



Campus São Mateus
UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO



AValiação Científica das Propriedades dos Ecossistemas 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

EVALUACIÓN CIENTÍFICA DE LAS PROPIEDADES DE LOS ECOSISTEMAS DE MANGLARES Y SU PAPEL EN LA MITIGACIÓN DE LA INTENSIFICACIÓN DEL EFECTO INVERNADERO

Arielly Nara dos Santos Alves ¹ & Nataly Senna Gerhardt Barraqui ²

^{1,2} Centro Universitário Salesiano - UniSales, Forte São João, Vitória - Espírito Santo

¹naaraalves.bio@gmail.com ²nbarraqui@salesiano.br

ARTIGO INFO.

Recebido: 01.01.2024

Aprovado: 13.03.2024

Disponibilizado: 29.04.2024

PALAVRAS-CHAVE: Manguezal; Ecossistema; Carbono; Mudanças climáticas; ProKnow-C.

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

PALABRAS CLAVE: Manglar; Ecossistema; Carbono; Cambio climático; ProKnow-C.

*Autor Correspondente: Arielly, N. S. Alves.

RESUMO

Existem na atmosfera, diversos gases de efeito estufa que irradiam pela superfície terrestre, com o agravamento inicia-se o processo de aquecimento global, a fim de encontrar uma forma de mitigar os efeitos com preservação ambiental e demonstrar o valor socioeconômico dos Manguezais, contribuindo para capacidade de catalisar gases que agravam o efeito estufa, absorvendo e armazenam uma porção de dióxido de carbono (CO₂); 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 objetivo de realizar a análise comparativa entre os meios escolhidos pela contagem de estômatos. Com isso, foi evidenciado como o ecossistema do manguezal contribui para a preservação da biodiversidade existente, demonstrando um papel socioeconômico e cultural, e em mercados *trends digitais*. Concluindo que a estabilidade climática gerada pelo Manguezal ocorre devido às propriedades dos microrganismos e da capacidade 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.

ABSTRACT

There are various greenhouse gases in the atmosphere that radiate across the Earth's surface. As this worsens, the global warming process begins. The aim is to find a way of mitigating the effects through environmental preservation and to demonstrate the socio-economic value of mangroves, which contribute to their ability to catalyze

gases that aggravate the greenhouse effect by absorbing and storing a portion of carbon dioxide (CO₂); The methodology of this article aims to review the literature using the Procknow-C method and obtain data on the plant morphology of mangroves in two regions of the municipality of Vitória, Espírito Santo, in order to carry out a comparative analysis between the means chosen for counting stomata. This showed how the mangrove ecosystem contributes to the preservation of existing biodiversity, demonstrating a socio-economic and cultural role, and in digital trend markets. In conclusion, the climate stability generated by mangroves is due to the properties of microorganisms and the ability of species to absorb greenhouse gases (GHG). However, in an area where pollution is high, the species will not be able to absorb significantly. On the other hand, when there is degradation and deforestation, this carbon is released, resulting in potentially high greenhouse gas emissions.

RESUMEN

Existen diversos gases de efecto invernadero en la atmósfera que irradian a través de la superficie de la Tierra. A medida que esto se agrava, se inicia el proceso de calentamiento global. El objetivo es encontrar una forma de mitigar los efectos a través de la preservación del medio ambiente y demostrar el valor socioeconómico de los manglares, que contribuyen a su capacidad de catalizar los gases que agravan el efecto invernadero mediante la absorción y el almacenamiento de una porción de dióxido de carbono (CO₂); La metodología de este artículo tiene como objetivo revisar la literatura con la ayuda del método Procknow-C y obtener datos sobre la morfología vegetal de los manglares en dos regiones del municipio de Vitória, Espírito Santo, con el fin de realizar un análisis comparativo entre los medios elegidos para el recuento de estomas. Esto demostró cómo el ecosistema del manglar contribuye a la preservación de la biodiversidad existente, demostrando un papel socioeconómico y cultural, y en los mercados de tendencias digitales. En conclusión, la estabilidad climática generada por los manglares se debe a las propiedades de los microorganismos y a la capacidad de las especies para absorber los gases de efecto invernadero (GEI). Sin embargo, en una zona donde la contaminación es elevada, las especies no podrán absorber de forma significativa. Por otro lado, cuando hay degradación y deforestación, este carbono se libera, lo que se traduce en emisiones de gases de efecto invernadero potencialmente elevadas.

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, além de exercer a proteção de casas e comunidades que vivem no seu entorno.

De acordo com Rossi e Mattos [s.d], Seu desenvolvimento está associado às áreas costeiras tropicais, associadas às planícies, regiões estuarinas, à beira de lagoas, rios e canais naturais, zonas tranquilas, influenciadas pelas marés no entanto, sem ação direta das ondas, sendo a força das marés suave e a velocidade das correntes baixa, favorecendo intenso acúmulo de sedimentos finos e matéria orgânica; Durante a maré alta mostra-se alagado, e na baixa da maré exhibe a 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.

As espécies de mangue 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 seu solo apresentar uma alta quantidade de matéria orgânica, 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 presente artigo visa evidenciar a importância benéfica que o manguezal tem no controle de carbono para diminuição do efeito estufa, estabilização da temperatura e clima, além de demonstrar ser possuinte de grande valor monetário.

1.1 Flora do Manguezal

Quenupe (2018) traz 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, sendo eles: mangue vermelho (*Rhizophora mangle* L.), mangue preto ou siriúba (*Avicennia schaueriana*), mangue preto (*Avicennia germinans* L.) e mangue branco (*Laguncularia racemosa*).

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 inundações, 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 et al., 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.

1.1.1 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).

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; O espaço é utilizado como abrigo e local para reprodução, possuindo valor econômico devido à pesca e à aquicultura que neles se praticam. (Souza et al., 2018).

Hernandez (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.

1.2 Solo

Rossi e Mattos [s.d] descrevem que 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.

Hernandez (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 (Hernandez, 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 Hernandez (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. 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.

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 é 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).

1.3 Efeito Estufa

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% retornam 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 vêm 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 e Drummond, 2003).

O dióxido de carbono (CO_2) 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 (Hernandez, 2017).

O metano (CH_4) 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 (Richter et al., 2016).

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.

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 e Rocha-Junior, 2012).

METODOLOGIA

A metodologia do trabalho consistiu em dois processos, a primeira parte de forma literária na busca de material científico em 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, e como segundo processo parte prática, onde houve a coleta do material a ser utilizado, seguindo de uma análise laboratorial da densidade estomática.

2.1 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 como tema central avaliar as propriedades dos manguezais e a importância desse ecossistema na mitigação do agravamento do efeito estufa.

Após a avaliação científica, foi realizada a pesquisa de campo onde houve a coleta de folhas da espécie *Rhizophora mangle* para análise estomática em laboratório.

2.2 Área de Estudo

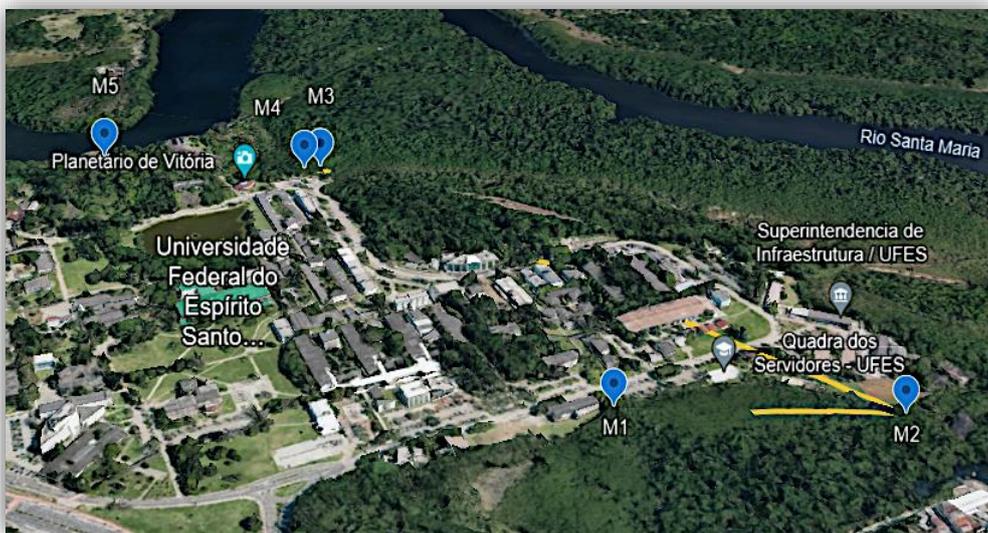
Na pesquisa em campo foi definido 5 pontos no manguezal localizado na Beira Mar, Av. Mal. Mascarenhas de Moraes coordenada geográfica - 20.318181, -40.319537 em um raio de 0,52 km (Figura 01), e dentro da Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), localizada na Av. Fernando Ferrari, 514 - Goiabeiras coordenada geográfica 20°16'18.6"S 40°18'13.2"W no raio de 1,44km (Figura 2).

Figura 1. Área de manguezal na Beira Mar, realizado a coleta de material para análise



Fonte: Google Earth (2023).

Figura 2. Áreas de manguezais nas dependências da UFES que foram realizadas a coleta



Fonte: Google Earth (2023).

2.3 Processamento da Morfologia Estomática

A partir das áreas de estudo citadas, para o processamento da morfologia estomática, foi mensurado a densidade estomática que se refere 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.

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, que não estivessem com incidência solar direta, mas sim a meia sombra, as folhas com sinais de ataque de insetos ou patógenos foram excluídas; O corte histológico das folhas foi feito à mão com auxílio de uma lâmina de barbear, realizado corte transversal no meio do limbo da folha, entre o ápice e o pecíolo, próximo à nervura central. Para a impressão dos estômatos foi utilizado cola instantânea “tekbond”, colocado uma pequena gota de cola sobre a lâmina, e pressionado a parte abaxial por 10 segundos.

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

Após 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.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 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 24 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 1).

Tabela 1. Artigos utilizados no banco de dados

Referência
Alongi, D. M. (2015). The Impact of Climate Change on Mangrove Forests. <i>Curr Clim Change</i> , 1, 30-39.
Amaro, V. E. & Rocha-Junior, J. M. (2012). Avaliação ecológico-econômica do manguezal na foz do rio Açú/RN: o sequestro de carbono e a importância da aplicação de práticas preservacionistas. <i>Revista de Geologia, HIDROSEMA – UFRN</i> , 25, 71-84.
Barbosa, C., Porto, M., & Bertolde, . Z. (2019). Análise estomática de duas espécies arbóreas nativas de mata atlântica. <i>Revista Pindorama</i> , [S. l.], 8(8), 9.
Beltran, E. V., Sutti, B. O., Gonçalves, E. L., Reis, F. C., de Oliveira, W. R. L., Schaefer, F., & Barrella, W. (2012). Estimativa do Sequestro de Carbono por Árvores de Manguezal no Rio Boturoca–São Vicente/SP. <i>UNISANTA BioScience</i> . 1(1), 11-15.

- Coutinho, J. M. I. (2019). 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.].
- Campos, C. Q. (2018). 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.].
- Das, S. K., Patra, J. K., & Thatoi, H. (2016). Antioxidative response to abiotic and biotic stresses in mangrove plants: A review. *International Review of Hydrobiology*, 101, 3-19.
- Fonseca, S. D. M. & Rocha, M. T. (2003). O MDL e as florestas de manguezal. *VII SEMEAD*.
- Fonseca, S. de M. & Drummond, J. A. (2003). Reflorestamento de manguezais e o valor de resgate para o sequestro de carbono atmosférico. *História, Ciências, Saúde-Manguinhos*, 10(3), 1071-1081.
- Garcia, E. (2023). O círculo vicioso da destruição e vulnerabilidade climática. *The Nature Conservancy*, p.1.
- Hernandez, S. J. (2017). Efeitos das mudanças climáticas na decomposição de matéria orgânica e sucessão ecológica em manguezais. *Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba*.
- Lewis, M., Pryor, R., & Wilking, L. (2011). Fate and effects of anthropogenic chemicals in mangrove ecosystems: a review. *Environmental Pollution*, 159(10), 2328-2346.
- Madi, A. P. L. M., Boeger, M. R. T., & Reissmann, C. B. (2015). Composição química do solo e das folhas e eficiência do uso de nutrientes por espécies de manguezal. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 19(5).
- Mariano Neto, M. & Silva, J. B. da. (2023). Estimativas dos estoque de carbono em ecossistema de manguezal no brasil: uma revisão. *Geoambiente On-line, Goiânia*, n. 45.
- 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. (2011). Hypersalinity effects on leaf ultrastructure and physiology in the mangrove *Avicennia marina*. *Flora - Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants*, 206, 814-820.
- Richter, O., Nguyen, H. A., Nguyen, K. L., Nguyen, V. P., Biester, H., & Schmidt, P. (2016). Phytoremediation by mangrove trees: Experimental studies and model development. *Chemical Engineering Journal*, 294, 389-399.
- Rossi, M. & Mattos, I. F. A. (2011). Solos de mangue do estado de São Paulo: caracterização química e física. *Revista do Departamento de Geografia*, [S. l.], 15, 101-113. DOI: 10.7154/RDG.2002.0015.0010
- Rossi, M. & Mattos, I. F. de A. (s.d.). 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.
- Ramos, M. G. M. & Geraldo, L. P. (2007). 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*, 12(4), 440-445.
- Rodrigues, H. J. B., Ramos, H. E. A., Silva, R. B. C., Cirino, G. G., & Nunes, H. C. G. C. (2009). Comportamento Sazonal do Fluxo de Co2 em Ecossistema de Manguezal na Amazônia. *Ciência e Natura*, [S. l.], 93-96. DOI: 10.5902/2179460X9525
- Rodríguez, N. A. C. (2019). Variação sazonal do carbono e um ecossistema de manguezal na Amazônia Oriental: florística, clima e economia. 123 f. Tese (Doutorado em Ciências Ambientais). *Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará, Museu Paraense Emílio Goeldi, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Belém*.
- 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, 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.

Fonte: Autores, 2023.

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 desde os pescadores, a todas as populações locais e migrantes. Fonseca e Drummond (2003), citam que, os manguezais em todo o mundo foram severamente danificados pela pressão populacional, produção de alimentos, indústrias 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, como apresentado na figura 3, a redução de áreas de manguezais no estado do Espírito Santo no ano de 2015.

Figura 3. Mapa de manguezais pelo estado no ano de 2015



Fonte: Agazeta (2020).

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 diminuir ou até mesmo abandonarem seus esforços para reduzir as emissões de gases poluentes de efeito estufa. Isso acarreta 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).

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. 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%, comprovando que a instabilidade econômica decorrente das mudanças climáticas tem consequências significativas em valores reais (Garcia, 2023).

Em um estudo de caso apresentado por Fonseca e Drummond (2003), revela uma contribuição para conhecimentos técnico-científicos em desenhos de políticas públicas e ações comunitárias com intuito de facilitar a recuperação de ecossistemas costeiros degradados, a ação visou a participação dos órgãos interessados com benefícios socioeconômicos.

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 (Fonseca e Drummond, 2003).

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 e 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 dele. 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 e Drummond, 2003).

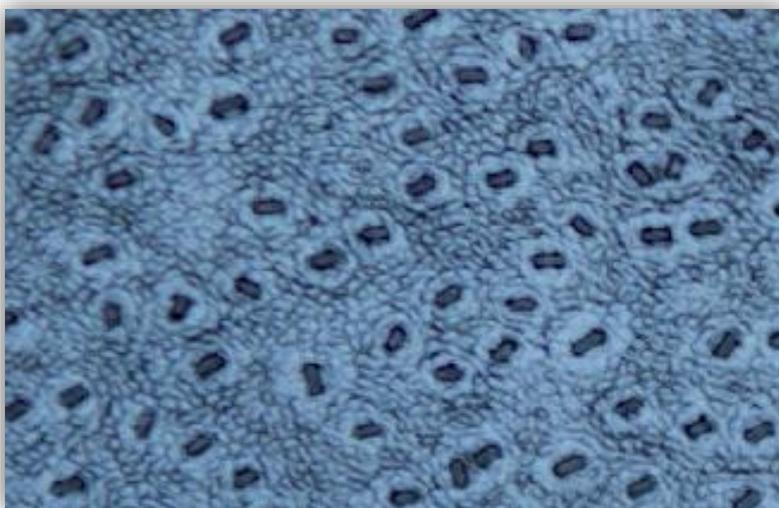
Rodrigues *et al* (2009), descreve que as variáveis sazonais do fluxo de CO₂ no manguezal durante o dia funciona como sumidouro captando carbono da atmosfera, e a noite como fonte, a taxa de assimilação diária é sempre superior à taxa de emissão, o que indica que esse ecossistema desempenha um papel 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 $\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$, (absorção) e de +4,44 $\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ (emissão).

3.2 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).

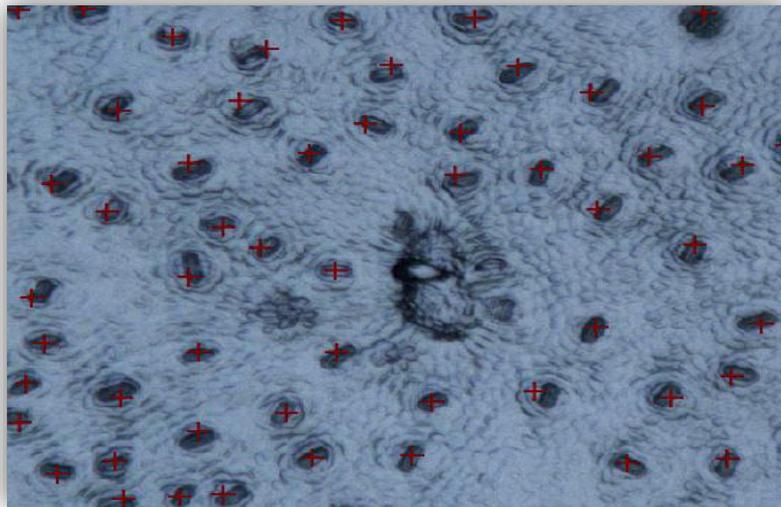
Foi observado diferenças significativas entre as áreas de estudo, as matrizes coletadas na Orla da Beira Mar (Figura 04), em que a espécie vegetal se encontra com contato direto à poluição, foi observado uma baixa densidade estomática, apresentando menor quantidade de estômatos (45,62%), em comparação a área da UFES mais afastada dos efeitos poluidores direto demonstrou maior quantidade de estômatos (52,90%). As plantas com contato direto com poluição apresentavam em sua maioria porte médio, pó na parte adaxial e abaxial das folhas, havendo também a presença de herbivoria nas folhas.

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



Fonte: Arquivo próprio.

Figura 5. 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. A pouca porcentagem de estômatos encontrados nas folhas da Orla pode estar interligada ao fato de o pó de minério atrapalhar a folha a realizar a fotossíntese e desenvolver o seu crescimento.

Os agrupamentos de estômatos mostram que há necessidade de se manter em conjunto para que as trocas gasosas sejam mais eficientes, dividindo a sua energia entre a regulação de gases e seu desenvolvimento, de modo que a utilização de CO_2 seja apenas para sobrevivência e não para estoque, não conseguindo dar uma boa resposta a minimização do efeito estufa. As atividades de restauração e preservação de manguezais, se tornou uma crescente preocupação, caso sejam protegidos o carbono permanece fixado ao solo, mas se houver perturbação do ecossistema o efeito de sumidouro é contrário, fazendo com que todo carbono captado seja liberado na atmosfera, de forma a aumentar de forma considerável a temperatura.

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).

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. De modo há investigar 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.

3.3 Projeto de Sustentabilidade

O manguezal encontra-se 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 e Drummond, 2003).

Foi verificado que possui 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 e Drummond, 2003).

Para Fonseca e 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.

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. Fonseca e 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).

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 e 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.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conclui-se que o manguezal possui a habilidade de captar gás carbônico, podendo funcionar como importantes sumidouros, principalmente em áreas reflorestadas, auxiliando na diminuição do efeito estufa e destacando seu impacto às mudanças climáticas. As áreas de manguezal que forem reflorestadas podem funcionar como importantes filtradoras de metais, devido a respostas de alteração da densidade estomática em ambientes com impactos ambientais, contribuindo para a implantação de um sistema eficiente de tratamento de efluentes em águas costeiras.

O manguezal é um ecossistema que 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 servir de proteção costeira, retém impacto econômico nas populações do entorno, e no mercado turístico, ainda se mostrou grande geradora de investimento no mercado digital a partir das compensações ambientais do mercado *trend* financeiro.

REFERÊNCIAS

Alongi, D. M. (2015). The Impact of Climate Change on Mangrove Forests. *Curr Clim Change*, 1, 30-39.

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*, 25, 71-84.

Barbosa, C., Porto, M., & Bertolde, Z. (2019). Análise estomática de duas espécies arbóreas nativas de Mata Atlântica. *Revista Pindorama*, [S. l.], 8(8), 9. <https://doi.org/10.55847/pindorama.v8i8.589>

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

Campos, C. Q. (2018). 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.].

Recuperado de <https://biologiavegetal.ufes.br/pt-br/pos-graduacao/ppgbv/detalhes-da-tese?id=12134>

Coutinho, J. M. I. (2019). 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.]. Recuperado de <https://geo.ufes.br/sites/geografia.ufes.br/files/field/anexo/isabel.pdf>

Das, S. K., Patra, J. K., & Thatoi, H. (2016). Antioxidative response to abiotic and biotic stresses in mangrove plants: A review. *International Review of Hydrobiology*, 101, 3-19.

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

Fonseca, S. D. M. & Rocha, M. T. (2003). O MDL e as florestas de manguezal. *VII SEMEAD*. Recuperado de <https://sistema.semead.com.br/7semead/paginas/a>

[rtigos%20recebidos/Socioambiental/SA20 O MDL e as florestas de manguezal](#)

Fonseca, S. de M., Drummond, J. A. (2003). Reflorestamento de manguezais e o valor de resgate para o sequestro de carbono atmosférico. *História Ciências Saúde-Manguinhos*, 10(3), 1071-1081. <https://doi.org/10.1590/S0104-59702003000300014>

Garcia, E. (2023). O círculo vicioso da destruição e vulnerabilidade climática. *The Nature Conservancy, Online*, 9, 1. <https://www.tnc.org.br/conecte-se/comunicacao/artigos-e-estudos/circulo-vicioso-destruicao-climatica/>

Hernandez, S., J. (2017). Efeitos das mudanças climáticas na decomposição de matéria orgânica e sucessão ecológica em manguezais. Dissertação (Mestrado em Microbiologia Agrícola) - *Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba*. <https://doi.org/10.11606/D.11.2018.tde-22032018-142448>

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, A. P. L. M., Boeger, M. R. T., & Reissmann, C. B. (2015). Composição química do solo e das folhas e eficiência do uso de nutrientes por espécies de manguezal. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*. 19(5), 433-438. <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v19n5p433-438>

Mariano Neto, M. & Silva, J. B. (2023). Estimativas dos estoques de carbono em ecossistema de manguezal no Brasil: uma revisão. *Geoambiente On-line*, 45. <https://revistas.ufj.edu.br/geoambiente/article/view/75044>

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

Naidoo, G., Hiralal, O., & Naidoo, Y. (2011). Hypersalinity effects on leaf ultrastructure and physiology in the mangrove *Avicennia marina*. *Flora - Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants*, 206, 814-820.

Richter, O., Nguyen, H. A., Nguyen, K. L., Nguyen, V. P., Biester, H., & Schmidt, P. (2016). Phytoremediation by mangrove trees: Experimental studies and model development. *Chemical Engineering Journal*, 294, 389-399.

Rossi, M. & Mattos, I. F. (2011). A. Solos de mangue do Estado de São Paulo: caracterização química e física. *Revista do Departamento de Geografia*, [S. l.], 15, 101-113. <https://doi.org/10.7154/RDG.2002.0015.0010>

Rossi, M. & Mattos, I. F. de A. (s.d.). 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*, https://smastr16.blob.core.windows.net/iflorestal/iframe/RIF4-3/RIF4-3_930-936.pdf

Rodrigues, H. J. B., Ramos, H. E. A., Silva, R. B. C., Cirino, G. G., & Nunes, H. C. G. C. (2009). Comportamento Sazonal do Fluxo de Co2 em Ecossistema de Manguezal na Amazônia. *Ciência e Natura*, [S.l.], 93-96. <https://doi.org/10.5902/2179460X9525>

Rodríguez, N. A. C. (2019). 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. 123 f. Tese (Doutorado em Ciências Ambientais). *Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará, Museu Paraense Emílio Goeldi, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária*, Belém. <http://repositorio.ufpa.br/jspui/handle/2011/11697>

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.