



# Publicações acadêmicas recentes sobre manguezais de São Paulo e os Desafios da década da ciência oceânica: diretrizes para a Fundação Florestal



Lais Coutinho Zayas Jimenez  
Fundação Florestal  
1/12/2023

## Resumo

A revisão simplificada da literatura científica sobre os manguezais de São Paulo na última década revela uma riqueza de estudos abordando diversos aspectos desses ecossistemas. A categorização dos artigos em grupos como "Biodiversidade e Processos Ecológicos" e "Impacto" proporcionou uma compreensão abrangente das pesquisas realizadas. No grupo "Biodiversidade e Processos Ecológicos", os estudos destacam a importância dos manguezais como berçários para peixes, habitat para aves e ricos em diversidade de organismos bentônicos, bem como seu potencial para sequestro e estoque de carbono e para outros serviços ecossistêmicos. Já no grupo "Impacto", a atenção recai sobre contaminantes nos manguezais, evidenciando elementos potencialmente tóxicos e seus efeitos na fauna, especialmente em caranguejos. A presença de resíduos sólidos, e análise de políticas públicas também foram abordados, proporcionando uma visão ampla dos desafios enfrentados pelos manguezais no estado. A revisão identificou lacunas de conhecimento e desafios para a gestão pública, destacando a necessidade de uma abordagem integrada considerando biodiversidade, processos ecológicos, impactos e políticas. As recomendações feitas nas tabelas direcionam possíveis ações de gestão para enfrentar os desafios e promover a sustentabilidade dos manguezais de São Paulo. Esta revisão sistemática fornece uma base sólida para futuras estratégias, enfatizando a essencialidade da compreensão abrangente na orientação de decisões e políticas públicas para a preservação desses ecossistemas cruciais para o equilíbrio ambiental e o bem-estar humano.

# GESTÃO INTEGRADA MANGUEZAIS



## Sumário

|   |   |
|---|---|
| Resumo.....   | 1 |
| Introdução.....                                     | 2 |
| Grupo "Impacto" .....                               | 4 |
| Grupo "Biodiversidade e Processos Ecológicos" ..... | 7 |

## Introdução

Artigos científicos que geraram informações sobre os manguezais de São Paulo na última década foram reunidos e organizados por meio de uma revisão sistemática da literatura científica. Foram considerados artigos publicados de 2013 até o presente, a partir de uma combinação de termos de busca indexada em

A busca bibliográfica foi realizada usando uma combinação de termos de pesquisa, considerando o banco de dados ScienceDirect. Para encontrar artigos que abordassem os manguezais de São Paulo, a seguinte sequência de busca foi utilizada: (Mangrove OR mangroves) E "São Paulo"; os termos deveriam estar localizados no título, resumo ou palavras-chave dos documentos. A busca foi limitada a artigos científicos com dados primários e publicados em inglês.

Antes da etapa de seleção, os artigos duplicados foram excluídos, e cada artigo passou por uma seleção preliminar para garantir que os estudos fossem desenvolvidos nos manguezais de São Paulo.

Na etapa de categorização, os artigos foram separados em dois grupos: o grupo "Biodiversidade e Processos Ecológicos", englobando artigos que exploram as características/processos ecológicos dos manguezais e/ou suas implicações ambientais, e o grupo "Impacto" com artigos que se concentravam nos potenciais vetores de pressão sobre os manguezais no texto. Posteriormente, os artigos atribuídos a cada grupo foram categorizados de acordo com seu tema específico de pesquisa.

Após a leitura de cada artigo, todos os manuscritos foram relacionados aos 10 desafios delineados no Plano Nacional para a Implementação da Década da Ciência dos Oceanos para o Desenvolvimento Sustentável a serem superados na Década da Ciência dos Oceanos. A saber: *1. Compreender e mapear fontes terrestres e marinhas de poluentes e contaminantes, juntamente com seus impactos potenciais na saúde humana e nos ecossistemas marinhos, e desenvolver soluções para removê-los ou mitigá-los; 2. Compreender os efeitos de múltiplos estressores nos*

*ecossistemas marinhos e desenvolver soluções para monitorar, proteger, gerenciar, governar e recuperar ecossistemas e sua biodiversidade em condições ambientais, sociais e climáticas em constante mudança; 3. Gerar conhecimento, apoiar a inovação e desenvolver soluções para otimizar o papel do oceano na produção sustentável de alimentos para a população global em condições ambientais, sociais e climáticas em constante mudança; 4. Gerar conhecimento, apoiar a inovação e desenvolver soluções para o desenvolvimento sustentável e equitativo da economia oceânica em condições ambientais, sociais e climáticas em constante mudança; 5. Aumentar a compreensão da interligação entre o oceano e o clima, gerar conhecimento e soluções para mitigar, adaptar e reforçar a resiliência aos efeitos das mudanças climáticas em todas as regiões e escalas, e melhorar os serviços, incluindo previsões oceânicas, climáticas e meteorológicas; 6. Melhorar os serviços de alerta precoce para ameaças de riscos múltiplos decorrentes de impactos geofísicos, ecológicos, biológicos, meteorológicos, climáticos e antropogênicos que possam afetar zonas marinhas, bem como a preparação e resiliência das comunidades; 7. Garantir um sistema sustentável de observação oceânica com ampla cobertura espacial e temporal em todas as bacias oceânicas, fornecendo dados e informações acessíveis a todas as partes interessadas de maneira oportuna para implementar ações e gerar conhecimento, bem como aprimorar a gestão de sistemas socioecológicos marinhos; 8. Desenvolver uma representação digital abrangente do oceano por meio da colaboração com várias partes interessadas, incluindo um mapa dinâmico de acesso gratuito para explorar, descobrir e visualizar as condições oceânicas no passado, presente e futuro, usando sistemas de observação oceânica de maneira relevante para todas as partes interessadas; 9. Garantir o desenvolvimento de recursos humanos e habilidades relacionadas a atividades socioeconômicas focadas no mar, bem como garantir acesso equitativo a dados, informações, conhecimento e tecnologia relacionados a todos os aspectos da ciência oceânica para todas as partes interessadas; 10. Garantir que os vários valores e serviços que o oceano contribui para o bem-estar humano, cultura e desenvolvimento sustentável sejam compreendidos, e identificar e superar quaisquer barreiras às mudanças comportamentais necessárias para uma mudança gradual no relacionamento da sociedade com o oceano (Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações, 2020).*

Finalmente, com base nessas análises, foram delineadas recomendações para os tomadores de decisão, especialmente gestores de unidades de conservação do estado com manguezais de São Paulo, dentro de cada categoria. Essa abordagem visa permitir que os gestores públicos fundamentem suas decisões com base nesses artigos para enfrentar efetivamente os desafios da década.

Para caracterizar o estado da arte das publicações científicas geradas para o estado de São Paulo na última década, como resultado da fase foram recuperados 21 artigos. Dentre eles, 9 (42,9%) foram classificados no grupo "Biodiversidade e Processos Ecológicos" por descreverem características ecológicas e/ou implicações ambientais de manguezais, enquanto 12 (57,1%) foram classificados no grupo "Impacto" por abordarem potenciais vetores de pressão nos manguezais em seus textos. Entre os artigos selecionados, 71,43% mencionaram efetivamente servir como ferramenta para os tomadores de decisão, enquanto 28,57% dos artigos não expressaram essa intenção.

Os 9 artigos incluídos no grupo "Biodiversidade e Processos Ecológicos" foram cuidadosamente estudados e categorizados em 5 subgrupos: Fauna, Carbono Azul, Política e Teia Alimentar. Enquanto os 12 artigos no grupo "Impacto" foram divididos em 4 subgrupos: contaminantes, espécies exóticas, resíduos e política.

### **Grupo "Impacto"**

No subgrupo "Contaminantes" (8 artigos), 5 se concentram especificamente em contaminações inorgânicas, 1 em contaminações orgânicas, e 2 descrevem contaminações de forma ampla, incluindo contaminantes orgânicos e inorgânicos. Dos 5 artigos que discutem contaminantes inorgânicos, 4 descrevem a presença de elementos potencialmente tóxicos nos manguezais (1 especificamente sobre mercúrio e 3 caracterizando a presença desses elementos de forma geral), e 1 descreve a presença de elementos de terras raras nos manguezais do estado. Artigos que abordam contaminantes de maneira ampla buscaram entender a eficiência de alguns bioindicadores e avaliar o grau de impacto dos manguezais no estado. O artigo que se concentra na contaminação orgânica investigou especificamente os hidrocarbonetos.

A abordagem metodológica dos artigos que discutem contaminação inorgânica e geral nos manguezais do estado envolve o estudo da dinâmica geoquímica entre a fração orgânica e o contaminante, enfatizando a relevância da matéria orgânica acumulada em ambientes de manguezal para os serviços de regulação do ecossistema. O foco metodológico de todos os outros estudos nesta subcategoria, envolve a investigação das relações entre fauna e contaminantes inorgânicos nos manguezais, especialmente caranguejos. Os objetivos variaram de análises ecotoxicológicas, caracterização e avaliação dos impactos das contaminações nas populações de caranguejos, ao reconhecimento de certas espécies como bioindicadores, classificando-as como espécies-sentinelas. Os resultados indicaram que o uso de algumas espécies como bioindicadores é adequado para futuros programas de monitoramento ambiental, dependendo do contaminante.

Em artigos que estudam contaminação generalizada, a amostragem de caranguejos (*Minuca rapax* e *Ucides cordatus*) em manguezais ao longo de toda a costa do estado de São Paulo indicou que essas espécies estão expostas a uma grande variedade de contaminações e podem ser usadas como indicadores eficazes.

Todos os artigos deste sub grupo de alguma maneira se relacionam com os desafios da década da ciência oceânica números 1,3 e 4 que representam: “Compreender e vencer a poluição marinha”; “Alimentar de forma sustentável a população global”; e “Desenvolver uma economia oceânica sustentável e equitativa”, respectivamente. Uma vez que o estudo dos contaminantes é um aprofundamento do conhecimento da poluição marinha, enquanto a investigação da presença destes em caranguejos e em outros compartimentos do ecossistema se relaciona diretamente com segurança alimentar e nutricional, e um vez que grande parte da população que interage com os manguezais se utiliza do ecossistema pra sua subsistência.

Por essas mesmas razões de interação das comunidades com produtos dos manguezais para alimentação e comercialização e que o artigo que se debruça sobre espécies exóticas se relaciona com os desafios 3 e 4. Isso porque a espécie exótica registrada é a ostra *Saccostrea cucullata* cuja presença pode afetar as populações de ostras nativas, bem como toda atividade de engorda, consumo e comercio das ostras oriundas dos manguezais da região.

A categoria "Resíduos" (com 1 artigo) aborda a presença de resíduos sólidos nos manguezais de São Paulo. O estudo destaca que os resíduos são encontrados em todos os manguezais avaliados no estudo, com concentrações mais altas em manguezais próximos a áreas urbanas. O foco do estudo são as possíveis migrações de resíduos contidos em manguezais próximos à praias arenosas para essas regiões. Além disso o estudo enfatiza a necessidade de ações de gestão para mitigar a presença desses resíduos, visando a conservação dos manguezais e praias e a minimização dos impactos sobre a fauna e flora associadas a esses ambientes.

Além da relação deste estudo com a o desafio 1 da década da ciência oceânica, que preconiza “Compreender e mapear fontes terrestres e marítimas de poluentes e contaminantes e os seus potenciais impactos na saúde humana e nos ecossistemas oceânicos e desenvolver soluções para os remover ou mitigar”, o estudo por seu destaque na necessidade de ações de educação ambiental e conscientização da população local e de veranistas, também pode ser relacionado com o desafio 10: “Mudar a relação da humanidade com o oceano”.

Na categoria "Governança" (com 2 artigos), as análises envolvem políticas públicas relacionadas aos manguezais no estado de São Paulo além dos efeitos da legislação em esfera federal. Os estudos ressaltam a importância de considerar os manguezais na elaboração de políticas públicas, demonstram a demanda por políticas locais somadas àquelas elaboradas em

esfera federal e destacam a necessidade de integração entre os diversos setores governamentais, bem como a participação da sociedade civil na definição de políticas públicas, o que interfere diretamente no bem estar social das comunidades locais. Todo estudo que envolva governança de manguezais se relaciona direta ou indiretamente com o desafio de proteger e restaurar o ecossistema (desafio 2).

Como indicações práticas para que a fundação florestal, enquanto instituição responsável pela gestão dessas áreas protegidas no âmbito estadual, possa aplicar o conhecimento acadêmico gerado, com vistas à atingir os desafios preconizados em esfera internacional para a década da ciência oceânica, ficam as ações de monitoramento, seja com vistas à segurança alimentar ou à qualidade ambiental, de crustáceos e avifauna principalmente; além do eventual manejo de espécies exóticas; Promoção de maior interação com as comunidades locais em ações nos manguezais, como pelo turismo de base comunitária e monitoramento do ecossistema por meio de ciência-cidadã com vistas ao desenvolvimento socioeconômico local, educação ambiental, conscientização e a aumento do estado de bem estar social. Além disso, a definição de manguezal como área de preservação permanente per legislação federal parece ser insuficiente para o estabelecimento de uma adequada gestão ambiental deste ecossistema em algumas regiões de intensa urbanização, de forma que o estabelecimento de novas unidades de conservação parece urgente.

| Subgrupo   | Desafio da década da ciência oceânica        | Aplicações recomendadas à Fundação Florestal  | Assunto   | Localização  | Citação                       |
|--|--|---|---|--|-------------------------------|
| Contaminantes  | 1;3;4  | Monitoramento de solos e caranguejos quanto à presença de contaminantes com o objetivo de garantir a segurança nutricional, monitorar a saúde do ecossistema e promover a cadeia produtiva sustentável; Monitoramento da densidade de caranguejos para estimar o impacto nos manguezais | -Contaminação inorgânica; concentração de metais em <i>Goniopsis cruentata</i>          | Ilha do Cardoso e São Vicente                            | Vedolin et al. 2020           |
|  |  |   | -Contaminação inorgânica; Detecção de elementos terras-raras                            | Ubatuba  | Lavezzo et al. 2020           |
|  |  |   | -Contaminação Inorgânica; Diluição de mercúrio por matéria orgânica de origem autoctona | Cubatão  | Machado et al. 2016           |
|  |  |   | -Contaminação inorgânica; Efeitos da presença de metais na diversidade genética         | Jurúia, Cubatão, São Vicente                             | Banci et al. 2017             |
|  |  |   | -Contaminação inorgânica; Toxicidade de metais em espécies de manguezal;                | Iguape, Jurúia, Cananéia, Cubatão, São Vicente, Bertioga | de Almeida Duarte et al. 2017 |
| -Contaminação (geral); <i>Ucides cordatus</i> como um indicador da qualidade química do mangue | Bertioga, Cubatão, Iguape, Cananéia e Jurúia | Duarte et al. 2016a   |   |  |                               |

|            |      |  |  |  |   |
|------------|------|--|--|--|---|
|            |      |  | -Contaminação (geral);<br>avaliação das<br>alterações em <i>Minuca<br/>rupax</i> frente à<br>contaminação                            | Santos, Bertiooga<br>e Ubatuba   | Capparelli<br>et al. 2019                                 |
|            |      |  | -Contaminação<br>orgânica; fontes de<br>Organic;<br>Hidrocarbonetos<br>aromáticos policíclicos                                       | Cananéia-<br>Iguape, Juréia-<br>Itatins; Itanhaem<br>São Vicente<br>(PEXJ) | Martins et<br>al. 2023                                    |
| Exóticas   | 3;4  | Monitoramento e possível<br>manejo de espécies exóticas.   | -Ostra exótica   | Ilhabela, São<br>Sebastião,<br>Bertiooga Santos<br>e Cananea               | do Amaral<br>et al. 2020                                  |
| Resíduos   | 1;10 | Promover educação ambiental<br>para veranistas<br>Elaborar protocolos de<br>ciência-cidadã com fins de EA<br>e monitoramento | -Translocação de<br>resíduos mangue-praia  | Santos e São<br>Vicente  | Duarte et al.<br>2023                                     |
| Governança | 2    | Criar novas unidades de<br>conservação<br>Fomentar ações de base<br>comunitária  | -Efeitos praticos da<br>legislação federal<br>-Efeitos da articulação<br>coletiva no estado de<br>bem-estar social de<br>comunidades | Santos and São<br>Vicente<br>Cubatão                                       | Moschetto<br>et al. 2021<br>Gillam and<br>Charles<br>2019 |

### Grupo "Biodiversidade e Processos Ecológicos"

Dentro do grupo "Biodiversidade e Processos Ecológicos", os 9 artigos foram categorizados em 4 subgrupos: Carbono Azul, Cadeia Alimentar, Fauna Política

Três artigos foram classificados na categoria "carbono azul", explorando o serviço ecossistêmico mais reconhecido dos manguezais pela academia, que é a sequestro e armazenamento de carbono (Bimrah et al. 2022). Esses artigos abordaram o tema de diferentes perspectivas e foram conduzidos em diferentes regiões do litoral de São Paulo. Dois artigos concentraram-se na região sul do estado, especificamente no Sistema Estuarino-Lagunar de Cananéia-Iguape (CIELS), reconhecido por ser um extenso sítio de zonas úmidas de importância ecológica internacional, inclusive como Sítio RAMSAR. O outro artigo foi conduzido na região de Santos e São Vicente, conhecida por ser uma das áreas mais impactadas no Brasil devido à expansão urbana, industrial e portuária.

As abordagens para o carbono nos manguezais incluíram avaliação in situ do estoque de carbono, caracterização da matéria orgânica terrígena e modelagem do estoque e sequestro para as próximas décadas. Apesar de ser amplamente reconhecido em círculos acadêmicos, o tema poderia ganhar mais relevância na gestão pública dos manguezais.

Alguns destaques podem ser feitos destes artigos, como compreender a importância de ecossistemas terrestres próximos aos manguezais na oferta de matéria orgânica para os sistemas estuarinos. Outro destaque se dá pelo reconhecimento da relevância de áreas protegidas na manutenção do armazenamento de carbono. Neste sentido, os artigos desta categoria estão diretamente relacionados aos desafios 2 e 5 da década da ciência oceânica (2.



Proteger e restaurar ecossistemas e biodiversidade; 5. Desenvolver soluções oceânicas para as mudanças climáticas), com implicações para a gestão pública ou futuras pesquisas.

Com relação às aplicações práticas que podem ser viabilizadas pelos artigos esta categoria, destacam-se que a demanda por quantificação dos estoques de carbono nos manguezais das unidades de conservação do estado de São Paulo, por meio de pesquisas de campo, bem como a modelagem de alteração de seus estoques, ambas as ações são de relevância inegável. Essas ações se justificam pela notável capacidade dos manguezais na região sudeste de armazenar carbono. Possuir esses dados não apenas valoriza esse ecossistema, mas também fornece subsídios para potenciais projetos de sustentabilidade econômica em benefício das comunidades locais. Fortalece, ainda, argumentos a favor da criação de novas unidades de conservação com base em evidências concretas de sua importância ecológica no sequestro e armazenamento de carbono.

Os dois artigos da categoria “Cadeia alimentar” analisados contribuem significativamente para os desafios 1 e 2 da década da ciência oceânica, abordando a compreensão da poluição marinha e a proteção e restauração de ecossistemas e biodiversidade. No primeiro artigo, focado na Baía do Araçá, investigou-se a variabilidade temporal e espacial na composição isotópica das fontes básicas da cadeia alimentar, destacando mudanças relacionadas à sazonalidade, hidrodinâmica e interações entre regiões marítimas e terrestres. Já o segundo artigo desenvolveu um modelo de cadeia alimentar para a Baía do Araçá, revelando um ecossistema maduro e detritívoro, sendo fortemente influenciado pelos grupos bentônicos. Ambos destacam a importância de compreender a dinâmica trófica e a estrutura do ecossistema para a gestão e preservação. Como aplicação prática para a Fundação Florestal, sugere-se considerar os efeitos da diminuição de manguezais na cadeia trófica ao avaliar potenciais empreendimentos, visando a sustentabilidade e a conservação da biodiversidade na região.

Três artigos na categoria "Fauna" buscaram entender a distribuição da biota explicada por variáveis ambientais, seja em ambientes alterados ou prístinos. Esses estudos contribuem para a criação de uma linha de base local para entender os padrões de distribuição das assembleias de foraminíferos e de avifauna em relação à caracterização ambiental do território.

Esses artigos, juntamente com outros que exploram a avifauna, podem servir para interpretar dados futuros sobre a ocorrência de aves em manguezais em ações de monitoramento. Dados da biodiversidade de manguezais podem fornecer índices de ocupação, compreensão dos hábitos e distribuição de espécies, e eventualmente um bioindicador de alteração antrópica. Para tais ações de monitoramento e caracterização a Fundação Florestal poderá também fomentar o turismo de observação de aves, que vem ganhando destaque nos

biomas brasileiros, com foco na Mata Atlântica. Ornitólogos e entusiastas formam comunidades envolvidas nesse turismo, tornando-se cada vez mais consolidadas, treinadas e organizadas. A relevância dos manguezais para a avifauna bem como o reconhecimento da avifauna como indicador objetivo das condições do mangue parece ser um nicho oportuno para o órgão de gestão estadual.

Ações colaborativas de monitoramento, por meio do uso de protocolos de ciência cidadã, podem servir como uma ponte entre a sociedade civil, ferramentas de pesquisa e unidades de conservação.

Esses artigos nesta categoria estão relacionados aos desafios 9 e 10 da década da ciência oceânica (9. Competências, conhecimento e tecnologia para todos; 10. Mudar a relação da humanidade com o oceano).

Apenas um artigo foi categorizado na categoria "Política". Trata-se de um texto científico, mas visa diretamente à interface entre ciência e política. Por meio de análise histórica e comparativa entre ferramentas de compensação aplicáveis ao estado de São Paulo e Queensland, na Austrália, o autor demonstra a discrepância metodológica no cálculo de compensações, seja por área ou por valor. O artigo aponta para a necessidade de aprimoramento nas políticas ambientais e de ações de divulgação científica. Ele pode servir como base para revisões legais de compensações ambientais estaduais e está intimamente relacionado aos desafios 4 e 10 da Década: Desenvolver uma economia oceânica sustentável e transformar a relação entre a humanidade e o oceano.

| Subgrupo         | Desafio (década ciência oceânica) | Aplicações recomendadas para a Fundação Florestal   | Assunto   | Localização            | Citação                        |
|------------------|-----------------------------------|---|---|------------------------|--------------------------------|
| Carbono Azul     | 2;5                               | Realizar inventário do estoque de carbono (em nível de ecossistema) em todas as unidades      | -Origem terrestre de matéria orgânica de manguezais | Cananéia– Iguape       | Albergaria-Barbosa et al. 2023 |
|                  |                                   | Modelagem de sequestro de carbono em manguezais para todas as unidades                        | -Estimativa de estoque de carbono                   | Cananéia– Iguape       | Rosa et al. 2022               |
|                  |                                   |   | -Modelagem de sequestro de carbono                  | Santos and São Vicente | Rovai et al. 2021              |
| Cadeia alimentar | 1;2                               | Considerar efeitos da diminuição de manguezais na cadeia trófica em eventuais empreendimentos | - Quantificação da cadeia trófica em estuária       | São Sebastião          | Angelini et al. 2018           |
|                  |                                   |   | -Fontes de carbono orgânico primário                | São Sebastião          | Soares et al. 2018             |
| Fauna            | 9;10                              | Monitorar avifauna em áreas de manguezais (+ protocolos de ciência cidadã)                    | -Avifauna em manguezais                             | São Sebastião          | Mancini et al. 2018            |
|                  |                                   |   | -Assembleias de foraminíferos                       | Bertioga               | Passos et al. 2017             |
|                  |                                   |   | -Assembleias e zonas de foraminíferos               | Bertioga               | Eichler 2019                   |
| Política         | 4;10                              | Revisar políticas de compensação ou condicionantes.   | - Valoração de serviços ecossistêmicos              | State of São Paulo     | Fassina et al. 2022            |

## Referencias

Albergaria-Barbosa ACR, Schefuß E, Taniguchi S, Santos PS, Cunha-Lignon M, Tassoni-Filho M, Figueira RCL, Mahiques MM, Bicego MC (2023) Characterization of the organic matter produced by Atlantic Rainforest plants and its influence in the surface sediments deposited in a protected subtropical Estuarine–Lagoon system. *Reg Stud Mar Sci* 57:102728. doi: 10.1016/j.rsma.2022.102728

Angelini R, Contente RF, Rossi-Wongtschowski CLDB, Soares LSH, Schaeffer-Novelli Y, Lopes RM, Mancini PL, Coll M, Amaral ACZ (2018) Ecosystem modeling as a framework to convert a multi-disciplinary research approach into a useful model for the Araçá Bay (Brazil). *Ocean Coast Manag* 164:92–103. doi: 10.1016/j.ocecoaman.2018.02.007

Banci KR da S, Mori GM, Oliveira MA de, Paganelli FL, Pereira MR, Pinheiro MAA (2017) Can environmental pollution by metals change genetic diversity? *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763) as a study case in Southeastern Brazilian mangroves. *Mar Pollut Bull* 116:440–447. doi: 10.1016/j.marpolbul.2017.01.039

Bimrah K, Dasgupta R, Hashimoto S, Saizen I, Dhyani S (2022) Ecosystem Services of Mangroves: A Systematic Review and Synthesis of Contemporary Scientific Literature. *Sustain* 14:1–16. doi: 10.3390/su141912051

Capparelli MV, Gusso-Choueri PK, Abessa DM de S, McNamara JC (2019) Seasonal environmental parameters influence biochemical responses of the fiddler crab *Minuca rapax* to contamination in situ. *Comp Biochem Physiol Part - C Toxicol Pharmacol* 216:93–100. doi: 10.1016/j.cbpc.2018.11.012

de Almeida Duarte LF, de Souza CA, Pereira CDS, Pinheiro MAA (2017) Metal toxicity assessment by sentinel species of mangroves: In situ case study integrating chemical and biomarkers analyses. *Ecotoxicol Environ Saf* 145:367–376. doi: 10.1016/j.ecoenv.2017.07.051

do Amaral VS, Simone LRL, de Souza Tâmega FT, Barbieri E, Calazans SH, Coutinho R, Spotorno-Oliveira P (2020) New records of the non-indigenous oyster *Saccostrea cucullata* (Bivalvia: Ostreidae) from the southeast and south Brazilian coast. *Reg Stud Mar Sci* 33:100924. doi: 10.1016/j.rsma.2019.100924

Duarte LF de A, Souza CA de, Nobre CR, Pereira CDS, Pinheiro MAA (2016a) Multi-level biological responses in *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763) (Brachyura, Ucididae) as indicators of conservation status in mangrove areas from the western atlantic. *Ecotoxicol Environ Saf* 133:176–187. doi: 10.1016/j.ecoenv.2016.07.018

Duarte LF de A, Souza CA de, Nobre CR, Pereira CDS, Pinheiro MAA (2016b) Multi-level biological responses in *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763) (Brachyura, Ucididae) as indicators of conservation status in mangrove areas from the western atlantic. *Ecotoxicol Environ Saf* 133:176–187. doi: 10.1016/j.ecoenv.2016.07.018

Eichler PPB (2019) Foraminiferal zonation from a subtropical mangrove in Bertioga Channel (São Paulo, SP, Brazil). *Reg Stud Mar Sci* 25:100460. doi: 10.1016/j.rsma.2018.100460

Fassina C, Jarvis D, Tavares S, Coggan A (2022) Valuation of ecosystem services through offsets: Why are coastal ecosystems more valuable in Australia than in Brazil? *Ecosyst Serv* 56:101449. doi: 10.1016/j.ecoser.2022.101449

Gillam C, Charles A (2019) Community wellbeing: The impacts of inequality, racism and environment on a Brazilian coastal slum. *World Dev Perspect* 13:18–24. doi: 10.1016/j.wdp.2019.02.006

Lavezzo B, Kinoshita A, Figueiredo AMG, Pinheiro MMF, Santana W (2020) Detection of rare-earth elements using fiddler crabs *Leptuca leptodactyla* (Crustacea: Ocypodidae) as bioindicators in mangroves on the coast of São Paulo, Brazil. *Sci Total Environ* 738:139787. doi: 10.1016/j.scitotenv.2020.139787

Machado W, Sanders CJ, Santos IR, Sanders LM, Silva-Filho E V., Luiz-Silva W (2016) Mercury dilution by autochthonous organic matter in a fertilized mangrove wetland. *Environ Pollut* 213:30–35. doi: 10.1016/j.envpol.2016.02.002

Mancini PL, Reis-Neto AS, Fischer LG, Silveira LF, Schaeffer-Novelli Y (2018) Differences in diversity and habitat use of avifauna in distinct mangrove areas in São Sebastião, São Paulo, Brazil. *Ocean Coast Manag* 164:79–91. doi: 10.1016/j.ocecoaman.2018.02.002

Martins CC, Moreira LB, Sutilli M, de Souza Abessa DM (2023) Unraveling sources of hydrocarbons in subtropical estuaries with distinct degrees of protection in the Southwestern Atlantic Ocean, Brazil. *Mar Pollut Bull* 195:115499. doi: 10.1016/j.marpolbul.2023.115499

Moschetto FA, Ribeiro RB, De Freitas DM (2021) Urban expansion, regeneration and socioenvironmental vulnerability in a mangrove ecosystem at the southeast coastal of São Paulo, Brazil. *Ocean Coast Manag* 200:105418. doi: 10.1016/j.ocecoaman.2020.105418

Moschetto FA, Ribeiro RB, De Freitas DM (2021) Urban expansion, regeneration and socioenvironmental vulnerability in a mangrove ecosystem at the southeast coastal of São Paulo, Brazil. *Ocean Coast Manag* 200:105418. doi: 10.1016/j.ocecoaman.2020.105418

Passos CC, Kukimodo I, Semensatto D (2017) Foraminiferal assemblages along the intertidal zone of Itapanhaú River, Bertioga (Brazil). *J South Am Earth Sci* 79:297–306. doi: 10.1016/j.jsames.2017.08.017

Rosa LN, Duarte de Paula Costa M, de Freitas DM (2022) Modelling spatial-temporal changes in carbon sequestration by mangroves in an urban coastal landscape. *Estuar Coast Shelf Sci* 276:108031. doi: 10.1016/j.ecss.2022.108031

Rovai AS, Coelho-Jr C, de Almeida R, Cunha-Lignon M, Menghini RP, Twilley RR, Cintrón-Molero G, Schaeffer-Novelli Y (2021) Ecosystem-level carbon stocks and sequestration rates in mangroves in the Cananéia-Iguape lagoon estuarine system, southeastern Brazil. *For Ecol Manage* 479:118553. doi: 10.1016/j.foreco.2020.118553

Soares LSH, Arantes LPL, Pucci MCJ (2018) Food web of a subtropical tidal flat, Atlantic Southwestern: Temporal and spatial variability of the primary organic sources. *Ocean Coast Manag* 164:104–114. doi: 10.1016/j.ocecoaman.2018.01.035

Vedolin MC, Trevizani TH, Angeli JLF, Petti MAV, Figueira RCL (2020) Assessment of metal concentration in *Goniopsis cruentata* (Latreille, 1803) (Decapoda, Grapsidae) from two Brazilian mangroves under different anthropogenic influences. *Reg Stud Mar Sci* 36:101305. doi: 10.1016/j.rsma.2020.101305