onde:**

C - Carbono

M.O - Matéria orgânica

T- Concentração de amostra

### **7.3. Análise estatística**

A análise estatística da biomassa das espécies e dos tapetes de ervas marinhas foram feitas no Excel 2016 A biomassa total dos tapetes de ervas marinhas e a biomassa de cada espécie nos tapetes foram comparadas usando o teste ANOVA (Dias, 2005). Em todos os testes estatísticos, o nível de significância foi fixado em  $\alpha$  0,05. O teste Anova assume que todos os dados são normalmente distribuídos e que as variâncias das amostras são homogêneas (Mafambissa, 2004). O processamento no computador fornece os valores do teste F, os graus de liberdade, os valores do P que fornece o nível de significância das diferenças observadas através do teste ANOVA a três níveis nomeadamente:  $p \leq 0.05$  (estatisticamente significante),  $p < 0.01$  (estatisticamente altamente significante) e  $p < 0.001$  (estatisticamente muito altamente significante) (Mafambissa, 2004), e os desvios padrão.

**Estudo Comparativo do Incremento do Carbono Azul Armazenado pelas Ervas Marinhas Abaixo e Acima do Substrato nas Zonas Entre-marés e na Franja (sublitoral) a Noroeste da Cidade De Maputo.**

**8.Resultados**

**8.1. Zonas de coleta e suas características**

Durante a actividade de coleta de dados, dividiu-se os tapetes de ervas marinhas em três pontos com dez (10m) de distância em uma única área como ilustra a tabela 1 de caracterização dos pontos de amostragem abaixo:

**Tabela 1: : caracterização dos pontos de amostragem**

Áreas (A) e pontos (P)		Espécies de ervas marinhas observadas	Turbidez da água	Características gerais
A1	P1	<i>H. ovalis</i> , <i>Z. capensis</i> e <i>H. uninervis</i> ,	Água turva	Cobertura fraca; tapete com mais de 50m; Ervas submersa; Fraca presença de colectores de invertebrados.
	P2	<i>H. ovalis</i> e <i>H. uninervis</i> ,	Água muito turva	
	P3	<i>H. ovalis</i> , <i>Z. capensis</i> e <i>H. uninervis</i> ,	Água muito turva	
A2	P1	<i>Cymodocea serrulata</i> e <i>Ulva lactuca</i>	Água transparente	Ervas submersa; Areia mole e escura; Tapete com mais de 100m; Sem colectores de invertebrados; Baixa diversidade; Tapete mono-específico
	P2	<i>Cymodocea serrulata</i>	Água transparente	
	P3	<i>Cymodocea serrulata</i> e <i>Caulerpa taxifolia</i> .	Água transparente	
	P1	<i>H. uninervis</i> e <i>Ulva lactuca</i> .	Água transparente	Ervas mergulhadas;

**Estudo Comparativo do Incremento do Carbono Azul Armazenado pelas Ervas Marinhas Abaixo e Acima do Substrato nas Zonas Entre-marés e na Franja (sublitoral) a Noroeste da Cidade De Maputo.**

A3	P2	<i>H. ovalis</i> , <i>H. uninervis</i> e <i>Ulva lactuca</i> .	Água transparente	Tapete com mais de 80m, Perto de floresta do mangal; Tapete disperso e não muito denso.
	P3	<i>H. uninervis</i> e <i>Ulva lactuca</i> .	Água transparente	
A4	P1	<i>H. uninervis</i> e <i>Cymodocea serrulata</i>	Água muito transparente	Tapete misto e denso; Tapete com mais de 200m; Ervas sempre submersas; Fraca presença de colectores de crustáceos.
	P2	<i>Cymodocea serrulata</i>	Água muito transparente	
	P3	<i>H. uninervis</i> , <i>C. serrulata</i> , <i>Ulva lactuca</i> e <i>Caulerpa taxifolia</i> .	Água muito transparente	
A5	P1	<i>H. ovalis</i> e <i>H. uninervis</i> .	Água turva	Cobertura fraca; Tapete com mais de 100m; Ervas semi-submersas; Forte presença de colectores de invertebrados.
	P2	<i>H. ovalis</i> e <i>H. uninervis</i> .	Água transparente	
	P3	<i>H. ovalis</i> e <i>Ulva lactuca</i> .	Água turva	
	P1	<i>Cymodocea serrulata</i> , <i>Caulerpa taxifolia</i> e <i>H. uninervis</i> .	Água transparente	Cobertura forte; Tapete com mais de 100m;

**Estudo Comparativo do Incremento do Carbono Azul Armazenado pelas Ervas Marinhas Abaixo e Acima do Substrato nas Zonas Entre-marés e na Franja (sublitoral) a Noroeste da Cidade De Maputo.**

A6	P2	<i>Cymodocea serrulata</i> , <i>Ulva lactuca</i> , <i>Caulerpa taxifolia</i> e <i>H. uninervis</i>	Água muito transparente	Ervas sempre submersa; Fraca presença de colectores de invertebrados.
	P3	<i>Cymodocea serrulata</i> e <i>H. uninervis</i> .	Água transparente	

As áreas acima citadas foram escolhidas aleatoriamente em cada zona que passo a caracterizar:

**8.2. Zona entre-marés (constituído pelas áreas 1, 3 e 5)**

Localizada na entrada da praia, foi uma das primeiras zonas de colecta que constitui a primeira faixa de tapetes mistos de ervas marinhas com folhas pequenas e finas que fica totalmente exposto durante a maré baixa em alguns pontos. É uma zona de acesso fácil e com uma fraca densidade de ervas marinhas das espécies *Halodule uninervis*, *Zostera capensis*; e forte dominância da espécie *Halophila ovalis* e algumas espécies de algas que formam associações entre si.

**8.3. Zona franja sublitoral (constituído pelas áreas 2, 4 e 6)**

Foi a zona de colecta de amostra, de um tapete misto de ervas marinhas composta por três espécies: *H. uninervis*, *H. ovalis* e *C. serrulata* cuja espécie *Halodule uninervis* a menos abundante e associada à espécie *Cymodocea serrulata*, sendo esta a associação mais amplamente distribuída ao longo do tapete. Observou-se também uma associação com duas espécies de algas nomeadamente: *Ulva lactuca* e *Caulerpa taxifolia*.

Este tapete de ervas marinhas encontra-se geralmente inundada independentemente da amplitude da maré (aproximadamente 1m de profundidade na maré vazia), com folhas grandes, e bem desenvolvidas comparativamente aos tapetes da primeira zona de colecta que fica geralmente exposta durante a maré vazia.

**8.4. Associação e comunidade de ervas marinhas**

Foram identificadas quatro espécies de ervas marinhas pertencentes a três famílias, nas 60 quadrículas amostradas em seis tapetes de ervas marinhas na Baía de Maputo (anexo um).

**Estudo Comparativo do Incremento do Carbono Azul Armazenado pelas Ervas Marinhas Abaixo e Acima do Substrato nas Zonas Entre-marés e na Franja (sublitoral) a Noroeste da Cidade De Maputo.**

As espécies identificadas dentro das quadrículas foram: *Halophila ovalis*, *Halodule uninervis*, *Cymodocea serrulata* e *Zostera capensis* e Sendo a *Cymodocea serrulata*, *Halophila ovalis* e *Halodule uninervis* as espécies mais comumente distribuídas e algumas associadas entre si ao longo da praia tal como ilustra a tabela 2 zona dos locais de amostragem, número de amostras colhidas e espécies de ervas marinhas identificadas na baía de Maputo. Foi também possível observar dentro dos tapetes de ervas marinhas amostrados duas espécies *Thalassodendron ciliatum* e *Thalassia hemprichii*. Em média ocorrem dois a três espécies de ervas marinhas por tapete, havendo tapetes monoespecíficos constituídos por *Cymodocea serrulata*.

**Tabela 2-Zona dos locais de amostragem, número de amostras colhidas e espécies de ervas marinhas identificadas na baía de Maputo.**

Zona	Áreas	Pontos	Número de amostra	Número de espécies nos pontos	Espécies de ervas marinhas
Entre-maré	1	3	10	3	<i>Ho, Zc, Hu</i>
	3	3	10	2	<i>Hu e Ho</i>
	5	3	10	2	<i>Hu e Ho</i>
Franja (sublitoral)	2	3	10	1	<i>Cs</i>
	4	3	10	2	<i>Hu, Cs</i>
	6	3	10	2	<i>Hu e Cs</i>

A espécie *Halophila ovalis* foi a mais comum na zona entre-maré ocorrendo quase em todos os tapetes, seguida da espécie *Halodule uninervis* por último a espécie *Zostera capensis* que está quase em extinção sendo observado apenas em um tapete.

**Carbono acima do solo das ervas marinhas**

O estoque médio de carbono acima do solo em tapetes de ervas marinhas nas zonas entre-marés e franja foi  $0.21 \pm 0.008$  Mg C e  $0.16 \pm 0.0006$  Mg C respectivamente.

## Estudo Comparativo do Incremento do Carbono Azul Armazenado pelas Ervas Marinhas Abaixo e Acima do Substrato nas Zonas Entre-marés e na Franja (sublitoral) a Noroeste da Cidade De Maputo.

### 8.5 Carbono Subterrâneo das Ervas Marinhas

A concentração média de carbono abaixo do solo em tapetes de ervas marinhas nas zonas entre-marés e Franja foi  $0.23 \pm 0.0009$  Mg C e  $0.18 \pm 0.0007$  Mg C respectivamente. Os estoques de carbono abaixo do solo nas duas zonas (entre-marés e franja) foram significativamente maiores (ANOVA:  $F_{3,190727} = 9.158825$ ;  $p < 0.001$  e ANOVA:  $F_{3,190727} = 3.549725$ ;  $p < 0.001$  ) do que os estoques de carbono acima do solo (ANOVA:  $F_{3,932438} = 0.502665$ ;  $p < 0.05$  e ANOVA:  $F_{7,708647} = 0.281992$ ;  $p < 0.05$  ) (Figura 1 e 2). O carbono total médio na zona entre-marés e na franja foi  $0.17 \pm 0.0006$  Mg C e  $0.13 \pm 0.0005$  Mg C espectivamente.

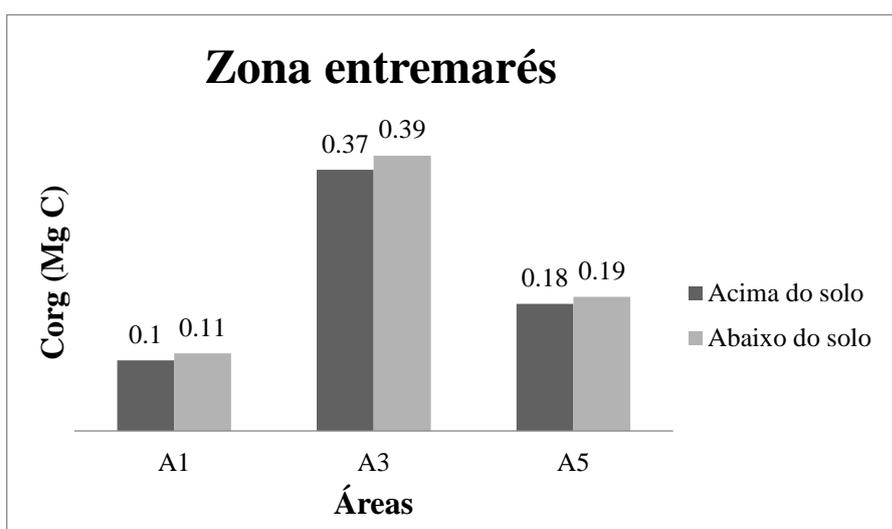


Figura 2:- ilustra os estoques de carbono abaixo e acima do solo nas três áreas dos tapetes de ervas marinhas na zona entre-marés da Baía de Maputo.

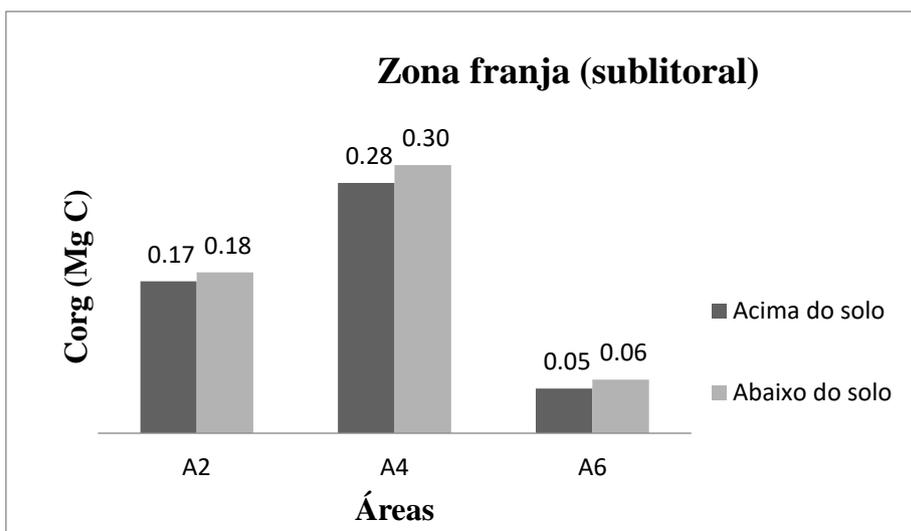
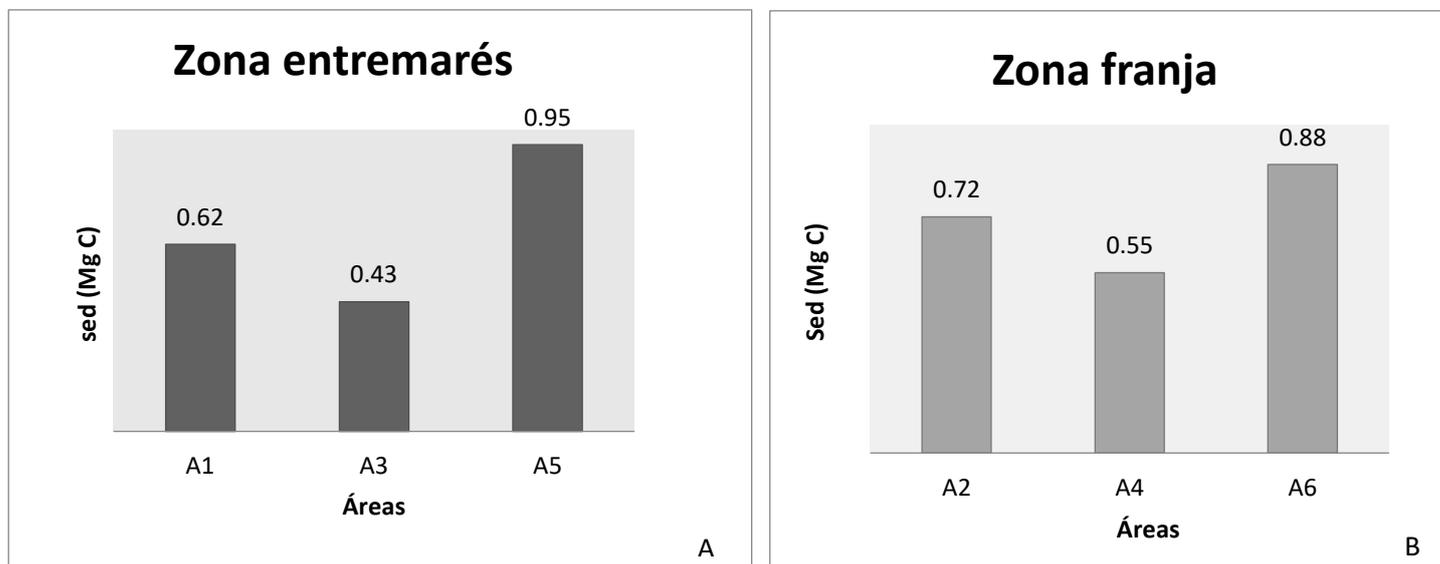


Figura 3-ilustra os estoques de carbono abaixo e acima do solo nas três áreas dos tapetes de ervas marinhas na zona franja da Baía de Maputo.

## Estudo Comparativo do Incremento do Carbono Azul Armazenado pelas Ervas Marinhas Abaixo e Acima do Substrato nas Zonas Entre-marés e na Franja (sublitoral) a Noroeste da Cidade De Maputo.

### 8.6. Carbono no sedimento de espécies de ervas marinhas

O estoque médio de carbono nos sedimentos nas áreas entre-marés e na franja de ervas marinhas foi de  $0,6 \pm 0,02$  Mg C e  $0,7 \pm 0,002$  Mg C.

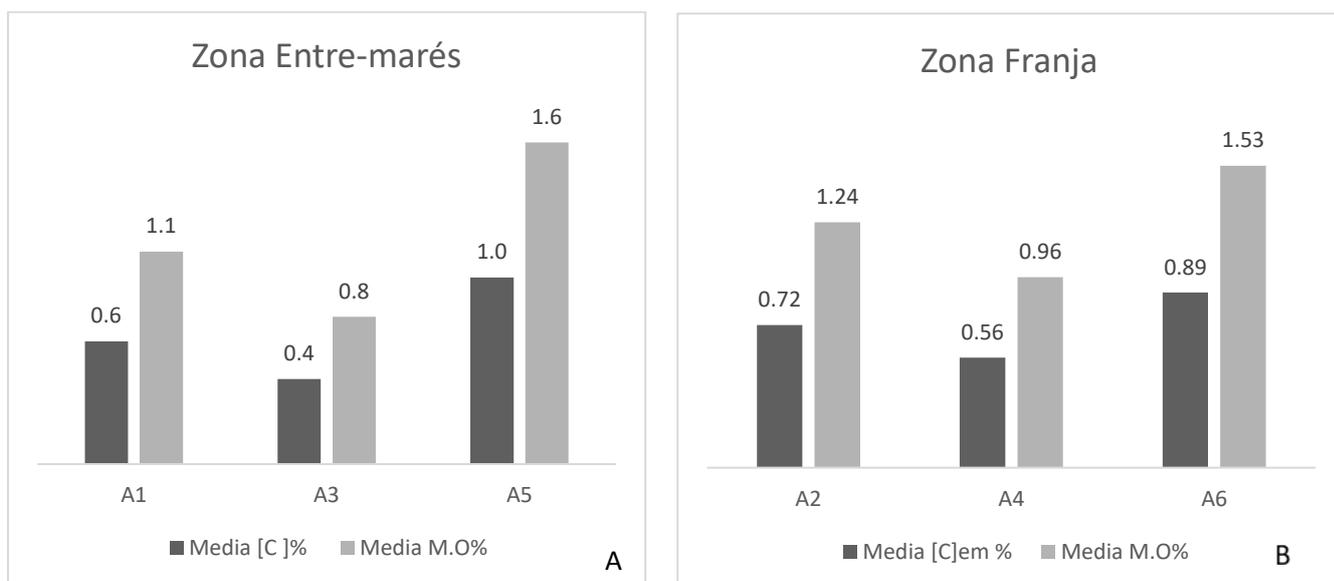


**Figuras 4.** estoque de Corg em sedimentos de tapetes de ervas marinhas nas duas zonas (A e B).

Espera-se que cada aumento unitário da M.O o carbono aumentará em 0.579347, a concentração média de carbono seja igual a -0.00427 quando a M.O for nula e espera-se também que quanto maior for a M.O maior será o carbono  $0.579347 > 0$  (Gráfico 4).

Entre as zonas entre-marés e franja há diferenças significativas (ANOVA:  $F_{1,07E-53} = 37.27778$ ;  $p < 0.001$  e ANOVA:  $F_{3,930692} = 23.56058$ ;  $p < 0.001$ ) pois existem evidências estatísticas suficientes para se rejeitar a HO de que as médias das amostras entre o carbono e M.O são iguais a um nível de significância 5%.

**Estudo Comparativo do Incremento do Carbono Azul Armazenado pelas Ervas Marinhas Abaixo e Acima do Substrato nas Zonas Entre-marés e na Franja (sublitoral) a Noroeste da Cidade De Maputo.**



**Figuras 5.** Médias de concentração de C e M.O em tapetes de ervas marinhas nas duas zonas (A e B).

**8.7. Densidade e percentagem da cobertura de ervas marinhas**

O estoque de carbono nas ervas marinhas nas duas zonas seleccionadas para o estudo, foi também associado para abundância de cada área como ilustra a tabela abaixo:

**Tabela 3: Densidade média de brotos e percentagem da cobertura de ervas marinhas**

Abundância	Zona entre-marés	Zona da franja
brotos (densidade de brotos /m2)	1,49	1,24
Percentagem	0,13	0,16

**9. Discussão**

**9.1. Composição das espécies, distribuição e abundância de ervas marinhas**

O presente estudo identificou dentro das quadrículas três espécies de ervas marinhas: *C. Serrulata*, *H. uninervis* e *H. ovalis* na zona sublitoral da Baía de Maputo no bairro dos pescadores e uma especie *T. cilliatun* distribuida ao longo do tapete. Verificou-se que estas espécies ocorrem como povoamentos de espécies únicas (tapetes monoespecíficos) ou mistas. Na zonaa entre-marés foi possivel observar dentro das quadrículas três espécies de ervas marinhas: *Z. capensis*, *H. uninervis* e *H. ovalis* e uma especie de *T. hemprichii* distribuida ao longo do tapete.

## **Estudo Comparativo do Incremento do Carbono Azul Armazenado pelas Ervas Marinhas Abaixo e Acima do Substrato nas Zonas Entre-marés e na Franja (sublitoral) a Noroeste da Cidade De Maputo.**

---

Estudos anteriores (Bandeira e Paula, 2014) relataram nove espécies de ervas marinhas na baía *Cymodocea rotundata*, *C. serrulata*, *Halodule uninervis*, *Syringodium isoetifolium*, *Thalassodendron ciliatum*, *T. leptocaula* (Cymodoceaceae), *Halophila ovalis*, *Thalassia hemprichens* (Hydrocharitaceae) e *Zostera capensis* (Zosteraceae) das quais quatro ocorrendo no Bairro dos Pescadores e Costa de Sol (noroeste da Baía de Maputo) dominadas por *Z. Capensis*, *Halophila ovalis*, *H. Uninervis* e *Cymodocea serrulata*. Embora neste estudo, a *Zostera capensis* foi bastante escassa e uma das espécies recentemente avaliada globalmente como vulnerável nas categorias da Lista Vermelha da IUCN (Short *et al.*, 2011), devido a inundação de áreas estuarinas, sedimentação, poluição e colheita de marisco, especialmente bivalves (Bandeira e Gell, 2003).

### **9.2. Carbono de erva marinha acima do solo**

O carbono médio de ervas marinhas na zona entre-marés e na franja na Baía de Maputo foi ( $0,21 \pm 0,008$  Mg C), e ( $0,16 \pm 0,0006$  Mg C) respectivamente. Conforme relatado por (Fourqurean *et al.*, 2012), a diferença na biomassa acima do solo observada entre as duas zonas é devido a diferenças nas características das espécies, que afectam as taxas de fotossíntese, produtividade e acúmulo de biomassa (Githaiga *et al.*, 2017 e Omollo, *et al.*, 2022). Entretanto, espécies de grande porte, como *C. Serrulata* e *T. hemprichii*, tendem a ter maior biomassa quando comparadas a menores espécies (*Halophila ovalis*) (Omollo, *et al.*, 2022).

Segundo Palacios *et al.*, (2021), a espécie de menor porte (*H. Ovalis*), registou os estoques acima do solo médio mais baixo  $0,016 \pm 0,02$  Mg C ha<sup>-1</sup>, o que não foi possível determinar no presente estudo. As diferenças observadas no carbono acima do solo podem ser atribuídas ao tamanho da amostra e composição de espécies. A biomassa acima do solo é geralmente insignificante, uma vez que as folhas de ervas marinhas são rapidamente decompostas e/ou rapidamente exportadas dos tapetes de ervas marinhas através do movimento das águas das marés (Howard *et al.*, 2014).

### **9.3. Carbono Subterrâneo de Ervas Marinhas**

O carbono médio abaixo do solo de ervas marinhas na zona entre-marés e na franja na Baía de Maputo foi ( $0,23 \pm 0,0009$  Mg C), e ( $0,18 \pm 0,0007$  Mg C) respectivamente. O carbono orgânico abaixo do solo das ervas marinhas nas duas zonas da Baía mostram uma ligeira diferença. A variação entre habitats é frequentemente atribuída a diferenças nas condições

## **Estudo Comparativo do Incremento do Carbono Azul Armazenado pelas Ervas Marinhas Abaixo e Acima do Substrato nas Zonas Entre-marés e na Franja (sublitoral) a Noroeste da Cidade De Maputo.**

---

ambientais que influenciam o crescimento das ervas marinhas, como luz, temperatura e suprimento de nutrientes (Lavery *et al.*, 2013 e Miyajima *et al.*, 2015).

As áreas na zona franja não exibem grandes diferenças na produtividade ou acúmulo de biomassa abaixo do solo. Por outro lado o carbono orgânico abaixo do solo foi significativamente maior do que o carbono acima do solo e é consistente com observações de estudos dos outros autores (Juma, 2020). (Gullstrom *et al.*, 2018, Dahl *et al.*, 2016) relataram uma relação significativa entre a biomassa subterrânea e carbono sedimentar nos tapetes de ervas marinhas. Portanto a biomassa abaixo do solo geralmente domina a biomassa total e garante o influxo de matéria orgânica resistente à decomposição, rica em lignina, para o sedimento reservatório de carbono (Serrano *et al.*, 2014). Em escala global, a biomassa viva de ervas marinhas abaixo do solo representa apenas 0,3% do total do armazenamento de carbono orgânico encontrado abaixo da superfície (Howard *et al.*, 2014).

### **9.4. Estoques de Carbono Orgânico em Sedimentos**

O  $C_{org}$  no sedimento de ervas marinhas nas zonas entre-marés e franja no bairro dos pescadores obteve uma média de  $60 \pm 2.4$  Mg C e  $70 \pm 2,8$  Mg C respectivamente.

Muito desse carbono pode ser alóctone, dada à biomassa relativamente baixa, apoiando ainda mais a exportação de matéria orgânica nas áreas subtidaais das florestas de mangal e área entre-marés através de acção das marés (Omollo *et al.*, 2022). As ervas marinhas na zona da franja encontram-se maioritariamente submersas e com atividades fotossintéticas reduzidas (Serrano *et al.*, 2014), culminando em baixos incrementos de biomassa. No entanto, através do processo alóctone, o reservatório de carbono sedimentar em tapetes de ervas marinhas subtidaais pode ser enriquecido por carbono orgânico dos mangais próximos e outros ecossistemas terrestres (Palacios *et al.*, 2021). Normalmente, o transporte de matéria orgânica e sedimentos finos dos mangais diminuem com o aumento da distância dos riachos margeados por mangais (Huxham *et al.*, 2018).

Segundo alguns autores (Omollo *et al.*, 2022) relatam que as concentrações de carbono no sedimento geralmente são relativamente maiores nos primeiros dez cm e diminuem com a profundidade. O carbono total armazenado no sedimento das ervas marinhas nas zonas entre-marés e da franja da Baía de Maputo foi estimado em 2 Mg C e 2,15 Mg C respectivamente

## **Estudo Comparativo do Incremento do Carbono Azul Armazenado pelas Ervas Marinhas Abaixo e Acima do Substrato nas Zonas Entre-marés e na Franja (sublitoral) a Noroeste da Cidade De Maputo.**

---

Em ervas marinhas menores e de rápido crescimento, como *Z. capensis* e *H. ovalis*, o C orgânico sedimentar é derivado principalmente de fontes alóctones, como sedimentos finos do fluxo de rios e micro e macroalgas, enquanto o C autóctone (biomassa e detritos) contribui pouco para o reservatório de C. (Serrano *et al.*, 2016b e Mazarrasa *et al.*, 2018). É provável que as diferenças nas fontes alóctones de C sejam um dos principais contribuintes para a variabilidade espacial nos estoques de C encontrados neste estudo

Isto é suportado pela turbidez relativamente mais alta na zona entre-marés. Os estoques de 30 cm nas duas zonas na Baía de Maputo (0,15 Mg C ha<sup>-1</sup> e 0,175 Mg C ha<sup>-1</sup>), não são semelhantes aos estoques médios de 1 m de WIO (116 ± 24,1 Mg C ha<sup>-1</sup> (Palacios *et al.*, 2021), no entanto, em comparação com avaliações baseadas nos outros países, os estoques de carbono da Baía de Maputo são comparativamente menores do que Zanzibar a 33,9 ± 7,7 Mg C ha<sup>-1</sup> e Tanzânia a 40,14 ± 3,45 toneladas C ha<sup>-1</sup> (Palacio *et al.*, 2021) e em todo o país nacional (Moçambique) a 28,99 ± 13,70 toneladas C ha<sup>-1</sup> na região WIO (Omollo *et al.*, 2022).

O enriquecimento de nutrientes também representa uma ameaça para as populações de ervas marinhas. A eutrofização e a potencial proliferação de fitoplâncton e macroalgas resultante não só competem com as ervas marinhas por luz e nutrientes, mas podem diminuir a produtividade das ervas marinhas e deslocar os leitos de ervas marinhas através do sombreamento e sufocamento (Serrano *et al.*, 2016b).

O maior reservatório de carbono nos ecossistemas de ervas marinhas é o carbono do sedimento. O carbono orgânico no sedimento é mais estável e pode ser armazenado por milênios, em contraste com o armazenado na biomassa viva (Fourquren *et al.*, 2012). A proximidade de mangais e tapetes de ervas marinhas, combinada com hidrodinâmica e geomorfologia, necessita da inclusão de material alóctone no sedimento do ecossistema de ervas marinhas (Huxham *et al.*, 2018). No entanto, o presente estudo não avaliou as fontes de carbono dentro das duas zonas (entre-marés e franja), que pode ser um fator de influência importante que determina os estoques de carbono (Macreadie *et al.*, 2014).

Os tapetes de ervas marinhas geralmente têm solos ricos em matéria orgânica que variam de dez cm a mais de três m de profundidade e a perturbação dos solos ricos em orgânicos devido ao uso da terra e às mudanças climáticas nos ecossistemas costeiros provavelmente afetarão

## **Estudo Comparativo do Incremento do Carbono Azul Armazenado pelas Ervas Marinhas Abaixo e Acima do Substrato nas Zonas Entre-marés e na Franja (sublitoral) a Noroeste da Cidade De Maputo.**

---

camadas mais profundas através de drenagem, oxidação, colapso, elevação do nível do mar, entre outros. (Pendleton *et al.*, 2012).

As perturbações diretas e de longo prazo têm o maior impacto negativo nas reservas de carbono do solo por unidade de área, destacando que as ações de gestão imediatas após as perturbações para recuperar a cobertura das ervas marinhas podem reduzir significativamente as emissões de CO<sub>2</sub> do solo.

### **10. Limitações**

- Quebra do tubo PVC o que limitou o enterramento do mesmo para a extração do sedimento a uma profundidade de 50cm.

### **11. Conclusão**

O parâmetro ambiental observado entre as duas zonas foi: a turbidez da água na zona entre-marés. Esta área entre-maré está exposta a uma maior acção das ondas, tornando-a vulnerável à erosão e à redução da sedimentação, bem como à exportação de detritos e material orgânico. Além disso, as ervas marinhas compostas por folhas curtas e estreitas em áreas entre-marés são menos eficientes na captura de partículas suspensas do que as espécies de ervas marinhas maiores e mais produtivas em áreas subtidais, resultando em menor deposição de C orgânico em seus sedimentos.

Os estoques de carbono são armazenados abaixo e acima do substrato nas ervas marinhas entre as duas áreas em estudo. Observou-se que o sedimento é o maior reservatório de carbono nas duas zonas entre-marés e franja com ( $0,23 \pm 0,0009$  Mg C), e ( $0,18 \pm 0,0007$  Mg C) respectivamente, embora em concentração de carbono não muito elevada, seguido por biomassa abaixo do solo e por fim biomassa acima do solo ( $0,21 \pm 0,008$  Mg C), e ( $0,16 \pm 0,0006$  Mg C) respectivamente em todas as zonas, embora espécies diferentes tenham diferentes capacidades para sequestrar carbono.

Os ecossistemas de ervas marinhas fornecem inúmeros bens e serviços, e seu papel como sumidouros de carbono activos apresenta uma solução baseada na natureza para mitigação das mudanças climáticas. Portanto é fundamental melhorar e ou manter a integridade dos ecossistemas de ervas marinhas para melhorar os meios de subsistência, conservação da biodiversidade e regulação o clima.

## **Estudo Comparativo do Incremento do Carbono Azul Armazenado pelas Ervas Marinhas Abaixo e Acima do Substrato nas Zonas Entre-marés e na Franja (sublitoral) a Noroeste da Cidade De Maputo.**

---

### **13. Recomendações**

Recomenda-se:

- Estudo de avaliação do stock de carbono azul usando outros métodos e aumento de período de colecta das amostras;
- avaliações do carbono azul abaixo e acima do solo (armazenamento e sequestro) e sua variabilidade entre diferentes ecossistemas;
- Criar-se um plano de manejo para as espécies de ervas marinhas pois são muito eficientes para o sequestro e armazenamento do carbono;
- Implementação de uma lei que proteja os tapetes de ervas marinhas das actividades antropogénicas que naquele local existem;
- Sensibilização da comunidade local na importância da conservação de tapetes de ervas marinhas e mitigação de mudanças climáticas.
- São necessários mais estudos que avaliem as ameaças de mudança global sobre a capacidade de sumidouro de carbono das ervas marinhas para ajudar a uma absorção mais ampla das ervas marinhas nos quadros políticos do carbono azul.

### **14. Referências Bibliográficas**

- 1 Airoidi, L. (2001). Distribution and morphological variation of low-shore algal turfs. *Marine Biology* 138: 1233-1239.
- 2 Alemu, J. B, S. M. Yaakub, E. S. Yando, R. Y. S. Lau, C. C. Lim, J. Y. Puah, D. A. (2022). Friess Geomorphic gradients in shallow seagrass carbon stocks *Estuar. Coast. Science Shelf.* 265, p. j. ecss.2021.
- 3 Amone-Mabuto, M., S. Bandeira & A. da Silva (2017). Long-Term Changes in Seagrass Coverage and Pontential Links to Climate- Related Factors: The Case of Inhambane Bay, Southern Mozambique. *WIO Journal of Marine Science.* Vol. 12, UEM, Maputo.
- 4 Armitage, A. R., and Fourqurean, J. W. (2016). Carbon storage in seagrass soils: long-term nutrient history exceeds the effects of near-term nutrient enrichment. *Biogeosciences* 13, 313–321. doi: 10.5194/bg-13-313-2016.
- 5 Bandeira, S & Paula, J (2014). The Maputo Bay ecosystem. WIOMSA, Zanzibar Town,427 pp.

**Estudo Comparativo do Incremento do Carbono Azul Armazenado pelas Ervas Marinhas Abaixo e Acima do Substrato nas Zonas Entre-marés e na Franja (sublitoral) a Noroeste da Cidade De Maputo.**

---

- 6 Bandeira, S. O. (2000). Diversity and ecology of seagrasses in Mozambique: Emphasis on Thalassodendron ciliatum structure, dynamics, nutrients and genetic variability. PhD Thesis, Goteborg, Goteborg University.
- 7 Bandeira, S., M. Gullstrom., H. Balidy., D. Samussone., D. Cossa (2014). Seagrass Meadows in Maputo Bay. In: Bandeira, S. e J. Paula (editores.) The Maputo Bay Ecosystem. Pp 147-169. Zanzibar Town, WIOMSA.
- 8 Bandeira, S., O. Gell (2003). The Seagrass of Mozambique and Southeastern Africa, World Atlas of Seagrass, 293 pp, California, UNEP/WCMC.
- 9 Barbier, E. B., Hacker, S. D., Kennedy, C., Koch, E. W., Stier, A. C., & Silliman, B. R. (2011). The value of estuarine and coastal ecosystem services. *Ecological Monographs*, **81**, 169–193.
- 10 Belshe, E. F., Mateo, M. A., Gillis, L., Zimmer, M., & Teichberg, M. (2017). Muddy waters: Unintentional consequences of blue carbon research obscure our understanding of organic carbon dynamics in seagrass ecosystems. *Frontiers in Marine Science*, **4**, 1–9.
- 11 Bjork, M., F. Short., E. Mcleod., S. Beer (2008). Managing Seagrasses for Resilience to Climate Change. 56pp, Gland Switzerland, IUCN.
- 12 Cebrian, J. (1999). Patterns in the fate of production in plant communities. *The American Naturalist* 154, 449–468.
- 13 Dahl, M., D. Deyanova., D. L. Lyimo., J. Neaslund., G. S. Samuelsson., M. S. P. Mtolera., M. Bjork & M. Gullstrom (2016). Effects of shading and simulated grazing on carbon sequestration in a tropical seagrass meadow. *Journal of Ecology*, 104, 654–664.
- 14 Dias, V. L. (2005). Diversidade, Distribuição e Biomassa de Ervas Marinhas na Baía de Bazaruto. Trabalho de licenciatura. Universidade Eduardo Mondlane.
- 15 Duarte CM, Kennedy H, Marbe N, Hendricks I (2011). Assessing the capacity of seagrass meadows for carbon burial: current limitations and future strategies. *Ocean Coast Manag* 51: 671–688.
- 16 Duarte, C. M., & Prairie, Y. T. (2005). Prevalence of Heterotrophy and Atmospheric CO<sub>2</sub> Emissions from Aquatic Ecosystems. *Ecosystems*, 8(7), 862-870.
- 17 Duarte, C. M., N. Marbà, E. Gacia, J. W. Fourqurean, J. B., C. Barrón, and E. T. Apostolaki, (2010). Seagrass community metabolism: Assessing the carbon sink capacity of seagrass meadows, *Global Biogeochem. Cycles*, 24, 1–8,

**Estudo Comparativo do Incremento do Carbono Azul Armazenado pelas Ervas Marinhas Abaixo e Acima do Substrato nas Zonas Entre-marés e na Franja (sublitoral) a Noroeste da Cidade De Maputo.**

---

- 18 Duarte, C. M., Kennedy, H., Marbà, N., & Hendriks, I. (2013). Assessing the capacity of seagrass meadows for carbon burial: Current limitations and future strategies. *Ocean & Coastal Management*, **83**, 32–38.
- 19 Duarte, M. C., M. M. Romeiras & S. Bandeira. (2012). Ecossistemas Costeiros De Moçambique: Biodiversidade, Distribuição E Conservação Dos Prados Marinhos. Atas do Congresso Internacional *Saber Tropical Em Moçambique: História, Memória E Ciência*.
- 20 Duffy, J. E., J. J. Stachowicz, P. L. Reynolds, K. A. Hovel, M. Jahnke, E. E. Sotka, C. Bostrom, K. E. Boyer, M. Cusson, J. Eklof, A. H. Engelen, B. K. Eriksson, F. Joel Fodrie, J. N. Griffin, C. M. Hereu, M. Hori, A. Randall Hughes, M. V. Ivanov, P. Jorgensen, J. L. Olsen. (2022), A Pleistocene legacy structures variation in modern seagrass ecosystems Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 119 (32) pp.
- 21 Fourqurean, J. W., C. M. Duarte., H. Kennedy., N. Marba., M. Holmer., M. A. Mateo, & O. Serrano (2012a). Seagrass Ecosystems as a Globally Significant Carbon Stock. *Nature Geoscience*, 5(7), 505.
- 22 Fourqurean, J. W., C. M. Duarte, H. Kennedy, N. Marba, M. Holmer, M. Angel Mateo, E. T. Apostolaki, G. A. Kendrick, D. Krause-Jensen, K. J. McGlathery, O. Serrano. (2012). Seagrass ecosystems as a globally significant carbon store *Nat. Geosciences*. 5 pp. 505 – 509.
- 23 Fourqurean, J.W., B. Johnson, J.B. Kauffman, H. Kennedy, C.E. Lovelock, J.P. Megonigal, A. Rahman, N. Saintilan, M. Simard. (2019). Coastal blue carbon Habitat Conservation, Ci. 860pp.
- 24 Frascchetti, S.; Terlizzi, A.; Benedetti-Cecchi, L. (2005). Patterns of distribution of marine assemblages from rocky shores: evidence of relevant scales of variation. *Marine Ecology Progress Series* 296: 13-29.
- 25 Gattuso, J. P. B. Gentili, C. M. Duarte, J. A. Kleypas, J. J. Middelburg, D. Antoine. (2006). Light availability in the coastal ocean: impact on the distribution of benthic photosynthetic organisms and contribution to primary production. *Biogeosciences*, 3, pp. 489-513,10.5194/bg-3-489.

**Estudo Comparativo do Incremento do Carbono Azul Armazenado pelas Ervas  
Marinhas Abaixo e Acima do Substrato nas Zonas Entre-marés e na Franja (sublitoral)  
a Noroeste da Cidade De Maputo.**

---

- 26 Githaiga M.N., J.G. Kairo., L. Gilpin., M. Huxham. (2017). Carbon storage in the seagrass meadows of Gazi Bay, Kenya. *PLoS One.*;12 (5): e0177001. Published 2017 May 10. doi:10.1371 / journal.
- 27 Goudie, A. S. (2013). Human impact on the natural environment past, present and future. Editora Wiley-Blackwell. 422pp.
- 28 Green, E.P. and F.T. Short. (2003). World Atlas of Seagrasses. Prepared by the UNEP World Conservation Monitoring Centre, University of California Press, Berkely, USA.
- 29 Greiner, J. T., K. J. McGlathery., J. Gunnell & B. A. McKee. (2013). Seagrass Restoration Enhances Blue Carbon Sequestration in Coastal Waters <https://doi.org/10.1371/journal>. Acessado no dia 23 de Abril de 2021.
- 30 Gullstrom, M., L. D. Lyimo., M. Dahl., S. S Goran., M Eggertsen., E Anderberg., L. M. Rasmusson., H. W. Linderholm., A. Knudby., S. Bandeira., L. Mtwana., Nordlund & M. Bjork. (2017). Blue Carbon Storage in Tropical Seagrass Meadows Relates to Carbonate Stock Dynamics, Plant–Sediment Processes, and Landscape. Context: Insights from the Western Indian Ocean.
- 31 Gullstrom, M., L.D. Lyimo., M. Dahl., G.S.Samuelsson., M. Eggertsen., E. Anderberg., L.M. Rasmusson., H.W. Linderholm., A. Knudby., Bandeira, S. (2018) Blue carbon storage in tropical seagrass meadows relates to carbonate stock dynamics, plant–sediment processes, and landscape context: Insights from the western Indian Ocean. *Ecosystems*, 21, 551–566. Acessado no dia 20 de Abril de 2021.
- 32 Gumusay, M. U, T. Bakirman, I. T. Kizilkaya, N. O. Oykut. (2019). A review of seagrass detection, mapping and monitoring applications using acoustic systems. *EUR. J. Remote Sensing*, 52 pp.10.1080/22797254.2018.1544838.
- 33 Harley, C. D.G., A. R. Hughes, K. M. Hultgren, B. G. Miner, C. J. B. Sorte, C. S. Thornber, Laura F. Rodriguez, L. Tomanek, S. L. Williams. (2006). The impacts of climate change on coastal marine systems *Eco. Let's go*. 9, pp. 228 – 241.
- 34 Heiri O, Lotter AF, Lemcke G. (2001). Loss on ignition as a method for estimating organic and carbonate content in sediments: reproducibility and comparability of results. *Journal of Paleolimnology* 25: 101–110.
- 35 Hemminga, M. A., & Duarte, C. M. (2000). Seagrass ecology. Cambridge University Press.

**Estudo Comparativo do Incremento do Carbono Azul Armazenado pelas Ervas  
Marinhas Abaixo e Acima do Substrato nas Zonas Entre-marés e na Franja (sublitoral)  
a Noroeste da Cidade De Maputo.**

---

- 36 Hogueane, A. M., V. F. Dove & C. I. (2002). Water masses and circulation of Maputo Bay. In: Hogueane, A. M., H. Motta & M. A. M. Pereira (eds). Proceedings of the II National Conference on Coastal Zone Research. Pag 9-16. Maputo, CDS-ZC/MICOA/SEACAM/UEM.
- 37 Howard, J. L., Perez, A., Lopes, C. C., and Fourqurean, J. W. (2016). Fertilization changes seagrass community structure but not blue carbon storage: results from a 30-year field experiment. Est. Coasts 39, 1422–1434. doi: 10.1007/s12237-016-0085-1
- 38 Howard, J., S. Hoyt., K. Isensee., M. Telszewski., E. Pidgeon. (2014). Coastal Blue Carbon: Methods for assessing carbon stocks and emissions factors in mangroves, tidal salt marshes, and seagrasses. *Conservation International, Intergovernmental Oceanographic Commission of UNESCO, International Union for Conservation of Nature*. Arlington, Virginia, USA.
- 39 Huxham, M., D. Whitlock., M. Githaiga., A. Dencer-Brown. (2018) Carbon in the coastal seascape: How interactions between mangrove forests, seagrass meadows and tidal marshes influence carbon storage. Curr. For. Rep. 4, 101–110.
- 40 Intergovernmental Panel on Climate Change. (2014). Supplement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Wetlands; IPCC: Geneva, Switzerland.
- 41 IPCC (2022). Climate Change 2022: Impacts, Adaptation, and Vulnerability, in Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Eds. Portner H.-O., Roberts D. C., Tignor M., Poloczanska E. S., Mintenbeck K., Alegría A. (Cambridge University Press).
- 42 Jahnke M, M Gullstrom & J. Larsson. (2019). Population genetic structure and connectivity of the seagrass *Thalassia hemprichii* in the Western Indian Ocean is influenced by predominant ocean currents. Ecol Evol.; 9 (16):8953–8964. doi:10.1002/ece3.5420.
- 43 Juma, G. A., A. M. Magana., G. N. Michael., J. G. Kairo. (2020) Variation in seagrass carbon stocks between tropical estuarine and marine mangrove-fringed creeks. Front. Mar. Sci., 7, 696.
- 44 Klap V, Hemminga M, Boon J. (2000). Retention of lignin in seagrasses: angiosperms that returned to the sea. Marine Ecology Progress Series 194: 1–11.

**Estudo Comparativo do Incremento do Carbono Azul Armazenado pelas Ervas Marinhas Abaixo e Acima do Substrato nas Zonas Entre-marés e na Franja (sublitoral) a Noroeste da Cidade De Maputo.**

---

- 45 Kondoy, K. I.F. Endang, Y. Herawati, M. Mahmudi, Azrianingsih R. (2014). CO<sub>2</sub> Application As Growth Stimulator Of Sea Grass, Thalassia Hemprichii Under Laboratory Conditions. Vol. 5, No. 6, p. 153-159 Journal of Biodiversity and Environmental Sciences (JBES) <http://www.innspub.net> acessado aos 24 de Abril de 2020.
- 46 Lavery, P. S., Mateo, M. Á., O. Serrano, M. Rozaimi. (2013). Variability in the carbon storage of seagrass habitats and its implications for global estimates of blue carbon ecosystem service. PLoS ONE, 8, e73748.
- 47 Lewis, F.G.; Stoner, A.W. 1983. Distribution of macrofauna within seagrass beds: an explanation for patterns of abundance. *Bulletin of Marine Science* 33: 296-304.
- 48 Lima M. D. C., Ward R. D. and Joyce C. B. (2020). Environmental drivers of sediment carbon storage in temperate seagrass meadows *Hydrobiologia* **847** 1773–92
- 49 Longhurst, A.R. e Harrison, W, G. (1989). A bomba biológica. Perfis de produção e consumo de plâncton no oceano superior. *Progresso em Oceanografia*, 22, 47-123.
- 50 Louro, C. M. M. & M. A. M. Pereira. (2004). Avaliação preliminar da poluição microbiológica na Baía de Maputo. Relatório de Investigação N° 1: 9 pp. Maputo, Centro Terra Viva.
- 51 Luna, A.G.P. e Babiera, L. M. A. (2016). Carbon stocks on leaves, Rhizomes and Roots of the seagrass *Thalassia hemprichii* in Guang-Guang, Dahican City of Mati, Philippines.
- 52 Macreadie, P. I., A. Anton & C. M. Duarte (2019). The future of Blue Carbon science. *Nature Communications*. vol 10.
- 53 Macreadie, P. I., Baird, M. E., Trevathan-Tackett, S. M., Larkum, A. W. D. & Ralph, P. J. (2014). Quantifying and modelling the carbon sequestration capacity of seagrass meadows-a critical assessment. *Mar. Pollut. Bull.* **83**, 430–439.
- 54 Macreadie, P. I., M. D. P. Costa, T. B. Atwood, D. A. Friess, J. J. Kelleway, H. Kennedy, C. E. Lovelock, O. Serrano, C. M. Duarte. (2021). Blue carbon as a natural climate solution. *National Environment.Rev.Earth*. 12, pp.
- 55 Mafambissa, M. (2004). Distribuição Biomassa e Diversidade de Bancos de Ervas Marinhas Na Ilha de Bazaruto. Tese de Licenciatura . Universidade Eduardo Mondlane. Maputo.60 pp.

**Estudo Comparativo do Incremento do Carbono Azul Armazenado pelas Ervas Marinhas Abaixo e Acima do Substrato nas Zonas Entre-marés e na Franja (sublitoral) a Noroeste da Cidade De Maputo.**

---

- 56 Martins, A. R. O. (1997). Distribuição e Estrutura da Erva Marinha *Zostera capensis* e Investigação dos Parâmetros Físicos e Ambientais, em duas áreas da Baía de Maputo. Trabalho de Licenciatura. UEM, 47 pp, Maputo.
- 57 Martins, R. G. R. (2014). Caracterização Temporal e Espacial da Pradaria Marinha na Ria de Alvor Aplicando Sistemas de Informação Geográfica. Tese de Doutoramento. 66 pp, Portugal, UAlg.
- 58 Masi, B. P.; Zalmon, I. R. 2008. Zonação de comunidade bêntica do entremarés em molhes sob diferente hidrodinamismo na costa norte do estado do Rio de Janeiro, Brasil. Revista Brasileira de Zoologia 25(4): 662-673.
- 59 Mazarrasa I, Samper-Villarreal J, Serrano O, Lavery PS, Lovelock CE, Marbà N, Duarte CM, Cortés J. (2018). Habitat characteristics provide insights of carbon storage in seagrass meadows. Mar Pollut Bull. 134pp. 106-117.
- 60 Mazarrasa, I., Marbà, N., Lovelock, C. E., Serrano, O., Lavery, P. S., Fourqurean, J. W., Kennedy, H., Mateo, M. A., Krause-Jensen, D., Steven, A. D. L., and Duarte, C. M.: (2015). Seagrass meadows as a globally significant carbonate reservoir, Biogeosciences, 12, 4993–5003, <https://doi.org/10.5194/bg-12-4993-2015>.
- 61 Mazarrasa, P. Lavery, C. M. Duarte, A. Lafratta, C.E. Lovelock, P. I. Macreadie, J. Samper-Villarreal, C. Salinas, C. Sanders, S. Trevathan-Tackett, M. Young. (2021). Factors that determine the Blue Carbon of seagrasses in bioregions and geomorphologies. Global Biogeochemistry. Cycles, 35 Article e2021GB006935.
- 62 Miyajima, T., M. Hori., M. Hamaguchi., H. Shimabukuro., H. Adachi., H. Yamano., M. Nakaoka (2015). Geographic variability in organic carbon stock and accumulation rate in sediments of East and Southeast Asian seagrass meadows. Glob. Biogeochem. Cycles, 29, 397–415.
- 63 Nellemann, C., & E. Corcoran, (2009). Blue Carbon: The Role of Healthy Oceans in Binding Carbon: A Rapid Response Assessment. UNEP/Earthprint. Seagrasses of the Indo-West Pacific. James Cook University, Townsville, Australia.
- 64 Nordlund, L. M. R. K. F. Unsworth, M. Gullstrom, L. C. C. (2017) Unsworth Global importance of seagrass fishing Fish Fish. 19, pp. 10.1111/faf.12259.
- 65 Nordlund, L.M., E.W. Koch, E.B. Barbier, J.C. Creed (2016). Seagrass ecosystem services and their variability across genera and geographical regions. PLoS One, 11, Article e 0163091

**Estudo Comparativo do Incremento do Carbono Azul Armazenado pelas Ervas  
Marinhas Abaixo e Acima do Substrato nas Zonas Entre-marés e na Franja (sublitoral)  
a Noroeste da Cidade De Maputo.**

---

- 66 Noturland, L. M. E. L. Jackson, M. Nakaoka, J. Samper-Villarreal, P. Beca-Carretero, J. C. Creed. (2017). Seagrass ecosystem services – what’s next? March. Pollution.Touro, 134, pp.
- 67 Omollo, D. J., V.W. Wang’ ondu., M. N. Githaiga., D. Gorman., J. G. Kairo (2022). The Contribution of Subtidal Seagrass Meadows to the Total Carbon Stocks of Gazi Bay, Kenya. Diversity 14, 646.
- 68 Palacios, M. M., P. Waryszak., M.D. de Paula Costa., M. Wartman., A. Ebrahim, P. I. Macreadie. (2021). Blue Carbon Research in the Tropical Western Indian Ocean. Available online: [https://seyccat.org/wp-content/uploads/2020/01/BlueCarbonLab\\_LitReport\\_Seychelles\\_20210301\\_final.pdf](https://seyccat.org/wp-content/uploads/2020/01/BlueCarbonLab_LitReport_Seychelles_20210301_final.pdf) (accessado em 15 Fevereiro 2023).
- 69 Pedersen, M. O., Serrano, O., Mateo, M. Á., & Holmer, M. (2011). Temperature effects on decomposition of a Posidonia oceanica mat. Aquatic Microbial Ecology, **65**, 169–182.
- 70 Pendleton L., D. C Donato., B. C Murray., S. Crooks., W. A Jenkins. (2012) Estimating Global Blue Carbon Emissions from Conversion and Degradation of Vegetated Coastal Ecosystems. PLoS ONE 7(9): e43542. doi:10.1371/journal.pone.0043542.
- 71 Pereira, M. A. M., C. Litulo, R. Santos, M. Leal, R. S. Fernandes, Y. Tibiriçá, J. Williams, B. Atanassov, F. Carreira, A. Massingue & I. Marques da Silva. (2014). Mozambique marine ecosystems review. Final report submitted to Fondation Ensemble. 139 pp. Maputo, Biodinâmica / CTV.
- 72 Phair, R. D. (2018). Diferencial equation methods for simulation of GFP Kinetics in non-steady state experiments. Mol. Biol.
- 73 Rozaimi, M., O. Serrano e P. S. Lavery. (2013). Comparison of carbon stores by two morphologically different seagrasses. Journal of the Royal Society of Western Australia 96: 81–83.
- 74 Serrano, O., P. S. Lavery., M. Rozaimi., M.A. Mateo. (2014). Influence of water depth on the carbon sequestration capacity of seagrasses. Glob. Biogeochem. Cycles, 28, 950–961.
- 75 Serrano, O., Ruhon, R., P. S. Lavery., Kendrick G. A., Hickey S., Masque P. et al. (2016b). Impact of mooring activities on carbon stocks in seagrass meadows. *Sci Rep.* 6c23193.

**Estudo Comparativo do Incremento do Carbono Azul Armazenado pelas Ervas Marinhas Abaixo e Acima do Substrato nas Zonas Entre-marés e na Franja (sublitoral) a Noroeste da Cidade De Maputo.**

---

- 76 Short F. T., Coles R, Fortes M. D., Victor S, Salik M, Isnain I, Andrew J, Seno A. (2014). Monitoring in the Western Pacific region shows evidence of seagrass decline in line with global trends. Mar Pollut Bull 83:408–416
- 77 Short, F. T. and Coles, R. G. (2001). Global seagrass research methods. (eds). Elsevier, Amsterdam. 482pp.
- 78 Short, F. T., B. Polidoro, S. R. Livingstone, K. E. Carpenter, S. Bandeira, J. S. Bujang, H. P. Calumpong, T. J. B. Carruthers, R. G. Coles, W. C. Dennison, P. L. A. Erftemeijer, M. D. Fortes, A. S. Freeman, T. G. Jagtap, A. H. M. Kamal, G. A. Kendrick, W. Judson Kenworthy, Y. A. La Nafie, I. M. Nasution, R. J. Orth, A. Prathep, J. C. Sanciangco, B. van Tussenbroek, S. G. Vergara, M. Waycott & J. C. Zieman. (2011). Extinction risk assessment of the world’s seagrass species. Biological Conservation, 144: 1961-1971
- 79 Short, F.T., T. Carruthers, W. Dennison, M. Waycott. (2007). Global seagrass distribution and diversity: A bioregional model J. Exp. Mar. Bio. Ecol., 350 pp. 3-20, 10.1016/j.jembe.2007.06.012.
- 80 Simpson, J., E. Bruce, K. P. Davies, P. Barber. (2022). A model for estimating seagrass carbon stock using remote sensing-enabled proxies Remote Sensing, 14 ( 15 ).
- 81 Singh, S., M. M. Lal, P. C. Southgate, M. Wairui, A. Singh. (2021). Trace metal content in seagrass biomass sediment cores from a southwestern Pacific tropical island March. Pollution. Bull., 171, Article e112745, 10.1016/j.marpolbul.
- 82 Thomas, S. (2014). Carbono Azul: Lacunas de conhecimento, questões críticas e novas abordagens. Economia Ecologica. Volume 107. 22-38 pp
- 83 Tilaar, F. F., Wagey B. T., Katuuk V, Salaki M. S., Sondakh S. J., Mantiri D. M., Kepel R. C., Gaol J. L. (2019). Potential carbon stocks of seagrass species in Bunaken Island, North Sulawesi, Indonesia. Advan Environ Sci 11 (2): 59-66.
- 84 UNFCCC, (2016). Climate Action Now, Summary for Policymakers. ISBN 978-92-9219-163-4.
- 85 United Nations Environment Program Unexpectedly: the value of seagrass for the environment and people UNEP, Nairobi (2020)
- 86 Waycott, M., C. M. Duarte., T. J. B. Carruthers., R. J. Orth., W. C. Dennison, S. Olyarnik., A. Calladine, J. W. Fourqurean., Kenneth L. Heck Jr., A. R. Hughes., G. A. Kendrick., W. J. Kenworthy., F. T. Short., S. L. Williams. (2009). Accelerating Loss of

**Estudo Comparativo do Incremento do Carbono Azul Armazenado pelas Ervas  
Marinhas Abaixo e Acima do Substrato nas Zonas Entre-marés e na Franja (sublitoral)  
a Noroeste da Cidade De Maputo.**

---

Seagrasses Across the Globe Threatens Coastal Ecosystems. PNAS 106 (30): 12377–  
12381.

# ANEXOS

**Estudo Comparativo do Incremento do Carbono Azul Armazenado pelas Ervas Marinhas Abaixo e Acima do Substrato nas Zonas Entre-marés e na Franja (sublitoral) a Noroeste da Cidade De Maputo.**

---

**Anexos**

**Material**

- Fita métrica (50 m);
- Fichas de registo;
- Lápis e borracha;
- Zip loc
- Canetas de tinta permanente;
- Pá pequena;
- GPS
- Quadrículas 0,25 m<sup>2</sup>;
- Martelo de borracha;
- Tubo PVC ( $\varnothing = 4$  e  $h = 50$ cm);
- Estaca;
- Plástico;
- Balança;
- Tina;
- Caixa de alumínio;
- Mufla;
  
- Agitador

- Pipeta de 50ml
- Bureta

**Soluções:**

- I. Dicromato de potássio
- II. Ácido sulfúrico
- III. Água destilada
- IV. O indicador

**Figuras:**



Figura 1: tapete misto de ervas marinhas (*Halodule uninervis*, *Halophila ovalis* e *Ulva*)

**Estudo Comparativo do Incremento do Carbono Azul Armazenado pelas Ervas Marinhas Abaixo e Acima do Substrato nas Zonas Entre-marés e na Franja (sublitoral) a Noroeste da Cidade De Maputo.**

---

*lactuca.*).

Figura 2: tapete misto de ervas marinhas (*Halodule uninervis* e *Cymodocea serrulata*)



Tabelas

Tabela 1. Folha de registo para recolha de dados sobre o carbono em ervas marinhas.



**Estudo Comparativo do Incremento do Carbono Azul Armazenado pelas Ervas  
Marinhas Abaixo e Acima do Substrato nas Zonas Entre-marés e na Franja (sublitoral)  
a Noroeste da Cidade De Maputo.**

A6 P3	10	58
-------	----	----

Tabela de medias

Zona entremares	A1	A3	A5
<b>Carbono em %</b>	0,62	0,43	0,95

Zona entre-marés

Tabela 5

Area	Pontos/em profundidades(0-2.5,2.5-5,5-2.5)	C em %	M.O%
A1	P1	0.36	0.62
A1	P1	0.15	0.27
A1	P1	0.93	1.6
A1	P2	1.63	2.82
A1	P2	0.84	1.45
A1	P2	0.54	0.94
A1	P3	0.41	0.71
A1	P3	0.671	1.15
A1	P3	0.1	0.18
A3	P1	0.46	0.8
A3	P1	0.77	1.33
A3	P1	0.46	0.8
A3	P2	0.41	0.71
A3	P2	0.15	0.27
A3	P2	0.1	0.18
A3	P3	0.26	0.44
A3	P3	0.31	0.53
A3	P3	0.98	1.69

**Estudo Comparativo do Incremento do Carbono Azul Armazenado pelas Ervas  
Marinhas Abaixo e Acima do Substrato nas Zonas Entre-marés e na Franja (sublitoral)  
a Noroeste da Cidade De Maputo.**

A5	P1	0.69	1.19
A5	P1	0.94	1.62
A5	P1	1.19	2.05
A5	P2	1.44	2.47
A5	P2	0.69	1.19
A5	P2	0.69	1.19
A5	P3	1.19	2.05
A5	P3	0.94	1.62
A5	P3	0.79	1.37

<i>[C] em %</i>		<i>M.O%</i>	
Média	0.670037037	Média	1.157037037
Erro padrão	0.077753363	Erro padrão	0.13364154
Mediana	0.69	Mediana	1.19
Modo	0.69	Modo	1.19
Desvio padrão	0.404018324	Desvio padrão	0.694421812
Variância da amostra	0.163230806	Variância da amostra	0.482221652
Curtose	-0.110620897	Curtose	-0.089339873
Assimetria	0.543932476	Assimetria	0.55223204
Intervalo	1.53	Intervalo	2.64
Mínimo	0.1	Mínimo	0.18
Máximo	1.63	Máximo	2.82
Soma	18.091	Soma	31.24
Contagem	27	Contagem	27
Nível de confiança(95.0%)	0.159824326	Nível de confiança(95.0%)	0.27470412

Media [C] em % por area	Media M.O% por Area	Media [C] em % por area	Media M.O% por Area
0.48	0.83	0.625666667	1.082222222

**Estudo Comparativo do Incremento do Carbono Azul Armazenado pelas Ervas  
Marinhas Abaixo e Acima do Substrato nas Zonas Entre-marés e na Franja (sublitoral)  
a Noroeste da Cidade De Maputo.**

1.003333333	1.736666667		
0.393666667	0.68		
0.563333333	1.065		
0.22	0.386666667		
0.516666667	0.886666667	0.433333333	0.75
0.94	1.62		
0.94	1.616666667		
0.973333333	1.68	0.951111111	1.638888889

**Estudo Comparativo do Incremento do Carbono Azul Armazenado pelas Ervas Marinhas Abaixo e Acima do Substrato nas Zonas Entre-marés e na Franja (sublitoral) a Noroeste da Cidade De Maputo.**

ANOVA

	<i>gl</i>	<i>SQ</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>F de significação</i>
Regressão	1	4.243716	4.243716	37.27778	1.07E-53
Resíduo	25	0.000285	1.14E-05		
Total	26	4.244001			

Modelo de Regressao linear simples					C(%)=-0.00311+M.O%0.581786			
	<i>Coefficiente</i>	<i>erro padrão</i>	<i>Stat t</i>	<i>valor-P</i>	<i>95% inferiores</i>	<i>% superior</i>	<i>ferior 95.0</i>	<i>perior 95.0%</i>
Interseção	-0.00311	0.00128	-2.43117	0.022556	-0.00574595	-0.00048	-0.00575	-0.00048
M.O%	0.581786	0.000953	610.5553	1.07E-53	0.57982335	0.583748	0.579823	0.583748

Anova: fator duplo com repetição

RESUMO	C em %	M.O%	Total	
<i>A1</i>				Diferença media
Contagem	9	9	18	
Soma	5.631	9.74	15.371	
Média	0.625667	1.082222	0.853944444	0.456556
Variância	0.222039	0.659244	0.469897703	
<i>A3</i>				
Contagem	9	9	18	
Soma	3.9	6.75	10.65	
Média	0.433333	0.75	0.591666667	-0.43333
Variância	0.08135	0.2408	0.178144118	
<i>A5</i>				
Contagem	9	9	18	
Soma	8.56	14.75	23.31	
Média	0.951111	1.638889	1.295	0.687778
Variância	0.072986	0.213286	0.259932353	
<i>Total</i>				

**Estudo Comparativo do Incremento do Carbono Azul Armazenado pelas Ervas Marinhas Abaixo e Acima do Substrato nas Zonas Entre-marés e na Franja (sublitoral) a Noroeste da Cidade De Maputo.**

Contagem	27	27	
Soma	18.091	31.24	
Média	0.670037	1.157037	0.487
Variância	0.163231	0.482222	

C

A1	A3	Diferença media	
			não existe diferença
0.625667	0.433333	0.192333	significativa
A1	A5	Diferença media	
			não existe diferença
0.625667	0.951111	-0.32544	significativa
A3	A5	Diferença media	
			não existe diferença
0.433333	0.951111	-0.51778	significativa

M.O

A1	A3	Diferença media	
1.082222	0.75	0.332222	não existe diferença significativa
A1	A5	Diferença media	
1.082222	1.638889	0.556667	não existe diferença significativa
A3	A5	Diferença media	
0.75	1.638889	0.888889	Há diferença significativa

ANOVA

<i>Fonte da variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>valor-P</i>	<i>F crítico</i>
Amostra	4.547984	2	2.273992241	9.158825	0.000427	3.190727
Colunas	3.201782	1	3.2017815	12.89563	0.000773	4.042652
Interações	0.316134	2	0.158067056	0.636637	0.533477	3.190727
Dentro	11.91765	48	0.248284278			
Total	19.98355	53				

Amostras

MQ=2.273992  
GL=2  
NR REPETICOES=9

Franja

Contagem	27	27	54	
Soma	18.091	31.24	49.331	
Média	0.670037	1.157037	0.913537	0.2435
Variância	0.163231	0.482222	0.377048	

**Estudo Comparativo do Incremento do Carbono Azul Armazenado pelas Ervas Marinhas Abaixo e Acima do Substrato nas Zonas Entre-marés e na Franja (sublitoral) a Noroeste da Cidade De Maputo.**

*Franja*

Contagem	27	27	54
Soma	19.5	33.64	53.14
Média	0.722222	1.245926	0.984074
Variância	0.136879	0.40531	0.33584

*Total*

Contagem	54	54
Soma	37.591	64.88
Média	0.69613	1.201481
Variância	0.147918	0.437405

ANOVA

<i>Fonte da variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>valor-P</i>	<i>F crítico</i>	
Amostra	0.134338	1	0.134338	0.452452	0.502665	3.932438	F<Fcritico
Colunas	6.895273	1	6.895273	23.22341	4.93E-06	3.932438	F>Fcritico
Interações	0.009093	1	0.009093	0.030627	0.861416	3.932438	F<Fcritico
Dentro	30.87868	104	0.29691				
Total	37.91739	107					

Anova: fator único

RESUMO

<i>Grupo</i>	<i>Contagem</i>	<i>Soma</i>	<i>Média</i>	<i>Variância</i>
C em %	54	37.591	0.69613	0.147918
M.O%	54	64.88	1.201481	0.437405

ANOVA

<i>Fonte da variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>valor-P</i>	<i>F crítico</i>
Entre grupos	6.895273	1	6.895273	23.56058	4.19E-06	3.930692
Dentro dos grupos	31.02211	106	0.292661			
Total	37.91739	107				

A2	Franja	0.41	0.71
A2	Franja	1.03	1.78

**Estudo Comparativo do Incremento do Carbono Azul Armazenado pelas Ervas  
Marinhas Abaixo e Acima do Substrato nas Zonas Entre-marés e na Franja (sublitoral)  
a Noroeste da Cidade De Maputo.**

A2	Franja	0.93	1.6
A2	Franja	0.36	0.62
A2	Franja	0.62	1.07
A2	Franja	0.41	0.71
A2	Franja	0.94	1.62
A2	Franja	0.9	1.54
A2	Franja	0.9	1.54
A4	Franja	0.41	0.71
A4	Franja	0	0
A4	Franja	0	0
A4	Franja	1.18	2.03
A4	Franja	0.61	1.06
A4	Franja	1.46	2.52
A4	Franja	0.28	0.49
A4	Franja	0.47	0.81
A4	Franja	0.61	1.06
A6	Franja	1.19	2.05
A6	Franja	0.69	1.19
A6	Franja	1.19	2.05
A6	Franja	0.99	1.71
A6	Franja	1.13	1.95
A6	Franja	0.47	0.81
A6	Franja	0.94	1.62
A6	Franja	0.64	1.11
A6	Franja	0.74	1.28

Biomassa

Biomassa		
Zona franja		
	C %	M.O %
A2	12.87	22.19
A4	20.59	35.5
A6	3.96	6.83

biomassa		
Zona entre-marés		
	C (%)	M.O%
A1	7.92	13.65
A3	27.72	47.79
A5	13.86	23.89

**Estudo Comparativo do Incremento do Carbono Azul Armazenado pelas Ervas Marinhas Abaixo e Acima do Substrato nas Zonas Entre-marés e na Franja (sublitoral) a Noroeste da Cidade De Maputo.**

---

Anova: fator único

RESUMO

<i>Grupo</i>	<i>Contagem</i>	<i>Soma</i>	<i>Média</i>	<i>Variância</i>
Zona Litoral(C%)	3	49.5	16.5	103.2372
Zona Sublitoral(C%)	3	37.42	12.47333	69.25723

ANOVA

<i>Fonte da variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>valor-P</i>	<i>F crítico</i>
Entre grupos	24.32107	1	24.32107	0.281992	0.623515	7.708647
Dentro dos grupos	344.9889	4	86.24722			
Total	369.3099	5				

H0: as medias sao iguais( a consentracao media de carbono na zona litoral=concentracao media de carbono na zona sublitoral)

Ha: as medias sao diferentes

se pvalue> nivel de significancia entao nao rejeita-se a H0

Sepvalue< nivel de significancia entao rejeitamos a H0

a um nivel de significancia de 5% existem evidencias estatisticas suficientes para nao se rejeitar a hipotese nula

Area	Pontos/em profundidades(0-2.5,2.5-5,5-2.5)	[C] em %	M.O%
A2	P1	0.41	0.71
	P1	1.03	1.78
	P1	0.93	1.6
A2	P2	0.36	0.62
	P2	0.62	1.07
	P2	0.41	0.71
A2	P3	0.94	1.62
	P3	0.9	1.54

**Estudo Comparativo do Incremento do Carbono Azul Armazenado pelas Ervas  
Marinhas Abaixo e Acima do Substrato nas Zonas Entre-marés e na Franja (sublitoral)  
a Noroeste da Cidade De Maputo.**

		P3	0.9	1.54
A4		P1	0.41	0.71
		P1	0	0
		P1	0	0
		P2	1.18	2.03
A4		P2	0.61	1.06
		P2	1.46	2.52
		P3	0.28	0.49
A4		P3	0.47	0.81
		P3	0.61	1.06
		P1	1.19	2.05
A6		P1	0.69	1.19
		P1	1.19	2.05
		P2	0.99	1.71
A6		P2	1.13	1.95
		P2	0.47	0.81
		P3	0.94	1.62
A6		P3	0.64	1.11
		P3	0.74	1.28
	C em %	M.O%		
0.722222	1.243333			

**Estudo Comparativo do Incremento do Carbono Azul Armazenado pelas Ervas  
Marinhas Abaixo e Acima do Substrato nas Zonas Entre-marés e na Franja (sublitoral)  
a Noroeste da Cidade De Maputo.**

---

0.557778	0.964444
0.886667	1.53

ANOVA

	<i>gl</i>	<i>SQ</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>F de significação</i>
Regressão	1	3.55867 0.00019	3.55867 2	457181. 7	8.35E-55
Resíduo	25	5	7.78E-06		
Total	26	3.55886 7			

**Estudo Comparativo do Incremento do Carbono Azul Armazenado pelas Ervas Marinhas Abaixo e Acima do Substrato nas Zonas Entre-marés e na Franja (sublitoral) a Noroeste da Cidade De Maputo.**

	Coeficiente	erro padrão	Stat t	valor-P	% inferior	% superior	inferior 95.0	superior 95.0%
Interseção	-0.00181	0.001198	-1.50842	0.143982	-0.00427	0.00066	-0.00427	0.00066
M.O%	0.581117	0.000859	676.1521	8.35E-55	0.579347	0.582887	0.579347	0.582887

	C em %		M.O%	
Média		0.722222222	Média	1.245925926
Erro padrão		0.071201198	Erro padrão	0.122521304
Mediana		0.69	Mediana	1.19
Modo		0.41	Modo	0.71
Desvio padrão		0.369972279	Desvio padrão	0.636639369
Variância da amostra		0.136879487	Variância da amostra	0.405309687
Curtose		-0.475929335	Curtose	-0.455021393
Assimetria		-0.128003997	Assimetria	-0.129203366
Intervalo		1.46	Intervalo	2.52
Mínimo		0	Mínimo	0
Máximo		1.46	Máximo	2.52
Soma		19.5	Soma	33.64
Contagem		27	Contagem	27
Nível de confiança(95.0%)		0.146356159		

Anova: fator duplo com repetição

RESUMO	[C] em %	M.O%	Total		
<u>A2</u>				diferença media	
Contagem	9	9	18		
Soma	6.5	11.19	17.69		
Média	0.722222	1.243333	0.982778	-0.52111	A2([C]% e M.O%
Variância	0.073144	0.215075	0.207515		
<u>A4</u>					
Contagem	9	9	18		
Soma	5.02	8.68	13.7		
Média	0.557778	0.964444	0.761111	0.406667	
Variância	0.241944	0.718428	0.495716		
<u>A6</u>					
Contagem	9	9	18		
Soma	7.98	13.77	21.75		
Média	0.886667	1.53	1.208333	0.643333	ha diferenças significativas
Variância	0.068925	0.203825	0.237909		

**Estudo Comparativo do Incremento do Carbono Azul Armazenado pelas Ervas Marinhas Abaixo e Acima do Substrato nas Zonas Entre-marés e na Franja (sublitoral) a Noroeste da Cidade De Maputo.**

<i>Total</i>		
Contagem	27	27
Soma	19.5	33.64
Média	0.722222	1.245926
Variância	0.136879	0.40531

**ANOVA**

<i>Fonte da variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>valor-P</i>	<i>F crítico</i>
Amostra	1.800115	2	0.900057	3.549725	0.036497	3.190727
Colunas	3.702585	1	3.702585	14.60258	0.000382	4.042652
Interações	0.12607	2	0.063035	0.248604	0.780887	3.190727
Dentro	12.17073	48	0.253557			
<b>Total</b>	<b>17.7995</b>	<b>53</b>				

$F > F_{\text{critico}}$  rejeita-se a  $H_0$  ha diferencas significativas  
 valor critico(q)=4.63  $F > F_{\text{critico}}$  rejeita-se a  $H_0$  ha diferencas significativas  
 $gl=48$   $F < F_{\text{critico}}$   $H_0$  Nao rejeita-se ha nao existe diferencas significativas  
 nr repeticoes=9  
 QM=0.253557

[C]%

A2	A4	Diferenca media	
0.722222	0.557778	0.164444	nao ha diferencas significativas
A2	A6		
0.722222	0.886667	0.164444	nao ha diferencas significativas
A4	A6		
0.557778	0.886667	0.328889	nao ha diferencas significativas

M.O

A2	A4	Diferenca media	
1.243333	0.964444	0.278889	nao ha diferencas significativas
A2	A6		
1.243333	1.53	0.286667	nao ha diferencas significativas
A4	A6		
0.964444	1.53	0.565556	nao ha diferencas significativas

**Estudo Comparativo do Incremento do Carbono Azul Armazenado pelas Ervas Marinhas Abaixo e Acima do Substrato nas Zonas Entre-marés e na Franja (sublitoral) a Noroeste da Cidade De Maputo.**

---

Area	Media [C]em %	Media M.O%
A2	0.72	1.24
A4	0.56	0.96
A6	0.89	1.53