

**AVALIAÇÃO CIENTÍFICA DAS PROPRIEDADES DOS ECOSISTEMAS DE
MANGUEZAIS E SEU PAPEL NA MITIGAÇÃO DA INTENSIFICAÇÃO DO EFEITO
ESTUFA**

***SCIENTIFIC EVALUATION OF THE PROPERTIES OF MANGROVE
ECOSYSTEMS AND THEIR ROLE IN MITIGATING THE INTENSIFICATION OF
THE GREENHOUSE EFFECT***

Arielly Nara dos Santos Alves¹

Nataly Senna Gerhardt Barraqui¹

RESUMO: Existem na atmosfera, diversos gases de efeito estufa que irradiam pela superfície terrestre, com o agravamento do efeito estufa inicia o processo de aquecimento global. Uma forma de mitigar os efeitos seria a preservação ambiental de ambientes como Manguezal. O solo do mangue possui a capacidade de catalisar gases que agravam o efeito estufa, essa capacidade é devida aos microrganismos presentes nos solos do mangue que realizam processos de decomposição e transformação os gases, atuando como sumidouros de carbono que absorvem e armazenam uma grande porção de dióxido de carbono (CO₂) que são liberados na atmosfera. Nesse sentido, a metodologia deste artigo visa uma revisão da literatura com auxílio do método Procknow-C e obtenção dos dados da morfologia vegetal de Mangues de duas regiões do município de Vitória, Espírito Santo. Com isso, foi evidenciado como o ecossistema do manguezal contribui para a preservação da biodiversidade existente e a alteração de temperatura. Demonstrando um papel socioeconômico e cultural, e em mercados *trend* digital. Nesse sentido, a estabilidade climática gerada pelo Manguezal ocorre devido às propriedades dos microrganismos e das espécies em absorver gases do efeito estufa (GEE). Entretanto em uma área onde a poluição for elevada a espécie não conseguirá absorver de modo significativo. Por outro lado, quando há degradação e desmatamento este carbono é liberado, resultando em emissões potencialmente elevadas de gases do efeito estufa.

Palavras-chave: Manguezal; Ecossistema; Carbono; Mudanças climáticas; ProKnow-C.

[1] UniSales - Centro Universitário Salesiano, Vitória, ES, Brasil.

ABSTRACT: There are several greenhouse gases in the atmosphere that radiate to the earth's surface, destabilizing the temperature in negative proportions for the ecosystem. Mangrove soil has the capacity to catalyze gases that contribute to the greenhouse effect. This capacity is due to the microorganisms present in mangrove soils that carry out processes of decomposition and transformation of gases, acting as carbon sinks that absorb and store a large amount of carbon dioxide (CO₂) that is released into the atmosphere. The methodology of this article aims to review the literature with the help of Proknow-C and obtain data on the plant morphology of mangroves in two regions of the municipality of Vitória, Espírito Santo. This showed how the mangrove ecosystem contributes to the preservation of existing biodiversity and temperature change. Demonstrating a socio-economic and cultural role, and in digital *trend* markets. Its role in climate stability is due to the properties of the microorganisms and the species in absorbing greenhouse gases (GHG), however in an area where pollution is high the species will not be able to absorb significantly, which demonstrates positive results. On the other hand, when there is degradation and deforestation, this carbon is released, resulting in potentially high greenhouse gas emissions.

Keywords: Mangrove; Ecosystem; Carbon; Climate changes; ProKnow-C.

1. INTRODUÇÃO

O manguezal é um dos mais ricos e complexos ecossistemas da Terra, sendo um elo indissociável de uma cadeia alimentar, que pode se iniciar com a decomposição das folhas do mangue ainda fixas a planta-mãe, e alimenta grande quantidade de seres vivos, incluindo os homens (Alongi, 2015).

Fonseca e Rocha (2003), descrevem o manguezal como o ecossistema mais produtivos do planeta, sendo responsável por manter uma rede biológica que começa com a decomposição das folhas através de microrganismos putrefativos, passando por vários nós e culminando em peixes e mamíferos até os humanos, atuando como filtro biológico de sedimentos que evita o assoreamento em estuários por enraizamento mecânico, flotação e vegetação rasteira em áreas marginais, ancorando a paisagem costeira e o perfil geomorfológico, protegendo as casas e comunidades que vivem no seu entorno.

De acordo com Rossi e Mattos [s.d], o ecossistema manguezal é específico para o tipo de ambiente em que se propõe, seu desenvolvimento está associado às áreas costeiras tropicais, associadas às planícies, regiões estuarinas, à beira de lagoas, rios e canais naturais, em áreas úmidas, salgado e zonas tranquilas, influenciadas pelas marés; No entanto, não é afetado pela ação direta das ondas; sendo a força

das marés suave e a velocidade das correntes baixa, favorecendo intenso de acúmulo de sedimentos finos e matéria orgânica.

Essas espécies, normalmente apresentam adaptações anatômicas de acordo com o ambiente, visto que a flora do ecossistema do manguezal apresenta relevância sobre poluição por diversos tipos de metais e mudanças climáticas (Arrivabene et al., 2011).

Os solos presentes nos mangues consistem em sedimentos que são formados localmente ou trazidos de outras áreas, e esses ambientes costumam ser de baixa potência energética, onde predominam sedimentos finos como argilas e siltes. Esses solos podem apresentar uma grande profundidade, chegando a vários metros, e possuem uma consistência semissólida, quase líquida (Das et al., 2016).

Devido à alta quantidade de matéria orgânica presente nos solos de mangue, eles tendem a ser altamente férteis e, portanto, são habitats ideais para uma diversidade de espécies vegetais e animais adaptadas a esse tipo de ambiente (Lewis, et al., 2011).

O acúmulo de matéria orgânica forma uma camada de solo muito espessa nos manguezais, conhecida como lodo ou turfa. Essa camada age como um "sumidouro de carbono", pois retém o carbono capturado pelas plantas durante muitos anos, evitando sua liberação na atmosfera na forma de dióxido de carbono, estudos estimam que os manguezais são capazes de capturar e armazenar quatro vezes mais carbono que as florestas terrestres. A partir dessa capacidade, os manguezais são importantes na mitigação das mudanças climáticas, pois ajudam a reduzir a quantidade de dióxido de carbono na atmosfera (Fernandes, et al., 1995).

Na atmosfera é possível encontrar diversos gases de efeito estufa como metano (CH_4), dióxido de carbono (CO_2), ozônio (O_3), e o óxido nitroso (N_2O). Esses gases têm a capacidade de absorver e reemitir a radiação infravermelha emitida pela superfície terrestre, o que leva ao aumento da temperatura média do planeta. O dióxido de carbono é o principal responsável pelo efeito estufa e sua concentração na atmosfera tem aumentado significativamente desde a Revolução Industrial devido à queima de combustíveis fósseis e ao desmatamento (Hernandes, 2017).

O metano é produzido principalmente por processos naturais, como a decomposição de materiais orgânicos em pântanos e a atividade de animais ruminantes, mas também é liberado pela extração de combustíveis fósseis e pela produção de arroz. A principal fonte de emissão de óxido nitroso é proveniente de atividades agrícolas, tais como a utilização excessiva de fertilizantes nitrogenados e a queima de biomassa. O ozônio é um gás que se forma a partir de reações químicas entre poluentes atmosféricos e a luz solar. Sua concentração na baixa

atmosfera é considerada um poluente e está relacionada a problemas respiratórios (Richter et al., 2015).

De acordo com Hernandez (2017), com o aumento da emissão de GEE desde a década de 1970, tem sido registrado um aumento da temperatura terrestre, uma vez que o aumento na quantidade desses gases aumenta o tempo de retenção de calor na atmosfera, desencadeando, conseqüentemente, uma série de anomalias em diversos sistemas naturais.

Hernandez (2017) descreve que o efeito estufa é um processo natural em que a Terra é aquecida pela energia emitida e absorvida por gases. Esses gases, conhecidos como gases do efeito estufa (GEE), (CO₂, CH₄ e N₂O), interagem com a radiação infravermelha, quando eles absorvem essa energia, as moléculas dos gases se movimentam e colidem, aumentando a temperatura através da liberação de calor. Cerca de 48% da radiação é refletida, e dos restantes 52%, 5% é calor sensível e 25% retorna como vapor.

Esse processo ocorre na troposfera, sendo responsável por manter a temperatura da Terra, criando condições favoráveis à vida. Os profissionais de atuação ambiental vem evidenciando a preocupação acerca da importância dos ecossistemas, conseguindo atenção de leigos no assunto e de profissionais de outras áreas em uma visibilidade maior em canais de comunicação online e em telejornais. O manguezal é um grande provedor e cuidador da biodiversidade, consegue sustentar várias atividades econômicas humanas como a pesca, atividades turísticas e industriais, além de contribuir pela qualidade de vida das pessoas que vivem no seu entorno (Fonseca; Drummond, 2003).

O agravamento do efeito estufa tem diversas conseqüências que impactam diretamente a vida no planeta terra, estando ligada diretamente com o aquecimento global, perda de biodiversidade, acidificação dos oceanos, impacto na saúde humana, perturbação dos padrões climáticos e diversos outros desequilíbrios ambientais (Amaro, Rocha-Junior, 2012).

Nesse sentido, o presente artigo visa evidenciar a importância benéfica que o manguezal tem no controle e absorção de carbono, auxiliando na diminuição do efeito estufa, estabilização na temperatura e clima, possuinte de valor monetário.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 FLORA DO MANGUEZAL

Quenupe (2018) trás que no Brasil, existem cerca de 962.683 ha de manguezais, cerca de 7% do total mundial. Quatro dessas espécies são encontradas no Estado do Espírito Santo, comumente conhecidas como: mangue vermelho (*Rhizophora*

mangle L.), mangue preto ou siriúba (*Avicennia schaueriana*), mangue preto (*Avicennia germinans* L.) e mangue branco (*Laguncularia racemosa*).

Segundo Rossi e Mattos [s.d], um dos mais bem caracterizados tipos de vegetação tropical encontrado em ambientes costeiros é o mangue, cujo substrato é uma lama negra, que durante a maré alta mostra-se alagado, e durante a baixa da maré exhibe essa lama fina rica em raízes trançadas. Salienta dois fatores principais que limitam e torna especial a vegetação, o teor salino e a carência de oxigênio.

Dentre as principais espécies, *Rhizophora mangle* apresenta raízes escoras que se ramificam dentro da lama; *Avicennia tomentosa* apresenta raízes respiratórias, destinadas a compensar a falta de oxigênio do substrato; a *Laguncularia racemosa* que tolera menos inundação, e prefere solos mais firmes.

De acordo com Coutinho (2019), as espécies de *Rhizophora* possuem um sistema radicular extenso que é composto por rizóforos, estruturas aéreas que se originam do tronco, dos ramos e galhos. Esses rizóforos formam arcos que permitem a planta se sustentar em um solo instável, como o do manguezal. Os caules desta planta possuem lenticelas, que facilitam as trocas de gases entre a planta e o ambiente, atuando como mecanismos de aeração.

O gênero *Avicennia* possui um sistema radicular horizontal que se desenvolve alguns centímetros abaixo da superfície do solo, a partir dessas raízes, surgem ramificações chamadas de pneumatóforos, que crescem contra a força gravitacional (geotropismo negativo). Os pneumatóforos são responsáveis pela sustentação da planta e pela troca de gases com o ambiente, ocorre devido ao tipo de tecido presente nessas estruturas, chamado aerênquima, além de que a espécie se mostra altamente tolerante à concentração de salinidade (Naidoo; Hiralal; Naiodoo, 2011).

Laguncularia é semelhante à *Avicennia* em termos de sistema radicular, mas o tamanho e a quantidade de pneumatóforos são menos desenvolvidos. Por essa razão, o mangue branco não consegue tolerar locais com grandes variações no nível da água. A árvore em si também é de pequeno porte e está amplamente distribuída pelo manguezal, conseguindo suportar diferentes níveis de salinidade devido às glândulas excretoras de sal presentes em suas folhas (Menezes, 2006).

Segundo Hernandez (2017), a eficiência no sequestro de carbono, que se refere à captura e armazenamento do elemento, é resultado da combinação de fatores como a alta produtividade e baixa taxa de respiração dos sedimentos. Essas características são influenciadas pelas condições ambientais do ecossistema, que criam um equilíbrio cíclico. Esse equilíbrio é impulsionado pela fixação de carbono realizada pela vegetação e pelo fluxo de matéria orgânica dissolvida e em partículas dentro da floresta, o que faz com que a floresta atue como um sumidouro de carbono e gere sedimentos ricos em compostos orgânicos.

Madi (2015), descreve que as espécies de mangue podem se desenvolver melhor em solos com características específicas em abundância de nutrientes. Observando melhor desenvolvimento da, *R. mangle* em solos que apresentam maiores valores de pH , e altos teores de Nitrogênio, Fósforo e Carbono; é melhor localizado nas margens de rios onde possui altos suprimento de nutrientes; a *L. racemosa* consegue se situar em todos os tipos de solo, do arenoso ao argiloso, principalmente em locais onde a frequência e intensidade das marés são baixas. A *A. schaueriana* se adapta melhor a ambientes menos afetados pelas marés.

2.1.1 FAUNA DO MANGUEZAL

O manguezal é considerado o berço da vida marinha, pois é um ambiente rico em nutrientes e abrigo para diversas espécies de animais e plantas, o ecossistema funciona como área de reprodução, proteção e alimentação para muitas espécies em parte ou durante toda a vida, recebendo o nome de estuários.

Os estuários são ecossistemas de transição localizados na foz de um rio no mar. São zonas onde a água doce do rio se mistura com a água salgada do oceano, criando um ambiente de transição entre os dois (Souza et al., 2018).

Os estuários são considerados um dos habitats mais produtivos e diversificados do planeta, possui a habilidade de criar condições únicas e favoráveis para o desenvolvimento de diversas formas de vida. Entre as espécies que são comumente encontradas nos ambientes estuarinos, podemos citar os peixes, como robalos, tainhas e savelhas, que utilizam essas áreas para se reproduzir e encontrar alimento. As aves também são frequentes, com destaque para os guarás, garças e cormorões, que se alimentam dos peixes e crustáceos abundantes nesses ambientes. Os crustáceos, como caranguejos e camarões, também são bastante comuns nos estuários, eles se alimentam de detritos orgânicos, microrganismos e pequenos animais, utilizam esses espaços como abrigo e local para reprodução, possuindo valor econômico devido à pesca e à aquicultura que neles se praticam. (Souza et al., 2018).

Hernandes (2017), descreve a abundância e diversidade de organismos, composta por anelídeos e 15 tanaidacea, havendo também presença da epifauna e meiofauna. O valor que os microrganismos desempenham é importante na captação de CO₂ no manguezal, contribuindo na decomposição de matéria orgânica, como folhas e detritos vegetais, na fixação de carbono no solo e através de fotossínteses. Durante esse processo, o carbono retido na matéria orgânica é liberado na forma de CO₂, no entanto, os microrganismos também consomem parte desse CO₂ como fonte de energia, equilibrando a emissão de carbono.

2.2 SOLO

Rossi e Mattos [s.d] descrevem que o mangue é um elo entre o ambiente marítimo, terrestres e de água doce caracterizados por constantes conquistas de novas áreas através do acúmulo de sedimentos e resíduos trazidos pelos rios e mares. Os sedimentos armazenados formam um substrato que possui consistência pastosa pouco compactado, alagadiço e lamacento, rico em matéria orgânica, pobre de oxigênio e submetido a períodos alternados conforme a variação das marés, entre inundações e secas.

Hernandes (2017) evidencia que os sedimentos transportados pelas marés e corpos de água doce perdem velocidade quando ocorre o encontro de ambas as fontes na região dos estuários, conseqüentemente, por meio desses processos físico-químicos, ocorre a formação de grumos, implicando no aumento do peso das partículas que decantam e originam um sedimento fino composto de areia, silte e argila em diferentes frações e rico em matéria orgânica.

Os solos dos manguezais possuem uma coloração característica, cinza escuro, e um forte odor devido à presença de sulfeto de hidrogênio produzido pelas bactérias redutoras de enxofre; sendo a porção superficial dos solos formada por diferentes tipos de areia e argila, caracterizada pela presença de poros que facilitam a percolação da água e aeração dos sedimentos durante a vazante da maré, lhe conferindo um aspecto lamacento (Hernandes, 2017)

Em contrapartida, os solos abaixo da camada superficial são encharcados e apresentam uma baixa taxa de aeração (que diminui com a profundidade), portanto, halomórficos e anaeróbios. Os atributos do solo, como a salinidade, concentrações de sulfeto de ferro, potencial redox, nutrientes, matéria orgânica e posição fisiográfica são determinantes para a composição e estruturação da vegetação, influenciando diretamente nos níveis de produtividade e densidade das florestas (Souza, et al., 2018).

Segundo Hernandes (2017), o potencial Hidrogeniônico (pH) dos sedimentos é bastante variado, podendo atribuir características de acidez ou alcalinidade aos solos, alguns estudos descrevem valores de pH na faixa de 2,87 a 6,40, enquanto outros reportam medidas entre 7,4 a 8,22.

No entanto, geralmente os solos desse ecossistema são descritos como tipicamente ácidos. O pH atua sobre a solubilidade de íons, influenciando na disponibilidade de elementos essenciais como o fósforo, que auxilia no desenvolvimento da planta, da mesma forma que em elementos não essenciais, como o alumínio (que em concentrações elevadas pode acarretar toxicidade em plantas), atuando na taxa de crescimento das espécies vegetais.

Madi (2015) descreve que a taxa elevada de acidez nos solos do mangue decorre da decomposição da matéria orgânica (oxidação de enxofre), durante a maré baixa, na secagem dos solos. Existem outras cogitações do porquê o pH baixo, atribuído a oxidação de sulfetos ou a presença de ácidos fúlvicos.

3. METODOLOGIA DA PESQUISA

A metodologia do trabalho consistiu na busca de material científico nas bases de dados de maneira sistematizada com o método ProKnow-C (Ensslin et al., 2010) que realiza o processo composto por quatro etapas: seleção do portfólio bibliográfico; análise bibliométrica dos dados; análise sistêmica do portfólio; levantamento de dados dos artigos e leitura integral, seguindo de uma análise laboratorial da densidade estomática.

3.1 Análise do material científico

Para o levantamento da revisão bibliográfica fez-se o uso do método ProKnow-C para o alcance do material científico. Para isso, foi realizado: (I) Definição das palavras-chave; (II) seleção das bases de dados; (III) pesquisa e análise de títulos, resumos e palavras-chaves para definir o portfólio bibliográfico; (IV) análise bibliométrica a partir dos artigos/títulos, autores e periódicos.

Com isso, definiu-se as seguintes palavras-chave sobre a temática: Manguezal; Solo; Efeito estufa; Ecossistema; Carbono; Economia; Mudanças climáticas.

Após a seleção do banco de artigos com o auxílio das palavras-chave, foi realizada a filtragem da base de dados. No processo de filtragem, foi realizado as seguintes etapas de análise:

- 1) Presença de artigos repetidos
- 2) Alinhamento dos títulos com o tema da pesquisa
- 3) Alinhamento dos resumos com o tema
- 4) Disponibilidade dos artigos na íntegra

Em seguida, foi realizada uma análise sistêmica com o intuito de quantificar as informações. Nessa análise, foi abordado o tema central em avaliar as propriedades dos manguezais e a importância desse ecossistema na mitigação do agravamento do efeito estufa.

Após realizar a avaliação científica, foi realizada uma pesquisa de campo para analisar a importância dos manguezais, que consistiu na coleta de folhas da espécie *Rhizophora mangle* para análise estomática.

3.2 Área de estudo

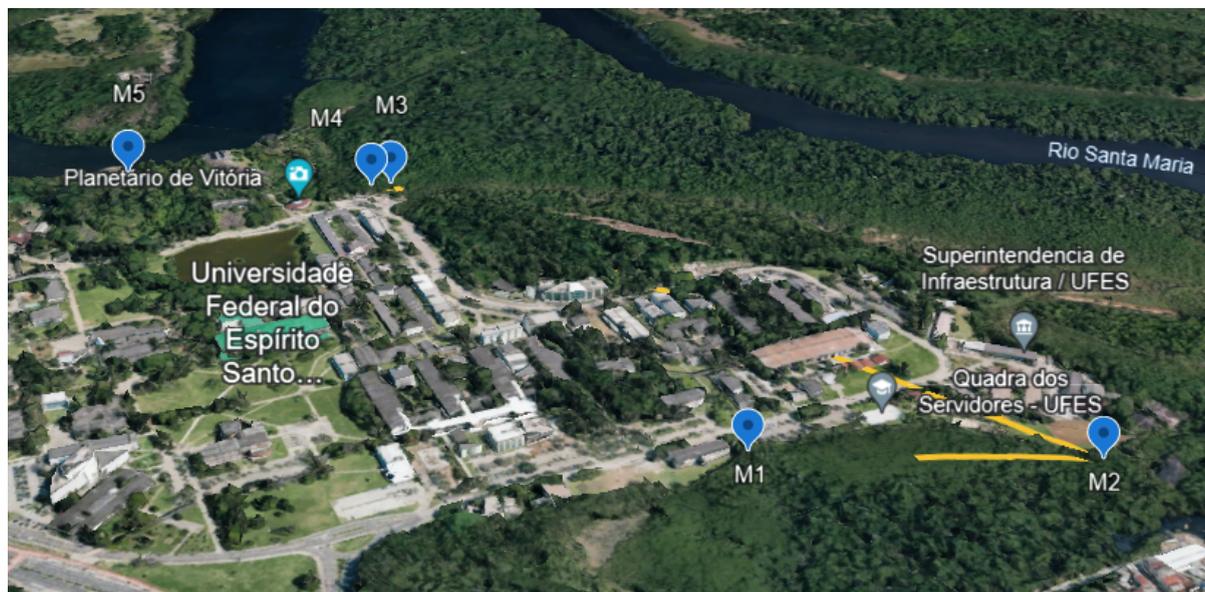
Na pesquisa em campo foi definido 5 pontos no manguezal localizado na Beira Mar, Av. Mal. Mascarenhas de Moraes coordenada geográfica - 20.318181, -40.319537 em um raio de 0,52 km (Figura 01), e dentro da Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), localizada na Av. Fernando Ferrari, 514 - Goiabeiras coordenada geográfica 20°16'18.6"S 40°18'13.2"W no raio de 1,44km (Figura 02).

Figura 01: Área de manguezal na Beira Mar, realizado a coleta de material para análise.



Fonte: Google Earth (2023).

Figura 02: Áreas de manguezais nas dependências da UFES que foram realizadas a coleta.



Fonte: Google Earth (2023).

3.3 Processamento da morfologia estomática.

A densidade estomática é um termo utilizado para descrever a quantidade de estômatos presentes em uma determinada superfície de uma planta. Estômatos são pequenas aberturas encontradas nas folhas, caules e outras partes de uma planta, que desempenham um papel crucial na troca de gases, como a absorção de dióxido de carbono e a liberação de oxigênio durante a fotossíntese. A densidade estomática pode variar entre diferentes plantas, dependendo de fatores como a espécie, o ambiente e as condições de crescimento. Para o procedimento foi utilizado cola instantânea marca “tekbond” e lâminas microscópicas para realizar impressão da epiderme na face abaxial, próxima à nervura central.

Foram coletadas amostras de folhas de 5 plantas da mesma espécie *Rhizophora Mangle*, sendo 6 folhas por indivíduo. Foi padronizada a coleta das folhas, retiradas do primeiro ramo a partir do 2º nó após o ápice; as folhas com sinais de ataque de insetos ou patógenos foram excluídas; folhas que crescem em locais com mais incidência luz solar possuem mais estômatos do que aquelas que crescem em ambientes sombreados, dessa maneira foi padronizado a coleta das folhas em meia sombra.

A densidade estomática foi realizada por meio da contagem direta dos estômatos em uma área específica da folha, e com o uso de técnicas de imagem ou microscopia. Foi colocado uma pequena gota de cola instantânea sobre a lâmina, em seguida a parte da folha analisada foi pressionada por 10 segundos. As lâminas foram observadas em microscópio óptico com câmera acoplada, para contagem em largura de 1mm em software próprio do sistema. Os pontos em que ocorreram as

coletas foram demarcados como (M) e identificados com o número correspondente à ordem.

Após a coleta das amostras, foi realizado contagem de estômatos e tratado a média dos resultados de cada matriz, essa informação foi essencial para entender o impacto da poluição urbana na qualidade do ecossistema de manguezais e como a poluição interfere na captação e emissão do carbono.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 ProKnow-C

A partir do método ProKnow-C proposto por Ensslin e colaboradores (2010) foi possível constatar que a partir das palavras-chave foi encontrado na primeira etapa da elaboração do material bruto 9.690 artigos. Com a filtragem referente às análises foram lidos integralmente 17 artigos. Os artigos encontrados foram no período de 2003 a 2023. Nota-se que os artigos apresentados abordam a temática relacionada às características do Manguezal, os temas dos artigos estão relacionados com o assunto tratado (Tabela 01).

Tabela 01: Artigos utilizados no banco de dados

TÍTULO	AUTORES/ ANO	REFERÊNCIA
Análise estomática de duas espécies arbóreas nativas de mata atlântica	Luísa Costa Barbosa; Sâmara Menezes Porto; Fabiana Zanelato Bertolde. 2019	BARBOSA, . C.; PORTO, . M.; BERTOLDE, . Z. ANÁLISE ESTOMÁTICA DE DUAS ESPÉCIES ARBÓREAS NATIVAS DE MATA ATLÂNTICA. Revista PINDORAMA, [S. l.], v. 8, n. 8, p. 9, 2019.
Efeitos da salinidade no acúmulo de metais pesados e nas características anatômicas fisiológicas e bioquímicas em plantas do manguezal	Caroline Campos Quenupe. 2018	CAMPOS, CAROLINE QUENUPE. EFEITOS DA SALINIDADE NO ACÚMULO DE METAIS PESADOS E NAS CARACTERÍSTICAS ANATÔMICAS, FISIOLÓGICAS E BIOQUÍMICAS EM PLANTAS DO MANGUEZAL. UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO CENTRO DE CIÊNCIAS HUMANAS E NATURAIS PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOLOGIA VEGETAL, [s. l.], 2018.
O MDL e as florestas de manguezal	Fonseca, S. D. M; Rocha, M. T.	FONSECA, S. D. M., & ROCHA, M. T. O MDL e as florestas de

	2003	manguezal. VII SEMEAD, 2003.
Reflorestamento de manguezais e o valor de resgate para o sequestro de carbono atmosférico.	Fonseca, S. M; Drummond, J. A. 2003	FONSECA, S. DE M.; DRUMMOND, J. A.. Reflorestamento de manguezais e o valor de resgate para o sequestro de carbono atmosférico. História, Ciências, Saúde-Manguinhos, v. 10, n. 3, p. 1071–1081, set. 2003.
O círculo vicioso da destruição e vulnerabilidade climática	Edenise Garcia. 2023	GARCIA, EDENISE. O círculo vicioso da destruição e vulnerabilidade climática. The Nature Conservancy, Online, p. 1, 2023.
Efeitos das mudanças climáticas na decomposição de matéria orgânica e sucessão ecológica em manguezais	Juanita Solano Hernandez. 2017	HERNANDEZ SOLANO, Juanita. Efeitos das mudanças climáticas na decomposição de matéria orgânica e sucessão ecológica em manguezais. 2017- Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidad de São Paulo, Piracicaba, 2017.
ANÁLISE DA EVOLUÇÃO DO BAIRRO MARIA ORTIZ E OS IMPACTOS NO MANGUEZAL	Isabel Maria Justiniano Coutinho. 2019	JUSTINIANO COUTINHO, MARIA ISABEL. ANÁLISE DA EVOLUÇÃO DO BAIRRO MARIA ORTIZ E OS IMPACTOS NO MANGUEZAL. UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO CENTRO DE CIÊNCIAS HUMANAS E NATURAIS - CCHN DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA, [s. l.], 2019.
Composição química do solo e das folhas e eficiência do uso de nutrientes por espécies de manguezal	Madi, Ana P. L. M; Boeger, Maria R. T.; Reissmann Carlos B. 2015	Madi, Ana P. L. M., Boeger, Maria R. T. e Reissmann, Carlos B. Composição química do solo e das folhas e eficiência do uso de nutrientes por espécies de manguezal. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental. 2015, v. 19, n. 5
ESTIMATIVAS DOS ESTOQUE DE CARBONO EM ECOSSISTEMA DE MANGUEZAL NO BRASIL	Manoel Mariano Neto; Janaina Barbosa Silva. 2023	MARIANO NETO, Manoel; SILVA, Janaína Barbosa da. ESTIMATIVAS DOS ESTOQUE DE CARBONO EM ECOSSISTEMA DE MANGUEZAL NO BRASIL: UMA REVISÃO. Geoambiente On-line, Goiânia, n. 45, 2023.
Solos de mangue do estado de São Paulo:	Rossi, M; Mattos, I. F. A. 2011	ROSSI, M.; MATTOS, I. F. A. Solos de mangue do estado de São Paulo:

caracterização química e física		caracterização química e física. Revista do Departamento de Geografia, [S. l.], v. 15, p. 101-113, 2011. DOI: 10.7154/RDG.2002.0015.0010.
O ECOSSISTEMA MANGUE -: UMA ANÁLISE DOS SOLOS E DA VEGETAÇÃO NO ESTADO DE SÃO PAULO	Rossi, M; Mattos, I. F. A. Sem data [s.d].	ROSSI, Marcio; MATTOS, Isabel Fernandes de Aguiar. O ECOSSISTEMA MANGUE -: UMA ANÁLISE DOS SOLOS E DA VEGETAÇÃO NO ESTADO DE SÃO PAULO. Instituto Florestal: Anais - 2 Q Congresso Nacional sobre Essências Nativas, online, s.d.
Avaliação das espécies de plantas avicennia schaueriana, laguncularia racemosa e rhizophora mangle como bioindicadoras de poluição por metais pesados em ambientes de mangues.	Ramos, M. G. M; Geraldo, L. P. 2007	RAMOS, M. G. M.; GERALDO, L. P.. Avaliação das espécies de plantas avicennia schaueriana, laguncularia racemosa e rhizophora mangle como bioindicadoras de poluição por metais pesados em ambientes de mangues. Engenharia Sanitaria e Ambiental, v. 12, n. 4, p. 440–445, out. 2007. .
Comportamento Sazonal do Fluxo de Co2 em Ecossistema de Manguezal na Amazônia	Rodrigues, H. J. B; Ramos, H. E. A.; Silva, R. B. C.; Cirino, G.G; Nunes, H.C. G. C. 2009	RODRIGUES, H. J. B.; RAMOS, H. E. A.; SILVA, R. B. C.; CIRINO, G. G.; NUNES, H. C. G. C. Comportamento Sazonal do Fluxo de Co2 em Ecossistema de Manguezal na Amazônia. Ciência e Natura, [S. l.], p. 93–96, 2009. DOI: 10.5902/2179460X9525.
Variação sazonal do carbono e um ecossistema de manguezal na Amazônia Oriental: florística, clima e economia.	Nelson Antonio Castellón Rodríguez. 2019	RODRÍGUEZ, Nelson Antonio Castellón. Variação sazonal do carbono e um ecossistema de manguezal na Amazônia Oriental: florística, clima e economia. Orientadora: Maria Isabel Vitorino. Coorientador: Mário Augusto Gonçalves Jardim. 2019. 123 f. Tese (Doutorado em Ciências Ambientais) – Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará, Museu Paraense Emílio Goeldi, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Belém, 2019.

<p>Caracterização anatômica e perfil químico da lâmina foliar de <i>Laguncularia racemosa</i> (L.) Gaertn, de manguezais impactados e não impactados do litoral de São Paulo</p>	<p>Silva, João Marcelo; Martins, Maria Bernadete Goncalves; Cavalheiro, Alberto José; 2009</p>	<p>SILVA, João Marcelo et al. Caracterização anatômica e perfil químico da lâmina foliar de <i>Laguncularia racemosa</i> (L.) Gaertn, de manguezais impactados e não impactados do litoral de São Paulo. Universidade Estadual Paulista – UNESP Instituto de Química, [s. l.], p. 1-10, 20 ago. 2009.</p>
--	--	---

Fonseca e Drummond (2003) destacam a extensão que os manguezais alcançam, sendo uma área equivalente a quatro vezes o estado do Rio de Janeiro, havendo estudos relacionados a perda de 1% vegetação de forma anual, sendo que para restaurar as áreas originais, teria sido preciso aumentos anuais de 5% ao longo de vinte anos, de 1980 a 2000, estimando a perda de um milhão de hectares de manguezais, de forma anual, em todo planeta.

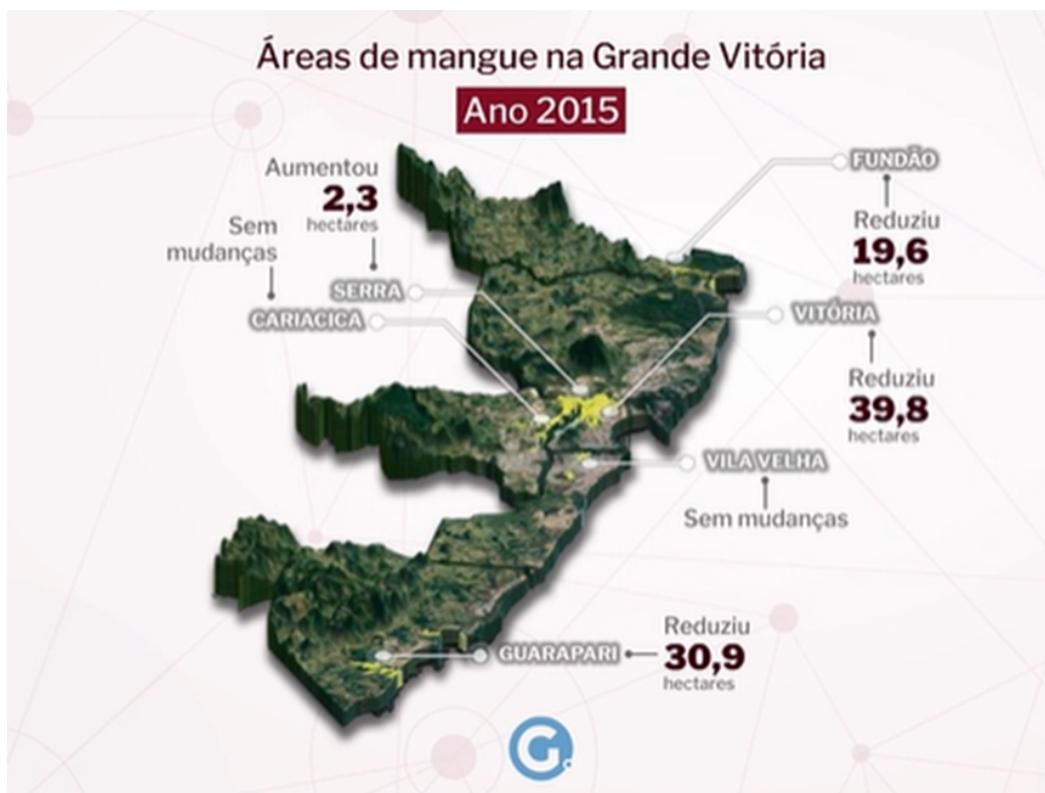
Madi (2015), nos revela que pesquisas em manguezais têm ressaltado a restrição do crescimento das plantas devido à escassez de nitrogênio (N) e fósforo (P), provocado por diferentes graus de salinidade e transferências de elétrons (oxidação e redução), além desta limitação a alta salinidade é um fator estressante para os manguezais, onde o desequilíbrio na relação entre potássio e sódio é mais prejudicial do que a própria salinidade causada pelo cloreto de sódio (NaCl).

Nesse sentido, a conservação e o reflorestamento de manguezais proporcionam uma série de benefícios bem conhecidos a vários públicos, especialmente quando ocorrem em áreas de alta densidade populacional. Tais ações estabilizam as zonas costeiras e os estuários, previnem inundações, protegem as áreas de nidificação, as cadeias alimentares marinhas e protegem os residentes e as aves migratórias.

Os grupos beneficiários também incluem pescadores, todas as populações locais e migrantes. Fonseca;Drummond (2003), citam que, os manguezais em todo o mundo foram severamente danificados pela pressão populacional, pela produção de alimentos, pela indústria e pelo desenvolvimento urbano. À medida que aumenta a procura por terras e recursos naturais, vemos áreas de manguezais a serem gradualmente adquiridas por projetos governamentais, sendo o Estado o principal agente responsável por sua preservação.

Os processos de degradação são maiores na zona costeira dos continentes em que a presença humana se torna cada vez mais intensa, resultando em pressões negativas e perturbações não apenas nos manguezais, mas também em outros ecossistemas costeiros, como cidades, áreas industriais, portos, aterros sanitários, complexos turísticos, entre outros, essas atividades frequentemente levam à destruição completa do equilíbrio em vastas áreas. (Figura 03).

Figura 03: Mapa de manguezais pelo estado no ano de 2015.



Fonte: Agazeta (2015).

Por conta disso, o ciclo da destruição e a vulnerabilidade climática estão interligados, pois nota-se que as populações vulneráveis se concentram em regiões periféricas, onde há maior probabilidade de sofrerem com as consequências da instabilidade econômica causada pelas mudanças climáticas, comprovou-se que a instabilidade econômica decorrente das mudanças climáticas têm consequências significativas em valores reais. Nos países de baixa renda e média-baixa, é estimado que anualmente sejam perdidos em média de 0,8% a 1% do seu Produto Interno Bruto (PIB) devido a desastres climáticos. Em contraste, nos países de renda média-alta e alta, essa perda é de 0,1% a 0,3% (Garcia, 2023).

Garcia (2023) demonstra que a vulnerabilidade climática se dá pela capacidade de uma comunidade, população ou ecossistema lidar com os efeitos adversos das mudanças climáticas e efeitos progressivos da natureza, que poderiam ter consequências com efeitos significativos, como chuvas, aumento do nível do mar, calor intenso, secas, escassez de alimento e água, e perdas de vidas.

No projeto Reflorestamento de Manguezais e o Valor de Resgate do Sequestro do Carbono Atmosférico de Fonseca; Drummond (2003), apresenta um estudo de caso

onde a contribuição para conhecimentos técnico-científicos se enquadrou para desenhos de políticas públicas e ações comunitárias com intuito de facilitar a recuperação de ecossistemas costeiros degradados, contribuindo com benefícios socioeconômicos para os órgãos participativos. Considerando as responsabilidades dos projetos de ação climática na redução dos impactos do efeito estufa e levando em conta o valor socioeconômico-ecológico adicionado por essas iniciativas.

Fonseca e Drummond (2003) descrevem estudos que têm analisado a viabilidade de projetos semelhantes, levando em consideração as oportunidades de investimentos financeiros e a transferência de tecnologias. Essas análises baseiam-se nas diretrizes estabelecidas na Convenção do Clima e no Protocolo de Quioto, que visam mitigar as mudanças climáticas e promover a sustentabilidade. A Convenção do Clima estabelece diretrizes internacionais para reduzir as emissões de gases de efeito estufa e adaptar-se às mudanças climáticas, enquanto o Protocolo de Quioto definiu metas e mecanismos de flexibilização para alcançar essas reduções. Essas estruturas incentivam a implementação de projetos que contribuam para a redução das emissões e promovam o desenvolvimento sustentável.

O Protocolo de Quioto traz a formação de um mercado econômico internacional em que sequestro de carbono, realizado de forma espontânea na respiração das plantas, absorvido por solos e oceano, podem ser convertidos em títulos negociáveis entre governos e empresas dos países signatários, inclusive o Brasil (Oshe *et al*, 2007).

A fim de que um projeto de reflorestamento seja aceito e tenha sucesso no mercado, é fundamental conduzir pesquisas detalhadas sobre as estimativas de estoque de biomassa vegetal em forma de carbono. Isso possibilitará uma avaliação precisa das reservas existentes e das que serão criadas (Fonseca; Drummond, 2003).

Dessa maneira, para fazer uso da contemplação é necessário cumprir requisitos para estar apto a participar, conforme previstos no protocolo, existem critérios que precisam de atenção, sendo o da adicionalidade, corresponde a um investimento na criação de novas fontes renováveis. Uma análise comparativa entre os objetivos do projeto e o que ocorreria na falta do mesmo. O segundo critério de vazamento diz respeito às possibilidades de uma atividade sequestradora em um local, resultando em emissões de carbono em outro local (Fonseca; Drummond, 2003).

Todos os anos o aquecimento global causa danos globais, e muitos de forma irreversível, a recuperação pós desastres climáticos já está custando bilhões de dólares, dessa forma, com a ocorrência mais frequente e intensa de eventos extremos, os custos envolvidos no gerenciamento de catástrofes climáticas têm levado os governos a diminuírem ou até mesmo abandonarem seus esforços para reduzir as emissões de gases poluentes de efeito estufa. Isso acarreta em um

aumento das temperaturas e outras alterações climáticas, afetando não só os ecossistemas ao redor mas a saúde no geral (Garcia, 2023).

De acordo com um recente relatório do Chatam House e do Institute for Public Policy Research (IPPR), está ocorrendo uma interação entre as alterações climáticas e a instabilidade econômica global, denominada como ciclo da destruição climática ou "climate doom loop" (Garcia, 2023).

De acordo com Ramos; Geraldo (2007) apontam que a espécie *Avicennia* realiza uma maior bioacumulação de metais pesados, de forma que para avaliação e análise de ambientes impactados seria a mais recomendada, sendo empregada como bioindicadora para fins de monitoramento ambiental em regiões poluídas.

Ademais com os sequestro carbono é possível gerar benefícios socioeconômicos para populações envolvidas, a fim de diminuir problemas advindos do efeito estufa, com a participação e contribuição de importantes atores, como ONGS, governos, empresas, investidores e outrem que atuam no mercado global (Fonseca; Drummond, 2003).

Rodrigues *et al* (2009), confirma em seu experimento que as variáveis sazonais do fluxo de CO₂ no manguezal durante o dia funciona como sumidouro captando carbono da atmosfera, e a noite como fonte, a taxa de assimilação diária é sempre superior à taxa de emissão, o que indica que esse ecossistema desempenha um papel crucial na regulação dos fluxos de energia e contribui para a redução do impacto do efeito estufa; para que fosse reforçando a teoria foi analisado as médias horárias de -10,48 μmol.m⁻².s⁻¹, (absorção) e de +4,44 μmol.m⁻².s⁻¹ (emissão).

A partir do levantamento bibliográfico pelo método Procknow-C, foi possível encontrar artigos que abordaram o mesmo assunto tanto em português, quanto em inglês, contribuindo para o desenvolvimento da pesquisa. Entre os artigos, foi possível constar a relação da atividade estomática com a poluição, destacando como um fator fisiológico que desempenha importante função em seu crescimento e respiração, no processo de turgescência, abertura ou fechamento dos ostíolos, sendo possível regular a transpiração, perda de água em forma de vapor e a respiração sendo as trocas gasosas de CO₂ e O₂. Com isso, o controle estomático depende da interação de diversos fatores ambientais, apresentando respostas às alterações das condições climáticas, sendo sensíveis a concentrações de dióxido de carbono de ambientes como o manguezal (Rodrigues, et al., 2011).

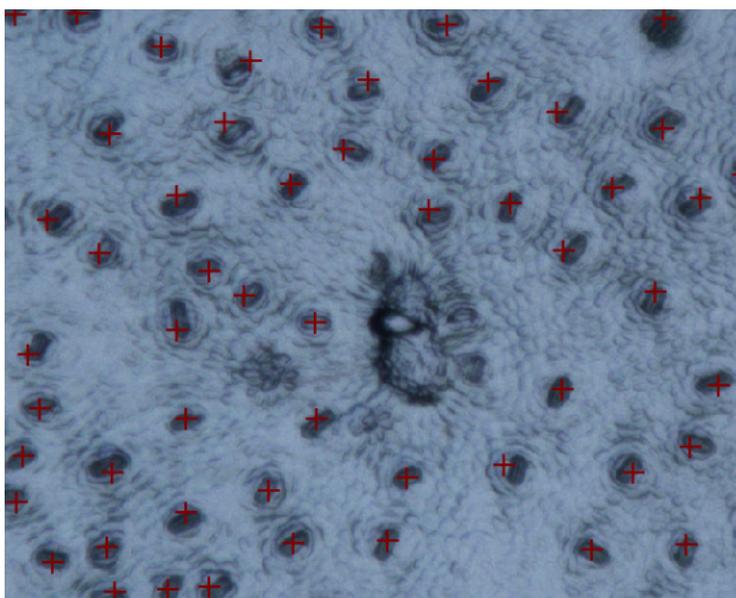
4.2 Análise estomática

A análise estomática contribui para visualização do aparato que realiza trocas gasosas pelas folhas, os estômatos facilitam essas trocas, pois a folha possui pouca resistência para realizar a difusão de gases, nisso os poros estomáticos realizam

esse trabalho como uma ponte, fazendo o vapor de água e o CO₂ sair da folha. De forma que a localização dos estômatos na folha afeta a resistência do mesofilo para a difusão do gás carbônico (Barbosa, 2019).

Com isso, foram observadas diferenças significativas entre as matrizes, comparando a área de estudo e retirando a média das matrizes de cada local. As matrizes coletadas na Orla da Beira Mar (Figura 4) onde a espécie se encontra em contato direto com a água do porto poluída de garrafas pet, sacolas plásticas e outros tipos de lixo de possível observação, e ao lado de Avenida movimentada por carros, houve menor quantidade de estômatos encontrados (45,62%), em comparação com o manguezal da UFES mais afastado de efeitos poluidores direto (52,90%). As plantas com contato direto com poluição apresentavam em sua maioria porte menor, pó na parte adaxial e abaxial das folhas, havendo também a presença de pragas nas espécies.

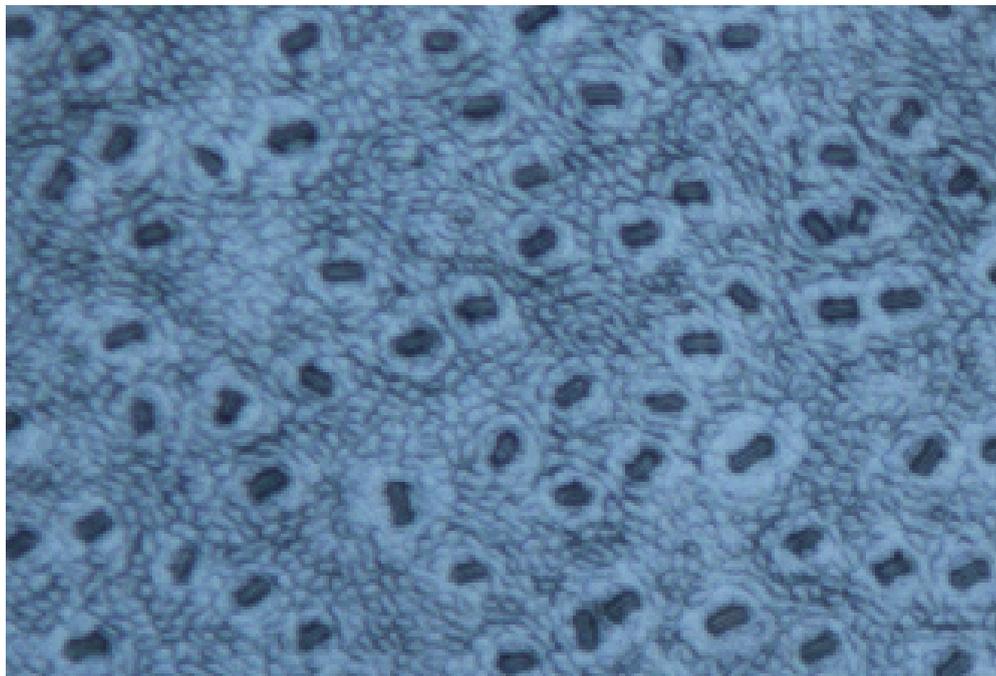
Figura 04: Estômatos matriz 02 área da UFES observados em escala 4x, marcados pelo software de contagem.



Fonte: Arquivo próprio.

Os estômatos encontrados nas matrizes da UFES apresentaram tamanhos maiores, com uma abertura mais visível e distribuição solta (Figura 05), em comparação com os da Orla que estavam em tamanhos menores e com mais agrupamentos. Evidenciando a necessidade das atividades de restauração/preservação de manguezais, tendo como proposta a crescente preocupação e conscientização da sociedade quanto a importância destes ecossistemas não só como provedores e mantenedores da biodiversidade.

Figura 05: Estômatos da matriz 04, área da Orla Beira Mar, em escala 4x.



Fonte: Arquivo próprio.

Esse ecossistema, também está diretamente relacionado com a sustentação de inúmeras e importantes atividades econômicas humanas, que variam desde a pesca artesanal a atividades turísticas, industriais, a qualidade de vida das populações litorâneas residentes no entorno desses ecossistemas (Fonseca; Drummond, 2003).

Segundo Barbosa (2019), vários estudos abordam a relação entre as características dos estômatos, como frequência, tamanho, densidade e distribuição, e os parâmetros ambientais, como temperatura do ar, umidade relativa e intensidade luminosa. Além de que, também investigam a influência dessas características na condutância estomática, nas dimensões dos estômatos e na taxa de transpiração que variam entre as diferentes espécies de um mesmo espaço, concluindo que as plantas possuem sua própria capacidade de se adaptar às características do meio em que existe pressões ambientais.

A pouca porcentagem de estômatos encontrados nas folhas da Orla pode estar interligada ao fato do pó de minério que atrapalha a folha a realizar a fotossíntese e desenvolver o seu crescimento, fazendo com que a planta produza maior quantidade de estômatos e necessite se manter agrupado para que sua ação de trocas gasosas seja mais eficiente, de modo que a utilização de CO₂ seja apenas para sobrevivência e não para estoque, não conseguindo dar uma boa resposta a minimização do efeito estufa, apresentando-se como indicador de poluição.

Foi verificado que os manguezais têm um grande potencial para serem incluídos em programas de Redução de Emissões por Degradação e Desmatamento - REDD. No entanto, o carbono retido no solo, que é a principal fonte de carbono dos manguezais, muitas vezes é excluído da contabilização de carbono (Beltran et al, 2012).

Com isso, a ausência de um sistema que esteja acima do Governo e que dê a atenção para medidas mínimas de eficiência econômica que tenham em conta as diferenças de rendimentos entre países do hemisfério sul estão a tornar obstáculos a conclusão da criação para o acordo sobre gases do efeito estufa (GEE). Isso destaca a importância de apoiar os estudos sobre reflorestamento dos manguezais, como um mecanismo específico para sequestrar o carbono atmosférico (Fonseca; Drummond, 2003).

Para Fonseca; Rocha (2003), a eficácia do sequestro de carbono nos manguezais é comparável a outros biomas, assim como a avaliação econômico-ecológica desses esforços, que apesar de sua ligação com os diversos dispositivos legais que garantem sua proteção completa, os manguezais ainda se destacam de maneira uniforme como um dos ecossistemas costeiros mais ameaçados.

As camadas mais profundas do solo do manguezal contêm quantidades significativas de carbono atmosférico, que são essenciais para controlar as emissões de carbono, no entanto, durante a degradação e a desflorestação, este carbono é libertado, o que pode levar a emissões elevadas de gases com efeito de estufa (Beltran et al, 2012).

Fonseca; Drummond (2003), nos trazem que os resultados dos estudos sobre a quantificação exata do fluxo de carbono (C) entre a biosfera e a atmosfera são diversos, e às vezes contrários. Alguns autores assumem um balanço negativo e outros positivo, atribuindo a diferentes fatores a capacidade de fixar e emitir carbono para a atmosfera. Como sumidouros de carbono, estariam as florestas em expansão e o acúmulo de matéria orgânica no solo.

Assim, deduz-se que os manguezais podem funcionar como importantes sumidouros de C, principalmente nas áreas reflorestadas. Além de funcionarem como importantes sumidouros de C, as áreas de manguezal que forem reflorestadas podem funcionar como importantes filtradoras de metais, contribuindo para a implantação de um sistema eficiente de tratamento de efluentes em águas costeiras.

Nesse sentido, Fonseca; Rocha (2003) enfatizam a relevância do ecossistema de manguezal como provedor e guardião da biodiversidade, como mantenedor das bacias flúvio-marinhas, como suporte para várias e essenciais atividades econômicas humanas, na atuação como sumidouro, ajudando amenizar o

aquecimento global no planeta, e contribuindo para o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL).

Com isso, fica comprovado a produtividade do manguezal quando comparada com outros ecossistemas, esta característica biológica também foi observada no carbono orgânico quando provado que o solo de mangue armazena teores de 79,0 e 86,5 toneladas no período chuvoso favorecido pela presença de as maiores precipitações e alturas da maré incrementando a umidade favorecendo o incremento (folhas) e decomposição do material orgânico além do incremento da atividade dos microrganismos no solo. Quanto os resultados das emissões de dióxido de carbono do solo para a atmosfera confirmam que o solo dos manguezais e um sumidouro importante pelas baixas emissões quando comparadas com outros ecossistemas que liberou em média 11,7 toneladas de dióxido carbono, quantidade inferior aos teores emitidos por florestas de terra firme (Rodriguez, 2019).

A destruição do manguezal pode ter um impacto irreversível, pois esse ecossistema é muito específico e sua recuperação é extremamente difícil. Atualmente, existe uma estratégia para ajudar na redução das emissões de gases de efeito estufa ou no sequestro de carbono, chamada de Protocolo de Quioto. Essa estratégia utiliza uma moeda chamada Mecanismo de Desenvolvimento Limpo, que incentiva os países a combaterem as mudanças climáticas.

A maior plataforma para negociar moedas desde 2013 é o Mercado Bitcoin, em sua plataforma existe a moeda *Moss Carbon Credit* (MCO₂) que utiliza a tecnologia para preservar o meio ambiente. O projeto propõe rastrear em crédito de carbono para compensar pegadas do CO₂, usando estratégias de tokenização, direcionando para projetos de preservação de florestas nativas, reflorestando e regenerando a biodiversidade, e realizando manutenção dos recursos naturais. Além das compensações ambientais que o mercado Bitcoin viabiliza, é possível realizar investimentos e ganhos convertidos em Reais Brasileiros, o que pode estimular o mercado *trend* financeiro.

Por conta disso, é pertinente enfatizar que outros fatores bióticos e abióticos, além dos que foram evidenciados neste trabalho, que podem interferir nos sequestros e estoques de carbono, a exemplo da idade da vegetação, do estágio sucessional do ecossistema, e ao aumento de salinidade de maneira simultânea. Com isso, a vegetação tende a apresentar modificações estruturais, que consistem na redução da altura, do diâmetro e da densidade de indivíduos (Mariano; Silva, 2023).

Outra solução para esse ecossistema seria o reflorestamento, ações de educação ambiental e proteção de áreas sensíveis e degradadas, diretamente ligado a Organizações ambientais e do Estado.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conclui-se que o manguezal possui a habilidade de captar gás carbônico, que auxilia na diminuição do efeito estufa, além disso, apresenta alteração da densidade estomática em ambientes com impactos ambientais, destacando que respostas a mudanças climáticas.

Entretanto, esse ecossistema se encontra ameaçado e caso não tenha uma atenção voltada aos fatores externos que causam impacto, não será possível a recuperação. Para que os métodos tenham resultados positivos sua preservação é de extrema valia, pois além de ter impacto econômico nas populações do entorno, e no mercado turístico, se mostrou grande geradora de investimento no mercado digital a partir das compensações ambientais do mercado *trend* financeiro.

AGRADECIMENTOS.

Aos que me acompanharam, e fizeram parte do que sou hoje, agradeço, cada um que compartilhou seus saberes contribui para minha formação pessoal e profissional. Um agradecimento especial a todos os professores e educadores, que serviram como um espelho, fonte de inspiração para meu desenvolvimento.

REFERÊNCIAS

ALONGI, D. M. The Impact of Climate Change on Mangrove Forests. **Curr Clim Change**, v.1, p. 30-39, 2015.

AMARO, V.E; ROCHA-JUNIOR, J.M. 2012. Avaliação ecológico-econômica do manguezal na foz do rio Açu/RN: o sequestro de carbono e a importância da aplicação de práticas preservacionistas. **Revista de Geologia**, HIDROSEMA – UFRN, v. 25: p. 71-84.

ARRIVABENE, H. P.; CAMPOS, C. Q.; SOUZA, I. C.; WUNDERLIN, D. A.; MILANEZ, C. R. D.; MACHADO, S.R. Differential bioaccumulation and translocation patterns in three mangrove plants experimentally exposed to iron. Consequences for environmental sensing. **Environmental Pollution**, v. 215, p. 302-313, 2016.

BARBOSA, . C.; PORTO, . M.; BERTOLDE, . Z. Análise estomática de duas espécies arbóreas nativas de ,Mata Atlântica. **Revista Pindorama**, [S. l.], v. 8, n. 8, p. 9, 2019. DOI: 10.55847/pindorama.v8i8.589. Disponível em:

<<https://publicacoes.ifba.edu.br/Pindorama/article/view/589>> Acesso em: 30 out. 2023.

BELTRAN, E. V., Sutti, B. O., Gonçalves, E. L., Reis, F. C., de Oliveira, W. R. L., Schaefer, F., Barrella, W. Estimativa do Sequestro de Carbono por Árvores de Manguezal no Rio Boturoca–São Vicente/SP. **UNISANTA BioScience** – v. 1, p. 11-15, n.1. 2012.

CAMPOS, C. Q. **Efeitos da salinidade no acúmulo de metais pesados e nas características anatômicas, fisiológicas e bioquímicas em plantas do manguezal**. Universidade federal do Espírito Santo Centro de Ciências humanas e naturais programa de Pós-graduação em Biologia Vegetal, [s. l.], 2018. Disponível em:

<<https://biologiavegetal.ufes.br/pt-br/pos-graduacao/ppgbv/detalhes-da-tese?id=12134>> Acesso em: 7 jan. 2023.

COUTINHO, J. M. I.. **Análise da evolução do bairro Maria Ortiz e os impactos no manguezal**. universidade Federal do Espírito Santo Centro de Ciências Humanas e Naturais - CCHN, [s. l.], 2019. Disponível em:

<<https://geo.ufes.br/sites/geografia.ufes.br/files/field/anexo/isabel.pdf>> Acesso em: 9 jul. 2023.

DAS, S. K.; PATRA, J. K.; THATOI, H. Antioxidative response to abiotic and biotic stresses in mangrove plants: A review. **International Review of Hydrobiology**, v. 101, p. 3-19, 2016.

ENSSLIN, L. et al. **ProKnow-C, knowledge development process constructivist**. Processo técnico com patente de registro pendente junto ao INPI. Rio de Janeiro: INPI; 2010.

FERNANDES, A. J.; PERIA, L. C. S. Características do ambiente. In: Yara Schaeffer-Novelli (Ed.). Manguezal: Ecosistema entre a terra e o mar. São Paulo: **Caribbean ecological research**, p. 13-15, 1995.

FONSECA, S. D. M., ROCHA, M. T. **O MDL e as florestas de manguezal**. VII SEMEAD, 2003. Disponível em:

<https://sistema.semead.com.br/7semead/paginas/artigos%20recebidos/Socioambiental/SA20_O_MDL_e_as_florestas_de_manguezal> Acesso em: 22 oct. 2023.

FONSECA, S. DE M.; DRUMMOND, J. A.. Reflorestamento de manguezais e o valor de resgate para o sequestro de carbono atmosférico. **História Ciências**

Saúde-Manguinhos, v. 10, n. 3, p. 1071–1081, set. 2003. Disponível em:
<<https://doi.org/10.1590/S0104-59702003000300014>> Acesso em: 21 Out 2023.

GARCIA, EDENISE. O círculo vicioso da destruição e vulnerabilidade climática. **The Nature Conservancy**, Online, p. 1, 9 mar. 2023. Disponível em:
<<https://www.tnc.org.br/conecte-se/comunicacao/artigos-e-estudos/circulo-vicioso-de-struicao-climatica/>> Acesso em: 8 jul. 2023.

HERNANDEZ, S., J.. **Efeitos das mudanças climáticas na decomposição de matéria orgânica e sucessão ecológica em manguezais**. 2017. Dissertação (Mestrado em Microbiologia Agrícola) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidad de São Paulo, Piracicaba, 2017.
doi:10.11606/D.11.2018.tde-22032018-142448. Acesso em: 21 Out 2023.

LEWIS, M.; PRYOR, R.; WILKING, Lynn. Fate and effects of anthropogenic chemicals in mangrove ecosystems: a review. **Environmental Pollution**, v. 159, n. 10, p. 2328-2346, 2011.

MADI, Ana P. L. M., Boeger, Maria R. T. e Reissmann, Carlos B. Composição química do solo e das folhas e eficiência do uso de nutrientes por espécies de manguezal. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental** [online]. 2015, v. 19, n. 5, pp. 433-438. Disponível em:
<<https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v19n5p433-438>> Acesso em: 26 Nov 2022. ISSN 1807-1929.

MARIANO NETO, M.; SILVA, J. B.. Estimativas dos estoques de carbono em ecossistema de manguezal no brasil: uma revisão. **Geoambiente On-line**, Goiânia, n. 45, 2023. Disponível em:
<<https://revistas.ufj.edu.br/geoambiente/article/view/75044>> . Acesso em: 5 nov. 2023.

MENEZES, N.L. Rhizophores in *Rhizophora mangle* L: an alternative interpretation of so-called "aerial roots". An. **Acad. Bras. Ciênc.**, v. 78, p. 213- 226, 2006.

NAIDOO, G.; HIRALAL, O.; NAIDOO, Y. Hypersalinity effects on leaf ultrastructure and physiology in the mangrove *Avicennia marina*. **Flora - Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants**, v. 206, p. 814-820, 2011.

OHSE, Silvana; ROBERTO BIANCHINI DERNER; RENATA ÁVILA OZÓRIO; et al. Revisão: Seqüestro de carbono realizado por microalgas e florestas e a capacidade de produção de lipídios pelas microalgas. **INSULA Revista de Botânica**, v. 36, p. 39–39, 2023. Disponível em:

<<https://periodicos.ufsc.br/index.php/insula/article/view/15121>>. Acesso em: 3 nov. 2023.

RICHTER, O.; NGUYEN, H. A.; NGUYEN, K. L.; NGUYEN, V. P.; BIESTER, H.; SCHMIDT, P. Phytoremediation by mangrove trees: Experimental studies and model development. **Chemical Engineering Journal**, v. 294, p. 389-399, 2016.

ROSSI, M.; MATTOS, I. F. A. Solos de mangue do Estado de São Paulo: caracterização química e física. **Revista do Departamento de Geografia**, [S. l.], v. 15, p. 101-113, 2011. DOI: 10.7154/RDG.2002.0015.0010. Disponível em: <<https://www.revistas.usp.br/rdg/article/view/47301>> Acesso em: 8 out. 2022.

ROSSI, Marcio; MATTOS, Isabel Fernandes de Aguiar. O ecossistema mangue -: uma análise dos solôs e da vegetação no estado de São Paulo. **Instituto Florestal: Anais - 2 Q Congresso Nacional sobre Essências Nativas**, online, [s.d]. Disponível em: <https://smastr16.blob.core.windows.net/iflorestal/iframe/RIF4-3/RIF4-3_930-936.pdf> Acesso em: 29 out. 2022.

RAMOS, M. G. M.; GERALDO, L. P.. Avaliação das espécies de plantas *avicennia schaueriana*, *laguncularia racemosa* e *rhizophora mangle* como bioindicadoras de poluição por metais pesados em ambientes de mangues. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 12, n. 4, p. 440–445, out. 2007.

RODRIGUES, H. J. B.; RAMOS, H. E. A.; SILVA, R. B. C.; CIRINO, G. G.; NUNES, H. C. G. C. Comportamento Sazonal do Fluxo de Co2 em Ecossistema de Manguezal na Amazônia. **Ciência e Natura**, [S. l.], p. 93–96, 2009. DOI: 10.5902/2179460X9525. Disponível em: <<https://periodicos.ufsm.br/cienciaenatura/article/view/9525>> Acesso em: 22 oct. 2023.

RODRÍGUEZ, Nelson Antonio Castellón. **Variação sazonal do carbono e um ecossistema de manguezal na Amazônia Oriental: florística, clima e economia**. Orientadora: Maria Isabel Vitorino. Coorientador: Mário Augusto Gonçalves Jardim. 2019. 123 f. Tese (Doutorado em Ciências Ambientais) – Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará, Museu Paraense Emílio Goeldi, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Belém, 2019. Disponível em: <<http://repositorio.ufpa.br/jspui/handle/2011/11697>> Acesso em: 25 out 2023.

SILVA, J. M. *et al.* Caracterização anatômica e perfil químico da lâmina foliar de *Laguncularia racemosa* (L.) Gaertn, de manguezais impactados e não impactados do litoral de São Paulo. **Universidade Estadual Paulista – UNESP Instituto de Química**, [s. l.], p. 1-10, 20 ago. 2009. Disponível em:

<<https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/123583/ISSN0073-4705-2010-65-02-123-132.pdf?sequence=1>> Acesso em: 23 ago. 2023.

SOUZA, C.A.; DUARTE, L.F.A.; J., M.C.A. PINHEIRO, M.A.A. 2018. Biodiversidade e conservação dos manguezais: importância bioecológica e econômica, Cap. 1: p. 16-56. In: Pinheiro, M.A.A; Talamoni, A.C.B. (Org.). **Educação Ambiental sobre Manguezais**. São Vicente: UNESP, Instituto de Biociências, Câmpus do Litoral Paulista, 165 p.