



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE OCEANOGRAFIA



**DINÂMICA SEDIMENTAR E ESTOQUE DE CARBONO EM
MANGUEZAL DO SISTEMA ESTUARINO DO RIO ITAPESSOCA,
GOIANA (PE)**

Discente: Ana Cecília Alves Pereira de Araújo

Orientador: Prof. Dr. Roberto Lima Barcellos

Recife

2023

ANA CECÍLIA ALVES PEREIRA DE ARAÚJO

**DINÂMICA SEDIMENTAR E ESTOQUE DE CARBONO EM
MANGUEZAL DO SISTEMA ESTUARINO DO RIO ITAPESSOCA,
GOIANA (PE)**

Trabalho de Conclusão de Curso de
Bacharelado em Oceanografia do
Departamento de Oceanografia da
Universidade Federal de Pernambuco, como
requisito parcial para a obtenção do título de
Oceanógrafa.

Orientador: Prof. Dr. Roberto Lima Barcellos

Recife

2023

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do programa de geração automática do SIB/UFPE

Araújo, Ana Cecília Alves Pereira de.

Dinâmica sedimentar e estoque de carbono em manguezal do sistema
estuarino do Rio Itapessoca, Goiana (PE) / Ana Cecília Alves Pereira de
Araújo. - Recife, 2023.

61 : il., tab.

Orientador(a): Roberto Lima Barcellos

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal de
Pernambuco, Centro de Tecnologia e Geociências, Oceanografia -
Bacharelado, 2023.

Inclui referências, apêndices.

1. sedimentação estuarina. 2. manguezal. 3. carbono azul. 4. fluxos de
carbono. 5. NE Brasil. I. Barcellos, Roberto Lima. (Orientação). II. Título.

550 CDD (22.ed.)

ANA CECÍLIA ALVES PEREIRA DE ARAÚJO

**DINÂMICA SEDIMENTAR E ESTOQUE DE CARBONO EM
MANGUEZAL DO SISTEMA ESTUARINO DO RIO ITAPESSOCA,
GOIANA (PE)**

Trabalho de Conclusão de Curso de
Bacharelado em Oceanografia do
Departamento de Oceanografia da
Universidade Federal de Pernambuco, como
requisito parcial para a obtenção do título de
Oceanógrafa.

Recife, 27 de abril de 2023.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Roberto Lima Barcellos - Orientador
Departamento de Oceanografia – Universidade Federal de Pernambuco

Prof. Dr. Antônio Vicente Ferreira Júnior – Avaliador
Departamento de Oceanografia – Universidade Federal de Pernambuco

Profa. Dr. Manuel de Jesus Flores Montes – Avaliador
Departamento de Oceanografia – Universidade Federal de Pernambuco

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao universo que me soprou até aqui, a todas as forças e energias que me conduzem ao caminho do Oceano e a toda proteção dos espíritos das águas. Agradeço a serenidade e paciência para fazer escolhas nas encruzilhadas da vida. Agradeço a divina beleza das ciências que transformou para sempre minha história. Magia e paixão gigantescas. Somos todos Oceano.

Agradeço aos meus avós, Antônio Maurício e Luzinete, pelo amor incondicional e por sempre acreditarem em mim, tornando possível que eu trilhasse o caminho que escolhi. Aos meus pais e minha irmã, Ângela Flávia, Marco Aurélio e Ana Beatriz, pelo apoio durante toda minha jornada. Agradeço também a Amauri José, por todo suporte e companhia, e a cada amiga e amigo que tornou meu caminho mais encantado com o seu carinho.

Agradeço ao meu orientador Roberto Barcellos por todos os conhecimentos transmitidos e pela sua disponibilidade para contribuir com meu trabalho. Agradecimentos ao projeto FACEPE coordenado pelo Prof. Jessor Fidelis, "*Impactos do Derrame de Petróleo nos Ecossistemas Costeiros (recifes, estuários e prados de angiospermas marinhas) no Litoral de Pernambuco*", que tornou possível a coleta dos dados do presente trabalho. Agradecimentos especiais ao incentivo de cada professora e professor que demonstrou sua paixão pelas ciências ao longo de minha trajetória.

Agradeço a Universidade Federal de Pernambuco (UFPE) e ao Departamento de Oceanografia (DOCEAN) por contribuírem com a minha formação. Agradecimentos a banca, formada pelos professores Antônio Vicente Ferreira e Manuel Flores, pelas contribuições ao presente trabalho. Agradeço aos órgãos de fomento que colaboraram financeiramente, como a FACEPE, a Proext e a Prograd.

RESUMO

O manguezal é um ecossistema rico e com alta biodiversidade que se desenvolve em abundância nas regiões estuarinas da zona tropical. Por ser um ecossistema chave das áreas costeiras, manguezais possuem relevante importância e oferecem uma série de serviços ecossistêmicos, como a estocagem de carbono. Eles integram os Sistemas de Carbono Azul, denominação que se dá aos ecossistemas vegetados costeiros que têm a capacidade de reter e armazenar grandes quantidades de carbono orgânico (C_{org}) em sua estrutura. O presente trabalho tem como objetivos estimar fluxos, acumulação e estoques de C_{org} no sistema estuarino do Rio Itapessoca, localizado em Goiana, Pernambuco, Brasil, bem como analisar e relacionar a dinâmica sedimentar e os processos deposicionais do C_{org} . O estudo foi realizado com a coleta de dois testemunhos de sondagem, C4 SUP e C5 SUP, que foram submetidos a análises de teores de Carbonato de Cálcio ($CaCO_3$), Matéria Orgânica Total (MOT) e frações granulométricas sedimentares. O C4 SUP foi recuperado com 35 cm, idade estimada em 67 anos, e o C5 SUP, com 46 cm e idade aproximada em 160 anos. No geral, características majoritariamente terrígenas do manguezal não sofreram alterações expressivas nas últimas décadas. Houve tendência de redução na capacidade de acúmulo de C_{org} em ambos os testemunhos estudados. A média de C_{burial} C4 SUP foi igual a $311,15 \text{ gC.m}^{-2}.ano^{-1}$ e em C5 SUP $131,27 \text{ gC.m}^{-2}.ano^{-1}$. Comparando a franja com o manguezal superior, na margem C4 SUP, Passos *et al.* (2022) obtiveram para a franja $105,86 \text{ gC.m}^{-2}.ano^{-1}$, sendo 3 vezes menor que o manguezal superior. Em C5 SUP, a franja $134,01 \text{ gC.m}^{-2}.ano^{-1}$ apresentou conteúdo ligeiramente maior que o manguezal, provavelmente devido ao alto teor de fragmentos vegetais encontrados, o que diminuiu sua capacidade de adsorção ao C_{org} . Pode-se afirmar que o C4 SUP apresentou estabilidade nos fluxos de acumulação das camadas de topo do testemunho, de forma distinta do C5 SUP. Por fim, foi observado nos dois locais que os maiores teores de acúmulo e sequestro de carbono estão junto à base e representam maior capacidade de armazenamento no passado.

Palavras-chave: sedimentação estuarina; manguezal; carbono azul; fluxos de carbono; NE Brasil

ABSTRACT

Mangroves are a rich ecosystem with high biodiversity that grows in abundance in the estuarine regions of the tropical zone. As a key ecosystem in coastal areas, mangroves are very important and provide a series of ecosystem services, such as carbon storage. They are part of the Blue Carbon Systems, denominated given to coastal vegetated ecosystems that have the capacity to retain and store large amounts of organic carbon (C_{org}) in their structure. The present work aims to estimate fluxes, accumulation and stocks of C_{org} in the estuarine system of the Itapessoca River, located in Goiana, Pernambuco, Brazil, as well as to analyze and relate the sedimentary dynamics and depositional processes of C_{org} . The study was realized with the collection of two cores, C4 SUP and C5 SUP, which allowed the analysis of Calcium Carbonate ($CaCO_3$), Total Organic Matter (TOM) and sedimentary granulometric fractions. The C4 SUP was recovered with 35 cm, estimated age of 67 years, and the C5 SUP, with 46 cm and approximate age of 160 years. In general, mostly terrigenous characteristics of the mangrove have not undergone significant changes in recent decades. There was a tendency of reduction in the capacity of accumulation of C_{org} in both cores studied. The average of C_{burial} C4 SUP was equal to $311.15 \text{ gC.m}^{-2}.\text{year}^{-1}$ and in C5 SUP $131.27 \text{ gC.m}^{-2}.\text{year}^{-1}$. Comparing the fringe with the upper mangrove, on the C4 SUP margin, Passos *et al.* (2022) obtained $105.86 \text{ gC.m}^{-2}.\text{year}^{-1}$ for the fringe, 3 times less than the upper mangrove. In C5 SUP, the fringe $134.01 \text{ gC.m}^{-2}.\text{year}^{-1}$ presented higher content than the mangrove, probably due to the high content of plant fragments found, which felt its adsorption capacity to C_{org} . It can be said that the C4 SUP showed stability in the fluxes at the top of the core, in a different way from the C5 SUP. Lastly, it was observed in both cores that the highest levels of Carbon burial accumulation rates and sequestration are near the base and represent greater storage capacity in the past.

Keywords: estuarine sedimentation; mangrove; blue carbon; carbon fluxes; NE Brazil

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Esquema do carbono no ambiente. Dióxido de Carbono (CO_2) na atmosfera; fluxos de CO_2 entre atmosfera e água; Carbono Orgânico (C_{org}) fixado à biomassa vegetal e C_{org} fixado à camada sedimentar. (Fonte: a autora (2022) Crédito: criado com recursos de Freepik.com)	13
Figura 2: Mapa da área de estudo no sistema estuarino do Rio Itapessoca, Goiana, PE. (Fonte: a autora (2022)).....	16
Figura 3: Imagem da área de estudo gerada pelo Google Earth. Localização dos pontos C4 SUP e C5 SUP. (Fonte: a autora (2023))	16
Figura 4: Fotografia da coleta em campo do testemunho C4 SUP. (Fonte: Roberto Barcellos (2020))	20
Figura 5: Perfil estratigráfico e parâmetros sedimentares do testemunho C4 SUP Mangue Superior. (Fonte: a autora (2022))	24
Figura 6: Diagrama ternário de Folk (1954) com a classificação textural das amostras do testemunho C4 SUP. (Fonte: a autora (2022)).....	25
Figura 7: Análise de Componentes Principais (PCA) para C4 SUP. (Fonte: a autora (2022)).....	26
Figura 8: C4 SUP a) Densidade do Peso Seco (DPS) (g/cm^3); b) A taxa de acumulação de Carbono Orgânico (C_{burial})($\text{g}/\text{m}^2.\text{ano}$). (Fonte: a autora (2022))	27
Figura 9: Gráfico de dispersão Densidade do Peso Seco (DPS) (g/cm^3) versus taxa de acumulação de Carbono Orgânico (C_{burial}) ($\text{g}/\text{m}^2.\text{ano}$) C4 SUP. (Fonte: a autora (2022)).....	28
Figura 10: Perfil estratigráfico e parâmetros sedimentares do testemunho C5 SUP Mangue Superior. (Fonte: a autora (2022))	29
Figura 11: Diagrama ternário de Folk (1954) com a classificação textural das amostras do testemunho C5 SUP. (Fonte: a autora (2022)).....	30

Figura 12: Análise de Componentes Principais (PCA) para C5 SUP. (Fonte: a autora (2022)).....	31
Figura 13: C5 SUP a) Densidade do Peso Seco (DPS) (g/cm^3); b) A taxa de acumulação de Carbono Orgânico (Cburial) ($\text{g/m}^2\cdot\text{ano}$). (Fonte: a autora (2022))....	32
Figura 14: Gráfico de dispersão Densidade do Peso Seco (DPS) (g/cm^3) versus taxa de acumulação de Carbono Orgânico (Cburial) ($\text{g/m}^2\cdot\text{ano}$) C5 SUP. (Fonte: a autora (2022)).....	33
Figura 15: Comparativo entre C4 SUP x C5 SUP. a) $\text{CaCO}_3(\%)$; b) MOT (%).....	36
Figura 16: Estimativa estoque de Carbono orgânico Corg (g/m^2) para um metro de solo.....	42

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Correlação de Pearson para principais variáveis em C4 SUP. (Fonte: a autora (2022)).....	26
Tabela 2: Correlação de Pearson para principais variáveis em C5 SUP. (Fonte: a autora (2022)).....	31
Tabela 3: Compilado de trabalhos sobre o carbono orgânico nos sedimentos estuarinos de PE. Fluxos de carbono (C_{burial}) e estoques de C em 8 testemunhos T1: Barcellos et al., 2017; T2: Xavier et al., 2016; T3: Martins et al., 2016; T4,T5,T6: Martins et al., 2021; T7: Oliveira et al., 2021; T8: Passos et al., 2021; C4 e C5: Passos et al., 2022; M1 e F1: Cabral e Barcellos, 2022; C4 SUP e C5 SUP: Araújo e Barcellos, 2023. (Fonte: A autora (2023) adaptado de Santos (2022)).....	41

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
1.1 OBJETIVO	14
1.1.1 <i>Objetivos específicos</i>	14
1.2 HIPÓTESE DE PESQUISA	15
2 MATERIAIS E MÉTODOS	15
2.1 ÁREA DE ESTUDO	15
2.2 COLETA EM CAMPO	19
2.3 PROCEDIMENTOS EM LABORATÓRIO	20
2.4 ANÁLISE DO CARBONO	20
2.5 ANÁLISE DE DADOS	21
3 RESULTADOS	23
3.1 TESTEMUNHO C4 MANGUE SUPERIOR – C4 SUP	23
3.1.1 <i>Teores de Carbonato de cálcio (%CaCO₃) e Matéria Orgânica Total (%MOT)</i>	23
3.1.2 <i>Frações de cascalho, areia e lama</i>	24
3.1.3 <i>Fluxo e estoque de carbono</i>	26
3.2 TESTEMUNHO C5 MANGUE SUPERIOR – C5 SUP	28
3.2.1 <i>Teores de Carbonato de cálcio (%CaCO₃) e Matéria Orgânica Total (%MOT)</i>	28
3.2.2 <i>Frações de cascalho, areia e lama</i>	29
3.2.3 <i>Fluxo e estoque de carbono</i>	31
4 DISCUSSÃO	34
5 CONCLUSÕES	45
REFERÊNCIAS	47
APÊNDICE A – Tabela das análises em laboratório para Testemunho C4 Mangue Superior (C4 SUP).	56
APÊNDICE B – Tabela das análises em laboratório para Testemunho C5 Mangue Superior (C5 SUP).	57
APÊNDICE C – Fotografia dos testemunhos abertos.	58

1 INTRODUÇÃO

Os estuários são ambientes de importância global devido às suas características físicas, químicas, geológicas e biológicas únicas. Eles são corpos d'água costeiros, localizados na interface entre o oceano e o continente, onde ocorre a mistura da água salgada, vinda do oceano, e da água doce dos rios continentais. Por estarem na conexão dos ambientes marinho e dulcícola e sujeitos a dinâmica de marés, os estuários possuem alta variabilidade nos seus parâmetros físico-químicos. Seu ambiente é caracterizado por diversas flutuações de variáveis como a salinidade, temperatura e percentuais de nutrientes e oxigênio dissolvido.

Do ponto de vista do tempo geológico, os estuários são ambientes costeiros de vida efêmera, pois estão sujeitos às variações do nível relativo do mar (Baptista Neto *et al.*, 2004). Por serem muito dinâmicos, possuem altas taxas de sedimentação e são propícios a receber e estocar sedimento. Além disso, a riqueza do ambiente proporciona o desenvolvimento de domínios de ecossistemas, como o manguezal, prados de fanerógamas marinhas e os marismas.

O manguezal é um ecossistema rico e com alta biodiversidade que se desenvolve em abundância na região latitudinal entre trópicos e está situado nas zonas de transição entre o ambiente marinho e terrestre (ICMBio, 2018). O Brasil é o 3º na lista de países com maiores áreas de manguezal do mundo, contando com cerca de 9% do total da área mundial (Leal e Spalding, 2022). Ao longo do litoral brasileiro, uma fração significativa é ocupada pelos manguezais, estando presentes em até 80% da linha de costa. Por ser um ecossistema chave das zonas costeiras, de alta produtividade, manguezais oferecem uma série de serviços ecossistêmicos como proteção à costa, produção pesqueira, e estocagem de carbono (Kauffman *et al.*, 2018a).

Em relação à conceituação dos fluxos e estocagem de carbono orgânico (C_{org}), Sistemas de Carbono Azul (*Blue Carbon Systems*) é a denominação que se dá aos ecossistemas vegetados costeiros que têm a capacidade de reter e armazenar grandes quantidades de C_{org} em sua estrutura (Howard *et al.*, 2014). O Carbono Azul (*Blue Carbon*) é sequestrado pelo ambiente e organismos e fixado a sua biomassa ou ao solo. Nesse sentido, os manguezais são reconhecidos amplamente pelo seu papel

no auxílio à mitigação de mudanças climáticas, visto que seu potencial de estoque chega a ter maiores taxas até em relação às florestas terrestres (Alongi, 2014). Em relação aos biomas vegetados brasileiros, o manguezal chega a armazenar, por área, cerca de 2,2 a 4,3 vezes mais carbono no primeiro metro do solo que biomas como a Floresta Amazônica e a Mata Atlântica (Rovai *et al.*, 2022).

O CO_2 atmosférico dissolvido no meio aquático é assimilado através do processo de fotossíntese realizado pelos organismos vivos, onde parte do carbono orgânico se mantém na cadeia alimentar e outra parte sedimenta no ambiente de fundo (fig. 1) (Howard *et al.*, 2014). O tempo de permanência do carbono orgânico depositado no fundo varia entre cada ecossistema. Dessa forma, a diferença na estocagem do carbono entre os ambientes costeiros marinhos e sistemas terrestres é regulada principalmente pela disponibilidade de oxigênio no meio. Sistemas terrestres possuem maiores taxas de oxigênio no solo e podem favorecer a oxidação aeróbia, o que cria uma via para o carbono escapar até a atmosfera. Ambientes como o manguezal possuem sedimento lamoso com pouco oxigênio, ou até anóxico, e rápido processo de sedimentação, favorecendo o soterramento e a estocagem de carbono em longos períodos de tempo - de séculos até milênios (Breithaupt *et al.*, 2012).

As taxas de acumulação de carbono no sedimento são importantes como parâmetro para quantificar o carbono que pode ser estocado e sequestrado pelos ambientes (Breithaupt *et al.*, 2012). Além disso, entender os fatores que controlam o acúmulo de carbono orgânico nos sedimentos é fundamental para compreender seu papel em aspectos globais de mudanças climáticas (Wang *et al.*, 2021).

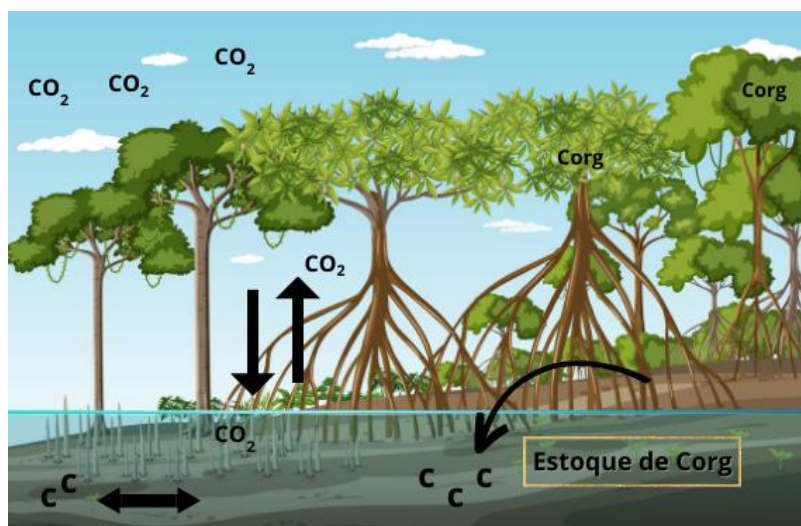


Figura 1: Esquema do carbono no ambiente. Dióxido de Carbono (CO₂) na atmosfera; fluxos de CO₂ entre atmosfera e água; Carbono Orgânico (C_{org}) fixado à biomassa vegetal e C_{org} fixado à camada sedimentar. (Fonte: a autora (2022) Crédito: criado com recursos de Freepik.com)

Observa-se que os manguezais do Brasil possuem taxas de sequestro de carbono orgânico (C_{org}), por área, de 15 a 30% maiores do que as estimativas globais recentes (Rovai *et al.*, 2022). Hatje *et al.* (2021) estima que os reservatórios de manguezais brasileiros, cerca de 10% da área total do planeta, tenha 207 ± 34 Tg C_{org} de estoques no metro superior dos sedimentos, o que representa 3–8% do carbono armazenado em sedimentos de manguezais globalmente. Tais dados realçam a importância premente da execução de mais estudos que tenham como enfoque os fluxos e a acumulação de carbono nos Sistemas de Carbono Azul no país.

No Brasil, é possível citar algumas pesquisas importantes que foram desenvolvidas em ambientes de sedimentação costeira, principalmente nos últimos 5 anos, tais como: Bernardino *et al.* (2020) no Espírito Santo; Kaufmann *et al.* (2018a, 2018b) e Matos *et al.* (2020) no Pará; Sanders *et al.* (2010, 2014) e Rovai *et al.*, (2021) em São Paulo; e Hatje *et al.*, (2021) na Bahia.

Na costa de Pernambuco ainda são recentes os trabalhos sobre fluxos e sequestro de carbono em manguezais (ex: Oliveira *et al.*, 2020; Oliveira *et al.*, 2021; Passos *et al.*, 2022; Santos, 2022; Cabral, 2022; Cabral e Barcellos, 2022). Assim, é imprescindível a realização de mais pesquisas, tal qual o presente estudo, para o incremento de informações nos bancos de dados locais, de forma a contribuir com os inventários de estoques de carbono globais do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC).

Por ser uma das áreas costeiras mais densamente povoadas historicamente pela sociedade, o manguezal é um dos ecossistemas mais afetados pelos impactos antrópicos. Estima-se que desde o início do século 20 em torno de 25% dos manguezais no Brasil foram desmatados (ICMBio, 2018). Em relação à importância de conservação desse bioma, é pertinente adicionar que o IPCC vem alertando em relatórios anuais sobre a preocupação com impactos das mudanças climáticas em todo planeta. Com as mudanças nos padrões do clima, os riscos de desastres naturais

podem aumentar rapidamente, com frequência gerando efeitos irreversíveis nos ecossistemas costeiros.

Dado que o Brasil é um *hotspot* de Carbono Azul, enfatiza-se a necessidade urgente do estabelecimento de melhores práticas de conservação de manguezais e uma avaliação abrangente de seu valor nas estratégias de mitigação e adaptação às mudanças climáticas (Hatje *et al.*, 2021). Além disso, a preservação dos ambientes costeiros e marinhos faz parte da agenda 2021-2030 “Década dos Oceanos” da Organização das Nações Unidas (ONU). Mudar o rumo de decisões exige esforços imediatos e coordenados para reduzir emissões, conservar os ecossistemas de Carbono Azul e aumentar drasticamente o financiamento para adaptação e transição a novos modelos energéticos (IPCC, 2022).

1.1 OBJETIVO

O objetivo principal deste trabalho é estimar e analisar a dinâmica sedimentar e os processos deposicionais de carbono orgânico em testemunhos no manguezal do estuário do Rio Itapessoca (PE).

1.1.1 *Objetivos específicos*

- Relacionar os processos sedimentares e deposicionais com o processo de evolução sedimentar e ambiental local;
- Estimar os fluxos, acumulação e estoque de carbono locais;
- Identificar no registro sedimentar, se possível, impactos antrópicos nas últimas décadas;
- Contribuir, a partir do banco de dados gerados, com os inventários globais de carbono do Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC), bem como nacionais e locais (PE).

1.2 HIPÓTESES

Inicialmente, a pesquisa tem como hipóteses que: 1) o manguezal superior possui maior capacidade de estocar carbono quando comparado com a região da franja de mangue. Outra pesquisa realizada no local de estudo (Passos *et al.*, 2022) obteve fluxos de carbono na franja de mangue adjacente ao sítio de coleta, sendo possível a comparação espacial. Como fundamentação, de acordo com Woodroffe (1992), o manguezal superior é um ambiente de sedimentação mais estável quando comparado com a franja do mangue, sendo um importante sítio de sedimentação. 2) O enriquecimento de C_{org} no topo da coluna sedimentar, no presente, tem relação com impactos antrópicos e urbanização. Outros autores também observaram enriquecimento de matéria orgânica (C, N) de 2,5 vezes e de Hg em até 13 vezes nas últimas 6 décadas. Assim, espera-se que os efeitos dessa acumulação possam ser ainda maiores na porção interna do manguezal estudado.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 ÁREA DE ESTUDO

Situado no município de Goiana, o local de estudo (fig. 2) é o sistema estuarino do Rio Itapessoca, litoral norte do estado de Pernambuco, aproximadamente a 55km ao norte do Recife (PE). A região integra a Área de Proteção Ambiental (APA) estuarina do Rio Itapessoca e também a APA de Santa Cruz. Adjacente ao sítio de pesquisa, há um dos maiores sistemas estuarinos de Pernambuco, o Canal de Santa Cruz, que é um ecótono de grande importância regional (CPRH, 2022).

Em detalhe, o complexo estuarino-lagunar de Itapessoca é um vale de rio afogado no Holoceno pobremente preenchido por sedimentos (Medeiros & Kjerfve, 1993), interligado com o Canal de Santa Cruz e Ilha de Itamaracá (Oliveira Filho *et al.*, 2021). O sistema é formado por dois canais com aproximadamente 8 km de extensão e 300 m de largura, nos flancos da Ilha de Itapessoca. Essa área tem condicionamento tectônico (Medeiros & Kjerfve, 2005) e os dois canais apresentam geometria paralela condicionado por falhas de idade cretácea, isolando a Ilha de Itapessoca das planícies costeiras do continente (Vila de Atapuz) e do litoral (Vila da Barra de Catuama). O

canal estuarino a oeste é o rio Itapessoca e ao leste fica o canal do rio Catuama (fig 2), no qual localizam-se os manguezais pesquisados.

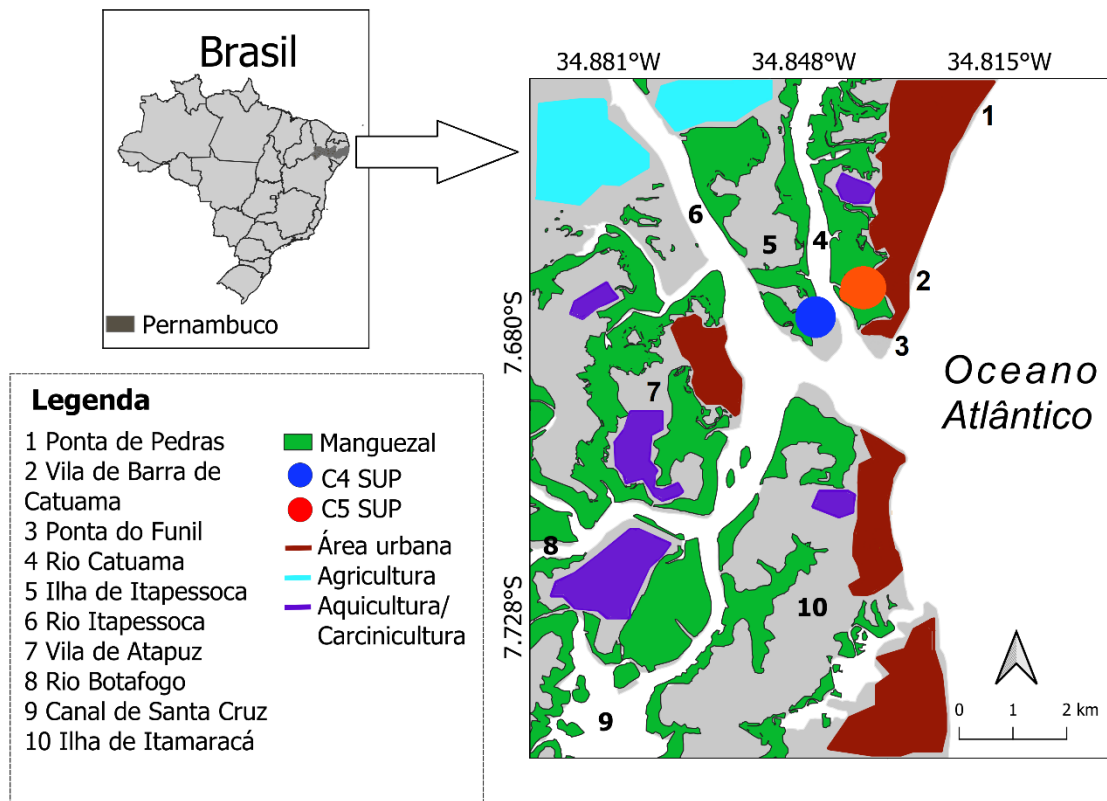


Figura 2: Mapa da área de estudo no sistema estuarino do Rio Itapessoca, Goiana, PE. (Fonte: a autora (2022))



Figura 3: Imagem da área de estudo gerada pelo Google Earth. Localização dos pontos C4 SUP e C5 SUP. (Fonte: a autora (2023))

Dessa forma, a área de estudo são dois manguezais onde foram coletados dois testemunhos de sondagem, C4 SUP (-7,676767°S/-34,844482°W) e C5 SUP (-7,674474°S/-34,841628°W) (fig. 3). A coleta foi realizada no manguezal superior com pontos localizados em margens opostas do canal principal do rio Catuama. Os sítios de amostragem estão localizados em áreas de mangue sob a influência de processos sedimentares continentais e marinhos, associados aos fluxos de marés e aportes fluviais locais.

De acordo com Lira (1975) e Oliveira *et al.* (2017), a batimetria dessa área é caracterizada por ser diversificada, com trechos extremamente planos e pouco profundos (< 5m prof.) e outros morfologicamente acidentados. Os canais paralelos de Itapessoca e Catuama (3 a 7m profundidade) (Gomes e Barros, 2017) são conectados por um canal estreito e raso na parte norte, e ao sul junto à Ponta da Ilha de Itapessoca desaguando no canal da Barra de Catuama, esse último mais profundo em sua conexão com o oceano (> 8m prof.) (Oliveira *et al.*, 2017; Oliveira Filho *et al.*, 2021).

A bacia hidrográfica do Rio Itapessoca/Carrapicho totaliza cerca de 12.560 hectares, o que representa 9,2% da superfície do litoral norte pernambucano (125 km²) (CONDEPE, 2003; CPRH, 2022). O rio Botafogo, principal tributário da área, desagua no canal de Santa Cruz, a cerca de 1km ao sul da Vila de Atapuz, apresentando bacia de drenagem mais ampla (842km²) e com vazão fluvial média de 4,46 m³ s⁻¹ (Otsuka *et al.*, 2014). As marés regionais são semidiurnas e variam entre 0,7 e 2,3 m sob condições de maré de quadratura e de sizígia (Schettini *et al.*, 2017). A circulação da água em toda a área estuarina é controlada principalmente por correntes de maré, com velocidades médias para o Canal de Santa Cruz de 0,52 a - 0,65 m.s⁻¹ em cheia e vazante, respectivamente (Medeiros e Kjerfve, 1993). No geral, a salinidade no estuário de Itamaracá é substancialmente maior durante a estação seca (34 psu) em comparação com a estação chuvosa (27 psu) (Medeiros e Kjerfve, 1993).

O clima é quente e úmido, Am' na classificação de Köppen, com médias pluviiais de 1600 mm.ano⁻¹ e temperaturas médias anuais de 26° C, variando de 18 a 34° C, sendo caracterizado por dois períodos distintos: o período chuvoso no outono-inverno

(março a agosto) – com precipitação concentrada nos meses de maio a julho, e o período seco primavera-verão (setembro a fevereiro) (Medeiros e Kjerfve, 1993). Como o regime de chuvas é relativamente bem distribuído, a rede fluvial é perene e abriga fauna e flora variadas (CPRH, 2022).

Na região, encontramos atividade pesqueira nas comunidades ribeirinhas da Barra de Catuama. Na bacia do Itapessoca ainda ocorrem atividades como a plantação de cana-de-açúcar, coco, outras frutíferas; exploração de areia e extração de calcário, na produção de cimento e cal (CPRH, 2022). O uso do solo na bacia de drenagem é principalmente para cultivo de cana-de-açúcar e há um complexo industrial (químico, cervejeiro, sucro-alcóoleiro) (CPRH, 2003). Na área estuarina também existem atividades de carcinocultura (Oliveira e Barcellos, 2014). A falta de monitoramento ambiental das atividades econômicas locais acaba se tornando, em algum nível, causadora de degradação dos recursos hídricos, assoreamento de rios e redução da fauna e flora local.

A vegetação é composta por Mata Atlântica, mas com elevado grau de degradação por atividades como a monocultura da cana-de-açúcar, que ocorrem na região desde o séc. XVI. A vegetação de mangue conta com as espécies *Laguncularia racemosa* (mangue branco), *Rhizophora mangle* (mangue vermelho), *Avicennia spp.* (mangue canoé ou preto) e o *Conocarpus erectus* (mangue de botão) (IBAMA, 2009; Passos *et al.*, 2022). As florestas de mangue às margens do canal de Catuama abrangem uma área de 30-35km² (Araújo *et al.*, 2019; Passos *et al.*, 2022). Outro ecossistema local associado aos BCS são os prados de fanerógamas marinhas, também presentes na área estuarina local, que é dominada pela espécie *Halodule wrightii* (Magalhães *et al.*, 1997).

A geologia da área de estudo é composta majoritariamente por sedimentos flúvio-lagunares inconsolidados quaternários (Passos *et al.*, 2022). Os depósitos de mangue são próprios de estuários afogados e estão associados às fases de transgressão marinha holocênica (CPRH, 2001). Em escala regional, é caracterizada por cinco unidades litológicas principais: Formação Beberibe (Kb) (arenitos finos a médios do Cretáceo Superior com cimentos carbonáticos); Formação de Gramame (Kg) (calcarenito Maastrichtiano bioclástico arenoso); Maria Farinha (Emf) (calcários paleocênicos); Formação Barreiras (Enb) (arenitos Terciários finos a médios) e

Depósitos Marinhos Quaternários (Qm) (Dominguez *et al.*, 1990). Exceto os sedimentos flúvio-lagunares quaternários, a unidade geológica mais extensa do litoral norte é a Formação Barreiras, constituída por sedimentos areno-argilosos e areníticos não consolidados de origem continental e transicional costeira (Rosseti *et al.*, 2013). A geomorfologia e relevo do litoral norte de Pernambuco têm como características a presença da planície costeira, rampas coluviais e tabuleiros costeiros (CPRH, 2001).

Os sedimentos superficiais de fundo locais são descritos como areias e areias-lamosas nos canais e nas margens dos canais estuarino-lagunares (bancos de intermarés), respectivamente (Gomes e Barros, 2017; Oliveira *et al.*, 2017). Oliveira e Barcellos (2014) observaram baixas concentrações de carbono orgânico total (TOC), nitrogênio total (TN), matéria orgânica total (MOT) e carbonato de cálcio (CaCO_3) em sedimentos do apicum da Vila de Atapuz (0,19-0,62% COT; 0,003-0,031% NT; 2,43-5,40% MOT; 1,7-7,7% de CaCO_3). As características isotópicas estáveis da matéria orgânica sedimentar indicaram para o apicum uma origem marinha ($\delta^{13}\text{C}$: 22,5-19,3‰ PDB), influenciada pelas águas estuarinas. Baixos valores de MOT (1,23-2,03%) também foram observados no canal da Barra de Catuama por Oliveira *et al.* (2017).

2.2 COLETA EM CAMPO

O método de amostragem de campo utilizado foi o de obtenção de testemunhos de sondagem. As amostras foram coletadas no sistema estuarino do Rio Itapessoca, em 14 de novembro de 2020. A coleta foi realizada pela técnica de *push-core* (Glew *et al.*, 2002), que consiste na retirada de testemunho da coluna sedimentar usando tubos de PVC, de 4cm de diâmetro, com auxílio de braçadeiras e pesos para recuperação do depósito sedimentar (fig. 4). Os testemunhos foram abertos, descritos e subamostrados a cada 2cm nos 10 primeiros cm e a cada 5cm até a base do testemunho, ajustando-se à estrutura heterolítica da mesma. A coluna foi descrita em relação à textura/faciologia, estruturas sedimentares e restos biogênicos contidos (fotos no apêndice).



Figura 4: Fotografia da coleta em campo do testemunho C4 SUP. (Fonte: Roberto Barcellos (2020))

2.3 PROCEDIMENTOS EM LABORATÓRIO

Em laboratório, foram efetuadas análises granulométricas por peneiramento úmido (Suguio, 1973), sendo separadas as frações de cascalho (>2 mm), areia (2 mm $< x < 0,063$ mm) e lama ($<0,063$ mm) por meio do método. Esta análise é efetuada para avaliação da energia deposicional e suas variações (Suguio, 1973).

Os teores de Carbonato de Cálcio (CaCO_3) e a Matéria Orgânica Total (MOT) foram obtidos pela diferença de peso entre amostras secas, antes e depois de acidificação com HCl e oxidação com H_2O_2 , diluídos a 10%, respectivamente, segundo Carver (1971). Em relação às análises dos parâmetros sedimentares, o conteúdo de CaCO_3 é indicativo da influência marinha na sedimentação (Paraopkari *et al.*, 1991), enquanto os teores de MOT são indicativos da magnitude do aporte sedimentar (Tyson, 1995).

2.4 ANÁLISE DO CARBONO

O Teor de Carbono Orgânico Total (COT) foi obtido a partir do percentual:

$COT (\%) = MOT (\%) * (0,58)$, de acordo com Allen (1974).

A taxa de acumulação/sequestro de Carbono Orgânico na coluna sedimentar foi calculada nos testemunhos baseada na Taxa de Sedimentação (Tx), Densidade do Peso Seco (DPS) e Teor de COT através da fórmula:

$C_{burial} \text{ (em } gC_{org}.m^{-2}.ano^{-1}) = COT (\%) * DPS * Tx$ (Sanders *et al.*, 2010), sendo a DPS (em $g.cm^{-3}$) determinada pela razão entre o valor da massa seca obtido e o volume do intervalo da amostra de acordo com Ravichandran *et al.* (1995).

Os valores das Taxas de Sedimentação (Tx) usados foram os de Passos *et al.* (2022), sendo usado o método de decaimento de meia-vida de ^{210}Pb ($T^{1/2} = 22,3$ anos), para os testemunhos C4 SUP e C5 SUP, respectivamente:

$Tx_{Core1} = 0,52 \text{ cm.ano}^{-1}$ e $Tx_{Core2} = 0,27 \text{ cm.ano}^{-1}$ (Passos *et al.*, 2022)

Assim, as idades das colunas sedimentares foram calculadas através das Taxas de Sedimentação.

O estoque de carbono orgânico foi estimado segundo:

$\text{Estoque (em } gC_{org}.m^{-2}) = DPS * Profundidade * (COT (\%) / 100)$ (Howard *et al.*, 2014), onde a profundidade corresponde a espessura (cm) da camada. Após o cálculo de cada estrato obteve-se o sequestro por camada sedimentar. Em seguida, foi feita a soma dos sequestros visando obter o Estoque Total de C_{org} para a profundidade do testemunho. Finalmente, o Estoque Total de C_{org} em 50 centímetros foi estimado a partir do que foi encontrado no testemunho calculando-se a proporção para 50 cm.

2.5 ANÁLISE DE DADOS

Os dados da granulometria foram analisados de acordo com o diagrama ternário de fácies texturais de Folk (1954) e Shepard (1954), classificação de fácies sedimentares de Vital *et al.* (2005) e diagrama triangular de condições hidrodinâmicas de Pejrup (1988).

Os dados obtidos a partir dos teores de Carbonato de Cálcio ($CaCO_3$) foram classificados seguindo o proposto por Larssonneur *et al.* (1982) e Vital *et al.* (2005).

Na análise de dados, foram usados o Gradistat versão 9.1, para dados de granulometria e diagrama de Folk (1954), e o Strater 5 para descrição da coluna sedimentar do testemunho. Foram feitas ainda análises estatísticas entre os parâmetros dos dados através da Correlação de Pearson e Análise de Componentes Principais (PCA) com o uso dos *softwares* Excel e Past 4.03.

3 RESULTADOS

3.1 TESTEMUNHO C4 MANGUE SUPERIOR – C4 SUP

O testemunho C4 Mangue Superior apresentou recuperação de 35 centímetros de profundidade, coluna sedimentar arenosa e areno-cascalhosa homogênea e presença abundante de fragmentos vegetais nos primeiros centímetros do topo. Usando a Tx (Passos *et al.*, 2022) = $0,52 \text{ cm.ano}^{-1}$, a base do testemunho registra data estimativa de 1953, ou seja, sua coluna sedimentar representa aproximadamente cerca de 67 anos.

3.1.1 Teores de Carbonato de cálcio (%CaCO₃) e Matéria Orgânica Total (%MOT)

Ao longo da coluna sedimentar o CaCO₃ variou de 4,4% a 21,9% (média $8,28\% \pm 4,6$) (fig. 5). Os conteúdos de Matéria Orgânica Total (MOT) oscilaram entre 10,04% e 22,6% (média $12,60 \pm 3,38\%$). O teor mínimo de CaCO₃ foi observado na camada de 15 a 20 cm, enquanto o percentual mínimo de MOT ocorreu entre 10 e 12 cm. Os valores máximos de CaCO₃ e MOT foram encontrados ambos entre 30 e 35 cm, na última camada recuperada do testemunho. Os sedimentos foram classificados como litoclásticos (CaCO₃ < 30%) segundo classificação de Larssonneur *et al.* (1982).

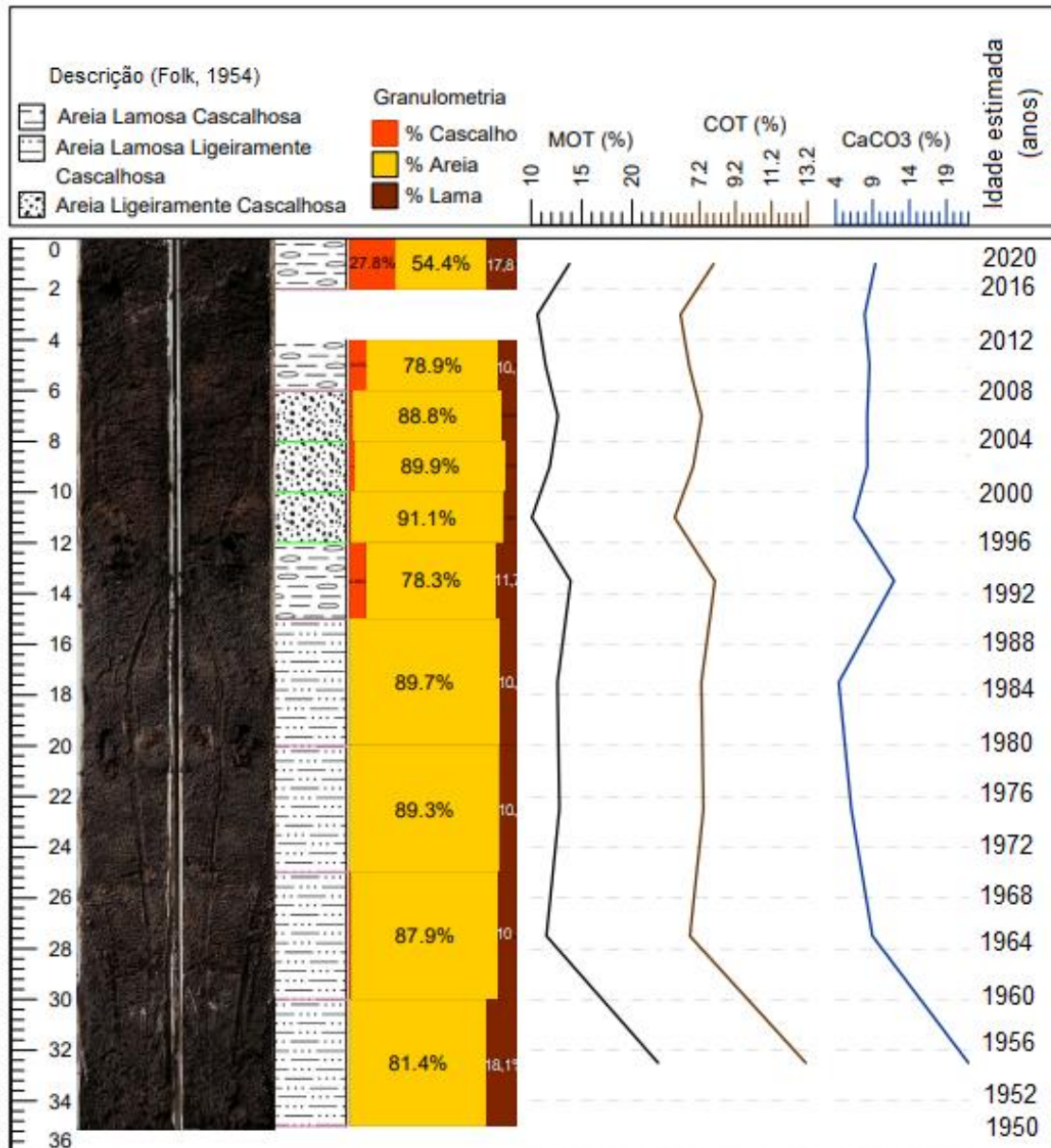


Figura 5: Perfil estratigráfico e parâmetros sedimentares do testemunho C4 SUP Mangue Superior. (Fonte: a autora (2022))

3.1.2 Frações de cascalho, areia e lama

No testemunho C4 SUP, todo o cascalho era composto de fragmentos vegetais em vários níveis de decomposição. A proporção de fração cascalho (> 2mm) variou entre 0,1% a 27,8% (fig. 5), sendo encontrado na camada mais próxima ao topo os fragmentos grandes e pouco retrabalhados. A fração de areia (2 mm > x > 0,063 mm), que variou de 54,4% a 91,1%, é a granulação que predomina em todo o perfil sedimentar. As lamas (< 0,063mm) registraram conteúdos relativamente homogêneos

ao longo da camada sedimentar, com percentual mínimo de 6,7% entre 8 e 10cm e máximo de 18,1% entre 30 e 35cm.

A análise com o diagrama de Folk (1954) mostrou predominância da fração arenosa (fig. 6), com três classes texturais (fácies) para descrição da coluna sedimentar, sendo eles Areia Lamosa Cascalhosa, Areia Ligeiramente Cascalhosa e Areia Lamosa Ligeiramente Cascalhosa.

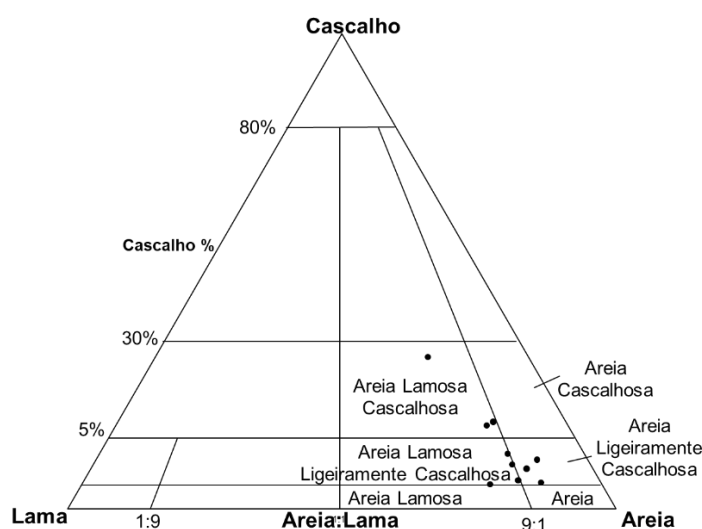


Figura 6: Diagrama ternário de Folk (1954) com a classificação textural das amostras do testemunho C4 SUP. (Fonte: a autora (2022))

Os sedimentos de C4 SUP foram classificados como Litoclásticos ($\text{CaCO}_3 < 30\%$) na classificação de Larssonneur *et al.* (1982). As condições hidrodinâmicas de Pejrup (1988) podem ser classificadas como muito alta (IVB) para todas as camadas sedimentares. Para a classificação de fácies sedimentares de Vital *et al.*, (2005), observaram-se Lamas Terrígenas (LL1) para a primeira (0-2cm) e última camadas (30-35cm) e Areias Litoclásticas (AL1b) para as demais camadas intermediárias.

Em relação à Correlação de Pearson e Análise de Componentes Principais (PCA) (fig. 7), A MOT apresentou correlação direta forte com o CaCO_3 ($r = 0,90$) e a fração lama ($r = 0,76$). O CaCO_3 também apresentou correlação direta forte com a fração lama ($r = 0,69$) (tab. 1).

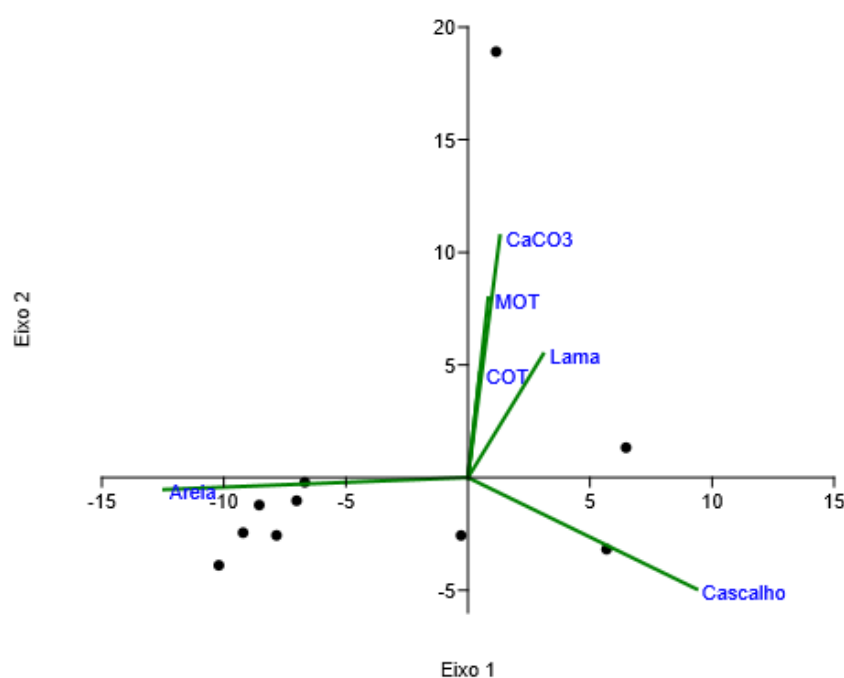


Figura 7: Análise de Componentes Principais (PCA) para C4 SUP. (Fonte: a autora (2022))

	MOT (%)	CaCO ₃ (%)	COT (%)	% Cascalho	% Areia	% Lama
MOT (%)	1					
CaCO ₃ (%)	0,90	1				
COT (%)	1	0,90	1			
% cascalho	-0,03	0,02	-0,03	1		
% areia	-0,23	-0,25	-0,23	-0,96	1	
% lama	0,76	0,69	0,76	0,52	-0,75	1

Tabela 1: Correlação de Pearson para principais variáveis em C4 SUP. (Fonte: a autora (2022))

3.1.3 Fluxo e estoque de carbono

O Carbono Orgânico Total (COT) no testemunho C4 SUP variou de 5,8% a 13,1% (média de 7,31% $\pm$ 1,96) (fig. 5), com percentual mínimo registrado entre 10 e 12 cm e máximo na camada de 30 a 35 cm. Em relação à DPS, a variação ocorreu de 0,63 a 1,10 g.cm⁻³ (média de 0,85 g.cm⁻³ $\pm$ 0,15), com mínimo entre 2 e 4 cm e máximo na camada de 20 a 25 cm (fig. 8.a).

A taxa de acumulação de carbono (C_{burial}) variou entre 200,33 e 557,49 gC.m⁻².ano⁻¹ (média de 311,53 gC.m⁻².ano⁻¹ $\pm$ 97,32), com mínimo na camada sub-superficial de 2 a 4 cm e máximo encontrado na camada basal, de 30 a 35 cm. A

acumulação de carbono teve tendência de crescimento para as camadas mais profundas, em direção à base.

O sequestro variou de 770 a 5360 gC.m^{-2} (média de $2.248 \text{ gC.m}^{-2} \pm 1581$). Para 1 metro de solo, o estoque total de carbono orgânico foi estimado em 70.673 gC.m^{-2} . A DPS e C_{burial} correlacionaram-se positivamente de acordo com reta obtida no gráfico de dispersão (fig. 9), ou seja, o aumento do acúmulo de carbono é diretamente proporcional ao aumento da DPS.

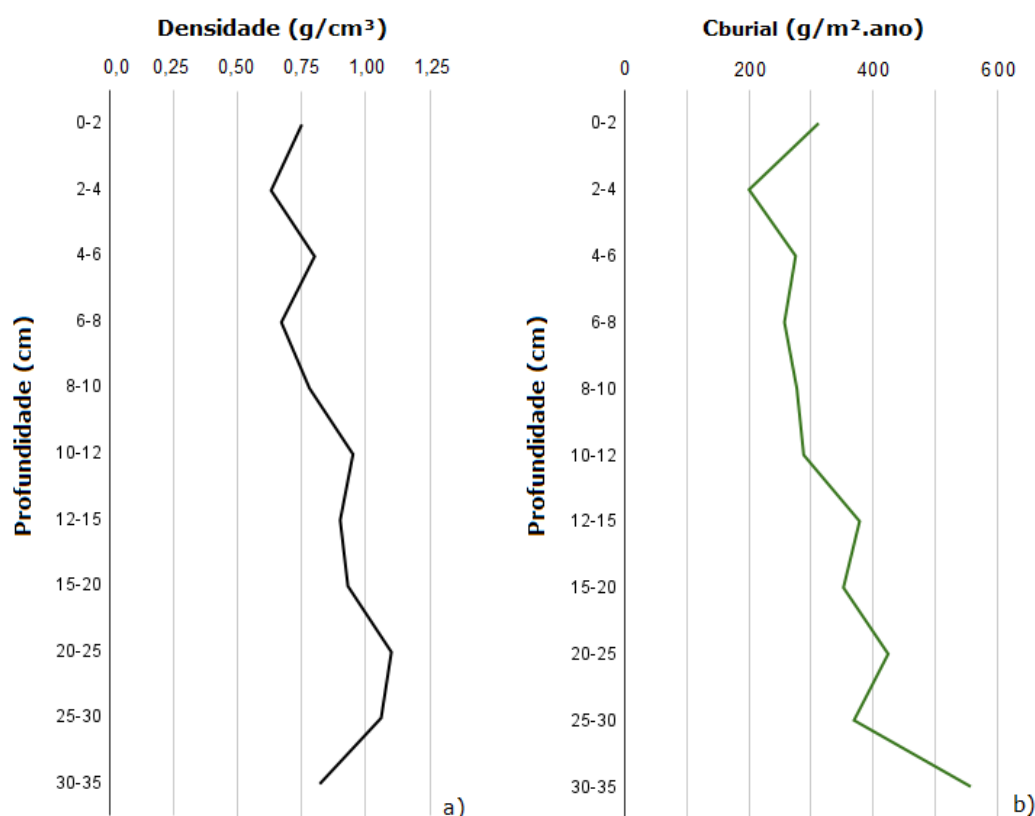


Figura 8: C4 SUP a) Densidade do Peso Seco (DPS) (g/cm^3); b) A taxa de acumulação de Carbono Orgânico (C_{burial})($\text{g/m}^2.\text{ano}$). (Fonte: a autora (2022))

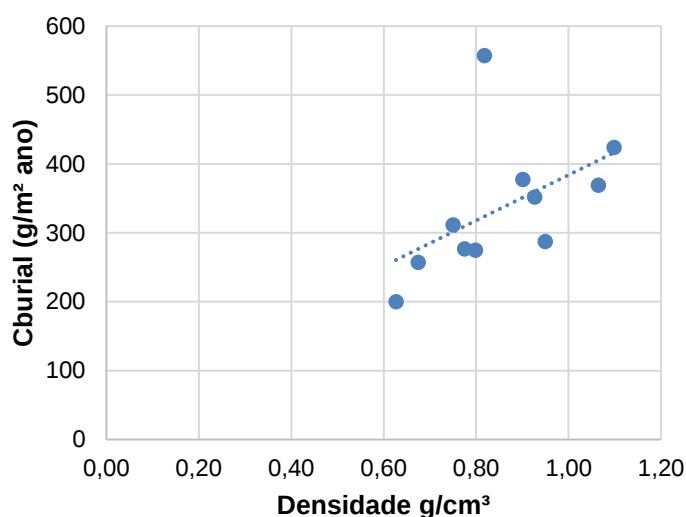


Figura 9: Gráfico de dispersão Densidade do Peso Seco (DPS) (g/cm³) versus taxa de acumulação de Carbono Orgânico (Cburial) (g/m².ano) C4 SUP. (Fonte: a autora (2022))

3.2 TESTEMUNHO C5 MANGUE SUPERIOR – C5 SUP

O testemunho C5 SUP foi recuperado com 46 cm e sua coluna sedimentar também foi relativamente homogênea. Observou-se abundância de fragmentos vegetais próximo ao topo, com máximo de fragmentos de 4 a 6 cm. A partir da taxa de sedimentação Tx (Passos *et al.*, 2022) = 0,27 cm.ano⁻¹, a coluna sedimentar tem uma estimativa de 160 anos, sendo sua base datada por volta do ano de 1860.

3.2.1 Teores de Carbonato de cálcio (%CaCO₃) e Matéria Orgânica Total (%MOT)

O carbonato de cálcio variou entre 2,4% e 9,8% (média 6,3% ± 2,1), com mínimo entre 31 e 35 cm e máximo entre 10 e 15 cm (fig. 10). A MOT apresentou variação de 3,5% a 15,1% (média 8,4% ± 4,2), com mínimo entre 4 e 6cm e percentual máximo entre 41 e 46cm. Segundo a classificação sedimentar de Larssonneur et al. (1982), os sedimentos subsuperficiais são em sua totalidade litoclásticos (CaCO₃ < 30%).

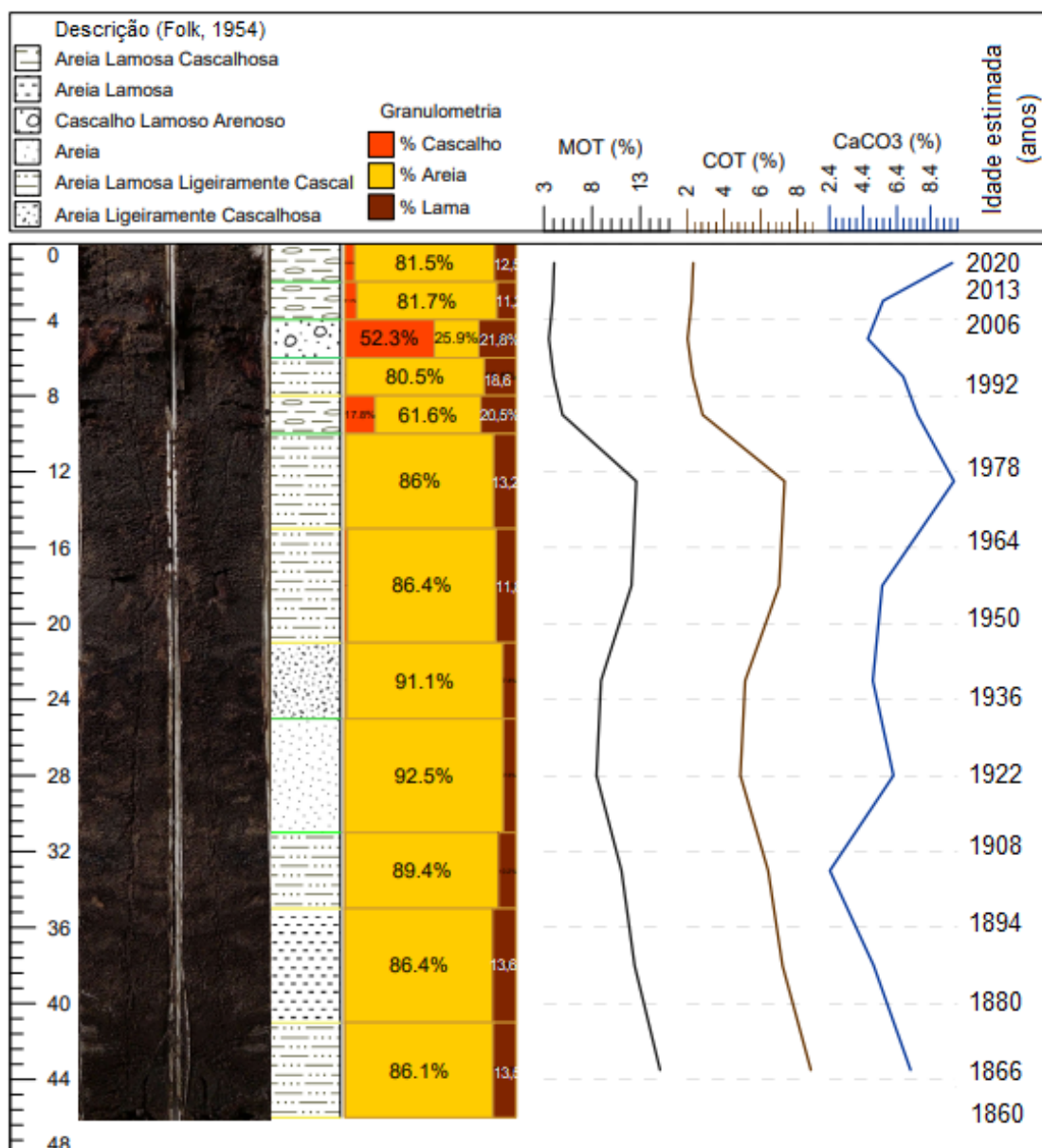


Figura 10: Perfil estratigráfico e parâmetros sedimentares do testemunho C5 SUP Mangue Superior. (Fonte: a autora (2022))

3.2.2 Frações de cascalho, areia e lama

O testemunho C5 SUP também apresentou abundância de fragmentos vegetais, com variação da fração de cascalho entre 0 e 52,3% (média de $7,38\% \pm 15,05$), pois nem todas as camadas apresentaram essa granulação. O teor máximo de cascalhos, compostos essencialmente de fragmentos vegetais, foi encontrado entre 4 e 6 cm. A fração areia predominou ao longo do perfil, com variação entre 25,9% e 92,5% (média de $79,10\% \pm 18,55$), valor máximo entre 25 e 31 cm e valor mínimo

entre 4 e 6 cm. A fração de lama foi a mais homogênea, variando entre 7,5% e 21,8% (média de $13,52\% \pm 4,61$), com conteúdo máximos nas camadas entre 4 e 10 cm.

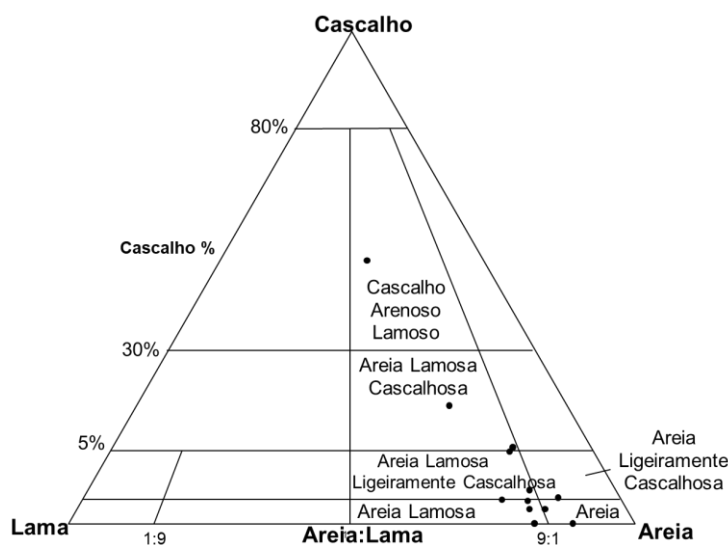


Figura 11: Diagrama ternário de Folk (1954) com a classificação textural das amostras do testemunho C5 SUP. (Fonte: a autora (2022))

O Diagrama de Folk (1954) para C5 SUP também mostrou predominância da fração arenosa (fig. 11). Foram encontradas 6 classificações texturais: Areia, Areia Lamosa, Areia Lamosa Ligeiramente Cascalhosa, Areia Ligeiramente Cascalhosa, Areia Lamosa Cascalhosa e Cascalho Lamoso Arenoso.

Em relação às condições hidrodinâmicas de Pejrup (1988), estima-se que as camadas de 4 a 6 cm e de 8 a 10 cm sejam classificadas como Alta (IIIB) e muito alta (IVB) para demais subamostras. A classificação de fácies sedimentares de Vital *et al.*, (2005) indicou a presença de Lamas Terrígenas (LL1) para os níveis entre 4 a 10 cm e de Areias Litoclásticas (AL1b) para as demais camadas sedimentares.

Não se observaram correlações significativas entre os parâmetros em relação a Correlação de Pearson e a PCA (fig. 12) para o testemunho C5 SUP. Somente a relação entre as frações cascalho e lama foi significativa ($r^2 = 0,70$).

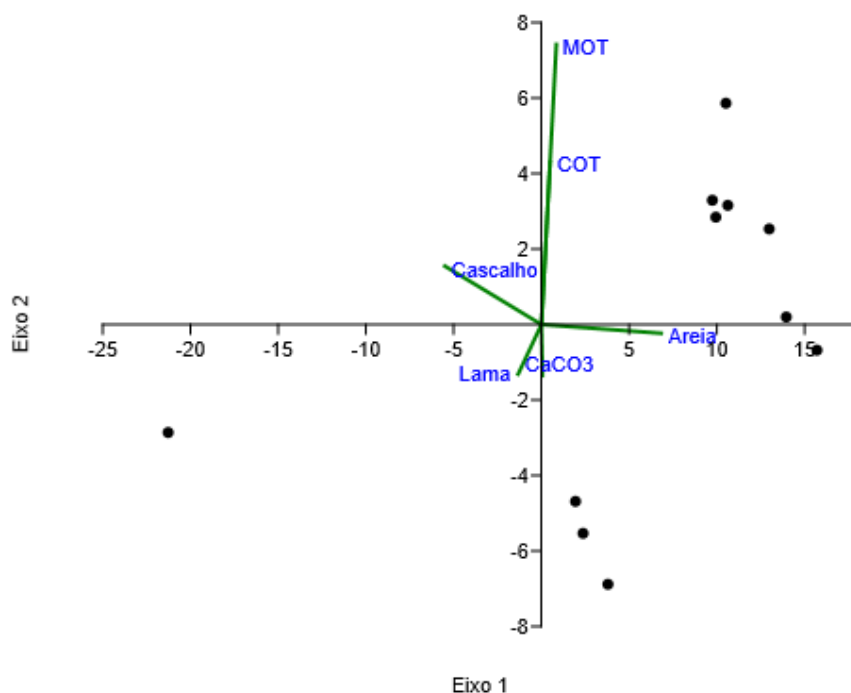


Figura 12: Análise de Componentes Principais (PCA) para C5 SUP. (Fonte: a autora (2022))

	MOT (%)	CaCO ₃ (%)	COT %	% Cascalho	% Areia	% Lama
MOT (%)	1					
CaCO ₃ (%)	-0,18	1				
COT %	1	-0,18	1			
% cascalho	-0,53	-0,11	-0,53	1		
% areia	0,55	0,05	0,55	-0,98	1	
% lama	-0,50	0,17	-0,50	0,70	-0,82	1

Tabela 2: Correlação de Pearson para principais variáveis em C5 SUP. (Fonte: a autora (2022))

3.2.3 Fluxo e estoque de carbono

Para o C5 SUP, o Carbono orgânico total (COT) variou de 2,04% a 8,7% (média de 4,88% $\pm$ 2,43), máximo no intervalo de 10 a 15 cm e mínimo de 4 a 6 cm, com tendência de conteúdos mínimos nas camadas superiores entre 0 e 10 cm. Para a DPS, observaram-se índices entre 0,79 e 1,16 g.cm⁻³ (média de 0,98g.cm⁻³ $\pm$ 0,12), com máxima densidade na camada de 31 a 35 cm e mínima entre 4 e 6 cm (fig. 13.a).

A taxa de acumulação de carbono (C_{burial}) variou entre 43,50 e 226,94 gC.m⁻².ano⁻¹ (média de 131,27 gC.m⁻².ano⁻¹ $\pm$ 69,06), com fluxos máximos encontrados na camada da base, de 41 a 46 cm, e mínimo na camada de 4 a 6 cm (fig. 13.b). A

acumulação de carbono teve tendência de crescimento para as camadas mais profundas, em direção à base.

O sequestro variou de 393 a 4326 gC.m⁻² (média de 2.221 gC.m⁻² ± 1692). Para 1 metro de solo, o estoque total de carbono orgânico foi estimado em 57.939 gC.m⁻². A DPS e C_{burial} (fig. 14) não apresentaram correlação significativa.

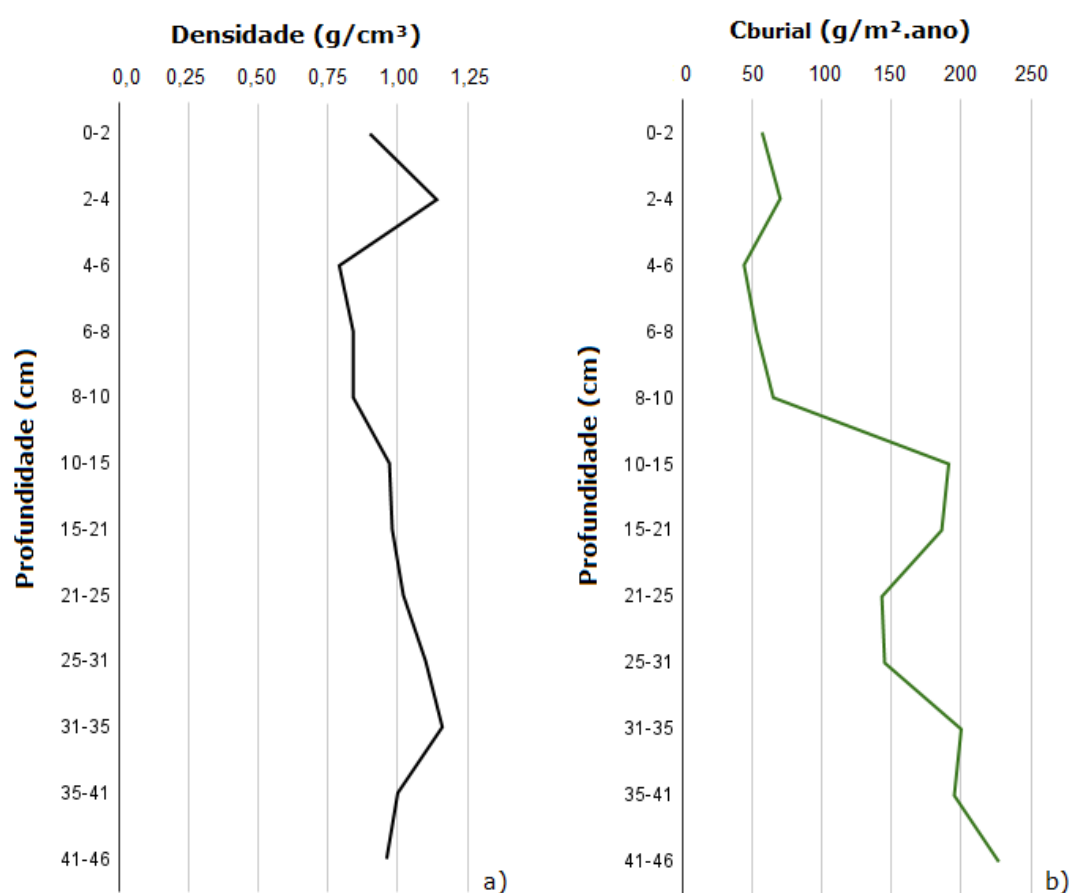


Figura 13: C5 SUP a) Densidade do Peso Seco (DPS) (g/cm³); b) A taxa de acumulação de Carbono Orgânico (C_{burial}) (g/m².ano). (Fonte: a autora (2022))

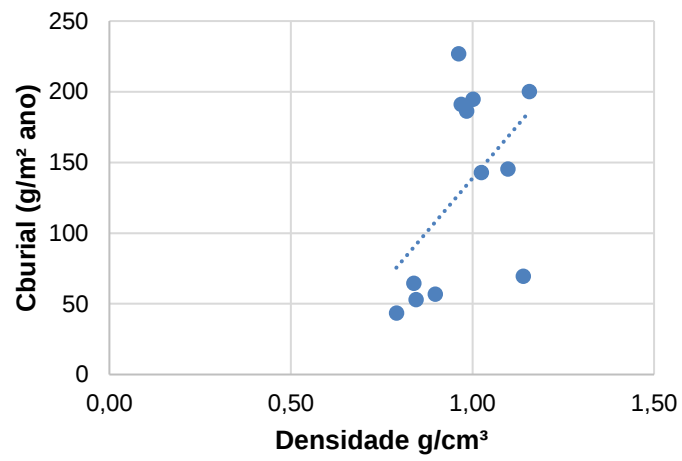


Figura 14: Gráfico de dispersão Densidade do Peso Seco (DPS) (g/cm^3) versus taxa de acumulação de Carbono Orgânico (Cburial) ($\text{g/m}^2.\text{ano}$) C5 SUP. (Fonte: a autora (2022))

4 DISCUSSÃO

O testemunho C4 SUP, localizado no manguezal superior da Ilha de Itapessoca, apresentou o maior valor de deposição de MOT e fração lama junto à base da coluna sedimentar, entre 35-30 cm, o que pode evidenciar maior processo de sedimentação autóctone no passado, estima-se que entre os anos 1950 e 1960. A presença perene da floresta de mangue nas últimas 7 décadas, indicada pela homogeneidade da coluna sedimentar arenosa, possibilitou um aprisionamento e retenção estável de matéria orgânica desde os anos 1970 até os dias atuais. Em direção ao topo, o conteúdo de MOT se mantém relativamente estável e alto com percentuais entre 13 e 10%. O CaCO_3 apresentou pulsos de maior ou menor influência marinha no local de estudo, sendo a sua base, entre 30 e 35 cm o registro de maior influência, cerca dos anos 1960 a 1970. Em seguida, de 30 a 15cm, o CaCO_3 chega ao seu menor valor, de apenas 4,4%, entre os anos 1980 e 1990 representando o período de menor influência marinha. Entre 12 e 15 cm do perfil foi observado novamente um pulso expressivo do CaCO_3 , com percentual de 11,9%, com tendência a maior estabilidade de percentual em direção ao topo, de 12 a 0 cm.

No geral, as características majoritariamente terrígenas do manguezal não sofreram alterações expressivas nas últimas sete décadas, tal qual observado no manguezal superior da Praia da Pedra (Rio Formoso, PE) em estudo similar sobre fluxos de carbono efetuado por Cabral (2022). Passos *et al.* (2021) também descreveram características faciológicas similares em testemunho localizado no manguezal superior do estuário do Massangana (Suape, PE). Com percentuais de areia na casa dos 80%, tal qual o C4 e C5 SUPs, a unidade de topo deste testemunho vem sendo depositada desde a década de 1930, indicando condições deposicionais igualmente estáveis no manguezal de Suape há cerca de 8 décadas.

No perfil sedimentar de C4 SUP, a forte correlação entre MOT e CaCO_3 ($r^2 = 0,90$) e a fração lama ($r^2 = 0,76$) é muito importante para serem feitas inferências sobre a evolução sedimentar e aportes de materiais locais. Observa-se que os percentuais máximos de sedimentos finos são encontrados nas camadas de 30 a 35 cm e de 0 a 2 cm, estando elas associados ao maior teor de MOT e de CaCO_3 . Além disso, a deposição de MOT e da fração lama é um indício de período de hidrodinâmica estuarina mais baixa, associada ao aumento de aporte de material sedimentar.

No caso do C5 SUP, testemunho localizado na margem oposta ao C4 SUP, em Barra de Catuama, os conteúdos de MOT e CaCO_3 foram mais baixos quando comparados ao do ponto na Ilha de Itapessoca (fig. 15). A MOT também teve seu percentual máximo junto à base, entre 40 e 46cm, mas não se associou aos percentuais máximos de CaCO_3 e sedimentos finos, indicado pelas correlações pouco significativas entre estes parâmetros neste testemunho. Assim como no C4 SUP, as características terrígenas do manguezal não sofreram alterações expressivas nos últimos 160 anos. A partir dos 10 cm da coluna sedimentar, nos anos 1980, entretanto, a MOT apresentou queda de até 3 vezes em seus percentuais e mostrou essa tendência até seu topo, no período de tempo mais recente.

Apesar deste decréscimo, a relativa estabilidade nas características sedimentares arenosas aponta para um processo dominante de “modo de progradação rápida” (Woodroffe, 1992) deposicional predominantemente arenosa terrígena para ambos os testemunhos estudados. Cabral e Barcellos (2022) e Oliveira *et al.* (2021), por outro lado, observaram um padrão distinto para testemunhos localizados na franja do manguezal da Praia da Pedra, Rio Formoso (PE), e em baixio de intermarés no estuário do Rio Massangana, Suape (PE), com alternâncias de fácies arenosas e lamosas típicas do modo de sedimentação de “corte e preenchimento”, erosivo heterolítico com níveis de CaCO_3 (Woodroffe, 1992). Quando comparados ao manguezal superior, a franja do mangue e o baixio de intermarés, independente do estuário, estão submetidos a uma maior dinâmica sedimentar, ora progradando ou retraindo em processos deposicionais e erosivos ao longo do tempo, mesmo em costas estáveis dominadas por marés, tal qual a área de pesquisa.

O CaCO_3 na coluna de C5 SUP apresentou pulsos de maior influência marinha entre as camadas de 10 a 15cm, em cerca de 1970 a 1980, e na camada de topo (0-2cm), nos anos 2010. A menor presença de CaCO_3 entre 31 e 35 cm aponta para o período de menor influência e não se correlacionou às frações granulométricas. A fração lama teve seus máximos entre 4 e 10 cm, de 1970 a 2000, e deve indicar o período de menor hidrodinâmica.

É importante observar que o crescimento na fração lama no C5 SUP é acompanhado, nas 4 últimas décadas, do crescimento dos teores de cascalhos ($r^2 = 0,70$) compostos, em sua ampla maioria, por fragmentos vegetais da produção de

serrapilheira do local. Isso é válido também para o C4 SUP, que apresentou correlação razoável entre o cascalho e lama ($r^2 = 0,52$). Por ser uma área de menor dinâmica e de vegetação mais densa, o manguezal superior é o local onde depositam mais folhas da serrapilheira, o que é indicado pelo fato de o cascalho ser composto de fragmentos vegetais que, por sua vez, acaba sedimentando em conjunto com as lamas. É possível que este processo deposicional esteja refletindo a correlação significativa observada principalmente para o C5. Mesmo com o aporte maior de lamas no tempo recente, os fluxos e estoques de C_{org} são menores que há 70 anos no C4 SUP e 160 anos no C5 SUP, o que pode mostrar um declínio na capacidade de adsorção da MOT pelos sedimentos mais recentes. O cascalho vegetal abundante da serrapilheira até 14cm (≈ 1992) no C4 SUP e 10 cm prof. no C5 SUP (≈ 1988), e não totalmente decomposto, provavelmente diminuiu a densidade do sedimento, o que pode ter reduzido a capacidade da coluna sedimentar em sequestrar o C_{org} nos últimos 30-35 anos, principalmente no testemunho C5 SUP.

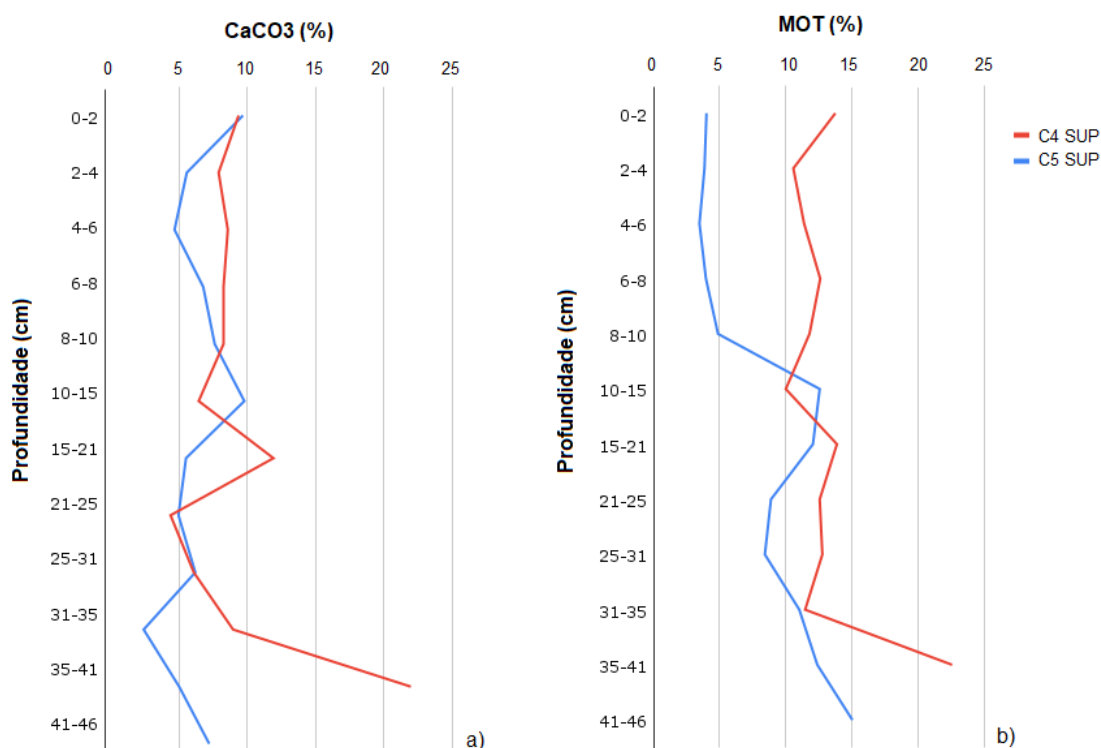


Figura 15: Comparativo entre C4 SUP x C5 SUP. a) CaCO₃(%); b) MOT (%).

Os sedimentos dos dois testemunhos foram classificados como litoclásticos, de origem predominantemente terrígena, sendo gerados pelo intemperismo e erosão de

rochas. A hidrodinâmica do sistema estuarino local é dominada por marés e os sedimentos de fundo são importados pelo Canal de Itapessoca a partir de material proveniente da plataforma interna adjacente ou do Canal de Santa Cruz, dependendo das condições de maré (Oliveira *et al.*, 2017; Oliveira-Filho *et al.*, 2021). Observou-se predomínio de sedimentos da fração areia nos testemunhos indicando condições hidrodinâmicas muito alta (IVB), segundo Pejrup (1988).

Como a dinâmica sedimentar está relacionada aos processos de deposição e evolução da sedimentação do ambiente, o tamanho dos grãos carregados pelas marés vai influenciar diretamente na capacidade de armazenamento do C_{org} , visto que esta depende também do aporte fluvial. Neste sentido, sabe-se que o material lamoso terrígeno tende a favorecer a estocagem de C_{org} (Macreadie *et al.*, 2019) devido ao poder de adsorção de sedimentos mais finos, como os siltes e as argilas. De acordo com Pettijohn (1975) as argilas têm capacidade de adsorção de MOT e metais 4x maior do que as areias e 2x maior do que siltes.

O C4 SUP apresentou os maiores acúmulos de C_{org} (C_{burial}) junto à base, em torno dos anos 1960 a 1980, e acompanhou as maiores porcentagens da fração lama e aumento da densidade do sedimento. A densidade sedimentar também é um parâmetro importante de processo de deposição do C_{org} , onde em C5 SUP os maiores valores estiveram junto à base e acompanharam as maiores taxas de acúmulo do carbono, de 1880 a 1930. Em contrapartida, no C5 SUP o máximo de lama está nas camadas onde justamente ocorreu um declínio expressivo dos estoques e menores valores de acumulação de C_{org} , onde o aumento concomitante do cascalho vegetal parece ter influência direta na densidade do sedimento e na adsorção de carbono orgânico e MOT nos últimos 30-35 anos.

Conforme anteriormente apontado, existe a presença abundante de cascalho vegetal não totalmente decomposto no topo da coluna sedimentar de ambos os testemunhos estudados. Esse fato pode ser indicativo da espessura da Camada de Mistura Sedimentar (CMS) (Song *et al.*, 2022). Estes autores destacam a importância sobre o conhecimento da CMS, visto que sua espessura pode impactar diretamente na preservação do C_{org} . Os fluxos e taxas de acumulação de carbono e a CMS apresentam relação inversa, logo, quanto maior a espessura da CMS, menor será o sequestro de carbono orgânico pelo sedimento, de acordo com Song *et al.* (2022). O

C4 SUP apresentou estabilidade nas taxas de acumulação das camadas de topo do testemunho, de forma distinta do C5 SUP que apresentou um decréscimo nos últimos 30 anos. A localização no manguezal superior, porém em local próximo a franja e banco arenoso na margem estuarina do canal do Rio Catuama (Fig. 03), pode permitir uma maior lixiviação do material depositado por conta da ação das marés locais (Medeiros e Kjerfve, 1993), o que pode refletir no decréscimo observado na densidade dos sedimentos e nas taxas de acumulação de carbono desde o fim dos anos 80 na área. Recentemente, Passos *et al.* (2023) também observaram, em manguezal do Pará, baixos teores de C_{org} e fluxos de acumulação relacionados a expressiva espessura da CMS local, que estaria associado a alta hidrodinâmica de correntes sob regime de macromarés do local.

De maneira geral, houve tendência de redução na capacidade de acúmulo C_{burial} em ambos os testemunhos estudados. A média de C_{burial} C4 SUP foi igual a $311,15 \text{ gC.m}^{-2}.\text{ano}^{-1}$ e em C5 SUP $131,27 \text{ gC.m}^{-2}.\text{ano}^{-1}$, isto é, 3 vezes menor. Como a taxa de sedimentação pode ser um fator determinante no controle da eficiência de soterramento da MOT, e conseqüentemente no acúmulo de C_{org} , é provável que a taxa de 2 vezes maior em C4 SUP favoreça a estocagem.

No local de pesquisa, Passos *et al.* (2022) obtiveram fluxos de carbono da ordem de $105,86 \text{ g.m}^{-2}.\text{ano}^{-1}$ para um testemunho em baixio de intermarés, franja de mangue na mesma margem de C4 SUP, na Ilha de Itapessoca, e em outro baixio adjacente à franja do manguezal do testemunho C5 SUP observaram valores de $134,01 \text{ g.m}^{-2}.\text{ano}^{-1}$. Em estuários pernambucanos Oliveira *et al.* (2021), Passos *et al.* (2021) e Cabral e Barcellos (2022) calcularam taxas médias de acumulação de $222,0 \text{ g.m}^{-2}.\text{ano}^{-1}$, $119,3 \text{ g.m}^{-2}.\text{ano}^{-1}$, $79,6 \text{ g.m}^{-2}.\text{ano}^{-1}$ e $87,0 \text{ g.m}^{-2}.\text{ano}^{-1}$, respectivamente, para ambientes de baixio de intermarés, franja e manguezal superior.

Para a região equatorial amazônica, no Pará, Matos *et al.* (2020) encontraram média regional de $192,5 \text{ g.m}^{-2}.\text{ano}^{-1}$ para os fluxos de C_{org} . Recentemente, também no Pará, Passos *et al.* (2023) obtiveram média de apenas $38 \text{ g.m}^{-2}.\text{ano}^{-1}$ para local de influência de elevada hidrodinâmica de macromarés, apontando a importância direta da dinâmica sedimentar nos fluxos do carbono. Bernardino *et al.* (2020) obtiveram média de $237,7 \text{ g.m}^{-2}.\text{ano}^{-1}$ para manguezal no Espírito Santo. Também para manguezais, no sistema estuarino de Cananéia-Iguape, São Paulo, Rovai *et al.*,

(2021) registraram média de $283,2 \text{ g.m}^{-2}.\text{ano}^{-1}$. Em comparação, $170 \text{ g.m}^{-2}.\text{ano}^{-1}$ é a média global para manguezais conservados (Pérez *et al.*, 2018) e $179,6 \text{ g.m}^{-2}.\text{ano}^{-1}$ é a média global atual para ecossistemas de mangue em geral (Alongi, 2020).

Ao compararem-se os dados dos fluxos entre o manguezal superior e franja do mangue da margem oeste do rio Catuama, constata-se que o C4 SUP também acumula 3x mais carbono $311 \text{ g.m}^{-2}.\text{ano}^{-1}$ que o C4 com $106 \text{ g.m}^{-2}.\text{ano}^{-1}$. O mesmo foi observado por Cabral (2022) no mangue superior da Praia da Pedra no estuário do Rio Formoso ($87,0 \text{ g.m}^{-2}.\text{ano}^{-1}$) em relação à franja do mangue ($79,6 \text{ g.m}^{-2}.\text{ano}^{-1}$) (Cabral e Barcellos, 2022), porém com fluxos mais similares. No caso do perfil sedimentar mangue-franja do C5 e C5 SUP, os valores foram mais próximos, apresentando entretanto, taxas de acumulação ligeiramente maiores no baixio de intermarés da franja do mangue $134,01 \text{ g.m}^{-2}.\text{ano}^{-1}$ (Passos *et al.*, 2022) do que no mangue superior ($131,27 \text{ g.m}^{-2}.\text{ano}^{-1}$), medido no presente trabalho.

Ao aprofundar-se a discussão observa-se que a coluna sedimentar de C5 apresenta teores de areia comparativamente menores ($66,5 \pm 6,3\%$) (Passos *et al.*, 2022), que o C5 SUP, com ($79,1 \pm 18,6\%$). Porém, mesmo com menos lama, o manguezal da margem leste do Rio Catuama tem capacidade de adsorver e soterrar uma quantidade similar de carbono que o baixio lamoso adjacente. Isso não ocorreu entretanto no manguezal do estuário do Massangana-Suape no qual o baixio de maré, provavelmente devido às altas taxas de sedimentação ($1,37\text{mm}.\text{ano}^{-1}$) (Oliveira *et al.*, 2021), soterra mais carbono ($222,0 \text{ g.m}^{-2}.\text{ano}^{-1}$) que o manguezal superior ($119,3 \text{ g.m}^{-2}.\text{ano}^{-1}$) (Passos *et al.*, 2021). Devido a processos recentes de assoreamento em estuários de Pernambuco (Xavier *et al.*, 2016; 2017; Barcellos e Santos, 2018; Conti *et al.*, 2020), é possível que os baixios lamosos de intermarés dos canais estuarinos sejam também, no presente, um importante sumidouro de lamas e carbono. Essa hipótese, entretanto, precisa ser melhor verificada.

Dessa forma, a partir dos trabalhos realizados ainda é prematuro confirmar a hipótese de que “o mangue superior acumula mais carbono que a franja e os baixios de intermarés dos canais estuarinos-lagunares adjacentes”, necessitando de mais trabalhos sobre o tema para esclarecer essa questão.

A título de criação de um banco de dados, Santos (2022) organizou dados de diversos trabalhos em testemunhos efetuados na costa de Pernambuco, como Xavier *et al.*, 2016; Barcellos *et al.*, 2017; Martins *et al.*, 2016; Martins *et al.*, 2021; Oliveira *et al.*, 2021 e Passos *et al.*, 2021. Desta forma, a tabela 3 compila os dados de fluxos e estoques de carbono de Pernambuco, nos diferentes ambientes sedimentares (manguezais, baixios sedimentares e canais estuarinos), obtidos nos artigos citados e nos demais estudos recentemente realizados por Passos *et al.*, 2022 e Cabral e Barcellos, 2022, além dos obtidos no presente estudo.

Sítio	ID Core	Tx sedimentação (cm.ano ⁻¹)	COT (%)	Cburial (g.m ⁻² .ano ⁻¹)	Estoque (g.m ⁻²)	Método datação
Estuário do Capibaribe (Franja de mangue)	T1 (Barcellos et al., 2017)	0,52	4,55	293,24	28.196	²¹⁰ Pb
Estuário do Capibaribe (Banco de intermarés)	T2 (Xavier et al., 2016)	1,58	0,94	142,04	4.495	²¹⁰ Pb
Estuário do Capibaribe (canal estuarino)	T3 (Martins et al., 2016)	0,33	1,34	29,54	4.476	²¹⁰ Pb
Estuário do Rio Formoso (franja de mangue)	T4 (Martins et al., 2021)	0,42	3,15	177,02	21.074	²¹⁰ Pb
Estuário do Rio Formoso (franja de mangue)	T5 (Martins et al., 2021)	0,17	0,87	9,53	4.189	²¹⁰ Pb
Estuário do Rio Formoso (banco de intermarés)	T6 (Martins et al., 2021)	0,1	5,36	23,22	11.612	²¹⁰ Pb
Estuário de Suape (franja de mangue)	T7 (Oliveira et al., 2021)	1,37	1,79	221,45	8.082	²¹⁰ Pb

Estuário de Suape (mangue superior)	T8 (Passos et al., 2021)	0,64	1,63	119,34	9.251	²¹⁰ Pb
Estuário do Itapessoca (franja de mangue)	C4 (Passos et al., 2022)	0,52	1,84	105,9	-	²¹⁰ Pb
Estuário do Itapessoca (franja de mangue)	C5 (Passos et al., 2022)	0,27	6,39	134,0	-	²¹⁰ Pb
Estuário do Rio Formoso (franja de mangue)	F1 (Cabral e Barcellos, 2022)	0,51	1,98	79,62	8.856	²¹⁰ Pb
Estuário do Rio Formoso (mangue superior)	M1 (Cabral e Barcellos, 2022)	0,51	2,78	87,31	7.911	²¹⁰ Pb
Estuário do Itapessoca (mangue superior)	C4 SUP (Araújo e Barcellos, 2023)	0,52	7,31	311,51	35.337	²¹⁰ Pb
Estuário do Itapessoca (mangue superior)	C5 SUP (Araújo e Barcellos, 2023)	0,27	4,88	131,32	28.970	²¹⁰ Pb

Tabela 3: Compilado de trabalhos sobre o carbono orgânico nos sedimentos estuarinos de PE. Fluxos de carbono (C_{burial}) e estoques de C em 8 testemunhos T1: Barcellos *et al.*, 2017; T2: Xavier *et al.*, 2016; T3: Martins *et al.*, 2016; T4, T5, T6: Martins *et al.*, 2021; T7: Oliveira *et al.*, 2021; T8: Passos *et al.*, 2021; C4 e C5: Passos *et al.*, 2022; M1 e F1: Cabral e Barcellos, 2022; C4 SUP e C5 SUP: Araújo e Barcellos, 2023. (Fonte: A autora (2023) adaptado de Santos (2022))

As estimativas dos estoques de C_{org} para 50 centímetros de solo do manguezal, 35.337 e 28.970 g.m⁻² para C4 SUP e C5 SUP, respectivamente (fig. 16), são compatíveis com estoques de T1 (Barcellos *et al.*, 2017) 28.196 g.m⁻², franja de mangue do estuário do Rio Capibaribe e T4 (Martins *et al.*, 2021) 21.074 g.m⁻², franja de mangue no estuário do Rio Formoso. São até 3 vezes superiores a estoques encontrados no estuário de Suape, T7 (Oliveira *et al.*, 2021) 8.082 g.m⁻² e T8 (Passos *et al.*, 2021) 9.251 g.m⁻², em franja de mangue e manguezal superior,

respectivamente; e aos estoques encontrados em Rio Formoso, F1 e M1 (Cabral e Barcellos, 2022), 8.856 e 7.911 g.m^{-2} g, para franja e mangue superior, respectivamente.

A partir dos dados da tabela 3, observa-se que os estoques variam significativamente entre estuários pernambucanos e subambientes sedimentares. A média do estoque total de C_{org} para 50 centímetros de solo em Pernambuco foi de 14.371 g.m^{-2} .

Em relação à média dos estoques, obteve-se 2248,69 e 2221,01 g.m^{-2} , para C4 SUP e C5 SUP, respectivamente. Comparando com outras regiões do Brasil, são semelhantes a Bernardino *et al.* (2020), no Espírito Santo, que encontraram média de 2443 g.m^{-2} para manguezais. No Pará, Matos *et al.* (2020) obtiveram média superior 3811 g.m^{-2} para estoque em baixios de intermarés. Em Papua, Indonésia, foi encontrado cerca de 3 vezes mais, 6200 g.m^{-2} (Sasmito *et al.*, 2020; Matos *et al.*, 2020), também para baixo de intermarés. No mesmo ambiente de sedimentação, na China, 4808 g.m^{-2} foi a estimativa obtida para os sedimentos superficiais (Feng *et al.*, 2019; Matos *et al.*, 2020).

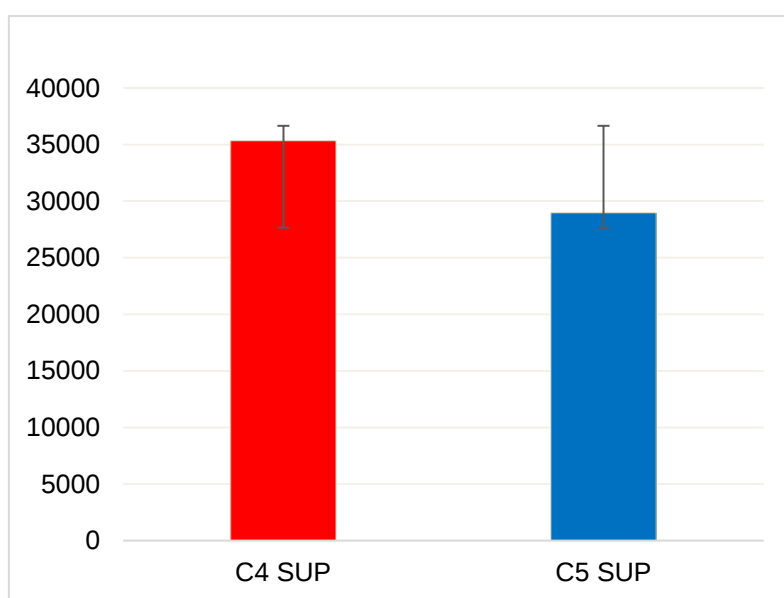


Figura 16: Estimativa estoque de Carbono orgânico C_{org} (g.m^{-2}) para 50 cm de solo.

Algumas das causas para o decréscimo das taxas de acúmulo de carbono podem ser as modificações naturais do balanço sedimentar e processos de sedimentação, de erosão e deposição, e além de impactos ambientais advindos das intervenções antrópicas que afetam os BCS. Assim como em Cabral (2022), o sequestro de carbono diminuiu em direção ao topo dos testemunhos nas últimas 3-4 décadas. Especificamente para o C5 SUP, o estoque de C_{org} menor para o topo pode estar relacionado também aos processos de retração-progradação interanuais do próprio manguezal, localizado próximo à margem do canal estuarino, conforme observado em Cabral e Barcellos (2022) para a franja de mangue no rio Formoso.

Além disso, é importante salientar também que Passos *et al.* (2022) observaram incrementos nos fluxos e teores absolutos de C, N e metais pesados no sistema estuarino do Rio Itapessoca nos últimos anos. Provavelmente, dados como estes estão associados a eutrofização do estuário local, levando em consideração o crescimento urbano e impactos antrópicos em geral. O estuário dos rios Itapessoca e Catuama estão próximos a áreas urbanas que estão sujeitas a diversas alterações ambientais de origem humana, como o desenvolvimento urbano costeiro, a poluição por esgoto doméstico e industrial, a extração de areia e coral para construção, alterações do uso do solo – com atividades como a mineração, além de alterações na qualidade de água (Araújo *et al.*, 2019; Albuquerque *et al.*, 2022).

Como em outras planícies entremarés em todo o mundo, com manguezais e prados de fanerógamas marinhas, os impactos antrópicos diretos incluem dragagem, aterros, supressão de terras e manguezais, construção de portos e tanques de pesca de aquicultura e/ou carcinicultura. Os impactos indiretos, como o incremento no aporte de nutrientes e sedimentos a partir da bacia hidrográfica, o desmatamento da vegetação original da planície costeira (Mata Atlântica) e a construção de estruturas rígidas na linha de costa, resultam na alteração da dinâmica sedimentar em relação à turbidez e ao aporte de lamas e areias, por exemplo. Tais alterações podem contribuir para a erosão de canais e da própria linha de costa. Estes fatores podem impactar profundamente os habitats dos Sistemas de Carbono Azul locais como os manguezais, que prestam diversos serviços ecossistêmicos (Short e Neckles, 1999; Short *et al.*, 2007, Howard *et al.*, 2014).

Ainda pode ser apontado que mudanças na fonte de matéria orgânica têm potencial de interferir no estoque, como é o caso de maior influência marinha nos sedimentos (Passos *et al.*, 2022). Como sugestão, estudos mais aprofundados com isótopos instáveis (taxas de sedimentação ^{210}Pb) e razões isotópicas estáveis ($\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$) poderão quantificar mais precisamente os fluxos e estoques, além de identificar origens da MOT e acrescentar informações a respeito de sua relação com os estoques de carbono orgânico.

5 CONCLUSÕES

Em C4 SUP, a média de C_{burial} igual a $311,15 \text{ gC.m}^{-2}.\text{ano}^{-1}$ foi cerca de 3 vezes maior que a média obtida para C5 SUP $131,27 \text{ gC.m}^{-2}.\text{ano}^{-1}$. Também superou em 3 vezes em comparação à média $\sim 140 \text{ gC.m}^{-2}.\text{ano}^{-1}$ dos resultados obtidos por Passos *et al.* 2022 na franja de mangue do local de estudo. Considerando a média dos testemunhos $221,40 \text{ gC.m}^{-2}.\text{ano}^{-1} (\pm 127,47)$, o local de estudo obteve uma taxa de acumulação ligeiramente maior que a média global $179,6 \text{ gC.m}^{-2}.\text{ano}^{-1}$ para ecossistemas de mangue (Alongi, 2020).

Em relação à evolução sedimentar do local de estudo, o manguezal tem sedimentação arenosa homogênea e estável há 7 décadas para C4 SUP e há 160 anos para o C5 SUP, apresentando maiores taxas de acumulação nas bases de ambos os testemunhos. Isso mostra um decréscimo nos fluxos estimados de carbono em direção ao presente, em especial, nas últimas 4 décadas para o C5 SUP.

A respeito dos fluxos de C_{org} em ambientes sedimentares estuarinos, a partir da atual pesquisa e dos poucos trabalhos realizados até o momento na costa de Pernambuco, ainda é prematuro confirmar a hipótese de que “*o mangue superior acumula mais carbono que a franja e os baixios de intermarés dos canais estuarinos-lagunares adjacentes*”, necessitando de mais estudos sobre o tema para esclarecer melhor essa questão. Os estoques de carbono observados para estuários pernambucanos variaram significativamente, sendo os do atual estudo comparativamente similares a outras regiões do Brasil (média cerca de 2230 gC.m^{-2}). As taxas de acumulação para o C4 SUP ($311 \text{ gC.m}^{-2}.\text{ano}^{-1}$) são comparáveis aos altos fluxos observados para o impactado estuário do Capibaribe (PE) ($301 \text{ gC.m}^{-2}.\text{ano}^{-1}$) (Santos, 2022).

A densidade foi um parâmetro que se correlacionou diretamente ao aumento do armazenamento C_{burial} na coluna sedimentar de C4 SUP. Além disso, as variações espaciais na distribuição granulométrica da fração de lama dos sedimentos parecem desempenhar um papel importante no controle do acúmulo de carbono orgânico em C4 SUP. No caso do C5 SUP não foi possível afirmar essa correlação com sedimentos finos. É provável que os fluxos deste testemunho tenham sido reduzidos devido ao acúmulo de fragmentos vegetais associado à fração lamosa no topo da coluna

sedimentar, o que diminuiu sua capacidade de adsorção ao C_{org} . Dessa forma, mesmo sendo o C4 SUP, de maneira geral, mais arenoso, demonstrou potencial de sequestrar mais carbono quando comparado ao C5 SUP, que é areno-lamoso. O menor fluxo de C_{org} para o topo do C5 SUP também pode estar relacionado aos processos de retração-progradação interanuais do próprio manguezal, localizado próximo à margem do canal estuarino.

Ambos os testemunhos apresentaram tendência a redução da capacidade de estocagem de carbono no presente, sendo intensificada nos manguezais das duas áreas desde o fim dos anos 1980. Também foi observado nos dois locais que os maiores teores de acúmulo C_{burial} estão junto à base e representam maior capacidade de armazenamento no passado.

Observa-se que ambos os testemunhos apresentam fluxos e taxas de acumulação de similares a maiores que os baixios sedimentares dos canais adjacentes medidos em Passos *et al.* (2022), indicando a importância da floresta de manguezal como *hot spot* de acumulação e sequestro de carbono dentre os Sistemas de Carbono Azul e ambientes sedimentares costeiros.

Diante do panorama das mudanças climáticas globais, a pesquisa relacionada aos Sistemas de Carbono Azul torna-se cada vez mais essencial como ferramenta de gerenciamento de políticas ambientais. Por isso, estimar os fluxos, acumulação e estoque de carbono em manguezais são importantes para contribuir no entendimento sobre ecossistemas que possuem a capacidade de reter e armazenar grandes quantidades de carbono orgânico. Ademais, os estudos de dinâmica sedimentar são relevantes para relacionar os processos sedimentares e deposicionais que evidenciam a evolução sedimentológica do ambiente, sendo também capaz de identificar no registro geológico possíveis impactos antrópicos.

Reforça-se novamente que a restauração e preservação dos ambientes marinhos faz parte da agenda 2021-2030, da “Década dos Oceanos”, determinada pela Organização das Nações Unidas. Dessa forma, o presente estudo é mais uma contribuição para os inventários globais de dados do IPCC sobre os fluxos e estoques de carbono, e principalmente, para o aumento do conhecimento da Pegada de Carbono nos manguezais tropicais de Pernambuco e do Nordeste do Brasil.

REFERÊNCIAS

- Albuquerque, P. T., Fredou, T., Barcellos, R. L., Melo, J. T., Arruda, G. N., & De França, E. J. (2022). Anthropogenic influences on sedimentary geochemistry of Itapessoca Estuarine Complex, Pernambuco, Brazil. **Environmental Monitoring and Assessment**, 194(1), 43.
- Allen, S. E. (1974). Chemical Analysis of Ecological Materials, Wiley, New York.
- Alongi, D. M. (2014). Carbon cycling and storage in mangrove forests. **Annual Review of Marine Science**, 6, 195–219. <https://doi.org/10.1146/annurev-marine-010213-135020>
- Alongi, D. M. (2012). Carbon sequestration in mangrove forests. **Carbon Management**, 3(3), 313–322. <https://doi.org/10.4155/cmt.12.20>
- Alongi, D. M. (2020). Global Significance of Mangrove Blue Carbon in Climate Change Mitigation. *Sci*, 2(3), 67. <https://doi.org/10.3390/sci2030067>
- Araújo, P. R. M., Biondi, C. M., Do Nascimento, C. W. A., da Silva, F. B. V., Alvarez, A. M. (2019). Bioavailability and sequential extraction of mercury in soils and organisms of a mangrove contaminated by a chlor-alkali plant. **Ecotoxicol. Environ. Saf.** 183, 109469.
- Atwood, T. B., Connolly, R. M., Almahasheer, H., Carnell, P. E., Duarte, C. M., Lewis, C. J. E., Irigoien, X., Kelleway, J. J., Lavery, P. S., Macreadie, P. I., Serrano, O., Sanders, C. J., Santos, I., Steven, A. D. L., & Lovelock, C. E. (2017). Global patterns in mangrove soil carbon stocks and losses. **Nature Climate Change**, 7(7), 523–528. <https://doi.org/10.1038/nclimate3326>
- Baptista Neto, J. A; Ponzi, V. R. A.; Sichert, S. E. (org.), (2004). Introdução à geologia marinha. Rio de Janeiro: Interciência.

Barcellos, R. L.; Santos, L. D. Histórico de impactos ambientais e o Estado-da-Arte em Oceanografia no sistema estuarino-lagunar de Suape-Ipojuca (PE). (2018). **Parcerias Estratégicas**, v. 46, 169-188.

Barcellos, R. L.; Figueira, R. C. L.; Franca, E. J.; Schettini, C. A. F.; Xavier, D. A. Changes of Estuarine Sedimentation Patterns by Urban Expansion: The Case of Middle Capibaribe Estuary, Northeastern Brazil. (2017). **International Journal of Geosciences**, v. 08, p. 514-535.

Barcellos, R. L., da Silva Sales de Melo, M. C., Sial, A. N., & Vaz Manso, V. do A. (2020). Sedimentary Organic Matter Characterization on a Tropical Continental Shelf in Northeastern Brazil. **International Journal of Geosciences**, 11(06), 393–419. <https://doi.org/10.4236/ijg.2020.116021>

Bernardino, A. F., Sanders, C. J., Bissoli, L. B., Gomes, L. E. D. O., Kauffman, J. B. & Ferreira, T. O. (2020). Land use impacts on benthic bioturbation potential and carbon burial in Brazilian mangrove ecosystems. **Limnology and Oceanography**, 65, 2366-2376.

Breithaupt, J. L., Smoak, J. M., Smith, T. J., Sanders, C. J., & Hoare, A. (2012). Organic carbon burial rates in mangrove sediments: Strengthening the global budget. **Global Biogeochemical Cycles**, 26(3), 1–11. <https://doi.org/10.1029/2012GB004375>

Cabral, M. A. S. (2022). Dinâmica sedimentar e evolução deposicional do manguezal da praia da pedra, estuário do rio Formoso (PE): implicações e importância na pegada de carbono. Trabalho de Conclusão de Curso. UFPE, Recife, 36 p.

Carver, R. E. (1971). Procedures in Sedimentary Petrology. Wiley-Interscience. <https://books.google.com.br/books?id=hMcSAQAIAAJ>

Chmura, G. L., Anisfeld, S. C., Cahoon, D. R., & Lynch, J. C. (2003). Global carbon sequestration in tidal, saline wetland soils. **Global Biogeochemical Cycles**, 17(4). <https://doi.org/10.1029/2002gb001917>

Conti, L. A., da Mota, G. T., & Barcellos, R. L. (2020). High-resolution optical remote sensing for coastal benthic habitat mapping: A case study of the Suape Estuarine-Bay, Pernambuco, Brazil. **Ocean & coastal management**, 193, 105205.

CPRH, (2022). Unidade de Conservação APA Estuarina do Rio Itapessoca. CPRH Agência Nacional do Meio Ambiente. Em: <http://www2.cprh.pe.gov.br/uc/apa-estuarina-do-rio-itapessoca/>

Donato, D. C., Kauffman, J. B., Murdiyarso, D., Kurnianto, S., Stidham, M., & Kanninen, M. (2011). Mangroves among the most carbon-rich forests in the tropics. **Nature Geoscience**, 4(5), 293–297. <https://doi.org/10.1038/ngeo1123>

Folk, Robert L. (1954). The Distinction between Grain Size and Mineral Composition in Sedimentary-Rock Nomenclature. **The Journal of Geology**, 62(4), 344–359. <https://doi.org/10.1086/626171>

Glew, J. R., Smol, J. P., Last, W. M., (2002). Sediment core collection and extrusion. Tracking Environmental Change Using Lake Sediments. Springer.

Hatje, V., Masqué, P., Patire, V. F., Dórea, A., & Barros, F. (2021). Blue carbon stocks, accumulation rates, and associated spatial variability in Brazilian mangroves. **Limnology and Oceanography**, 66(2), 321-334.

Howard, J., Hoyt, S., Isensee, K., Telszewski, M., Pidgeon, E. (eds.) (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

Ibama, (2009). Aspectos gerais da hidrobiologia do Litoral Norte de Pernambuco – Brasil / Renaldo Tenório de Moura, organizador. – Brasília

ICMBio. (2018). Atlas dos Manguezais do Brasil. In Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade

[http://icmbio.gov.br/portal/images/stories/manguezais/atlas dos manguezais do brasil.pdf](http://icmbio.gov.br/portal/images/stories/manguezais/atlas_dos_manguezais_do_brasil.pdf)

Kauffman, J. B., Bernardino, A. F., Ferreira, T. O., Giovannoni, L. R., De Gomes, L. E. O., Romero, D. J., Jimenez, L. C. Z., & Ruiz, F. (2018). Carbon stocks of mangroves and salt marshes of the Amazon region, Brazil. **Biology Letters**, 14(9). <https://doi.org/10.1098/rsbl.2018.0208>

Kauffman, J. B., Bernardino, A. F., Ferreira, T. O., Bolton, N. W., Gomes, L. E. D. O. & Nóbrega, G. N. (2018). Shrimp ponds lead to massive loss of soil carbon and greenhouse gas emissions in northeastern Brazilian mangroves. **Ecology and evolution**, 8, 5530-5540.

Kauffman, J. B., Bernardino, A. F., Ferreira, T. O., Giovannoni, L. R., Gomes, L. E. O., Romero, D. J., Jimenez, L. C. Z. & Ruiz, F. (2018). Carbon stocks of mangroves and salt marshes of the Amazon region, Brazil. **Biology Letters**, 14, 20180208.

Larssoneur, C.; Bouysse, P.; Aufret, J. P., (1982) The superficial sediments of the English Channel and its Western Approach. **Sedimentology**, 29(6), 851-864.

Leal, M.; Spalding, M. D. (editores), (2022). The State of the World's Mangroves 2022. Global Mangrove Alliance.

Lira, L. (1975). Geologia do Canal de Santa Cruz e praia submarina adjacente a Ilha de Itamaracá - PE. Porto Alegre. UFRGS/ IG. Dissertação de Mestrado. 102p.

Magalhães, K. M.; Eskinazi-Leça, E.; Moura Jr., A. M. Morfometria e biomassa da fanerógama marinha *Halodule wrightii* Ascherson no litoral norte de Pernambuco. (1997). **Trabalhos Oceanográficos da Universidade Federal de Pernambuco**, v. 25, p. 83-92.

Martins, S. E. M., França, M. C., Seddique, A. A., Sial, A. N., Pessenda, L. C. R., de Camargo, P. B., & Barcellos, R. L. (2021). Holocene vegetation changes according to sea-level and climate dynamics on tidal flats of the Formoso River estuary,

northeastern Brazil. **Quaternary International**, 602, 39-48.

Martins, S. E. M.; Barcellos, R. L.; Montes, M. J. F.; Franca, E. J. (2016). Depositional evolution in an estuarine lagoonal system under a port influence in Northeastern Brazil. **Journal of coastal research**, v. 75, p. 84-88.

Matos, C. R., Berredo, J. F., Machado, W., Sanders, C. J., Metzger, E. & Cohen, M. C. (2020). Carbon and nutrients accumulation in tropical mangrove creeks, Amazon region. **Marine Geology**, 106317.

Medeiros, C. e Kjerfve, B., (2005). Longitudinal salt and sediment fluxes in a tropical estuary: Itamaracá, Brazil. **Journal of Coastal Research**, 21(4), 751-758. West Palm Beach (Florida), ISSN 0749-0208.

Medeiros, C, Kjerfve, B. (1993). Hydrology of a tropical estuarine system: Itamaraca, Brazil. **Estuarine, Coastal and Shelf Science** 36, 495-515.

Oliveira, T.S., et al. (2021). Reconstructing the history of environmental impact in a tropical mangrove ecosystem: A case study from the Suape port-industrial complex, Brazil. **Region. Stud. Mar. Sci.** 44 (101747) <https://doi.org/10.1016/j.rsma.2021.101747>.

Oliveira, T.D.S., Barcellos, R.L. (2014). Caracterização sedimentológica e geoquímica do apicum do sistema estuarino do rio Itapessoca, Goiana, Pernambuco, Brasil. **Tropical Oceanography**, Recife 42, 94–111.

Oliveira, T.S., Xavier, D.D.A., Santos, L.D., França, E.J., Sanders, C.J., Passos, T.U., Barcellos, R.L. (2020). Geochemical background indicators within a tropical estuarine system influenced by a port-industrial complex. **Mar. Pollut. Bull.** 161, 111794.

Oliveira, T. S., Xavier, D. D. A., Santos, L. D., Passos, T. U., Sanders, C. J., França, E. J., Camargo, P.B., Penny, D. & Barcellos, R. L. (2021). Reconstructing the history of environmental impact in a tropical mangrove ecosystem: A case study from the

Suape port-industrial complex, Brazil. **Regional Studies in Marine Science**, 44, 101747.

Oliveira, T. D. S., Barcellos, R.L. (2014). Caracterização sedimentológica e geoquímica do apicum do sistema estuarino do rio Itapessoca, Goiana, Pernambuco, Brasil. **Tropical Oceanography**, Recife 42, 94–111.

de Oliveira, L. E. E., dos Santos, L. D., Montes, M. D. J. F., & Barcellos, R. L. (2017). Influência da maré na variabilidade sedimentar da Barra de Catuama, Ilha de Itamaracá, Pernambuco, Brasil. **Estudos Geológicos**, 27(2).

Otsuka, A. Y., Feitosa, F. D. N., Flores Montes, M. D. J., Honorato Da Silva, M., Travassos, R. K. (2014). Condições ambientais do estuário do rio Botafogo (Itamaracá – Pernambuco, Brasil).

Paropkari, A. L.; Iyer, S. D.; Chauhan, O. S. & Babu, C. P. (1991). Depositional environments inferred from variations of calcium carbonate, organic carbon, and sulfide sulphur: a core from southeastern Arabian Sea. **Geo-Marine Letters**, 11:96-102.

Passos, T., Penny, D., Sanders, C., De França, E., Oliveira, T., Santos, L., & Barcellos, R. (2021). Mangrove carbon and nutrient accumulation shifts driven by rapid development in a tropical estuarine system, northeast Brazil. **Marine Pollution Bulletin**, 166(March), 112219. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2021.112219>

Passos, T., Sanders, C. J., Barcellos, R., Penny, D. (2022). Assessment of the temporal retention of mercury and nutrient records within the mangrove sediments of a highly impacted estuary. **Environmental Research**, 206, 112569. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2021.112569>

Passos T.; Bernardino F.; Penny D.; Barcellos R.; Passos F.; Nobrega G.; Ferreira, T.; Kauffman B.; Santos I.; Sanders C. (2023). Low carbon accumulation in a macro-tidal mangrove forest on the Amazon coast. **Limnology and Oceanography**

Pejrup, M. (1988). Flocculated suspended sediment in a micro-tidal environment. **Sedimentary Geology**, 57(3), 249–256. [doi.org/10.1016/0037-0738\(88\)90032-2](https://doi.org/10.1016/0037-0738(88)90032-2)

Pettijohn, F. J. (1975). Sedimentary rocks (Vol. 3, p. 628). New York: Harper & Row.

Ravichandran, M., Baskaran, M., Santschi, P. H., Bianchi, T.S., (1995). Geochronology of sediments in the Sabine-Neches estuary, Texas, USA. **Chem. Geol.** 125, 291–306.

Rossetti, D. F., Bezerra, F. H., & Dominguez, J. M. (2013). Late Oligocene–Miocene transgressions along the equatorial and eastern margins of Brazil. **Earth-Science Reviews**, 123, 87-112.

Rovai, A. S., Coelho-Jr, C., de Almeida, R., Cunha-Lignon, M., Menghini, R. P., Twilley, R. R., ... & Schaeffer-Novelli, Y. (2021). Ecosystem-level carbon stocks and sequestration rates in mangroves in the Cananéia-Iguape lagoon estuarine system, southeastern Brazil. **Forest Ecology and Management**, 479, 118553.

Rovai, A. S., Twilley, R. R., Worthington, T. A., & Riul, P. (2022). Brazilian Mangroves: Blue carbon hotspots of national and global relevance to natural climate solutions. **Frontiers in Forests and Global Change**, 4, 217.

Saito, R. T.; Figueira, R. C. L.; Tessler, V & Cunha, I. I. L. (2001). Geochronology of sediments in the Cananéia-Iguape estuary and in southern continental shelf of São Paulo State, Brazil. **Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry**, Vol. 250, No. 1 109–115

Sanders, C. J., Smoak, J. M., Naidu, A. S., Sanders, L. M., & Patchineelam, S. R. (2010). Organic carbon burial in a mangrove forest, margin and intertidal mud flat. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, 90(3), 168-172

Sanders, C. J., Eyre, B. D., Santos, I. R., Machado, W., Luiz-silva, W., Smoak, J. M., Breithaupt, J. L., Ketterer, M. E., Sanders, L., Marotta, H., & Silva-filho, E. (2014). Elevated rates of organic carbon, nitrogen, and phosphorus accumulation in a highly

impacted mangrove wetland. **Geophysical Research Letters**, 41(Table 1), 2475–2480. <https://doi.org/10.1002/2014GL059789>.Received

Santos, L. D. 2022. Sedimentação holocênica no sistema estuarino-lagunar dos rios Ipojuca e Merepe (PE). Tese de Doutorado. PPGEOC-UFPE. 158p.

Sasmito, S. D., Sillanpää, M., Hayes, M. A., et al. (2020). Mangrove blue carbon stocks and dynamics are controlled by hydrogeomorphic settings and land-use change. **Glob Change Biol.** 26: 3028– 3039. <https://doi.org/10.1111/gcb.15056>

Schettini, C. A., Valle-Levinson, A., Truccolo, E. C., (2017). Circulation and transport in short, low-inflow estuaries under anthropogenic stresses. **Regional Studies Mar. Sci.** 10, 52–64.

Silva, M. A. C., Barcellos, R. L. (2022). Características dos sedimentos subsuperficiais do manguezal da Praia da Pedra, Rio Formoso (PE). **Tropical Oceanography**, Recife, v. 49, p. 13-16, 2022.

da Silva Gomes, B. R., & Barros, L. C. (2017). Fácies sedimentares no canal de Santa Cruz (PE). **Os Desafios da Geografia Física na Fronteira do Conhecimento**, 1, 3046-3052.

Shepard, F. P. (1954). Nomenclature based on sand-silt-clay ratios. **Journal of Sedimentary Research**, 24(3), 151–158.

Short, F. T., Neckles, A. H. (1999). The effects of global climate change on seagrasses. **Aquat. Bot.** 63, 169–196.

Short, F., Carruthers, T., Dennison, W., & Waycott, M. (2007). Global seagrass distribution and diversity: a bioregional model. **Journal of experimental marine biology and ecology**, 350(1-2), 3-20.

Song, S.; Santos, I. R.; Yu, H.; Wang, F.; Burnett, W. C.; Bianchi, T. S.; Dong, J.; Lian, E.; Zhao, B.; Mayer, L.; Yao, Q.; Yu, Z.; Xu, B. (2022). A global assessment of the

mixed layer in coastal sediments and implications for carbon storage. **Nature Communications**, 13:4903.

Suguio, K. (1973). Introdução a sedimentologia. Edgard Blucher.

Tyson, R. V. (2012). Sedimentary organic matter: organic facies and palynofacies. Springer Science & Business Media.

Vital, H., Silveira, I. M. da, & Amaro, V. E. (2005). Carta sedimentológica da plataforma continental brasileira: Área Guamaré a Macau (NE Brasil), utilizando integração de dados geológicos e sensoriamento remoto. **Revista Brasileira de Geofísica**, 23(3), 233–241. <https://doi.org/10.1590/S0102-261X2005000300003>

Woodroffe, C. Mangrove sediments and geomorphology, in Coastal and Estuarine Studies: Tropical Mangrove Ecosystem, edited by A.I. Robertson and D. M. Alongi, pp. 7–41, AGU, Washington, D. C., 1992.

Xavier, D. A.; Barcellos, R. L.; Figueira, R. C. L.; Schettini, C. A. F. (2016). Evolução sedimentar do estuário do rio Capibaribe (Recife-PE) nos últimos 200 anos e suas relações com a atividade antrópica e processo de urbanização. **Tropical Oceanography** (Online), v. 2, p. 74-88.

APÊNDICE A – Tabela das análises em laboratório para Testemunho C4 Mangue Superior (C4 SUP).

Tabela I: Dados das profundidades de amostragem, percentuais de CaCO_3 , MOT, COT e Frações Cascalho, Areia e Lama.

Amostragem (cm)	MOT (%)	CaCO_3 (%)	COT (%)	Cascalho (%)	Areia (%)	Lama (%)
0-2	13,78	9,38	7,99	27,81	54,44	17,75
2-4	10,61	7,92	6,15			
4-6	11,42	8,59	6,62	10,55	78,89	10,55
6-8	12,64	8,28	7,33	2,50	88,75	8,75
8-10	11,83	8,28	6,86	3,37	89,89	6,74
10-12	10,04	6,46	5,82	1,02	91,09	7,89
12-15	13,9	11,93	8,06	9,96	78,29	11,74
15-20	12,6	4,40	7,31	0,10	89,70	10,20
20-25	12,8	6,10	7,42	0,40	89,30	10,30
25-30	11,5	8,98	6,67	1,30	87,90	10,80
30-35	22,6	21,99	13,11	0,50	81,40	18,10
Média	12,60	8,28	7,31	1,90	88,33	10,43
Desvio Padrão	3,38	4,64	1,96	8,65	11,12	3,80

Tabela II: Dados de Densidade do Peso Seco (DPS), Estoque de Carbono ao longo da coluna sedimentar e Fluxo de Carbono (C_{burial}).

Amostragem (cm)	DPS (g/cm³)	C_{burial} (g/m² ano)	Estoque (g/m²)
0-2	0,75	311,53	1198,21
2-4	0,63	200,33	770,51
4-6	0,80	275,04	1057,85
6-8	0,67	257,01	988,50
8-10	0,78	276,59	1063,82
10-12	0,95	287,55	1105,96
12-15	0,90	377,64	2178,72
15-20	0,93	352,06	3385,22
20-25	1,10	424,01	4076,99
25-30	1,06	369,13	3549,34
30-35	0,82	557,49	5360,50
Média	0,85	311,53	2248,69
Desvio Padrão	0,15	97,33	1581,73

APÊNDICE B – Tabela das análises em laboratório para Testemunho C5 Mangue Superior (C5 SUP).

Tabela I: Dados das profundidades de amostragem, percentuais de CaCO_3 , MOT, COT e Frações Cascalho, Areia e Lama.

Amostragem (cm)	MOT (%)	CaCO_3 (%)	COT (%)	Cascalho (%)	Areia (%)	Lama (%)
0-2	4,05	9,70	2,35	5,95	81,55	12,50
2-4	3,90	5,59	2,26	7,10	81,72	11,18
4-6	3,52	4,69	2,04	52,30	25,86	21,84
6-8	4,01	6,79	2,33	0,88	80,53	18,58
8-10	4,92	7,63	2,86	17,81	61,64	20,55
10-15	12,60	9,80	7,31	0,80	86,00	13,20
15-21	12,09	5,53	7,01	1,80	86,40	11,80
21-25	8,92	4,98	5,17	1,10	91,10	7,80
25-31	8,46	6,21	4,91	0,00	92,50	7,50
31-35	11,06	2,43	6,41	0,40	89,40	10,20
35-41	12,42	5,03	7,20	0,00	86,40	13,60
41-46	15,07	7,23	8,74	0,40	86,10	13,50
Média	8,42	6,30	4,88	7,38	79,10	13,52
Desvio Padrão	4,20	2,11	2,43	15,05	18,55	4,61

Tabela II: Dados de Densidade do Peso Seco (DPS), Estoque de Carbono ao longo da coluna sedimentar e Fluxo de Carbono (C_{burial}).

Amostragem (cm)	DPS (g/cm^3)	C_{burial} ($\text{g/m}^2 \text{ ano}$)	Estoque (g/m^2)
0-2	0,90	56,93	421,69
2-4	1,14	69,50	514,84
4-6	0,79	43,50	322,26
6-8	0,84	53,06	393,07
8-10	0,84	64,62	478,65
10-15	0,97	191,06	3538,16
15-21	0,98	186,30	4139,90
21-25	1,02	143,03	2119,03
25-31	1,10	145,35	3229,97
31-35	1,16	200,23	2966,36
35-41	1,00	194,66	4325,70
41-46	0,96	226,94	4202,54
Média	0,98	131,27	2221,01
Desvio Padrão	0,12	69,06	1691,91

APÊNDICE C – Fotografia dos testemunhos abertos.

Foto I: C4 SUP



Foto II: C5 SUP



