UNIVERSIDADE FEDERAL FLUMINENSE
CAMPUS PRAIA VERMELHA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DINÂMICA DOS OCEANOS E DA TERRA

Luiza Reis de Souza

MAPEAMENTO COM SONAR DE VARREDURA LATERAL DE *HALOPHILA DECIPIENS* (OSTENFELD 1902) NA ENSEADA DE JURUJUBA

Niterói
2023

Luiza Reis de Souza

MAPEAMENTO COM SONAR DE VARREDURA LATERAL DE *HALOPHILA DECIPIENS* (OSTENFELD 1902) NA ENSEADA DE JURUJUBA

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Dinâmica dos Oceanos e da Terra da Universidade Federal Fluminense como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Geologia, Geofísica e Ecologia Marinha.

Orientador(a): Prof. Dr. Abilio Soares Gomes
Coorientador(a): Prof. Dr. Arthur Ayres Neto

BANCA EXAMINADORA

_____

PROF. DR. HÉLIO HERINGER VILLENA
Universidade Estadual do Rio de Janeiro

_____

PROF. DR. GILBERTO TAVARES DE MACEDO DIAS
Universidade Federal Fluminense

_____

DRA. SIMONE PENNAFIRME
Universidade Federal do Rio de Janeiro

_____

PROFA. DRA. JOSEFA VARELA GUERRA
Universidade Estadual do Rio de Janeiro

Ficha catalográfica automática - SDC/BIG
Gerada com informações fornecidas pelo autor

S719m Souza, Luiza Reis de
MAPEAMENTO COM SONAR DE VARREDURA LATERAL DE HALOPHILA DECIPIENS (OSTENFELD 1902) NA ENSEADA DE JURUJUBA / Luiza Reis de Souza. - 2023.
92 f.: il.

Orientador: Abilio Soares-Gomes.
Coorientador: Arthur Ayres Neto.
Dissertação (mestrado)-Universidade Federal Fluminense, Instituto de Geociências, Niterói, 2023.

1. Angiospermas. 2. Sonar de varredura lateral. 3. Semente. 4. Produção intelectual. I. Soares-Gomes, Abilio, orientador. II. Neto, Arthur Ayres, coorientador. III. Universidade Federal Fluminense. Instituto de Geociências. IV. Título.

CDD - XXX

Bibliotecário responsável: Debora do Nascimento - CRB7/6368

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, aos meus dois orientadores. O professor Abilio que me acompanha desde a graduação e tem sido mais do que um simples orientador, mas um amigo, nessa caminhada científica, me incentivando e podando os meus excessos. O professor Arthur entrou nessa nova fase, o mestrado, e sempre esteve a postos para me ajudar a entender o mundo da geoacústica, tão diferente para uma bióloga. Eu não poderia pedir por orientadores melhores. Agradeço também ao professor Fabio Pitombo, que me orienta como monitora e espiritualmente desde a graduação também, e que me levou para coletar as amostras de sedimento no Nassau, sendo, portanto, de suma importância para essa dissertação.

Agradeço aos meus pais e família, que me apoiaram e me incentivaram! Nunca vou esquecer Lucas me ajudando a procurar meu *pendrive* perdido, apesar de eu ter falado que não precisava, porque era "importante pro meu trabalho". Obrigada a minha mãe, minha melhor amiga, que tantas vezes me ouviu desanimada achando que o mestrado nunca iria para frente.

Agradeço aos meus Merecedores de Sardinha, que sem eles eu não teria chegado aqui. E agradeço a turma do Bonde do Café, que foram minha companhia diária de almoços nobandejão, cafés nos laboratórios e reclamações sobre dissertações. Obrigada especialmente a Iuri Morais, Filippe Schulz, Matheus Vianna, Gabrielle Pereira, Sofia Valadão e Alain Póvoa, que são amigos e companheiros sempre.

Agradeço à Taina Caram, que foi minha salvação em sidescan, tanto servindo de contato na UERJ para conseguir emprestado como por me ajudar em todas as minhas dúvidas. Agradeço também ao Rafael Oliveira, que me ajudou tanto na granulometria, como na matéria orgânica e também com muitos conselhos sobre a vida acadêmica. Com isso, preciso agradecer também ao professor Renato Campello, por me emprestar as dependências do Laboratório de Biogeoquímica das Mudanças Globais para essas análises.

Agradeço, por fim, ao Tarik Cysne, que chegou no finalzinho para me dar o último gás de escrever essa dissertação. Obrigada por me apoiar e incentivar a crescer sempre!

RESUMO

Angiospermas marinhas ocupam ambientes costeiros, uma vez que são limitadas de acordo com a penetração da luz, mas algumas espécies são melhor adaptadas a águas mais profundas e escuras, sendo o caso da *Halophila decipiens* (Ostenfeld 1902). A turbidez da água, no entanto, prejudica o estudo, seja ele baseado em ótica (satélites e fotos aéreas) ou observação direta (mergulho), necessitando de um método que não seja afetado pela presença de partículas em suspensão ou falta de luz. Os métodos acústicos são uma saída, uma vez que se baseiam na viagem de ondas sonoras pela coluna d'água e a interpretação da imagem do retorno desses sinais. Foi empregado um sonar de varredura lateral (SSS) para o mapeamento da ocorrência da espécie na Enseada de Jurujuba, caracterizada por águas turvas onde o uso de outros métodos é dificultado. A área foi caracterizada também quanto a granulometria e o teor de matéria orgânica do sedimento. Foi registrado o sinal acústico correspondente a ocorrência da espécie, tratando-se de um sinal de alto *backscatter*, devido a presença de grandes câmaras de ar na anatomia da planta – ou seja, de um aerênquima. Além disso, *H. decipiens* é caracterizada por reprodução sexuada frequente e produção de bancos de semente quando as condições não são as ideais para o seu crescimento. Para entender a dinâmica da espécie na Enseada de Jurujuba, sedimento também foi coletado para a determinação do estoque de sementes e das áreas onde a planta poderia rebrotar. Nenhuma semente foi encontrada, o que não significa que estejam ausentes, mas que o método de coleta e separação destas precisa ser revisto. Com isso, concluímos que o SSS é uma boa ferramenta para entender a ocorrência de gramas marinhas, mas necessita-se de novos estudos para compreender seu banco de sementes.

Palavras chave: gramas marinhas; geoacústica submarina; separação de sementes.

ABSTRACT

Marine angiosperms occupy coastal environments, since they are limited by light penetration, but some species are better adapted to deeper and darker waters, as is the case of *Halophila decipiens* (Ostenfeld 1902). The turbidity of the water, however, impairs the study, either it is by direct observation (satellites and aerial photos) or in person (diving), requiring a method that is not affected by the presence of suspended particles or lack of light. Acoustic methods are one way out, since they are based on the travel of sound waves through the water column and the interpretation of the image of the return of these signals. A side scan sonar (SSS) was used to map the occurrence of the species in Enseada de Jurujuba, characterized by turbid waters where the use of other methods is difficult. The area was also characterized in terms of granulometry and organic matter content of the sediment. The acoustic signal corresponding to the occurrence of the species was recorded, a high backscatter signal, due to the presence of large air chambers in the anatomy of the plant – that is, an aerenchyma. Furthermore, *H. decipiens* is characterized by frequent sexual reproduction and the production of seed banks when conditions are not ideal for its growth. In order to understand the dynamics of the species in Enseada de Jurujuba, sediment was also collected to determine the seed stock and the areas where the plant could resprout. No seeds were found, which does not mean that they are absent, but that the collection and separation method needs to be reviewed. With this, we conclude that the SSS is a good tool to understand the occurrence of seagrass, but further studies are needed to understand its seed bank.

Keywords: seagrasses; marine geoacoustic; seed separation.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Halophila decipiens, que possui folhas ovadas e pecioladas crescendo no rizoma. Imagem por Moorea Biocode (2010). 11
Figura 2 - Seção transversal do rizoma de H. decipiens em Abrolhos (10) e Saco da Ribeira (11), onde Ae representa o aerênquima. Imagens por Ferreira (2012). 12
Figura 3 - Flor, fruto e sementes de H. decipiens. Fotos por WildSingapore (2023)..... 14
Figura 4 - Semente de H. decipiens. Foto por Kuo (2020)..... 15
Figura 5 - Esquema de um SSS. Imagem por USGS (2023)..... 19
Figura 6 - Como funciona o backscatter. Imagem por Salt Ambiental (2023). 20
Figura 7 - Exemplos de imagem de SSS para a grama marinha *Enhalus coroides* (canto inferior esquerdo) e outras espécies de menor porte (canto superior direito). Retirado de Misbari & Hashim (2016). 22
Figura 8 - Localização da área de estudo, a Enseada de Jurujuba, com sistema de projeção SIRGAS 2000 UTM zone 23S e estações de coleta plotadas..... 26
Figura 9 - Mapa gerado com as informações sonográficas do fundo para o ano de 2020. Mapa em SIRGAS 2000 UTM 23S..... 29
Figura 10 - Mapa com as informações sonográficas do fundo para o ano de 2021. Mapa em SIRGAS 2000 UTM 23S..... 30
Figura 11 - Mapa com as informações sonográficas do fundo para o ano de 2022. Mapa em SIRGAS 2000 UTM 23S..... 31
Figura 12 - A) Sonografia da estação 3; B) Sonografia da estação 5; C) Sonografia da estação 7; D) Sonografia da estação 2, seta mostrando as “bolinhas” identificadas; E) Sonografia da estação 4, seta mostrando as “bolinhas” identificadas; F) Sonografia da estação 1, com seta indicando as pockmarks; G) Sonografia da estação 6, com seta indicando o sinal acústica de *H. decipiens* em 2022; H) Sonografia de *H. decipiens* em 2020, com seta indicando; I) "Bolinhas" não identificadas e pocketmarks ocorrendo juntas em 2020. 33
Figura 13 - Temperaturas da água do mar em diferentes anos para a costa do estado do Rio de Janeiro. As barras representam os desvios padrão..... 39
Figura 14 - Dados de absorção de faixas de luz em 443nm por causa de gelbstoff e material particulado para a costa do Rio de Janeiro (NASA, 2023). As barras representam o desvio padrão.... 40

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Coordenadas geográficas das estações de amostragem em 2022 em metros. 27
Tabela 2 - Granulometria encontrada para as estações amostradas na Enseada de Jurujuba. 32
Tabela 3 – Porcentagem de matéria orgânica encontrado para as estações amostradas na Enseada de Jurujuba. 34
Tabela 4 - Artigos que utilizaram SSS para o mapeamento de gramas marinhas, com espécie estudada e método de ground-truthing utilizado. 37

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

SSS ..... SideScan Sonar

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO 11

1.1. AS GRAMAS MARINHAS 11
1.2. EMPREGO DA ACÚSTICA SUBMARINA EM ESTUDOS DE GRAMAS MARINHAS 18
2. JUSTIFICATIVA 23
3. OBJETIVOS 24
3.1. GERAIS 24
3.2. ESPECÍFICOS 24
4. MATERIAIS E MÉTODOS 25
4.1. ÁREA DE ESTUDO 25
4.2. LEVANTAMENTO DAS INFORMAÇÕES SOBRE GRAMAS MARINHAS NO BRASIL 26
4.3. MAPEAMENTO DO BANCO 26
4.4. CARACTERIZAÇÃO DO BANCO DE SEMENTES 28
5. RESULTADOS 29
5.1. SIDE-SCAN E COLETA 29
5.2. OCORRÊNCIA DE BANCO DE SEMENTES 34
6. DISCUSSÃO 35
6.1. SIDESCAN SONAR E MAPEAMENTO DO FUNDO 35
6.2. AS RESPOSTAS DAS GRAMAS MARINHAS 36
6.3. BANCO DE SEMENTES E A AUSÊNCIA DAS GRAMAS MARINHAS 38
7. CONSIDERAÇÕES FINAIS 42
8. REFERÊNCIAS 43
ANEXO 1 53
ANEXO 2 86

1. INTRODUÇÃO

1.1. AS GRAMAS MARINHAS

Gramas marinhas são angiospermas aquáticas capazes de viver submersas desde águas salobras a salinas, tratando-se de um grupo ecológico, e não taxonômico, uma vez que reúne representantes de cinco famílias (Zosteraceae, Cymodoceaceae, Posidoniaceae, Ruppiaceae e Hydrocharitaceae) em três clados que desenvolveram adaptações para a vida em água salgada independentemente (Les et al., 1997; Hartog & Kuo, 2006). Para ser classificada como grama marinha, a espécie precisa apresentar quatro características fundamentais: (1) ser capaz de completar todo seu ciclo de vida totalmente submersa em meio salino, (2) inclusive toda a sua reprodução, com hidrofilia e hidrocoria, (3) estar presa ao substrato, e (4) ser capaz de competir e prevalecer com outras espécies marinhas (Hartog, 1970). A família Ruppiaceae possui apenas uma espécie, *Ruppia maritima*, considerada como grama marinha, pois apesar de também ser capaz de viver em água doce, a espécie atende aos requisitos apresentados por Hartog (1970) (Oliveira-Filho, 1983).

Figura 1 - Halophila decipiens, que possui folhas ovadas e pecioladas crescendo no rizoma. Imagem por Moorea Biocode (2010).

Elas são plantas herbáceas caracterizadas por folhas lineares no topo da haste (*Thalassia* e todos os gêneros de Cymodoceaceae) ou vindas dos nódulos do rizoma (*Enhalus* e todos os gêneros

de Posidoniaceae e Zosteraceae), com exceção das folhas do gênero *Halophila*, que são folhas ovadas e pecioladas surgindo ou do nódulo do rizoma, ou da haste (Kuo & Hartog, 2006). As raízes servem como órgãos de ancoragem, de absorção de nutrientes e promovem a formação de uma rizosfera, com presença de bactérias fixadoras de nitrogênio, com o gênero *Halophila* possuindo raízes não ramificadas e com muitos pelos radiculares (O'Donohue et al., 1991; Kuo & Hartog, 2006). Apesar de toda a planta ser capaz de absorver nutrientes, supõe-se que eles são captados principalmente pela raiz devido a uma maior concentração destes na água capilar do sedimento, além da supracitada presença de rizosfera (Hemminga & Duarte, 2001). O aerênquima, tecido parenquimático com grandes lacunas para a circulação de gases, está presente desde as raízes até as folhas e permite a distribuição de O_2 por toda a planta a partir de um gradiente de pressão desse gás (Brodersen et al., 2018).

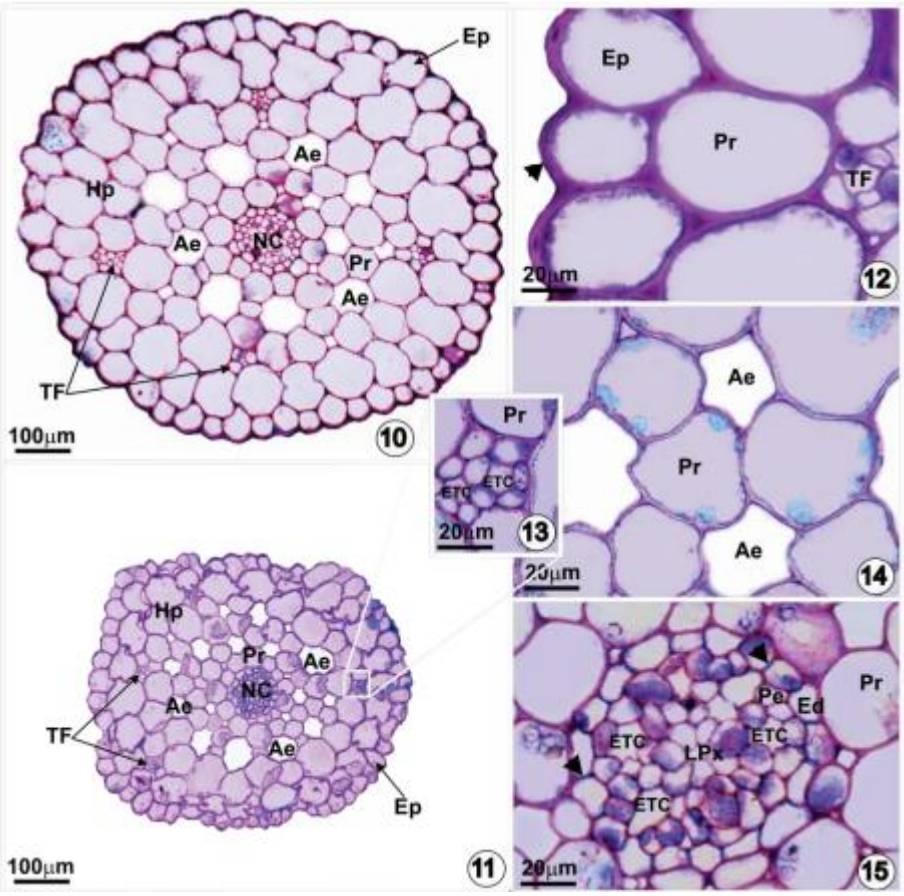


Figura 2 - Seção transversal do rizoma de H. decipiens em Abrolhos (10) e Saco da Ribeira (11), onde Ae representa o aerênquima. Imagens por Ferreira (2012).

A maior parte das gramas marinhas é dióica, com adaptações nas flores para a verdadeira hidrofilia, onde as correntes são responsáveis pela dispersão do pólen e a polinização é feita

totalmente submersa (Ackerman, 2000). Nas espécies monóicas (algumas espécies de *Halophila* e os gêneros *Zostera* e *Posidonia*), para dificultar a autopolinização, as plantas são usualmente protogínicas, isso é, a parte feminina da flor amadurece primeiro (Ackerman, 2006). As flores são no geral reduzidas, verdes e faltam pétalas e nectário, uma vez que não precisam dessas estruturas para atrair animais polinizadores, podendo ser encontradas solitárias ou em inflorescências (Ackerman, 2000; Ackerman, 2006). O pólen pode ser esférico (*Thalassia* e *Enhalus*), elipsoidal (*Halophila*) ou filiforme (famílias Zosteraceae, Cymodoceaceae e Posidoniaceae), morfologia que facilita o momento da chegada do pólen ao estigma da flor, e geralmente se mostra com redução ou ausência da exina (Pettitt, 1984; Ackerman, 2000). Para o caso dos pólens esféricos, estes podem ser liberados em cordões, enquanto que o pólen elipsoidal de *Halophila* é liberado de quatro em quatro numa estrutura filamentosa denominada "pollinium" de 80um de comprimento; esse pólen possui tanto exina como intina (Ackerman, 2006; Kuo & Hartog, 2006). O conhecimento a respeito da fenologia das gramas marinhas, isso é, dos seus ciclos de floração e frutificação, é limitado, indo de bom no Pacífico Norte e Atlântico Norte, a nenhum no Chile e Atlântico Sul (Walker et al., 2001). Isso ocorre porque flores e frutos são pequenos e geralmente passam despercebidos nas coletas (Walker et al., 2001). Ainda assim, foi observado que gramas marinhas alocam recursos para a floração quando estão sob estresse (Sherman et al., 2018).

No caso de *Halophila decipiens* (Ostenfeld 1902), ela é descrita como uma planta anual, apesar de persistir o ano todo em ambientes tropicais, com o pico na produção de flores e sementes durante a estação úmida (McMillan & Soong, 1989). A espécie é monóica e protândrica, com o desenvolvimento do estame precedendo em dois dias o desenvolvimento do pistilo, processo possivelmente desencadeado pelo regime de luz (McMillan, 1989). As flores são unissexuais, apesar de a planta ser monóica, e crescem ambos os sexos do mesmo nó do rizoma, com as flores surgindo progressivamente das partes mais antigas até as mais novas do rizoma (Kuo & Hartog, 2006). As flores masculinas possuem três tépalas imbricadas que envolvem três anteras, e essas tépalas, amarelas, se abrem para ocorrer à liberação do pólen (Kuo & Hartog, 2006). As flores femininas possuem ovário com três lóculos e um hipanto com de dois a seis estiletes filiformes; com a fecundação, os estiles se soltam, mas o hipanto permanece (Kuo & Hartog, 2006). É comum na espécie a formação de bancos largos de sementes, que ajudam na perpetuação das populações, permitindo que esta rebrote quando as condições estiverem favoráveis (Kenworthy, 2000; Hammerstrom et al., 2006). A formação desses bancos de sementes é favorecida pela posição de crescimento dos frutos de *H. decipiens*, próxima ao sedimento, com a parte mais antiga do rizoma

(primeira a formar frutos) estando mesmo já recoberta por sedimento, como visto por McMillan (1988).

Figura 3 - Flor, fruto e sementes de H. decipiens. Fotos por WildSingapore (2023).

Os frutos observados em gramas marinhas são verdadeiros, isso é, são produzidos através do desenvolvimento do ovário, e as sementes variam de 0,3mm a mais de 2cm de diâmetro, com tendência a afundar, endosperma pequeno e hipocótilo grande, o que auxilia na manutenção da direção do crescimento (Kuo & Hartog, 2006). O tipo de fruto observado no gênero *Halophila* é uma cápsula, um tipo de fruto seco e deiscente, possuindo entre 1,5-3mm de largura e 2-3,5mm de comprimento, com sementes variando de 0,3-2mm de diâmetro (McMillan, 1988; Kuo & Hartog, 2006). McMillan & Soong (1989) observaram uma média de 36,6 sementes por fruto para *H. decipiens* no Panamá, com uma sobrevivência (capacidade de germinar após longos períodos) de pelo menos 11 meses, enquanto Kuo & Kirkman (1995) observaram uma média de 20 a 30 sementes por fruto na Austrália.

Kuo e Kirkman (1996, apud Orth et al., 2006) classificam as sementes de gramas marinhas em três grupos: (1) aquelas com envoltório carnoso ou membranoso e sem período de dormência considerável; (2) sementes com envoltório duro e período de dormência maior; e (3) aquelas sem envoltório e sem dormência, que se desenvolvem como plântulas no parental. O segundo caso é os das espécies do gênero *Halophila* (Orth et al., 2006). A dormência é dada pelo tempo que a semente é capaz de permanecer viável no sedimento, relacionando-se também com qual o fator que desperta a brotação, dentre eles salinidade, temperatura, luz e quantidade de oxigênio no sedimento (Orth et al., 2006). O tamanho dos bancos de semente de *H. decipiens* variam de acordo com uma série de fatores, como temperatura e regime de chuvas, sendo menor quando não está ocorrendo processo de

floração e frutificação; isso se dá porque as sementes estão constantemente gerando brotos, mas não necessariamente esses brotos vingam em adultos (Hammerstrom et al., 2006).

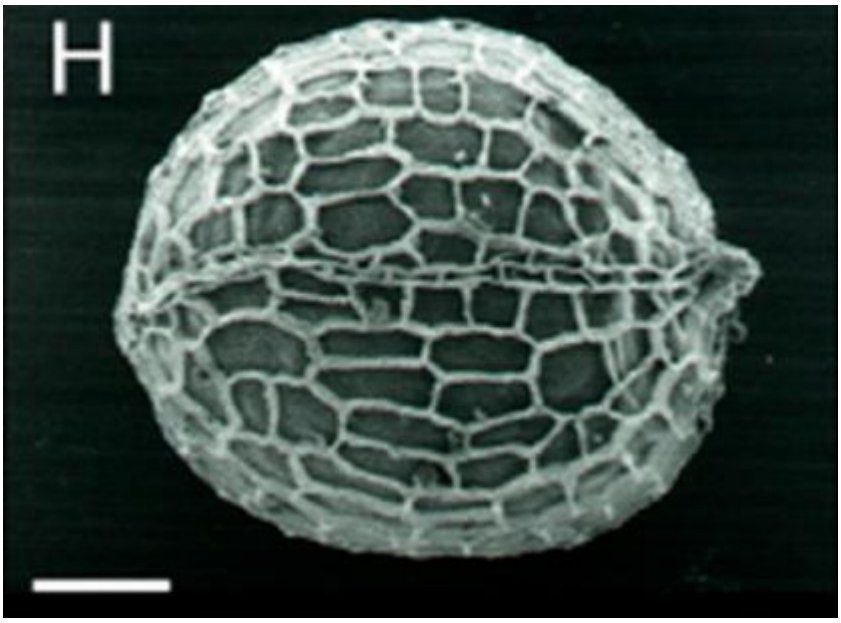


Figura 4 - Semente de H. decipiens. Foto por Kuo (2020).

A reprodução assexuada também é muito comum entre as gramas marinhas, sendo a principal forma de crescimento dos bancos (Tomlinson, 1974; Ackerman, 2006). Elas são plantas capazes de crescimento modular (ou crescimento clonal), gerando rametas ligados entre si pelos rizomas (Hemminga & Duarte, 2001). O crescimento clonal se mostrou importante para espécies menores e com crescimento mais rápido, que possuem menos eventos de reprodução sexuada e menor dispersão de sementes (*Halodule uninervis* [(forssk.) Aschers.] e *Cymodocea serrulata* [(R.Br.) Aschers.]) na colonização de uma mancha de areia nua no trabalho de Olesen e colaboradores (2004), enquanto espécies maiores e de crescimento mais lento, com mais eventos de reprodução sexuada (no trabalho, *Thalassia hemprichii* [(Ehrenb.) Aschers.] e *Enhalus acoroides* [(L.f.) Royle]) se mostraram melhor colonizadoras a partir do estoque de sementes, ocupando o centro da mancha. A taxa de alongamento do rizoma está negativamente relacionada com o tamanho da espécie (Kendrick et al., 2005).

A luz é o principal limitante para a ocorrência de gramas marinhas em profundidades, suportando uma irradiância de até 10,8% do disponível na superfície, com as espécies que ocorrem em profundidades maiores sendo aquelas que possuem menor demanda respiratória (Duarte, 1991). A maior parte dos bancos ocorre em profundidade de até 20m, necessitando de irradiâncias maiores que 11% (Hemminga & Duarte, 2001).Como muitas vezes crescem em sedimentos anóxidos e muito

sulfatados, para manter os processos metabólicos, as gramas marinhas precisam de quantidades de luz maiores que o fitoplâncton e outras angiospermas (Orth et al., 2006; Ralph et al., 2007) – a quantidade mínima de luz tolerada varia entre 4,4% para a *Heterozostera tasmanica* [(Martens ex Ascherson) Hartog 1970] e 24,7% para *Amphibolis antarctica* [(Labillardière) Sonder & Ascherson ex Ascherson 1868] (Duarte, 1991; Dennison et al., 1993). Com o aumento da profundidade e diminuição da luz, as espécies respondem com mudanças como a diminuição na densidade das manchas e na biomassa de folhas, respostas que aumentam a captação de luz ao diminuir o sombreamento, e também com aumento na quantidade de clorofila e diminuição na razão entre clorofila a e b (Longstaff et al., 1999; Olesen et al., 2002). Atividades humanas que diminuem a penetração de luz na coluna d'água, como entrada de sedimentos alóctones e eutrofização, afetam negativamente as gramas marinhas (Ralph et al., 2007).

Bancos de angiospermas marinhas são importantes sumidouros de carbono, sendo responsável por cerca de 12,7% do carbono que é armazenado no sedimento pelo ambiente marinho (Duarte et al., 2005). Isso se dá especialmente porque as gramas marinhas fornecem matéria orgânica para o substrato e competem com as bactérias responsáveis pela degradação desta pelos nutrientes na coluna d'água e sedimento (Marbà et al., 2006). Elas são responsáveis por diversos serviços ecossistêmicos, como mitigação das mudanças globais, purificação da água, controle de doenças, participação na ciclagem de nutrientes, proteção da linha de costa, participação na manutenção dos estoques alimentares, entre outros, levando, juntos aos bancos de algas, a uma economia de 3801×10^9 dólares por ano no mundo (Costanza et al., 1997; los Santos et al., 2020).

As gramas marinhas são fundamentais no sequestro de carbono da atmosfera, estocando-o especialmente no sedimento, e, em menor escala, em suas partes vivas (McLeod et al., 2011). Os bancos também são importantes como berçário e habitat para uma grande parte do pescado explorado pelo homem. Segundo Unsworth e colaboradores (2019), cerca de 79% das dez espécies mais exploradas comercialmente, de 13 localidades do globo, estão associadas a bancos de grama marinha em algum momento da vida.

Hipotetiza-se que a presença de gramas marinhas aumente a abundância de organismos da fauna ao aumentar: (1) a deposição e estabilização do sedimento, (2) o número de nichos e microhabitats, (3) a proteção contra predadores e (4) a disponibilidade de alimento, com a abundância e a biomassa da epifauna aumentando com a densidade da grama marinha (Lee et al., 2001).

Halophila é o gênero com maior número de espécies descritas, totalizando 15 espécies (Hartog & Kuo, 2006). No Brasil, os dois gêneros encontrados *são H. decipiens*, alvo do presente estudo, e *Halophila baillonii* (Archers 1780). A primeira possui ocorrência espaçada desde o Piauí até Santa Catarina, enquanto que o último possui poucos bancos ocorrendo desde o Piauí até Pernambuco (Souza, 2019). No total, 36 trabalhos, incluindo literatura cinza, foram publicados tratando somente ou também sobre *H. decipiens* no Brasil, em que cerca de 37% tratam de estudos sobre a própria grama marinha ou de organismos associados a ela (Souza, 2019). Usando citações como proxy, o artigo mais conspícuo é Short e colaboradores (2006), com 88 citações, que trata do monitoramento de diferentes bancos pelas Américas através do programa SeagrassNet e o impacto sofrido por esses bancos pela ação antrópica. *H. decipiens* ocorria em banco mistos com *H. wrightii* em Tamandaré, Pernambuco (Short et al, 2006).

Segundo Couto et al. (2003), cerca de 540 táxons de animais estão associados com gramas marinhas no Brasil, e vários com importância econômica. A maioria dos registros foi feita em bancos do gênero *Halodule*, indicando a necessidade de estudos com outros gêneros no país (Creed, 2000a; Souza, 2019). Um dos primeiros trabalhos relativos à flora e fauna junto a grama marinha foi o realizado por Laborel-Deguen (1963), que analisou bancos de *Halodule* sp. e *H. decipiens* na costa da Paraíba e de Pernambuco. Nos bancos de *H. decipiens*, encontrados em profundidades que variam de 50cm a 30m, há registro de diversas espécies de foraminíferos, bivalves e gastrópodes (Laborel-Deguen, 1963). Os bancos se apresentavam na forma de manchas arredondadas de diversos tamanhos quando em profundidades rasas, e como pradarias extensas de rizomas compridos, formando redes, quando vistos nas profundidades maiores (Laborel-Deguen, 1963).

Gorman e colaboradores (2016) não fala em fauna, mas faz suposições a respeito do tamanho dos bancos e a profundidade de *H. decipiens* no canal de São Sebastião. A espécie é encontrada sozinha na localidade, em profundidades que variam de 3 a 6,7m, maior densidade de folhas em áreas arenosas-lamosas e biomassa que variou entre 9,2 a 92,8g/DW (Gorman et al., 2016). Avaliações experimentais quanto a temperatura em relação a fluorescência de clorofila e a sobrevivência também foram feitos, indicando tolerância a temperaturas mais baixas e eficiência fotossintética mesmo nos meses mais frios (Gorman et al., 2016). Os autores concluíram que a colonização por *H. decipiens* na área é recente e que os bancos possuem chance de se expandirem pela área (Gorman et al. 2016). Já Tedesco e colaboradores (2018), ao avaliarem a comunidade de Área de Proteção Marinha de Recife

de Fora, observaram que a maior parte da cobertura do recife (19,5%) era composta por *H. decipiens*, e nenhuma outra espécie de grama marinha foi encontrada.

O único estudo com *H. decipiens* feito na Baía de Guanabara, na praia da Urca, é de Casares & Creed (2008), que avaliaram se a presença da espécie aumentava a densidade, riqueza e diversidade da macrofauna, com resultados positivos. Foram encontrados 869 indivíduos nas amostras do banco, com participação de filos como Cnidaria, Platyhelminthes, Annelida, Arthropoda e Bryozoa, com Crustacea sendo o mais abundante. A densidade, riqueza e diversidade de organismos foram maiores no ambiente vegetado.

1.2. EMPREGO DA ACÚSTICA SUBMARINA EM ESTUDOS DE GRAMAS MARINHAS

Os oceanos sempre se mostraram como um ambiente inacessível ao homem, e métodos seguros de explorá-lo foram desenvolvidos com o passar dos anos, incluindo os métodos indiretos, como satélites, e os diretos, como o uso de amostradores e mergulho. A maioria desses métodos, no entanto, possuem limitações quanto a profundidade. O uso de ondas mecânicas como as ondas acústicas, no entanto, se mostra um sucesso, pois elas se propagam bem por distâncias consideráveis e são de grande auxílio no entendimento da coluna d'água e do leito submarino (Buchanan et al., 2004).

O sonar de varredura lateral (sidescan sonar ou SSS) é um aparelho de imageamento acústico, isso é, é capaz de lançar pulsos de som para ambos os lados do transdutor, que são então refletidos pelo ambiente e recebidos de volta pelo transdutor como um eco, formando assim um sonograma, uma imagem do som (Flemming, 1976; Blondel, 2009). As ondas acústicas são ondas de pressão que atravessam a água e/ou o alvo (como o fundo marinho ou organismos nectônicos na coluna d'água), sendo caracterizada pela sua intensidade (dB), frequência (Hz) e pelo seu pulso – side scans costumam ter pulsos únicos e curtos (Blondel, 2009). É preciso considerar também a atenuação do sinal, ou seja, a redução de sua intensidade, que ocorre devido à distância e presença de heterogeneidades, como sedimento em suspensão ou bolhas - a realidade é que, do sinal emitido, uma boa parte se perde, seja pela reflexão especular, seja pelo espalhamento do sinal devido a morfologia do fundo e do que mais estiver na coluna d'água, sendo que desse último, apenas o espalhamento que retorna ao transdutor (*backscatter*) é considerado no sonograma (Blondel, 2009). A imagem formada é influenciada pela relação entre o posicionamento do sensor e do alvo (ângulo de incidência do sinal), pelas

características do fundo, como dureza e textura, e pela natureza do fundo, isso é, pela composição deste (Blondel, 2009).

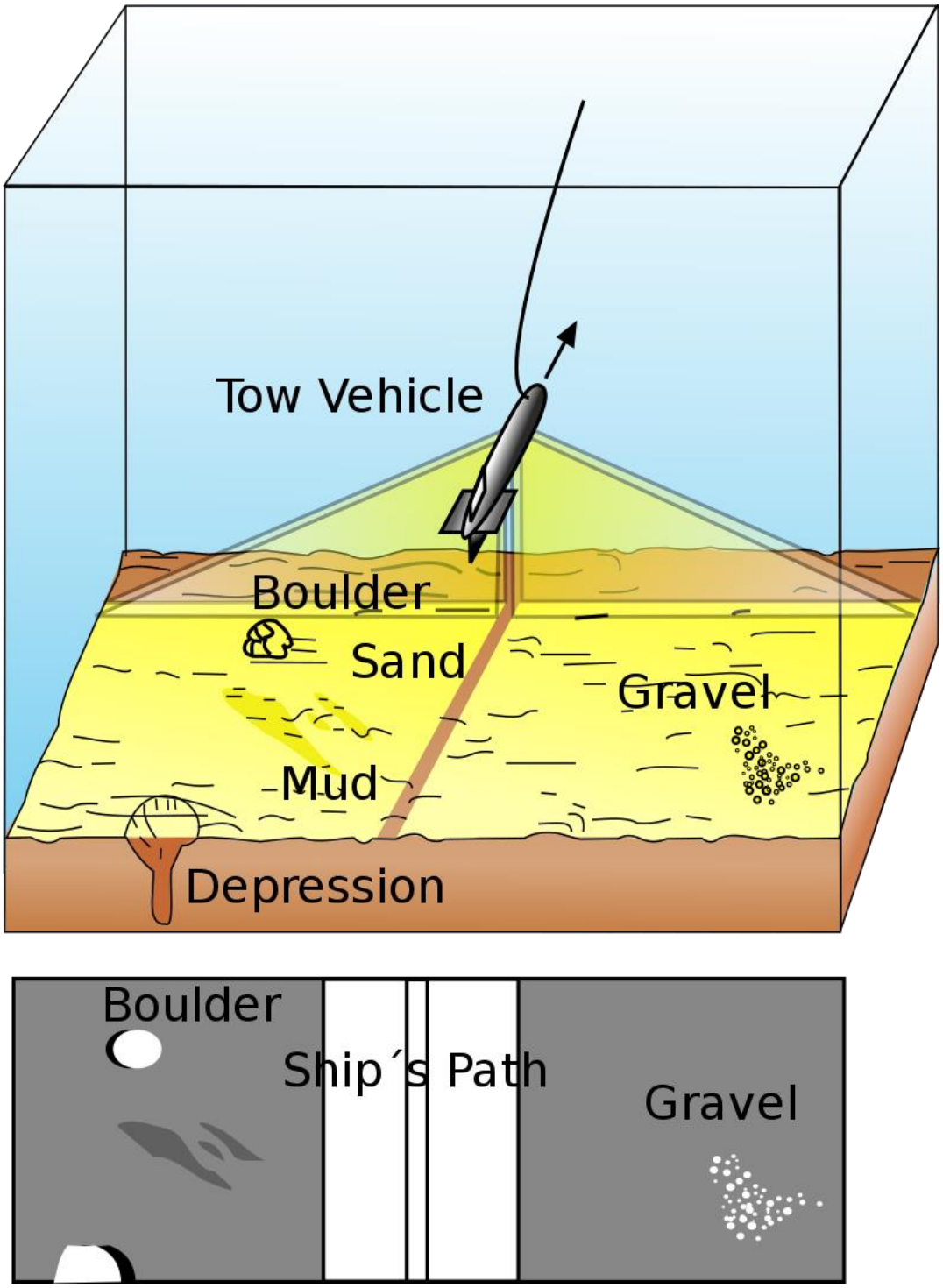


Figura 5 - Esquema de um SSS. Imagem por USGS (2023).

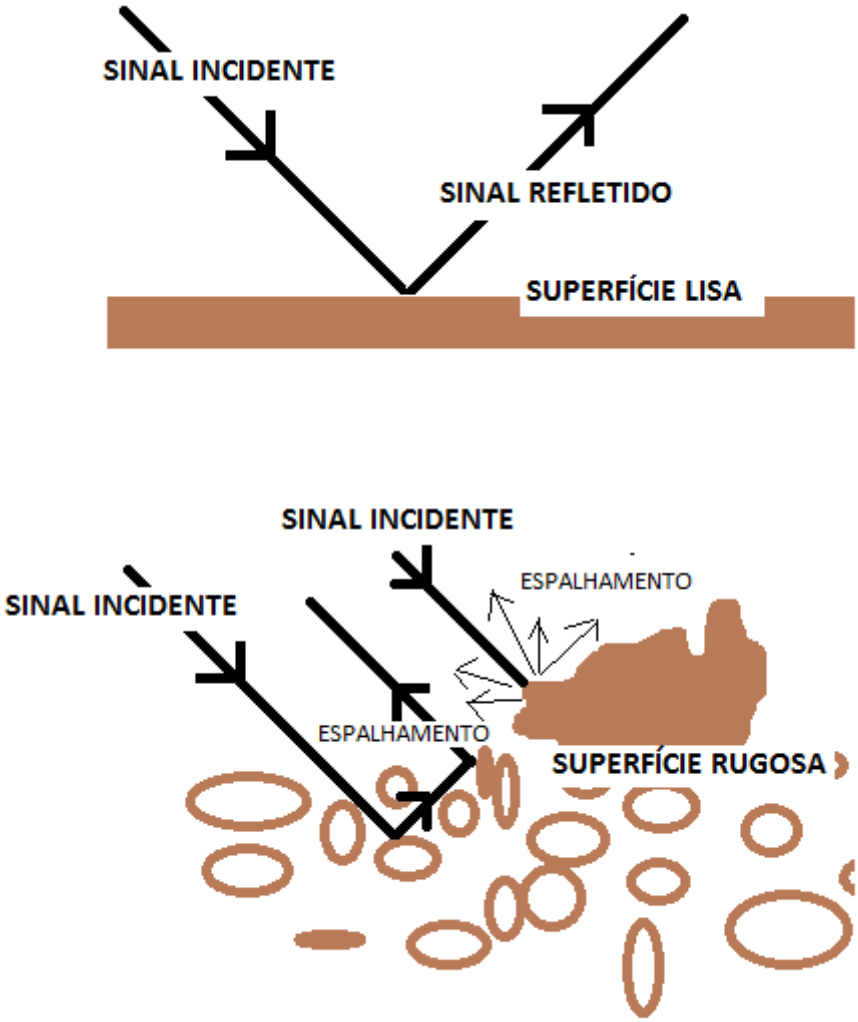


Figura 6 - Como funciona o backscatter. Imagem por Salt Ambiental (2023).

Ele é uma ferramenta útil para situações de profundidade e pouca luz, sendo capaz de discernir objetos no fundo, além de ser mais fácil e barato de usar do que outros sonares (Tian, 2011; Lamarche et al., 2016). Para a análise com o sonar de varredura, o uso de alta frequência, proximidade com o substrato, abrangência curta do sinal e velocidade constante levam a uma imagem mais nítida, apesar de limitar a área sob estudo, obrigando uma maior repetição do processo para abranger uma maior área (Degraer et al., 2008; Tian, 2011). A capacidade de fornecer imagens sendo operado próximo ao fundo permite a utilização em áreas rasas, de menos de 2m de profundidade (Greene et al., 2018).

O uso de sensoriamento remoto acústico submarino é interessante devido sua capacidade de avaliar grandes áreas rapidamente, podendo ser repetido quantas vezes for necessário (Hossain et al., 2014), além da capacidade de representar adequadamente áreas de configuração espacial complexa,

como no sublitoral, onde técnicas como amostragens necessitariam de um design de amostras muito próximas para indicar corretamente o fundo (Brown et al., 2011). As técnicas de métodos de imageamento acústico para o estudo da ocorrência de vegetação aquática submarina apresentam vantagens sobre métodos de satélite, já que é difícil separar o sinal da vegetação da interferência da atmosfera, da coluna d'água, do fundo e do que estiver em suspensão, como sedimento e plâncton; e fotográficos, já que permitem a formação de imagens em águas túrbidas e escuras, onde fotografias aéreas não são possíveis (Klemas, 2016). Existem vantagens no uso de métodos acústicos em relação aos métodos de amostragem de pontos, uma vez que bancos de grama marinha podem ocupar grandes áreas, mas, apesar disso, serem fragmentados, dificultando a representação do real a partir de interpolação de pontos (Greene et al., 2018). Segundo Hossain et al. (2014), limitações do método acústico seriam a necessidade de grande biomassa da grama marinha para interpretação da imagem, uso limitado em águas rasas (< 0,5m), presença de ruídos, mesmo os naturais, como vento e ondas, e a impossibilidade de medidas sinóticas para grandes áreas.

As gramas marinhas são identificadas na imagem devido a seu contraste de impedância acústica em relação à água ao redor, sendo as espécies com mais gases em seus tecidos, ou seja, com maior aerênquima, aquelas que possuem maior retorno de sinal acústico (Klemas, 2016). Lyons & Abraham (1999) percebe que, entre fundos de areia, lama, cobertos por *Posidonia oceanica* (L.) Delile 1813 ou bivalves, os dois últimos eram o que possuíam maior *backscatter*. Seu mapeamento é importante devido ao seu papel ecológico (los Santos et al., 2020), sendo o primeiro passo para conservação e manejo o entendimento sobre onde esses bancos ocorreram no passado, se possível, no presente e seu monitoramento futuro (Pasqualini et al., 2000). Muitos trabalhos mostram sucesso no uso do SSS para mapeamento de bancos de grama marinha (e.g., Pasqualini et al., 1998; Falco et al, 2010; Sanches-Carnero et al., 2012), e a combinação do SSS com filmagem submarina como ground-truthing foi bem sucedida no trabalho de Lefebvre et al. (2009).

As principais espécies mapeadas por SSS são *Posidonia oceanica* (e. g., Siljeström et al., 1996; Pasqualini et al., 1998; Piazzi et al., 2000; Falco et al., 2010; Sanchez-Carnero et al., 2012), *Cymodocea nodosa* (Ucria) Asch. 1870 (e.g.; Siljeström et al., 1996; Sanchez-Carnero et al., 2012), *Thalassia testudinum* K.D.Koenig 1805 (Greene et al, 2018) e *Zostera marina* L. 1753 (e.g., Moreno et al., 1998; Lefebvre at al., 2009). Nenhum trabalho foi encontrado mapeando *H. decipiens* com SSS, e apenas um trabalho (Mulhearn, 2001) mapeou uma espécie do gênero, *Halophila australis* Doty & B.C.Stone 1966, apesar de não ter conseguido diferenciá-la de *Posidonia australis* Hooker f. 1858 e

Zostera capricorni Aschers. 1876. Todos os trabalhos supracitados tiveram sucesso em mapear bancos de gramas marinhas com o uso de SSS, em maior ou menor grau. *Halophila ovalis* (R. Brown) Hooker f. 1858 foi descrita quanto ao seu aerênquima por Roberts & McComb (1984) como possuindo largas lacunas tanto nas folhas como no rizoma e nas raízes, logo supõe-se que a impedância acústica é suficiente para a identificação de espécies do gênero no sedimento.

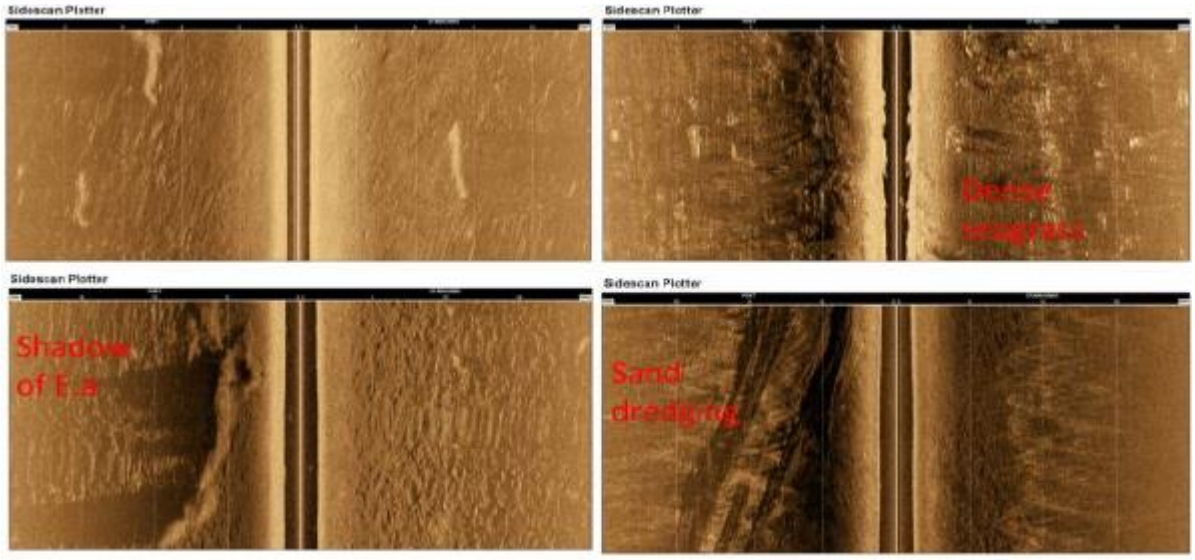


Figura 7 - Exemplos de imagem de SSS para a grama marinha *Enhalus coroides* (canto inferior esquerdo) e outras espécies de menor porte (canto superior direito). Retirado de Misbari & Hashim (2016).

Harris e Baker (2020) dão quatro principais razões para o mapeamento de ambientes bentônicos: (1) para auxiliar em planos de manejo e (2) criação de áreas marinhas protegidas (MPA), (3) para fomentar a pesquisa em geologia e biologia marinha e (4) para entender os estoques de recursos marinhos, inclusive de peixes. Com isso, entende-se que o estudo de fundos habitados por gramas marinhas é importante, uma vez que necessitam de proteção, inclusive ser incluídas na formação e nos planos de manejo de MPAs (Waycott et al., 2009), por serem ambientes ainda pouco estudados no mundo e no Brasil (Nóbrega, 2017; Souza, 2019) e por fornecerem importantes serviços ecossistêmicos, como para a manutenção dos estoques pesqueiros (Duarte, 2000; Barbier, 2001).

2. JUSTIFICATIVA

Dentre as gramas marinhas registradas para o Brasil, *H. decipiens* ocorre na Baía de Guanabara (Hartog, 1975; Casares & Creed, 2008). Acreditava-se que *H. decipiens* era uma espécie tropical, sendo o Rio de Janeiro seu limite de distribuição sul no Brasil (Oliveira-Filho, 1983). Entretanto, em 2012 foi registrada na costa de São Paulo, sendo considerado um possível caso de expansão de distribuição geográfica (Gorman et al., 2016), a semelhança do que tem sido relatado para outros locais do globo (e.g. Virstein & Hall, 2009; Gerakaris et al., 2020).

A ocorrência e distribuição de bancos de gramas marinhas na Baía de Guanabara ainda é pouco conhecida. Os estudos de Oliveira e Oliveira & Krau (1947; 1950; 1953; 1975) são considerados referências históricas para a biota da baía. Entretanto, nestes trabalhos não há registro de ocorrência de gramas marinhas na baía, sendo sua primeira ocorrência relatada por Den Hartog (1972), com base em material depositado no Museu Nacional da UFRJ e no Jardim Botânico do Rio de Janeiro, coletado em 1931 na Enseada de Jurujuba. Posteriormente, Casares & Creed (2008) estudaram um banco localizado na Praia da Urca que não havia ainda sido relatado na literatura da baía.

Em relação ao banco de grama marinha na enseada de Jurujuba, apenas trabalhos relatando sua ocorrência foram encontrados na literatura, sem nenhum estudo sobre como o banco se organiza. E considerando toda a Baía de Guanabara, o trabalho de Casares e Creed, (2008) sobre fanerógamas marinhas, na praia da Urca, também não foca na organização do banco. O presente estudo, portanto, será pioneiro, buscando entender a biologia reprodutiva da espécie e a distribuição desta no ambiente, levando a um maior entendimento da enseada e da própria Baía de Guanabara.

3. OBJETIVOS

3.1. GERAIS

O presente trabalho busca caracterizar o banco de gramas marinhas da enseada de Jurujuba, município de Niterói (RJ), próximo à saída da Baía de Guanabara, descrevendo sua organização estrutural, com o emprego de acústica submarina e da caracterização do banco de sementes.

3.2. ESPECÍFICOS

- Descrever a ocorrência de *H. decipiens* na Baía de Guanabara.
- Mapear a ocorrência do banco na Enseada de Jurujuba.
- Entender a distribuição do banco de sementes.
- Correlacionar a ocorrência da espécie com a presença ou ausência de sementes no sedimento.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

4.1. ÁREA DE ESTUDO

A coleta foi realizada na enseada de Jurujuba, localizada no município de Niterói, RJ, à leste da entrada da Baía de Guanabara. A enseada possui cerca de 9km² e uma profundidade que varia de 5 a 7 metros na entrada e de 3 a 4 metros em seu centro, com a área estudada sendo afetada pela dinâmica de correntes e ondas (Baptista Neto & Silva, 1996; Baptista Neto et al., 1997). O sedimento dessa região varia de areia a silte fino, a porcentagem de carbono orgânico e a alta concentração de metais pesados na camada superior do sedimento (na região próxima ao banco de grama marinha, especialmente chumbo, zinco e níquel) indicam altos níveis de despejo de esgoto (Baptista Neto et al., 2000). Ainda assim, a observação feita por Oliveira & Soares-Gomes (2003) dos efeitos derramamento de esgoto sobre a meiofauna na praia de Charitas não mostrou diferenças estatísticas entre as amostragens mais próximas da fonte de poluição e mais distantes destas, indicando que o despejo ainda não trazia danos suficientes para causar estresse na comunidade. A área de estudo é caracterizada também pela presença de gases no sedimento, resultado da presença de matéria orgânica e altas taxas de sedimentação (Baptista Neto et al., 1996), que aumentaram desde a ocupação humana da área (Baptista Neto et al., 1999).

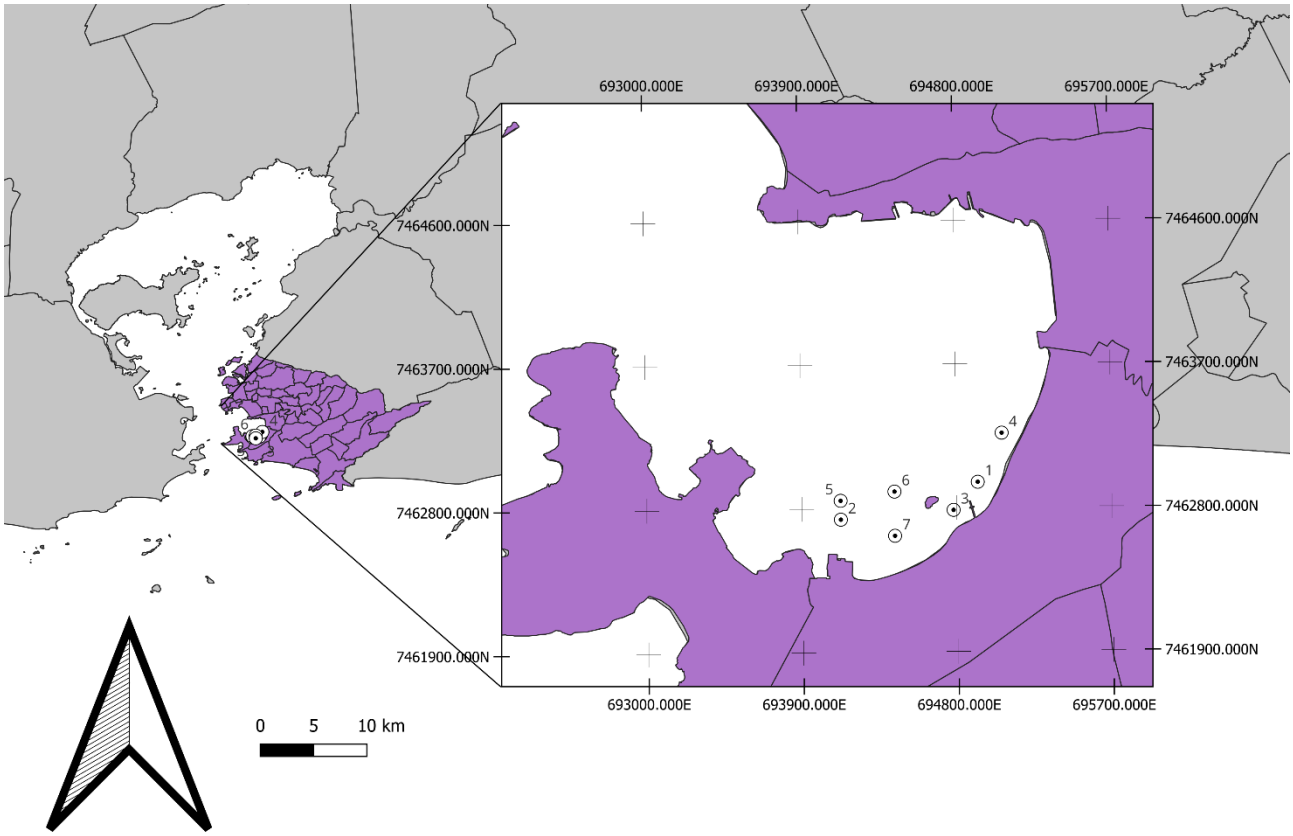


Figura 8 - Localização da área de estudo, a Enseada de Jurujuba, com sistema de projeção SIRGAS 2000 UTM zone 23S e estações de coleta plotadas.

4.2. LEVANTAMENTO DAS INFORMAÇÕES SOBRE GRAMAS MARINHAS NO BRASIL

Foi feito um levantamento bibliográfico, por meio de um cientometria, da ocorrência de bancos de grama marinha no Brasil. Na cientometria, foram analisados o conteúdo dessas publicações como forma de entender os caminhos da pesquisa no Brasil. Esse material pode ser encontrado na forma de artigo no Anexo 1.

4.3. MAPEAMENTO DO BANCO

Segundo Short e colaboradores (2006), a melhor maneira de se começar a trabalhar com um novo banco de grama marinha é tentar primeiramente mapeá-lo. Para isso, foi utilizado primeiramente, em Out/2020, um sonar side-scan EdgeTech 272 TD com frequência de 500kHz, abertura de 50 metros e 4,5db de intensidade. O side-scan foi próximo ao fundo, em um barco de alumínio. A área escolhida compreende desde o Clube Naval (22°56'06”S 43°06'30”W) até o Píer dos Catamarãs de Charitas (22°55'55"S 43°05'56"W), com dois transectos se estendendo até a Praça do Rádio Amador (22°55'19"S 43°05'43"W). A área foi escolhida por meio de registros na literatura (Oliveira-Filho, 1983; Lourenço & Bove, 2017) da ocorrência de *H. decipiens* no local e por

observação própria de pedaços flutuantes da fanerógama, e foi estendida para garantir que todo o banco fosse abrangido e que a areia nua ao redor fosse mapeada. As imagens sonográficas obtidas foram organizadas (*bottom-tracking*) e tratadas (aplicação de filtros de ganho) no software Sonarwiz v.7 (Chesapeake Technology, 2020) para a obtenção do mapa sonográfico, e então interpretadas no ArcGis v.10.1 (Esri, 2021).

Por dificuldades técnicas, o sonar foi substituído nas viagens seguintes pelo modelo StarFish 452F da Tritech com frequência de 450 kHz, sendo realizado um mapeamento em Set/2021 com o equipamento sendo rebocado em sistema deep-tow, e um mapeamento em Jun/2022 com ele fixo ao barco; ainda assim, por se tratar de um ambiente raso. As datas dos mapeamentos foram escolhidas segundo a disponibilidade do equipamento e dos integrantes da pesquisa. A varredura de 50m para cada lado e a intensidade utilizadas foram mantidas em todos os levantamentos. Os procedimentos posteriores de tratamento e interpretação das imagens seguiram os mesmos da primeira viagem, com o uso dos softwares SonarWiz v.7 e QGis 3.30.2.

Em Jul/2022, foi realizado coleta com busca-fundo em sete pontos (Tabela 1) na área levantada, servindo como *ground-truthing* do último mapeamento com SSS. As estações amostrais foram escolhidas segundo a interpretação das imagens de SSS obtidas no mês anterior. Nessa coleta, foram obtidas em cada estação uma triplicata de 100ml de sedimento para caracterização do banco de sementes, e uma amostra de 100ml de sedimento para análises de granulometria e matéria orgânica.

Tabela 1 - Coordenadas geográficas das estações de amostragem em 2022 em metros.

Estação de coleta	**Latitude**	**Longitude**
1	7462960,343	694923,6011
2	7462733,184	694125,8141
3	7462786,189	694781,139
4	7463266,117	695066,0633
5	7462851,258	694125,8141
6	7462905,075	694439,2301
7	7462628,221	694439,2301

Para a análise de granulometria, primeiramente foram medidos 2g de sedimento, onde foram acrescentados 10ml de peróxido de hidrogênio para a eliminação da matéria orgânica. Esse

procedimento foi realizado três vezes, até que a solução não mais borbulhasse. Em seguida, as amostras foram centrifugadas por 15 minutos a 3000 repetições por minuto e o sobrenatante foi descartado. Após, as amostras foram atacadas com hexametafosfato de sódio para dispersão da solução, e as amostras foram deixadas em agitador por um dia. Por fim, as amostras foram analisadas por difração de raio laser em uma CILAS modelo 1064. A exceção foi o P7, que por contar com sedimento mais grosso, foi analisado em um granulômetro. As análises de granulometria estão disponíveis nos Anexo 2.

Para caracterização do teor de matéria orgânica no sedimento, 5g de sedimento úmido foram pesadas e secas em estufa a 50ºC até que o peso do sedimento se tornasse constante (fosse aproximadamente o mesmo por três pesagens seguidas). Após, o sedimento foi queimado em forno mufla a 400°C por seis horas, e então pesado novamente.

4.4. CARACTERIZAÇÃO DO BANCO DE SEMENTES

Uma triplicata de 100ml de sedimento foi coletada para a caracterização do banco de sementes para cada estação. O protocolo utilizado para a separação das sementes foi o desenvolvido por Hammerstron & Kenworthy (2003). Primeiramente, as amostras foram lavadas em peneiras de 0,5mm e 0,25mm, e o material retido foi armazenado. Foram separados 2,5ml de sedimento em tubos Falcon e acrescido 7,5ml de Ludox 40HS, para manter as proporções utilizadas pelos autores, e então esse material foi centrifugado por 10 minutos a 3000 repetições por minuto. Após, o sobrenadante foi separado, assim como a superfície do sedimento e as paredes do tubo foram lavados com água em pipeta, e essa lavagem foi acrescida ao sobrenatante. Em seguida, o sobrenatante foi analisado em estereomicroscópio para separação e contagem das sementes.

Ao sedimento sem ser peneirado também foi acrescentado Ludox 40HS, nas mesmas proporções (2,5ml de sedimento para 7,5ml de Ludox), para observar se nesse método as sementes também podem ser obtidas.

5. RESULTADOS

5.1. SIDE-SCAN E COLETA

Ao fim de três campanhas com o SSS e uma campanha de coleta, parte da área da Enseada de Jurujuba foi caracterizada quando a sua granulometria, fração de matéria orgânica no sedimento e quanto à presença ou ausência de *H. decipiens*, inclusive definindo qual sua imagem acústica. Três mapas, um para cada ano, foram organizados com as diferentes interpretações do fundo (Figura 1, 2 e 3). As estações de coleta foram plotadas em todos os mapas, apesar da campanha de coleta ter acontecido ao fim da última campanha de SSS, para que os resultados desta sejam comparados em todos os anos.

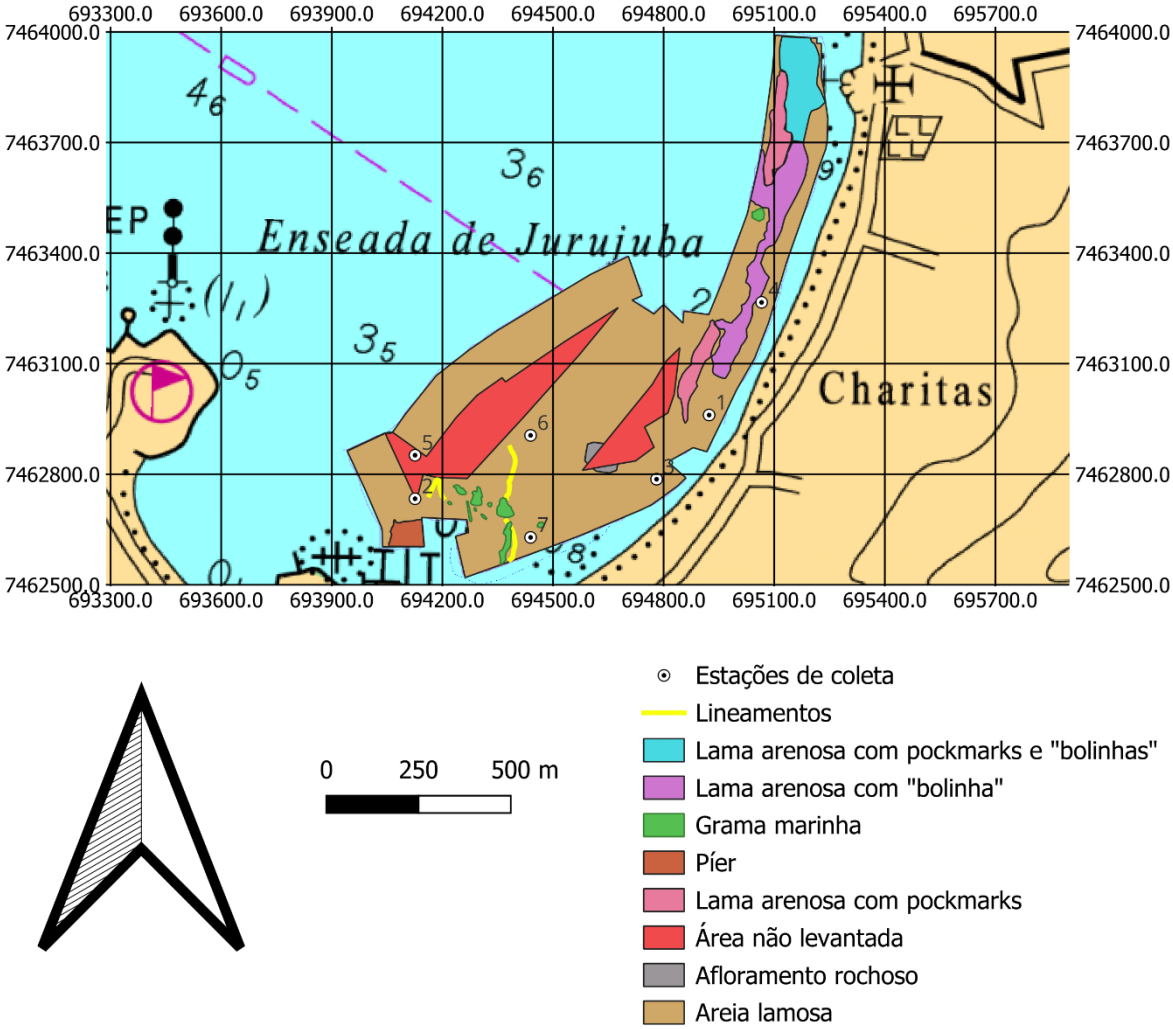


Figura 9 - Mapa gerado com as informações sonográficas do fundo para o ano de 2020. Mapa em SIRGAS 2000 UTM 23S.

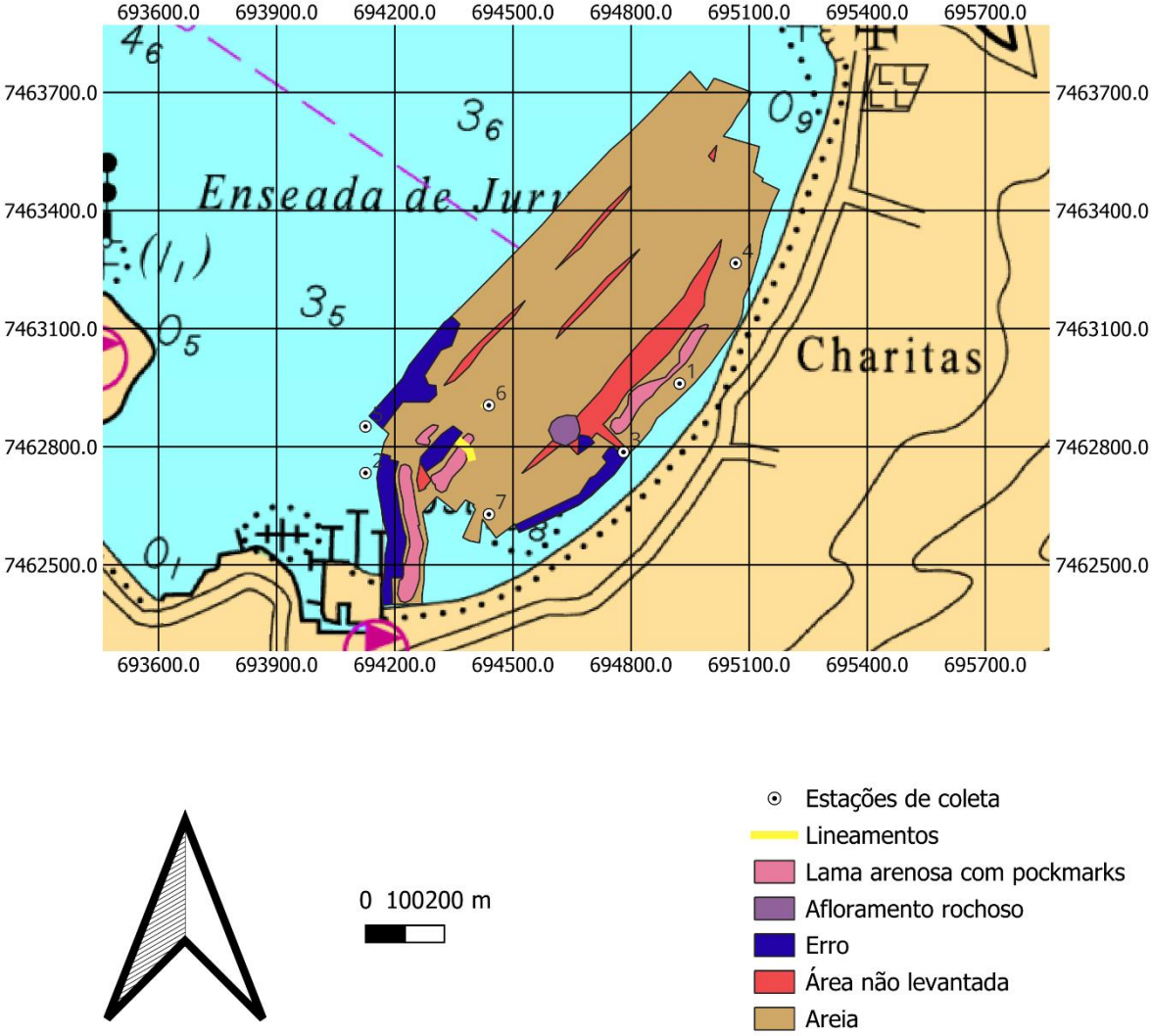


Figura 10 - Mapa com as informações sonográficas do fundo para o ano de 2021. Mapa em SIRGAS 2000 UTM 23S.

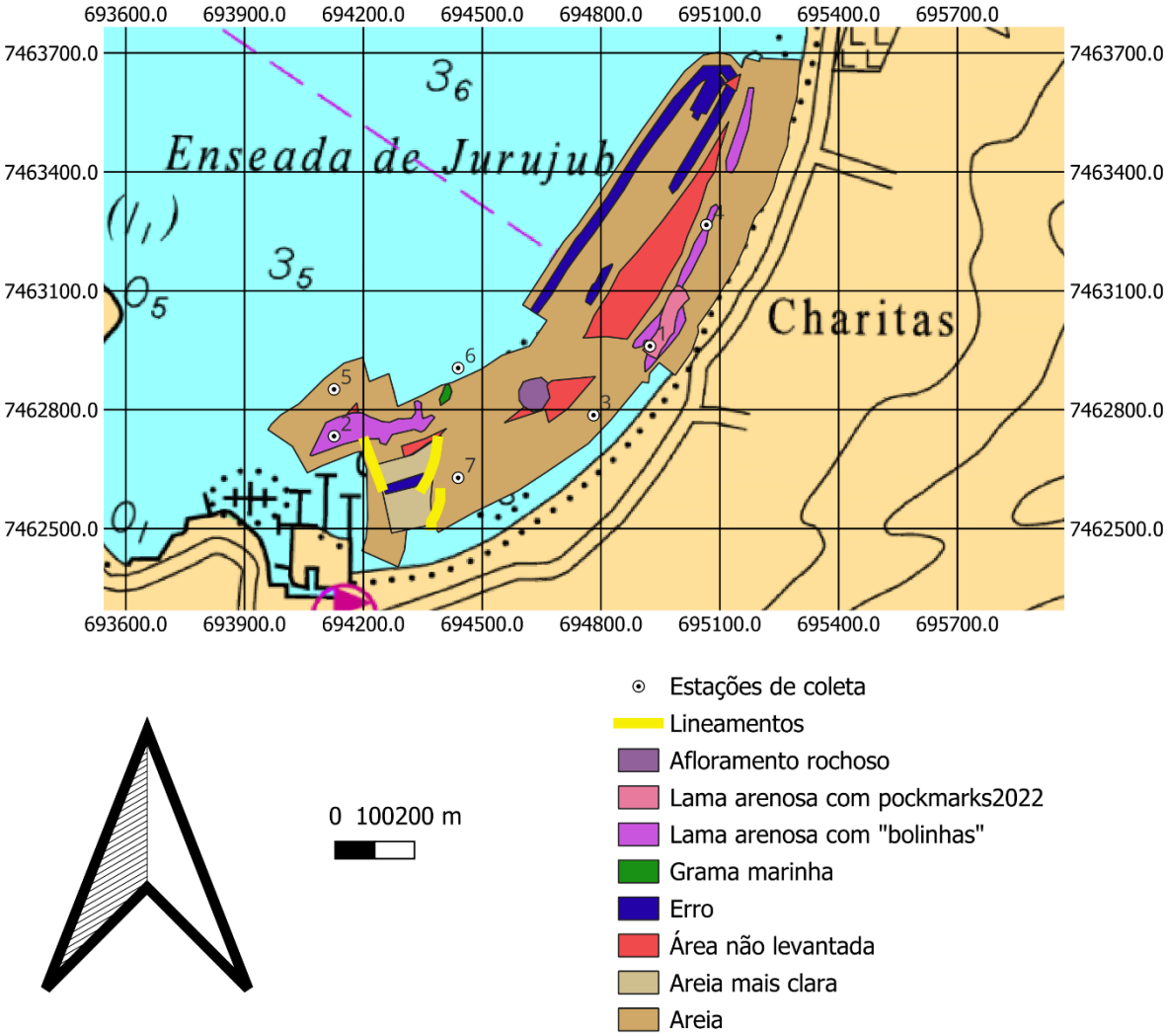


Figura 11 - Mapa com as informações sonográficas do fundo para o ano de 2022. Mapa em SIRGAS 2000 UTM 23S.

Para cada ano, foram observados padrões semelhantes: a maior parte das imagens sonográficas apresentaram um fundo cinza médio que foi classificado como areia lamosa (estações 3 e 5) (Figura 4a e 4b) (Tabela 2), mal e muito mal selecionado, respectivamente. As estações com fundo cinza claro foram de maior granulometria, sendo classificados como areia cascalhosa moderadamente selecionada (estação 7) (Figura 4c). As estações 2 e 4, classificadas como lama arenosa muito mal selecionada e mal selecionada, respectivamente, apresentaram fundo de cinza médio com estruturas mais escuras (Figuras 4d e 4e) que não foram identificadas, apelidadas de “bolinhas”. Na estação 1, o sedimento também foi classificado como lama arenosa muito mal selecionada, e apresentou estruturas (Figura 4f) identificadas como pockmarks, isso é, pontos de exsudação de gás. O ponto 6 foi coletado em uma estação não coberta pelo SSS, mas próxima a uma região de muita reflexão,

caráter também observado no levantamento de 2020; essas regiões foram interpretadas, portanto, como a ocorrência de *H. decipiens*, pois foi encontrada a espécie na coleta desse ponto em 2022 e foi observada visualmente a presença da espécie em 2020 (Figuras 4g e 4h). O sedimento da estação 6 foi classificado como lama arenosa muito mal selecionada. Além disso, o afloramento rochoso representado pela Ilha do Careca também aparece nas imagens. Tanto o fenômeno das "bolinhas" como as pockmarks aparecem juntas no levantamento de 2020, como visto na Figura 4i.

Tabela 2 - Granulometria encontrada para as estações amostradas na Enseada de Jurujuba.

Estação amostrada	**Grupo textural**	**Grau de seleção**
1	Lama arenosa	Muito mal selecionado
2	Lama arenosa	Muito mal selecionado
3	Lama	Mal selecionado
4	Lama	Mal selecionado
5	Areia lamosa	Muito mal selecionado
6	Areia lamosa	Muito mal selecionado
7	Areia cascalhosa	Moderadamente selecionado

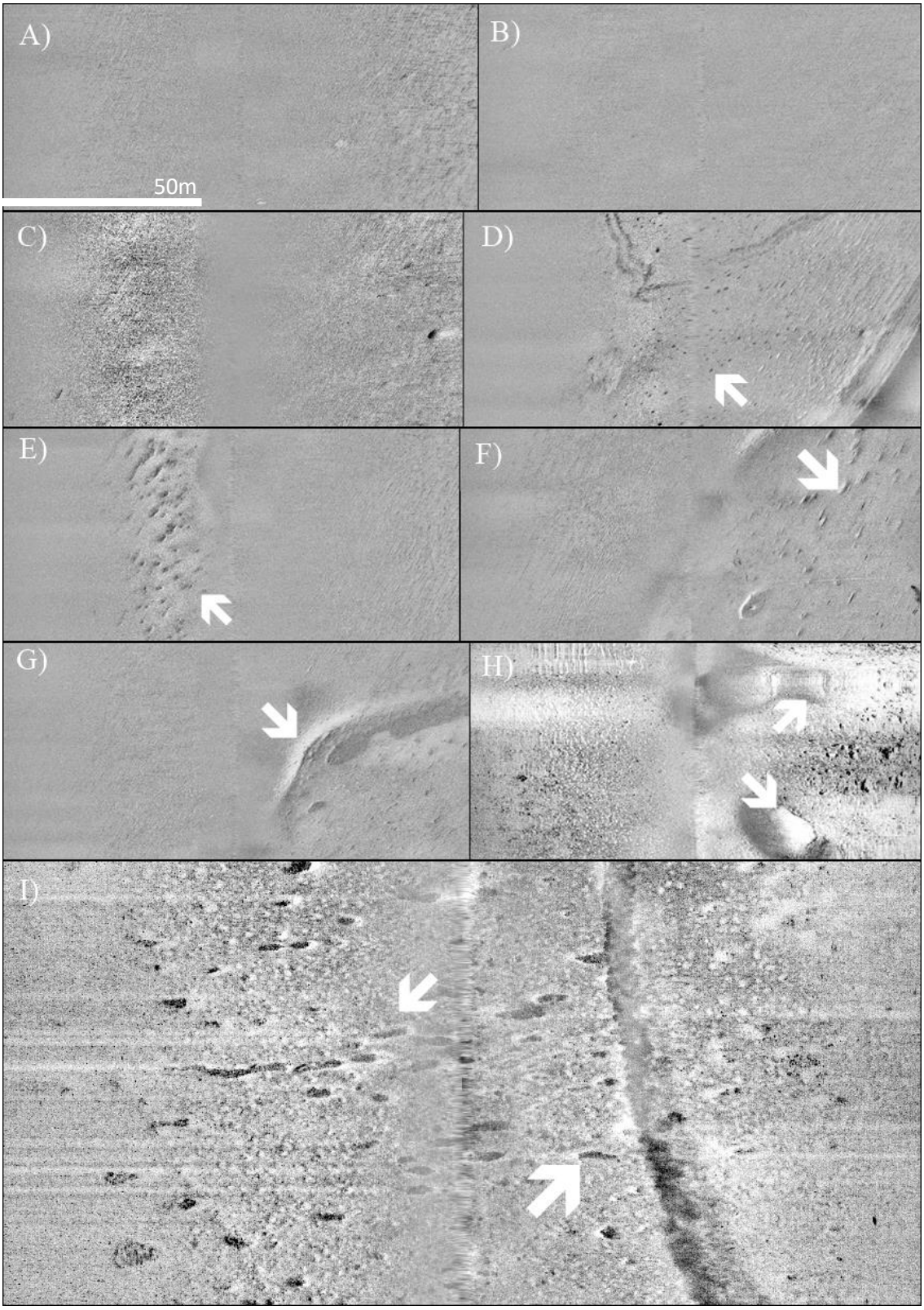


Figura 12 - A) Sonografia da estação 3; B) Sonografia da estação 5; C) Sonografia da estação 7; D) Sonografia da estação 2, seta mostrando as “bolinhas” identificadas; E) Sonografia da estação 4, seta mostrando as “bolinhas” identificadas; F) Sonografia da estação 1, com seta indicando as pockmarks; G) Sonografia da estação 6, com seta indicando o sinal acústica de *H. decipiens* em 2022; H) Sonografia de *H. decipiens* em 2020, com seta indicando; I) "Bolinhas" não identificadas e pocketmarks ocorrendo juntas em 2020.

Quanto a matéria orgânica (Tabela 3), as estações 3 e 4 apresentaram os maiores teores de matéria orgânica, coincidindo com a granulometria mais fina, enquanto as estações 5 e 6 apresentaram os menores teores, e também a granulometria mais grossa. A estação 7 também possui um teor baixo de matéria orgânica, ainda que um pouco maior que os previamente citados, apesar de possuir a maior granulometria entre todos eles. As estações 1 e 2 apresentaram quantidades de matéria orgânica entre os dois extremos encontrados na Enseada de Jurujuba, e também um sedimento considerado médio entre o mais fino e o mais grosso encontrado.

Tabela 3 – Porcentagem de matéria orgânica encontrado para as estações amostradas na Enseada de Jurujuba.

Estação	Peso total (g)	Sedimento (g)	Matéria orgânica (g)	Teor de matéria orgânica (%)
1	1,61725	1,46503	0,15222	10,4
2	2,15902	2,05004	0,10898	05,3
3	1,27812	1,05207	0,22605	21,5
4	1,12234	0,89662	0,22572	25,2
5	3,23351	3,15936	0,07415	02,3
6	1,94018	1,88863	0,05155	02,7
7	2,59553	2,50227	0,09326	03,7

Algumas regiões de erro foram observadas nos levantamentos de 2021 e 2022, que usaram o SSS StarFish 450 em dois métodos distintos: rebocado (2021) e preso ao barco (2022). As regiões de 2022, no entanto, ocorreram na primeira linha levantada, quando o sistema ainda estava sendo configurado, e só ocorreram novamente uma única curta vez posteriormente. Os erros em 2021 foram mais extensos e constantes, em diferentes linhas, indicando que o melhor método para esse modelo de SSS é o preso ao barco. Já para o modelo EdgeTech 272 TD, usado em 2020 no método rebocado, nenhum erro foi observado, de forma que este modelo é indicado para tal uso.

5.2. OCORRÊNCIA DE BANCO DE SEMENTES

Não foi possível encontrar sementes em nenhum das estações amostradas. Esse resultado pode ser devido à ausência real delas no sedimento ou por inadequação do método. A tentativa de retirar as sementes do sedimento sem peneiramento também apresentou resultados negativos, mas porque a mistura do Ludox HS40 com as partes mais grossas e finas do sedimento forma uma geleia que não se separa na centrífuga, logo não é analisável.

6. DISCUSSÃO

6.1. SIDESCAN SONAR E MAPEAMENTO DO FUNDO

Quaresma e colaboradores (2001) classificam a Enseada de Jurujuba como possuindo sedimento de granulometria de areia média e com teor de lama entre 5% e 15%, mas encontram areia mais fina e lama na parte estudada, o que corrobora o presente estudo. É possível observar uma diminuição da granulometria em direção à área mais abrigada da enseada, local do presente estudo, com argilas moderadamente e bem a moderadamente selecionadas, enquanto que a entrada da enseada é mais arenosa (Baptista Neto et al., 1996).

Quanto à matéria orgânica, a região estudada é definida por Baptista Neto e colaboradores (1996) como possuindo teor de matéria orgânica maior que 5%, sem maiores informações quanto a quão maior que 5%, o que está de acordo com quase todas as áreas, menos as estações 5, 6 e 7, que possuem, respectivamente, 2,3%, 2,7% e 3,7% de matéria orgânica. Áreas com grama marinha possuem maior teor de matéria orgânica no sedimento, contando com aproximadamente 4% de matéria orgânica particulada (Marbà et al., 2006), o que não foi observado no presente trabalho, para a estação 6. Ainda assim, a quantidade de matéria orgânica sedimentar não foi muito diferente da observada por Kilminster e colaboradores (2014), com 0,3% de matéria orgânica no ponto mais próximo ao mar do estuário habitado por *H. ovalis* no estuário de Swan-Caning, no oeste da Austrália. Outros fatores, como a entrada de esgoto na Enseada de Jurujuba e o lapso de tempo entre os trabalhos referenciados, podem explicar maiores valores de matéria orgânica nas outras estações.

Já as *pockmarks* são definidas como depressões em formato de cone encontradas no fundo do mar associadas com distribuição geralmente semi-aleatória (Harrington, 1985). Elas foram descritas pela primeira vez no artigo de King e MacLean (1970) como áreas isoladas de sombra seguidas por áreas de grande reflexão, o mesmo perfil visto no presente trabalho, em áreas lamosas, como também visto aqui. Várias explicações já foram dadas para o fenômeno da formação de *pockmarks*, sendo a mais aceita atualmente a de extravasamento de gás, seja biogênico ou associado a existência de petróleo (termogênico) (Harrington, 1985). Outra possibilidade aceita é o extravasamento de líquido, especialmente de água intersticial de sedimentos porosos (Batchelor et al., 2022). Para o caso da Enseada de Jurujuba, foram encontrados bolsões de gás na subsuperfície, com pequenos extravasamentos que possivelmente marcam a ocorrência das pockmarks observadas no presente trabalho (Baptista Neto et al., 1996). Além disso, o acúmulo de matéria orgânica pode favorecer essa produção de gás e formação das *pockmarks* (Weschenfelder et al., 2016), e foi observada na Enseada de Jurujuba uma alta taxa de matéria orgânica no sedimento (15% do sedimento é matéria orgânica

na estação 3, onde ocorrem *pockmarks*). *Pockmarks* foram encontradas também em outras áreas da Baía da Guanabara, como próximas à Ilha de Paquetá e em toda região Nordeste da baía (Delavy et al., 2016; Santos, 2017).

A estação 4, apesar de não apresentar *pockmarks*, apresentou as "bolinhas", mas essas provavelmente não estão relacionadas à matéria orgânica, pois tanto essa estação (25% de matéria orgânica no sedimento) quanto a estação 2 (5% de matéria orgânica) as possuem. Já em relação a granulometria, essa também não parece ser a explicação: a estação 4 possui 98,3% de lama (Anexo 1), enquanto a estação 2 possui 60,8% de lama; mesmo que esses valores possam ser considerados próximos, a realidade é que a estação 1, também classificado como lama arenosa, possui ainda mais lama na composição (75,2%) e, ainda assim, não mostra as tais "bolinhas". Logo, a explicação para essa formação provavelmente não é geoquímica. Outra possibilidade são essas "bolinhas" indicarem a presença de organismos bentônicos, mas não foi encontrado um levantamento da fauna e/ou flora bentônica de sedimento não-consolidado da Enseada de Jurujuba para comparação.

6.2. AS RESPOSTAS DAS GRAMAS MARINHAS

Como supracitado, gramas marinhas são observadas em imagens acústicas devido à alta impedância acústica gerada pelo seu aerênquima (Klemas, 2016). Roberts e McComb (1984) analisaram o aerênquima de *H. ovalis* e observaram grandes lacunas, de 200 a 600 µm em diâmetro, no parênquima cortical das células foliares, tal qual também no rizoma e nas raízes, com intercomunicação entre essas lacunas por toda a planta. *H. decipiens*, por outro lado, é descrita com grandes lacunas aerenquimáticas no rizoma, de até 100um, mas possui lacunas muito menos conspícuas nas folhas, que não possuem mesófilo e possuem lacunas de aerênquima de 35um de diâmetro (Ferreira, 2012).

Bozzano e colaboradores (1998) utilizaram um ecobatímetro monofeixe para encontrar *P. oceanica* no Mediterrâneo e encontram mais reflexão nas áreas onde a espécie ocorre. Trata-se de um método diferente do utilizado na presente dissertação, uma vez que o SSS faz uma imagem do fundo, o ecobatímetro monofeixe faz uma imagem do perfil da coluna d'água e do sedimento. Ainda assim, eles observavam *P. oceanica* como uma resposta mais forte em reflexão na linha entre o sedimento e a água (Bozzano et al., 1998).

Diversos trabalhos utilizaram SSS para mapeamento de gramas marinhas, com diferentes métodos de ground-truthing (Tabela 3). Mulhearn (2001) observou que manchas mais densas de

gramas marinhas, especialmente daquelas com maior porte, são mais fáceis de observar no sonograma. O autor também não foi capaz de identificar *Halophila australis* (Doty & B.C.Stone 1966), apesar desta ter ocorrência no local estudado (Mulhearn, 2001). Acredita-se, portanto, que as respostas acústicas observadas para *H. decipiens*, uma espécie pequena, no presente trabalho se tratavam de manchas densas desta, e que talvez outras manchas, menos densas, também possam estar ocorrendo. É preciso levar em consideração também o ciclo de vida da espécie, que possui taxas de turnover rápidas para produtividade e decomposição, e cuja sobrevivência no ambiente parece estar ligada a quantidade de luz na coluna d'água (Josselyn et al., 1986) e, para todas as gramas marinhas, também à temperatura (Pérez & Romero, 1992). Assim, em épocas menos favoráveis, a densidade das manchas provavelmente é menor.

Tabela 4 - Artigos que utilizaram SSS para o mapeamento de gramas marinhas, com espécie estudada e método de ground-truthing utilizado.

Espécie	**Ground-truthing**	**Referência**
Posidonia australis, *Zostera capricorni* e *Halophila australis*	Video e fotografias aéreas	Mulhearn (2001)
Posidonia oceanica	Não houve	Montefalcone et al. (2011)
Posidonia oceanica	Não houve	Bozzano et al. (1998)
Posidonia oceanica	Amostragem de fundo e observação	Colantoni et al. (1982)
Thalassia testudinum	Fotografia aérea e satélite	Greene et al. (2018)
Zostera marina	Vídeo	Van Rein et al. (2011)
Posidonia oceanica e *Cymodocea nodosa*	Não houve	Siljestrom et al. (1996)

O trabalho de Mulhearn (2001) foi o único que envolveu uma espécie pequena como *H. decipiens*, e apesar deste não ser capaz de diferenciar a espécie, é preciso considerar que outras espécies, maiores e talvez mais densas, também estavam presentes. Um único trabalho (Colantoni et al., 1982) usou amostragem de fundo como método de ground-truthing, mas foi um método pouco usado, segundo os autores. Além disso, o uso de um amostrador de gravidade para obter amostras do sedimento foi de pouco sucesso em alguns momentos, uma vez que o *dead matte* deixado por *P.*

oceanica era mais denso que a capacidade de penetração do testemunhador (Colantoni et al., 1982). Ainda assim, nas áreas onde foi possível obter sedimento, os autores notaram que a granulometria se dividia entre mais fina e orgânica dentro das manchas, e mais arenosa nas regiões entre manchas (Colantoni et al., 1982). Por outro lado, no banco de *H. decipiens* na Urca, Casares e Creed (2008) observaram que a granulometria e a quantidade de matéria orgânica não diferiam entre as regiões entre manchas e as manchas em si. Para Charitas, observa-se que uma região (estação 7) possuía *H. decipiens* na primeira vez que o SSS foi usado, e na última, não apresentava, mostrando um sedimento mais arenoso, enquanto a estação 6, que possuía *H. decipiens*, tinha um sedimento classificado como areia lamosa muito mal selecionada. Outras regiões (estação 1 e 2) possuíam sedimento ainda mais fino, levando a mesma interpretação de Casares e Creed (2008): a grama marinha provavelmente não tem influência na granulometria ou, se tem, essa é pequena.

A capacidade de diferenciação de fundos habitados para fundos de sedimento é tanta que foi possível diferenciar, com o uso do SSS, áreas de cobertura nua, as povoadas por *P. oceanica* e as cobertas pelo *dead matte* (partes de raízes e rizomas amaranhados no sedimento, já sem as folhas) destas plantas, o que representa a morte da espécie (Montefalcone et al., 2011). O trabalho de Montefalcone e colaboradores (2011) conversa com o de Pasqualini e colaboradores (2000), que vai tratar da importância do uso de SSS para o manejo do litoral: os resultados obtidos por Montefalcone e colaboradores (2011) comprovam o dito pelo trabalho mais antigo, de que é possível monitorar ambientes aquáticos costeiros com o SSS e, a partir desses resultados, criar planos de manejo. O entendimento dos ecossistemas à nível macro é importante tanto para a pesquisa como que para o manejo de ambientes aquáticos, apesar de esse entendimento ser muitas vezes complicado devido a fatores como turbidez e profundidade (Keaser et al., 2013).

6.3. BANCO DE SEMENTES E A AUSÊNCIA DAS GRAMAS MARINHAS

O método utilizado por Hammerstron & Kenworthy (2003) para a separação de sementes incluía a peneiragem do sedimento em malhas de 0,5mm e 0,25mm para retirada do sedimento com granulometria neste intervalo. As sementes de *H. decipiens*, para o Brasil, são descritas como possuindo entre 0,2mm (Matias et al., 2017) a 0,5mm (Lourenço & Bove, 2017), sendo o 0,5mm o tamanho encontrado para as sementes na Baia de Guanabara. Ainda assim, é possível que as sementes sejam menores do que 0,25mm e, assim, sejam lavadas das amostras. Outras espécies do gênero possuem sementes ainda menores (Balfour, 1879). Uma vez que foi observada uma época do ano (Setembro/2021) com ausência da espécie, e temperatura mais amena da água do mar (Copernicus Marine Service, 2022) (Figura 5), espera-se que o retorno dela tenha ocorrido através de estoque de

sementes mais tarde em 2021. O mesmo pode ter acontecido em 2022, mas a época da amostragem se deu durante a senescência destas para o período seco, e por isso só uma mancha foi encontrada.

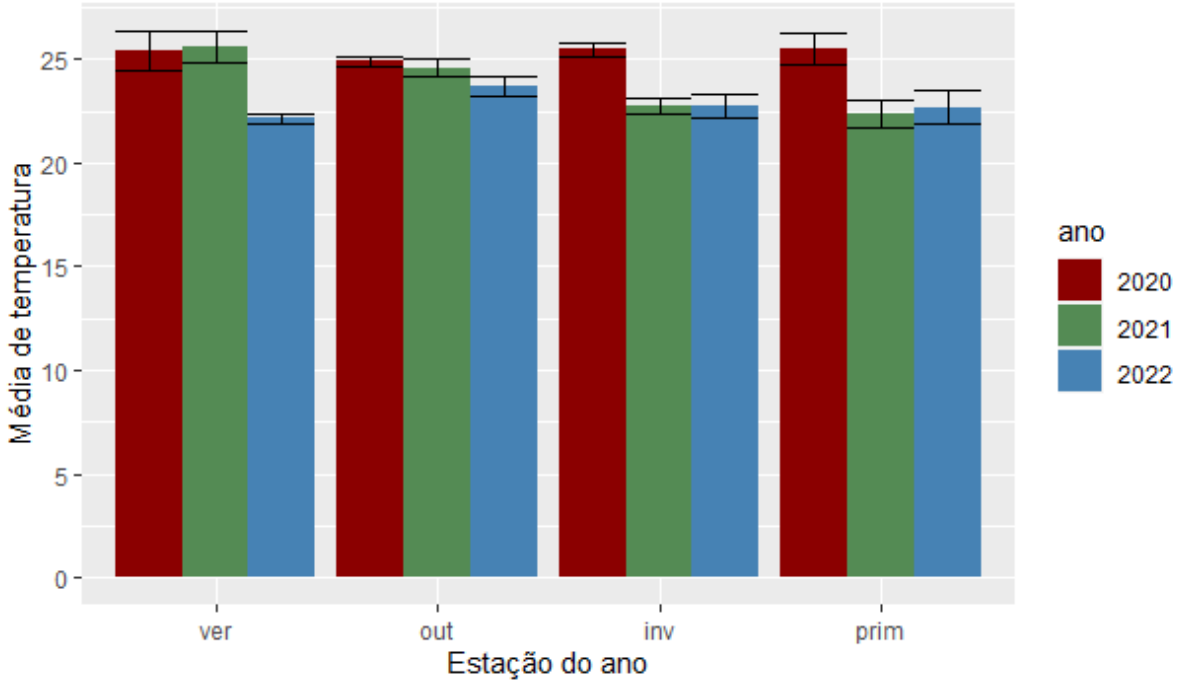


Figura 13 - Temperaturas da água do mar em diferentes anos para a costa do estado do Rio de Janeiro. As barras representam os desvios padrão.

Outra possibilidade de influência registrada em literatura (Josselyn et al., 1986; McMillan, 1988) é a luminosidade na coluna d'água. Segundo dados de satélite para absorção de faixas de luz em 443nm por causa de gelbstoff ("material amarelo", composto de ácidos fúvicos e húmicos, possui um comportamento espectral característico que interfere na penetração da luz na água) e material particulado (Ehrhardt, 1984; NASA, 2023) (Figura 6), houve um pico de turbidez durante o inverno/2021, e esse foi o ano onde H. decipiens não foi encontrado nas imagens de SSS de Setembro. Essa turbidez coincidiu com uma temperatura mais baixa da água do mar no inverno, o que pode ter levado a um menor crescimento da espécie ou um atraso em seu brotamento. Williams e Dennison (1990) testaram o crescimento em diferentes períodos de luz para *H. decipiens* em profundidades de 16 e 25m e notou-se um crescimento durante o período diurno, que foi maior quando havia mais seis horas de luz (6 + 6), enquanto o crescimento noturno se manteve constante. A espécie se mostra capaz de crescer em águas bem rasas, como visto por Durako e colaboradores (2003), com ela crescendo a 2m de profundidade. Logo, águas claras não são limitantes para *H. decipiens*, e até favorecem seu crescimento. A combinação pouca luz e temperaturas mais amenas da água parecem limitar o crescimento da espécie.

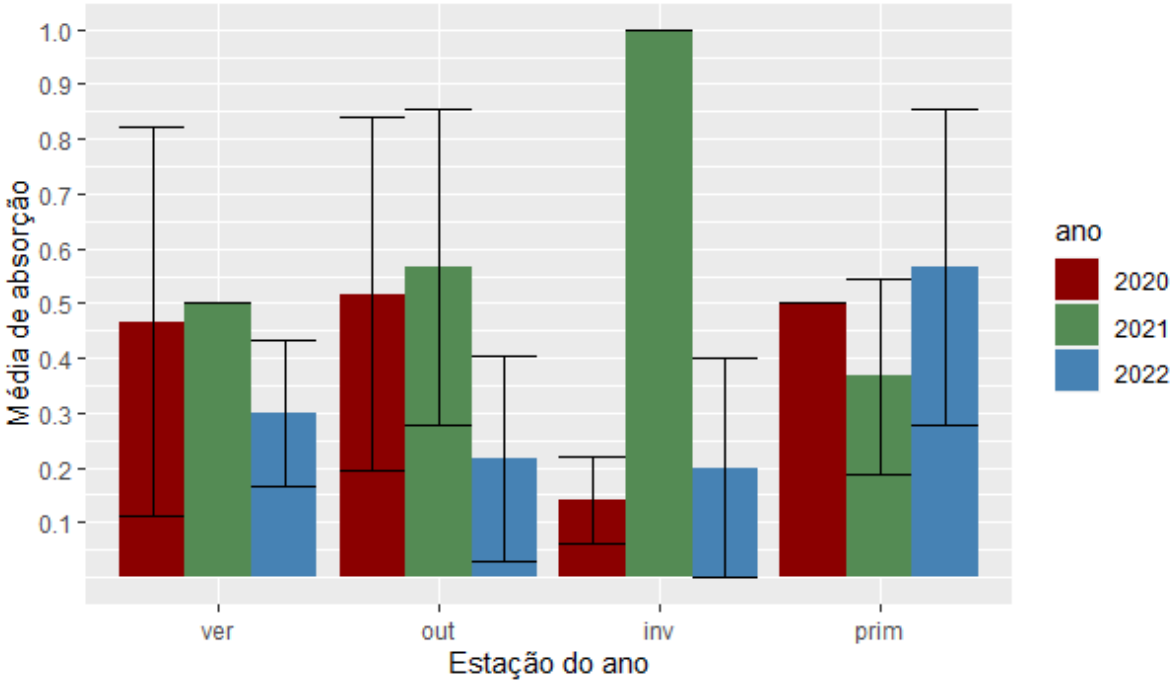


Figura 14 - Dados de absorção de faixas de luz em 443nm por causa de gelbstoff e material particulado para a costa do Rio de Janeiro (NASA, 2023). As barras representam o desvio padrão.

Ainda assim, uma área mais clara foi encontrada nas imagens do SSS em 2022 que corresponde a área onde a grama marinha ocorria em 2020. A área mais clara indica uma região de maior impedância acústica, isso é, de substrato mais arenoso ou de maior teor de matéria orgânica. Infelizmente, esse ponto não foi amostrado. Ainda assim, a área próxima a uma mancha de grama marinha em 2022 mostrou menor teor de matéria orgânica, logo não é possível correlacionar a ocorrência de matéria orgânica e substrato lamoso com a de grama marinha, apesar dessa correlação existir na literatura (Marbà et al., 2006).

Segundo McMillan (1988), o banco de sementes de *H. decipiens* encontrado para a reserva de Toro Point, Panamá, foi um dos maiores já vistos, com 13500 sementes/m². Já Hammerstrom e colaboradores (2006) encontrou poucas sementes no sedimento, com média de 5 sementes por amostra, a maior parte delas tiradas próximas à costa, enquanto McMillan (1988) encontra até 39 sementes por amostra. O banco de sementes pode variar em tamanho durante o ano, de acordo com a temperatura e o regime de chuvas, e é menor quando não está ocorrendo floração e frutificação (Hammerstrom et al., 2006). No mesmo gênero, Kuo e Kirkman (1992) encontraram sementes em seis das sessenta amostras coletadas em um banco de *H. ovalis*, mostrando que é, na realidade, difícil de encontrar esses pontos onde as sementes se acumulam. São poucos ainda os estudos com sementes e seus bancos para gramas marinhas em geral.

Os autores também observam que a presença de brotos foi constante durante o ano, indicando que as sementes estão sempre brotando, mas não necessariamente conseguem se desenvolver em adultos (especialmente no inverno), apesar de *H. decipiens* ser perene quando as condições são boas (Hammerstrom et al., 2006). Azevedo (2016), por exemplo, encontrou a espécie durante o período seco, em Junho e Julho de 2016, enquanto que o presente trabalho não a encontra no final desse período, em Setembro/2021. Kuo e Kirkman (1995) observaram, na Austrália, que *H. decipiens* senescia durante o inverno austral e retornam durante os meses de Dezembro e Janeiro, florescendo no outono. De forma geral, *H. decipiens* mostra ter bancos capazes de sobreviverem o ano todo, florescendo quase que continuadamente na observação de McMillan e Soong (1989), mas senesce caso as condições não sejam as ideais e se mantém por bancos de sementes com longo período de dormência.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo do presente trabalho foi a caracterização de bancos da espécie *H. decipiens* na Enseada de Jurujuba, Baía de Guanabara, com o auxílio de um SSS, equipamento de imageamento acústico de baixo custo e fácil utilização. Além disso, buscou-se caracterizar também o banco de sementes da espécie presente no sedimento, uma vez que esta senesce no inverno e volta a brotar na primavera, quando as condições são propícias.

A parte estudada da Enseada de Jurujuba é caracterizada por sedimentos em sua maioria finos, muita matéria orgânica, presença de pockmarks e, em alguns anos, presença de *H. decipiens* em manchas, especialmente próximas ao Clube Naval. Quanto ao ano onde a espécie não estava presente, hipotetiza-se que as condições do meio não eram as ideais para o rebrotamento da espécie, ainda que possam ter voltado a ser nos meses seguintes. Em relação ao banco de sementes, a quantidade de pontos amostrados no presente estudo se mostrou insuficiente para encontrá-las no sedimento, indicando uma necessidade de melhora na metodologia para futura caracterização do banco.

Observa-se uma necessidade de maiores estudos no banco para melhor entendê-lo, como, por exemplo, buscando a identificação da fauna e flora associada, o papel ecológico desta no ambiente, sua participação nos ciclos de nutrientes e também na estocagem de carbono. Além disso, outra campanha para caracterização do banco de sementes deverá ser feita, com mais pontos e levando em consideração os resultados obtidos nesse estudo para localizá-los nas áreas onde houve ocorrência da espécie nos últimos anos.

8. REFERÊNCIAS

ACKERMAN, J. D. Abiotic pollen and pollination: ecological, functional, and evolutionary perspectives. **Plant Systematics and Evolution**, 222:167-185, 2000.

ACKERMAN, J. D. Sexual reproduction of seagrasses: pollination in the marine context. In: LARKUM, A. W. D.; ORTH, R. J.; DUARTE. C. (Eds). **Seagrasses: Biology, Ecology and Conservation**. Netherlands: Springer, 2006. 676 p.

AZEVEDO, J. Comparação da diversidade da macrofauna em áreas dentro e fora o banco de grama marinha *Halophila decipiens* na praia de Charitas da Baía de Guanabara, Niterói, RJ. **Monografia**, 2016.

BAPTISTA NETO, J. A.; SILVA, M. A. M. Caracterização dos sedimentos de fundo e dinâmica sedimentar da Enseada de Jurujuba (Baía de Guanabara), Niterói, RJ. **Pesquisas em Geociências**, 23(1):7-16, 1996.

BAPTISTA NETO, J. A.; SILVA, M. A. M.; FIGUEIREDO, A. G. Sísmica de alta frequência e o padrão de distribuição de sedimentos na Enseada de Jurujuba (Baía de Guanabara) – RJ/Brasil. **Revista Brasileira de Geofísica**, 14(1):51-58, 1996.

BAPTISTA NETO, J. A.; SILVA, M. A. M.; FIGUEIREDO, A. G. Sediment discrimination by seismic analysis in the Jurujuba Sound (Guanabara Bay). **Oceanographic Literature Review**, 44(4):326, 1997.

BAPTISTA NETO, J. A.; SMITH, B. J.; MCALLISTER, J. J. Sedimentological evidence of human impact on a nearshore environment: Jurujuba Sound, Rio de Janeiro, Brazil. **Applied Geography**, 19(2):153-177, 1999.

BAPTISTA NETO, J. A.; SMITH, B. J.; MCALLISTER, J. J. Heavy metal concentrations in surface sediments in a nearshore environment, Jurujuba Sound, Southeast Brazil. **Environmental Pollution**, 109:1-9, 2000.

BATCHELOR, C. L.; FRINAULT, B. A. V.; CHRISTIE, F. D. W.; MONTELLI, A.; DOWDESWELL, J. A. The morphology of pockmarks on the north-east Antarctic Peninsula continental shelf. **Antarctic Science**, 34(4):1-12, 2022.

BARBIER, E. B.; HACKERM, S. D.; KENNEDY, C.; KOCH, E. W.; STIER, S. C.; SILLIMAN, B. R. The value of estuarine and coastal ecosystem services. **Ecological Monographs**, 81(2):169-193, 2011.

BLONTEL, P. **The handbook of sidescan sonar**. Chichester, United Kingdom: Springer, 2009. 324p.

BOZZANO, R.; MANTOVANI, R.; SICCARDI, A.; CASTELLANO, L. Acoustic backscattering from marine vegetation**. IEEE Oceanic Engineering Society**, 2:927-930, 1998.

BRODERSEN, K. E.; KÜHL, M.; NIELSEN, D. A.; PEDERSEN, O.; LARKUM, A. W. D. Rhizome, root/sediment interactions, aerenchyma and internal pressure changes in seagrasses. In: LARKUM, A. W. D.; KENDRICK, G. A.; RALPH, P. J. (Eds.) **Seagrasses of Australia: structure, ecology and conservation**. Switzerland: Springer, 2018. 797 p.

BROWN, C. J.; SMITH, S. J.; LAWTON, P.; ANDERSON, J. T. Benthic habitat mapping: a review of progress toward improved understanding of the spatial ecology of the seafloor using acoustic techniques. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, 92:502-520, 2011.

BUCHANAN, J. L.; GILBERT, R. P.; WIRGIN, A.; XU, Y. S. Marine acoustics: direct and inverse problems. Philadelphia: Society for Industrial and Applied Mathematics, 2004. 336p.

CASARES, F. A.; CREED, J. C. Do small seagrasses enhance density, richness, and diversity of macrofauna? **Journal of Coastal Research**, 24(3):790-797, 2008.

CHESAPEAKE TECHNOLOGY. **Sonarwiz 7.10**. California: Cheasepeake Technology, Inc. 2020.

COLANTONI, P.; GALLIGNANI, P.; FRESI, E.; CINELLI, F. Patterns of *Posidonia oceanica* (L.) Delile beds around the Island of Ischia (Gulf of Naples) and in adjacente waters. **Marine Ecology**, 3(1):53-74, 1982.

COSTANZA, R.; D'ARGE, R.; GROOT, R.; FARBER, S.; GRASSO, M.; HANNON, B.; LIMBURG, K.; NAEEM, S.; O'NEILL, R. V.; PARUELO, J.; RASKIN, R. G.; SUTTON, P.; VAN DEN BELT, M. The value of the world's ecosystem services and natural capital. **Nature**, 387:253-260, 1997.

COPERNICUS MARINE SERVICE. Global Ocean Physics Analysis and Forecast. Disponível em: https://data.marine.copernicus.eu/viewer/. Acesso realizado em 21/09/2022.

DEGRAER, S.; MOERKERKE, G.; RABAUT, M.; VAN HOEY, G.; DU FOUR, S.; VINCX, M.; HENRIET, J. P.; VAN LANCKER, V. Very-high resolution side-can sonar mapping og biogenic reefs of the tube-worm *Lanice conchilega*. **Remote Sensing of Environment**, 112:3323-3328, 2008.

DELAVY, F. P.; FIGUEIREDO JUNIOR, A. G.; MARTINS, M. V. A.; RODRIGUES, R.; PEREIRA, E.; CASTRO E BRITO, M. A. R.; FONSECA, M. C. M.; LAUT, L. L. M.; BERGAMASCHI, S.; MIRANDA, P.; RODRIGUES, M. A. C. High-resolution acoustic mapping of gas charged sediment and living benthic foraminera assemblages from the NE region of the Guanabara Bay (RJ, Brazil). **Journal of Sedimentary Environments**, 1(3):360-384, 2016.

DENNISON, W. C.; ORTH, R. J.; MOORE, K. A.; STEVENSON, J. C.; CARTER, V.; KOLLAR, S.; BERSTROM, P. W.; BATIUK, R. A. Assessing water quality with submersed aquatic vegetation. **BioScience**, 43(2):86-94, 1993.

DUARTE, C. M. Seagrass depth limits. **Aquatic Botany**, 40:363-377, 1991.

DUARTE, C. M. Seagrasses. In: LEVIN, S. A. (Ed). **Encyclopedia of Biodiversity**. San Diego: Academic Press, 2000. 4666 p.

DUARTE, C. M.; MIDDELBURG, J. J.; CARACO, N. Major role of marine vegetation on the oceanic carbon cicle. **Biogeosciences**, 1:173-180, 2005.

DURAKO, M. J.; KUNZELMAN, J. I.; KENWORTHY, W. J.; HAMMERSTROM, K. K. Depth-related variability in the protobiology of two populations of *Halophila johnsonii* and *Halophila decipiens*. **Marine Biology**, 142:1219-1228, 2003.

EHRHARDT, M. Marine gelbstoff. In: HUTZINGER, O. (Ed.). **The Handbook of Environmental Chemistry, volume 1, part C**. Amsterdan: Springer, 63-78p., 1984.

FALCO, G.; TONIELLI, R.; MARTINO, G. D.; INNANGI, S.; SIMEONE, S.; PARNUM, I. M. Relationships between multibeam backscatter, sediment grain size and *Posidonia oceanica* seagrass distribution. **Continental Shelf Research**, 30:1941-1950, 2010.

FLEMMING, B. W. Side-scan sonar: a practical guide. **International Hydrographic Review**, 53(1):65-92, 1976.

GERAKARIS, V. LARDI, P.; ISSARIS, Y. First record of the tropical seagrass species *Halophila decipiens* Ostenfeld in the Mediterranean Sea. **Aquatic Botany**, 160:103151, 2020.

GREENE, A.; RAHMAN, A. F.; KLINE, R.; RAHMAN, S. Side scan sonar: A cost-efficient alternative method for measuring seagrass cover in shallow environments. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, 207:250-258, 2018.

GORMAN, D.; TURRA, A.; BERGSTROM, E. R.; HORTA, P. A. Population expansion of a tropical seagrass (*Halophila decipiens*) in the southwest Atlantic (Brazil). **Aquatic Botany**, 132:30-36, 2016.

HAMMERSTROM, K. K.; KENWORTHY, W. J. A new method for estimation of *Halophila decipiens* Ostenfeld seed banks using density separation. **Aquatic Botany**, 76:79-86, 2003.

HAMMERSTROM, K. K.; KENWORTHY, W. J.; FONSECA, M. S.; WHITFIELD, P. E. Seed bank, biomass, and productivity of *Halophila decipiens*, a deep water seagrass on the west Florida continental shelf. **Aquatic Botany**, 84:110-120, 2006.

HARRINGTON, P. K. Formation of pockmarks by pore-water escape. **Geo-Marine Letters**, 5:193-197, 1985.

HARRIS, P. T.; BAKER, E. **Seafloor geomorphology as benthic habitat: geohab atlas of seafloor geomorphic features and benthic habitats.** Amsterdam: Elsevier, 1030p., 2020.

HARTOG, C. **The sea-grasses of the world**. Amsterdam: North-Holland Publishing Company, 1970. 275 p.

HARTOG, C. The sea-grasses of Brazil. **Acta Botanica Neerlandica**, 21(5):512-516, 1972.

HARTOG, C.; KUO, J. Taxonomy and biogeography of seagrasses. In: LARKUM, A. W. D.; ORTH, R. J.; DUARTE, C. M. (Eds.). **Seagrasses: biology, ecology and conservation.** New York: Springer, 2006. 1-23p.

HEMMINGA, M. A.; DUARTE, C. M. **Seagrass Ecology**. Cambridge: Cambridge University Press, 2001. 298p.

HOSSAIN, M. S.; BUJANG, J. S.; ZAKARIA, M. H.; HASHIM, M. The application of remote sensing to seagrass ecosystems: an overview and future research prospects. **International Journal of Remote Sensing**, 36(1):61-113, 2014.

JOSSELYN, M.; FONSECA, M.; NIESEN, T.; LARSON, R. Biomass, production and decomposition of a deep water seagrass, *Halophila decipiens* Ostenf. **Aquatic Botany**, 25:47-67, 1986.

KENDRICK, G. A.; DUARTE, C. M.; MARBÀ, N. Clonality in seagrasses, emergent properties and seagrass landscapes. **Marine Ecology Progress Series**, 290:291-296, 2005.

KENWORTHY, W. J. The role of sexual reproduction in maintaining populations of *Halophila decipiens*: implications for the biodiversity and conservation of tropical seagrass ecosystems. **Pacific Conservation Biology**, 5:260-268, 2000.

KILMINSTER, K.; FORBES, V.; HOLMER, M. Development of a 'sediment -stress' functional-level indicator for the seagrass *Halophila ovalis*. **Ecological Indicators**, 36:280-289, 2014.

KING, L. H.; MACLEAN, B. Pockmarks on the Scotian Shelf. **Geological Society of America Bulletin**, 81:3141-3148, 1970.

KLEMAS, V. V. Remote sensing of submerged aquatic vegetation. In: FINKL, C. W. & MAKOWSKI, C. (Eds). **Seafloor Mapping along Continental Shelves**. New York: Springer, 2016. 293p.

KUO, J.; HARTOG, C.Seagrass morphology, anatomy and ultrastructure. In: LARKUM, A. W. D.; ORTH, R. J.; DUARTE. C. (Eds).**Seagrasses: Biology, Ecology and Conservation**. Netherlands: Springer, 2006. 676 p.

KUO, J.; KIRKMAN, H. Fruits, seeds and germination in the seagrass *Halophila ovalis* (Hydrocharitaceae). **Botanica Marina**, 35:000-000, 1992.

KUO, J.; KIRKMAN, H. *Halophila decipiens* Ostenfeld in estuaries of southwestern Australia. **Aquatic Botany**, 51:335-340, 1995.

LAMARCHE, G.; ORPIN, A. R.; MITCHELL, J. S. & PALLENTIN, A. Benthic habitat mapping. In: CLARK, M. R.; CONSALVEY, M. & ROWDEN, A. A. (Eds). Biological Sampling in the Deep Sea. United Kingdom: John Wiley & Sons, 2016. 451p.

LEE, S. Y.; FONG, C. W.; WU, R. S. S. The effects of seagrass (*Zostera japonica*) canopy structure on associated fauna: a study using artificial seagrass units and sampling of natural beds. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**, 259:23-50, 2001.

LEFEBVRE, A.; THOMPSON, C. E. L.; COLLINS, K. J.; AMOS, C. L. Use of a high-resolution profiling sonar and a tower video camera to map a *Zostera marina* bed, Solent, UK. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, 82:323-334, 2009.

LES, D. H.; CLELAND, M. A.; WAYCOTT, M. Philogenetic studies in Alismatidae, II: evolution of marine Angiosperms (seagrasses) and hydrophily. **Systematic Botany**, 22(3):443-463, 1997.

LONGSTAFF, B. J.; LONERAGAN, N. R.; O'DONOHUE, M. J.; DENNISON, W. C. Effects of light deprivation on the survival and recovery of the seagrass *Halophila ovalis* (R.Br.) Hook. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**, 234:1-27, 1999.

LOURENÇO, A. R.; BOVE, C. P. Flora of Rio de Janeiro: Hydrocharitaceae. **Rodriguésia**, 68(1):43-50, 2017.

MARBÀ, N.; HOLMER, M.; GACIA, E. BARRÓN, C. Seagrass beds and coastal biochemistry. In: LARKUM, A. W. D.; ORTH, R. J.; DUARTE. C. (Eds).**Seagrasses: Biology, Ecology and Conservation**. Netherlands: Springer, 2006. 676 p.

MCLEOD, E.; CHMURA, G. L.; BOUILLON, S.; SALM, R.; BJÖRK, M.; DUARTE, C. M.; LOVELOCK, C. E.; SCHLESINGER, W. H.; SILLIMAN, B. R. A blueprint for blue carbon: toward an improved understanding of the role of vegetated coastal habitats in sequestering CO2. Fontiers In Ecology, 9(10):552-560, 2011.

MCMILLAN, C. The seed reserve of *Halophila decipiens* Ostenfeld (Hydrocharitaceae) in Panama. **Aquatic Botany**, 31:177-182, 1988.

MCMILLAN, C. Timing of anthesis for staminate flowers of *Halophila engelmannii* Aschers. From Texas and *Halophila decipiens* Ostenfeld from Panama. **Aquatic Botany**, 33:141-147, 1989.

MCMILLAN, C.; SOONG, K. An annual cycle of flowering, fruiting and seed reserve for *Halophila decipiens* Ostenfeld (Hydrocharitaceae) in Panama. **Aquatic Botany**, 34:375-379, 1989.

MONTEFALCONE, M.; ROVERE, A.; PARRAVICINI, V.; ALBERTELLI, G.; MORRI, C.; BIANCHI, C. N. Evaluating change in seagrass meadows: a time-framed comparison of side scan sonar maps. **Aquatic Botany**, 115:36-44, 2014.

MULHEARN, P. J. Mapping seabed vegetation with sidescan sonar. Australia: Defence Science and Technology Organization, 37p. 2001.

NÓBREGA, G. N. Subaqueous soils of the Brazilian seagrass meadows: biochemistry, genesis and classification. **Tese de Doutorado**, Universidade de São Paulo, 124p. 2017.

O'DONOHUE, M. J.; MORIARTY, D. J. W.; MAC RAE, I. C. Nitrogen fixation in sediments and the rizosphere of the seagrass Zostera capricorni. Microbial ecology, 22:53-64, 1991.

OLIVEIRA, L. Distribuição da fauna e flora da Baía de Guanabara. **Memórias do Instituto Oswaldo Cruz**, 45(3):709-734, 1947.

OLIVEIRA, L. Levantamento biogeográfico da Baía de Guanabara. **Memórias do Instituto Oswaldo Cruz**, Rio de Janeiro, 48:363-391, 1950

OLIVEIRA, L.; KRAU, L. Levantamento biogeográfico da Baía de Guanabara. II Crescimento do manguezal na Ilha do Pinheiro. **Memórias do Instituto Oswaldo Cruz**, 51:503-543, 1953.

OLIVEIRA, L. P. H.; KRAU, L. Estudos aplicados à recuperação biológica da Baía de Guanabara. **Memórias do Instituto Oswaldo Cruz**, 74(2):99-145, 1976.

OLIVEIRA, E. B.; SOARES-GOMES, A. Impact of a point source domestic sewage on intertidal meiofauna at Charitas beach, Niterói, Rio de Janeiro, Brazil. **Journal of Coastal Research**, 35:573-579, 2003.

OLIVEIRA-FILHO, E. C.; PIRANI, J. R.; GIULIETTI, A. M. The brazilian seagrasses. **Aquatic Botany**, 16:251-267, 1983.

OLESEN, B. ENRÍQUEZ, S.; DUARTE, C. M.; SAND-JENSEN, K. Depth-acclimation of photosynthesis, morphology and demography of *Posidonia oceanica* and *Cymodocea nodosa* in the Spanish Mediterranean Sea. **Marine Ecology Progress Series**, 236:89-97, 2002.

OLESEN, B.; MARBÀ, N.; DUARTE, C. M.; SAVELA, R. S.; FORTES, M. D. Recolonization dynamics in a mixed seagrass meadow: the role of clonal versus sexual processes. **Estuaries**, 27(5):770-780, 2004.

ORTH, R. J.; CARRUTHERS, T. J. B.; DENNISON, W. C.; DUARTE, C. M.; FOURQUREAN, J. W.; HECK JR, K. L.; HUGHES, A. R.; KENDRICK, G. A.; KENWORTHY, W. J.; OLYARNIK, S.; SHORT, F. T.; WAYCOTT, M.; WILLIAMS, S. L. A global crisis for seagrass ecosystems. **BioScience**, 56(12):987-996, 2006.

PASQUALINI, V.; PERGENT-MARTINI, C.; CLABAUT, P.; PERGENT, G. Mapping of Posidonia oceanica using aerial prhotographs and side scan sonar: application off the Island od Corsica (France). **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, 47:359-367, 1998.

PASQUALINI, V.; CLABAUTS P.; PERGENT, G.; BENYOUSSEF, L.; PERGENT-MARTINI, C. Contribution of side scan sonar to the management of Mediterranean littoral ecosystems. **International Journal of Remote Sensing**, 21(2):367-378, 2000.

PÉREZ, M.; ROMERO, J. Photosynthetic response to light and temperature of the seagrass *Cymodocea nodosa* and the prediction of its seasonality. **Aquatic Botany**, 43:51-62, 1992.

PETTITT, J. M. Aspects of glowering and pollination in marine angiosperms. **Oceanography and Marine Biology An Annual Review**, 22:315-342, 1984.

QUARESMA, V. S.; DIAS, G. T. M.; BAPTISTA-NETO, J. A. Caracterização da ocorrência de padrões de sonar de varredura lateral e sísmica de alta frequência (3,5 e 7,0 kHz) na porção sul da Baía de Guanabara – RJ. **Brazilian Journal of Geophysics**, 18(2):201-214, 2000.

RALPH, P. J.; DURAKO, M. J.; ENRÍQUEZ, S.; COLLIER, C. J.; DOBLIN, M. A. Impact of light limitation on seagrasses. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**, 350:176-194, 2007.

ROBERTS, D. G.; MCCOMB, A. J. The structure and continuity of the lacunar system of the seagrass *Halophila ovalis* (R. Br.) Hook F. (Hydrocharitaceae). **Aquatic Botany**, 18:377-388, 1984.

SÁNCHEZ-CARNERO. N.; RODRÍGUEZ-PÉREZ, D.; COUÑAGO, E.; ACEÑA, S.; FREIRE, J. Using vertical sidescan sonar as a tool for seagrass cartography. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, 115:334-344, 2012.

SANTOS, L. C. Mineralização anaerobia da matéria orgânica em sedimentos carregados de gás na Baía de Guanabara (RJ) e sua sensibilidade ao aquecimento experimental. **Dissertação de mestrado**, 69p. 2017.

SANTOS, C. B.; SCOTT, A.; ARIAS-ORTIZ, A.; JONES, B.; KENNEDY, H.; MAZARRASA, I.; MCKENZIE, L.; NORDLUND, L. M.; TORRE-CASTRO, M.; UNSWORTH, R. K. F.; AMBO-RAPPE, R. A. Seagrass ecosystem services: assessment and scale of benefits. In: UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAM (Ed.). **Out of the blue: the value of seagrasses to the environment and to people.** Nairobi: UNEP, 21-35p, 2020.

SHERMAN, C. D. H.; SMITH, T. M.; YORK, P. H.; JARVIS, J. C.; RUIZ-MONTOYA, L.; KENDRICK, G. A. Reproductive, dispersal and recruitment strategies in Australian seagrasses. In: LARKUM, A. W. D.; KENDRICK, G. A.; RALPH, P. J. (Eds.). Seagrasses of Australia: structure, ecology and conservation. Switzerland: Springer, 213-256p.

SHORT, F. T.; MCKENZIE, L. J.; COLES, R. G.; VIDLER, K. P.; GAECKLE, J. L. **SeagrassNet manual for scientific monitoring of seagrass habitat, worldwide edition**. New Hampshire: University of New Hampshire, 2006. 75p.

SHORT, F. T.; KOCH, E. W.; CREED, J. C.; MAGALHÃES, K. M.; FERNANDEZ, E.; GAECKLE, J. L. SeagrassNet monitoring across the Americas: case studies of seagrass decline. **Marine Ecology**, 27:277-289, 2006.

SILJESTRÖM, P. A.; REY, J.; MORENO, A. Characterization of phanerogam communities (*Posidonia oceanica* and *Cymodocea nodosa*) using side-scan-sonar images. **Journal of Photogammetry & Remote Sensing**, 51:308-315, 1996.

SOUZA, L. R. Gramas marinhas: uma análise cientométrica no Brasil e no mundo. **Monografia**, Universidade Federal Fluminense, 89p., 2019.

SOUZA, L. R. Gramas marinhas: uma análise cientométrica no Brasil e no mundo. **Monografia de Graduação**, Universidade Federal Fluminense, 89p. 2019.

TEDESCO, E. C.; CALDERON, E. N.; SEOANE, J. C. S; MOARES, L. E.; SILVA, N. R. S.; SCHIAVETTI, A. Coral reef benthic assemblages of a marine protected area in eastern Brazil; effect

of reef habitats on the spatial pattern of species. **Journal of Natural History**, 52(41-42):2723-2743, 2018.

TIAN, W. M. Side-scan sonar techniques for the characterization of physical properties of artificial benthic habitats. **Brazilian Journal of Oceanography**, 59(special issue):77-90, 2011.

TOMLINSON, P. B. Vegetative morphology and meristem dependence – the foundation of productivity in seagrasses. **Aquaculture**, 4:107-130, 1974.

UNSWORTH, R. K. F.; NORDLUND, L. M.; CULLEN-UNSWORTH, L. C. Seagrass meadows support global fisheries production. **Conservation Letters**, 12:e12566, 2019.

VAN REIN, H.; BROWN, C. J.; QUINN, R.; BREEN, J.; SCHOEMAN, D. An evaluation of acoustic seabed classification techniques for marine biotope monitoring over broad-scales (>1km²) and meso-scales (10m²-1km²). **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, 93:336-349, 2011.

VIRNSTEIN, R. W.; HALL, L. M. Northern range extension of the seagrasses *Halophila johnsonii* and *Halophila decipiens* along the east coast of Florida, USA. **Aquatic Botany**, 90(1):89-92, 2009.

WALKER, D. I.; OLESEN, B.; PHILLIPS, R. C. Reproduction and phenology in seagrasses. In: SHORT, F. T.; COLES, R. G. (Eds.). **Global Seagrass Research Methods**, Amsterdam: Elsevier, 2001. 506p.

WAYCOTT, M.; DUARTE, C. M.; CARRUTHERS, T. J. B.; ORTH, R. J.; DENNISON, W. C.; OLYARNIK, S.; CALLADINE, A.; FOURQUREAN, J. W.; HECK JR, K. L.; HUGHES, A. R.; KENDRICK, G. A.; KENWORTHY, W. J.; SHORT, F. T.; WILLIAMS, S. L. Accelerating loss of seagrasses across the globe threatens coastal ecosystems. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, 106(30):12377-12381, 2009.

WESCHENFELDER, J.; KLEIN, A. H. F.; GREEN, A. N.; ALIOTTA, S.; MAHIQUES, M. M.; NETO, A. A.; TERRA, L. C.; CORRÊA, I. C. S.; CALLIARI, L. J.; MONTOYA, I.; GINSBERG, S. S.; GRIEP, G. H. The control of palaeo-topography in the preservation of shallow gas accumulation: examples from Brazil, Argentina and South Africa. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, 172:93-107, 2016.

WILLIAMS, S. L.; DENNISON, W. C. Light availability and diurnal growth of a green macroalga (*Caulerpa cupressoides*) and a seagrass (*Halophila decipiens*). **Marine Biology**, 106:437-443, 1990.

ANEXO 1

SEAGRASSES IN BRAZIL: 50 YEARS (1970-2019) OF STUDIES THROUGH A SCIENTOMETRIC ANALYSIS

Abstract

Seagrasses are productive ecosystems that play a fundamental role on climate change mitigation and provide many services for humankind, although they have been suppressed and damaged worldwide. Seagrasses are marine herbaceous angiosperms living entirely underwater in salt or brackish water, forming banks that serve as habitat and feeding sites to associated biota. They are also responsible for an essential portion of global ocean primary productivity. In Brazil, most of the available information is on *Halodule wrightii* (Ascherson, 1868) and *Ruppia maritima* (Linnaeus, 1753). In this work, we reviewed 306 Brazilian publications on seagrasses from 1970-2019 by applying scientometric analyses. The analysis of titles and keywords clarifies the Brazilian works' path, with first publications focusing on natural environmental issues and further on autoecology, dealing with associated organisms and ecosystems. Although the advance on different topics of study, like physiology and cytology, on Brazilian seagrass investigation, there are still knowledge gaps, such as its importance as a carbon sink and on global climate change, and future works may focus on its spatial mapping and occurrence and its ecology and physiology. Improvements in seagrass knowledge, especially on its ecology and dynamic with other ecosystems, are essential for better understand their role in the carbon cycle and climate change mitigation.

Keywords: marine botany, marine phanerogam, review, scientometrics, submersed aquatic vegetation.

Introduction

Seagrasses are marine herbaceous phanerogams able to live entirely underwater in salt or brackish waters, forming single-species or multispecies meadows where associated biota are found (Hartog, 1970; Copertino et al., 2015). They are adapted to live in marine environments, mainly because (1) linear or sublubated leaves, adapted to withstand high energy environments; (2) hydrophilic pollination and (3) the presence of aerenchyma tissue that allows intern circulation and gas exchange (Hemminga and Duarte, 2001). They may occur as meadows or patches, depending on hydrodynamic processes (Robbins and Bell, 1994; Fonseca & Bell, 1998). They usually have annual cycles, mostly perishing in winter and sprouting back in spring, although there are exceptions to this cycle, especially species from temperate regions (Hemminga and Duarte, 2001; Duarte et al., 2006).

Seagrasses allow great species richness and abundance since it supplies the fauna with food, structure, and refugee, playing as an engineer species (Duarte, 2000; Nakaoka, 2005). Seagrasses promote spatial heterogeneity above the sediment since its branches and leaves act as a biotic substratum for animals and algae. Their rhizomes and roots below the bottom surface stabilize and oxygenate the sediment, allowing infauna establishment (Duffy, 2006; Copertino et al., 2015). Further, algae and phytoplankton associated with seagrass meadows make them a very productive ecosystem (Duarte and Chiscano, 1999; Nakaoka, 2005). Seagrasses meadows are essential to humankind, as they promote many ecosystem services, such as acting as nurseries, serving as habitat and taking part in nutrient cycles (Costanza et al., 1997; Hemminga and Duarte, 2001; Waycott et al., 2009; Duarte et al., 2010).

Seagrasses act as carbon sinks, with approximately 40% of their net primary production exceeding their ecosystem requirements, being either exported or buried – carbon storage for higher plants is 4-fold greater than for algae, and marine angiosperms are responsible for approximately 30% of the carbon storage, although contributing with only 4% of marine net primary production (Duarte & Cebrían, 1996). The carbon fixated by marine organisms is called “blue carbon” and the seagrasses’ capacity of storing organic carbon in the sediment is about twice the average storage of terrestrial soils (Fourqurean et al., 2012). Despite their ecological importance, seagrass meadows are decreasing and disappearing worldwide, with a rate of loss of 27 km^2y^{-1} between 1879 and 2006 (Waycott et al., 2009). Meadows are jeopardized at the local scale, such as eutrophication and siltation, and large-scale threats, such as global warming (Orth et al., 2006). If the current rates of seagrass banks

declination persist, 299 Tg C will be released into the atmosphere yearly (Fourqurean et al., 2012). On the other hand, Greiner et al. (2013) observed that restored seagrass banks had three times more carbon and four times more nitrogen in the sediment, enhancing carbon sequestration and mitigating global warming.

From about 66 seagrass living species (Hartog & Kuo, 2006), six species are reported to Brazil: *Halophila baillonii* Asch. Ex Dickie 1874, *Halophila decipiens* Ostenfeld 1902, *Halodule wrightii* (Ascherson 1868), *Halodule emarginata* Hartog 1970, *Halodule beaudettei* (Hartog) Hartog 1964, and *Ruppia maritima* Linnaeus 1753 (Hartog, 1972; Oliveira-Filho et al., 1983; Magalhães and Barros, 2017). However, due to few studies on Brazilian seagrasses, there is no consensus on the real number of occurring species since their phenotypic plasticity is responsible for taxonomic misleading (Marques and Creed, 2008). Large areas of the Brazilian coast have no record of seagrass, what could be a false negative register due to inadequate sampling or lack of searching (Creed, 2003).

A way of understanding the production of a knowledge field is by scientometric analysis. Scientometry is a science born from bibliometry that quantitatively studies scientific production and evaluates its progress, finding overstudies subareas and pointing knowledge gaps for future works (Mingers and Leydesdorff, 2015). Besides, scientometry allows evaluating a large number of scientific works (Bornmann and Leydesdorff, 2014).

There are two general scientometric approaches: normative and descriptive (Serenko et al., 2010). The normative approach tries to produce norms and ensure the progress of the studies. In the descriptive approach, two methods exist. One uses citation as a proxy to evaluate the quality of the publication (Meneghini and Packer, 2010), although it has its limitations. For example, articles in languages other than English, from developing countries and not-indexed journals, are usually excluded from the citation calculus, as the case for several articles from Brazil (Mueller, 1999; Stolerman and Stenius, 2008). The second method, called lexical analysis, presumes that the scientist uses certain words that make their text more trustworthy, and the analysis of them would lead to conclusions about the field of study and its strong and weak points (Rip and Courtial, 1984; Zitt, 1991). However, the lexical analysis also has limitations, such as the publications' language and the use of synonyms (Zitt, 1991). Further, the lexical analysis reports what knowledge areas are overstudied and which areas need more research input, as well as answering who are the principal authors and the leading journals, the geographical distribution of the works, the language of the publications, the rate of publication over time, among others questions (Serenko et al., 2010;

Mooghali et al., 2011). Although several studies were published on seagrass from 1966 to 2015 (Nóbrega, 2017), and although few studies summarize the knowledge of Brazilian seagrasses (e.g., Creed and Monteiro, 2000; Copertino et al., 2015; Copertino et al., 2016), none tried to understand how that literary production has been progressing in Brazil. Scientometric studies are a quicker and effective way to evaluate a field of work and also to understand it better (Bornmann & Leydesdorff, 2014). The present study investigates the knowledge production on seagrass and associated species in the country in the last 50 years by applying scientometric analysis, evaluating the state-of-the-art, addressing research issues, and pointing to future research directions. It also aims to map the occurrence of seagrasses on the Brazilian coast, in order to understand where research is being done and where research efforts are necessary to achieve a satisfactory comprehension of seagrasses role in the Brazilian coastal zone.

Material and Methods

A bibliographic search was performed (Figure 1) considering papers from 1970 to 2019, and using the following keywords: "grama marinha Brasil Brasileiro", "fanerógama marinha Brasil Brasileiro", "seagrass Brazil Brazilian", "*Halodule wrightii* Brazil Brazilian", "*Halodule emarginata* Brazil Brazilian", "*Halophila decipiens* Brazil Brazilian", "*Halophila baillonii* Brazil Brazilian" and "*Ruppia maritima* Brazil Brazilian". We consulted three reference databases: Google Scholar, Scopus and Web of Science (the two latter were searched for title, abstract, and keyword fields). We also searched the "Catálogo de Teses e Dissertações" of the Coordination of Superior Level Staff Improvement (CAPES), a Brazilian database for theses and dissertations, using the scientific name of the species occurring in the country. The search using the species as the keywords was performed only for English words because the research in Portuguese was synonymous. Papers obtained through other sources, such as crossed references, were included in the bibliographic research.

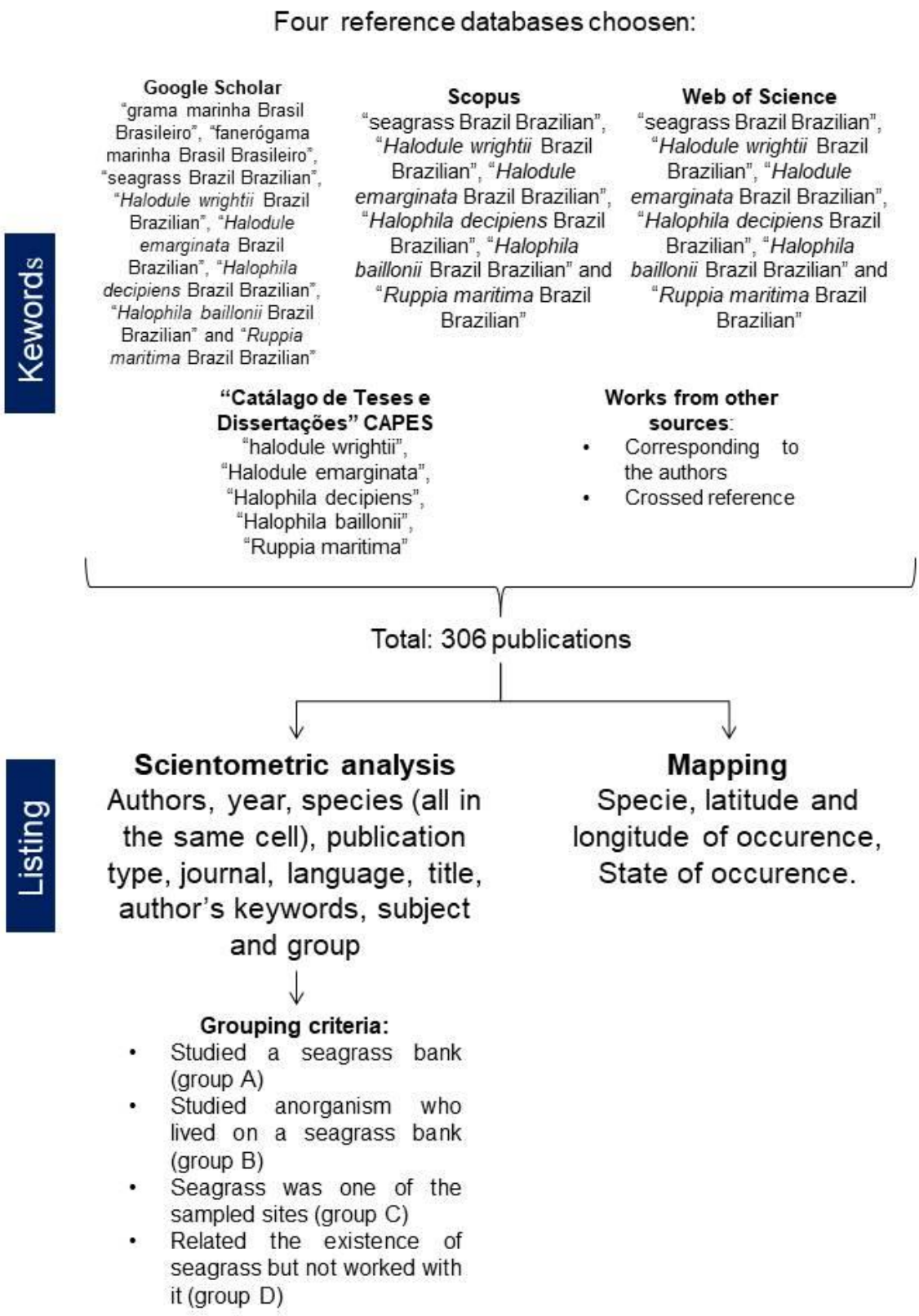


Figure 15 – Flowchat of the methods adopted.

First, the publications were categorized by species, latitude, and longitude of occurrence, state, authors, year, and subject. From this list, we mapped the occurrence of seagrass banks along the Brazilian coast (from approximately 4ºN to 34ºS) (Klein & Short, 2016). Further, we grouped papers into four categories (A to D) according to its main subject: (A) seagrasses; (B) organisms associated with seagrasses; (C) seagrass bank as one of the sampled sites (diverging from group A because other ecosystems were being evaluated in this case, seagrasses were not the focus); and (D) sampled sites out a seagrass bank but not worked with seagrass itself. If a publication had more than one seagrass bank assigned, it was included repeatedly to encompass all seagrass banks. Since two or more publications could have studied the same bank, repetitions on "latitude" and "longitude" were not considered.

A second list, done to execute the scientometric analysis, included: the firth author, number of authors, year, total citations on Web of Science (WOS), species, publication category (e.g., research article, review article, thesis, book chapter), journal, language, title, and author's keywords. WOS was chosen to search for the citation total of each article because the h-index was chosen as a quality proxy for journals. For publications written in Portuguese, if an English title and keywords were available, they were used to standardize the analysis. The analysis was performed by R (R Core Team, 2015), according to Nóbrega (2017).

The Brazilian seagrass research groups were retrieved from the "Diretório dos Grupos de Pesquisa no Brasil Lattes" (Brazilian Research Groups Directory), and CAPES (Coordinating Agency for Advanced Training of Graduate Personnel). The searching terms were: "grama marinha" (seagrass), "fanerógama marinha" (marine phanerogam), and "seagrass" separately, using the search for name, researching field and keywords.

Results

From 1970 to 2019, 306 publications were obtained in our search: 221 articles, 45 dissertations, 20 theses, 11 undergraduate monographs, 7 book chapters, and 2 technical reports (Table 1). The number of publications, as expected, increased over time (see Figure 2), with only 3 articles at the beginning of the time series and 170 publications in the last decade. Since 2005, at least 9 articles have been published yearly. There was a great hiatus between 1972 and 1983, but since 1991, at least one publication was retrieved each year. Regarding the main subject categorization, a total of 49% of the references were aimed precisely at seagrasses (groups A and B), while 28.0% included one or

more seagrass banks in their studies (group C), and 23.0% registered the occurrence of a seagrass bank (group D).

Table 1. Publication types for different periods, from 1970 to August 2019

Time	Article	Book chapter	Dissertation	Monograph	Technical opinion	Thesis	Total
1970-1979	3	0	0	0	0	0	3
1980-1989	11	0	0	0	0	0	11
1990-1999	35	0	0	2	1	0	38
2000-2009	58	3	15	0	1	7	84
2010-2019	114	4	30	9	0	13	170
Total	221	7	45	11	2	20	**306**

.

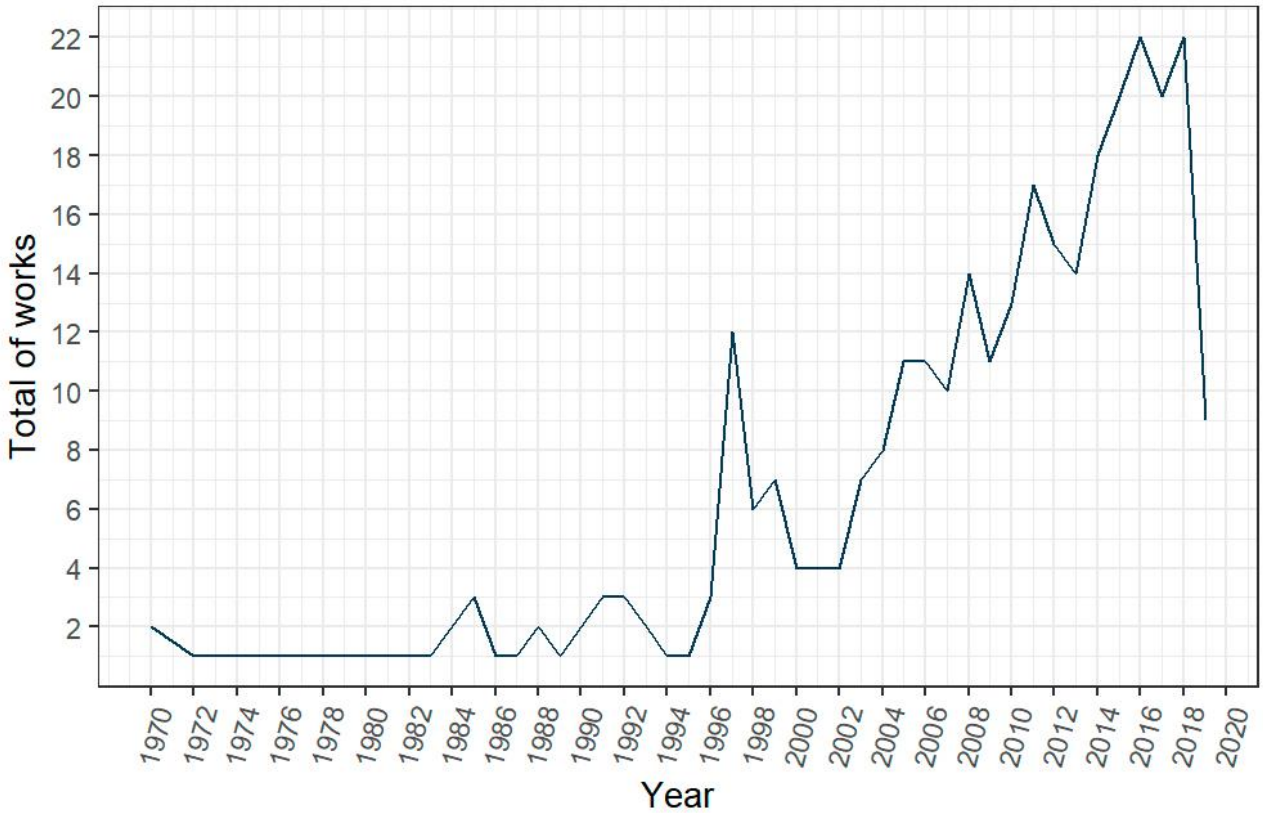


Figure 2 – Number of publications retrieved from the databases between 1970 to 2019. The number decreases in 2020 because the survey was done only until August.

The main Journals were: Aquatic Botany (12), Trabalhos Oceanográficos da Universidade Federal de Pernambuco (9) and Hydrobiologia (6) (Table 2). Using the *h index* as a proxy to the range of the journal, the main were Estuarine, Coastal and Shelf Science (*h index* of 31), Hydrobiologia

(27), and Marine Ecology Progress Series (26). However, approximately half (48.0%) are not indexed by WOS, preventing calculating its h index.

Table 2. The first 24 journals in a total of 101 publications for the 1970 and 2019 timelapse and its h index, according to Web of Science. * signalize regional journals. The ones with a line were not available. The h index of "Nauplius" was done with only 2016 to 2019 because those were the years available.

Journal	Total of publication	*h* index for the last 5 years
Aquatic Botany	12	17
Trabalhos Oceanográficos da Universidade Federal de Pernambuco*	9	-
Hydrobiologia	6	27
Acta Limnologica Brasiliensia*	5	-
Nauplius	5	6
Anais da Academia Brasileira de Ciências*	4	15
Atlântica, Rio Grande*	4	-
Botanica Marina	4	10
Environmental Biology of Fishes	4	15
Estuarine, Coastal and Shelf Science	4	31
Marine Biology Research	4	12
Marine Ecology Progress Series	4	26
Biota Neotropica*	3	8
Brazilian Archives of Biology and Technology*	3	10
Brazilian Journal of Biology*	3	9
Brazilian Journal of Oceanography*	3	9
Feddes Repertorium	3	-
Journal of Experimental Marine Biology and Ecology	3	21
Journal of Fish Biology	3	22
Marine Biology	3	21
Marine Ecology	3	-
Neotropical Ichthyology*	3	11
Protoplasma	3	23
Tropical Oceanography*	3	-

The top first authors were J. C. Creed and K. V. S. Barros, each one with ten articles, followed by A. M. Garcia (6) and S. C. Kapusta (4) (Table 3). The mean number of authors per research article was 3.65. Most articles were two (57), three (51), or four (44) authored. Sixteen of them were single authored. The top single author was J. C. Creed, with six publications, followed by M. Kempf, with two articles.

Regarding citation count, the mean was 18.32 per article. The most cited article had 93 citations (Table 4), while four had no citations, and most had two, five, or nine citations. However, 90 articles were not found on WOS and were not listed on the citation count.

Table 3. – Top 10 first authors and their total publication for 1970-2019 timelapse.

First author	Total of works
Barros, K. V. S.	10
Creed, J. C.	10
Garcia, A. M.	6
Kapusta, S. C.	4
Amado-Filho, G. M.	3
Andreata, J. V.	3
Copertino, M. S.	3
Lacerda, L. D.	3
Lanari, M.	3
Magalhães, K. M.	3

Table 4. Number of citations and the total of articles with each. The ones marked were the most common number of citations, * represents the articles that not showed up on Web of Science.

Citations	Total
0	4
1	5
2	9
3	4
4	5
5	9
6	5
7	5
8	6
9	9
10	1
11	4
12	3
13	5
14	1
...	...
69	1
71	1
72	1
88	1
89	1
93	1
*	90

Regarding the title, the most used words were related to the locality: “Brazil” with 92 mentions, “Brasil” 53 mentions total, and “Rio” with 35 mentions. Secondly, the most cited were related to the subject of study (e.g., “*Halodule*”, 59 mentions, “*wrightii*”, 53 mentions, and “seagrass”, 41 mentions), and thirdly to the ecosystem (e.g., “estuary”, 26 mentions, “reef”, 16 mentions, and “estuário”, 15 mentions).

We observed a relationship between locality/subject and the progress of the works over time (Table 5). From 1970-1979, there are only three publications in the Northeast region. From 1980 to 1989, we observed more works from the Southern region and from 1990 to 1999, in the Southeast region. From 2000 to 2019, the title words have switched from the local of study to the associated subject (e.g., “structure”, “fish”, “temporal”, and “distribution”).

Table 5. Most used words on the title in different periods of 1970-2019 timelapse.

1970-1979		1980-1989		1990-1999		2000-2009		2010-2019	
Word	**Total**	**Word**	**Total**	**Word**	**Total**	**Word**	**Total**	**Word**	**Total**
benthic	1	*maritima*	4	Brazil	14	Brazil	29	Brazil	45
bionomy	1	*Ruppia*	4	*Halodule*	9	Brasil	17	*Halodule*	34
Brasil	1	algal	3	*wrightii*	8	Rio	14	*wrightii*	30
Brazil	1	Aschers.	3	Brasil	7	*Halodule*	13	Brasil	28
Brazilian	1	Brazil	3	Lagoa	7	*wrightii*	12	seagrass	25
costeiros	1	*Halodule*	3	seagrass	7	Janeiro	11	Ascherson	19
estado	1	*wrightii*	3	Patos	6	estuary	9	Brazilian	14
fundos	1	Brazilian	2	Pernambuco	6	Lagoa	9	Rio	14
grasses	1	distribution	2	Rio	6	Lagoon	9	estuary	13
Itamaracá	1	estuary	2	RS	5	Pernambuco	9	reef	13
N	1	flora	2	Janeiro	4	patos	8	fish	12
NE	1	germination	2	Abrolhos	3	seagrass	8	tropical	12
Norte	1	Southern	2	Ascherson	3	distribution	6	Lagoa	11
Pernambuco	1			Brazilian	3	marine	6	habitats	10
região	1			Decapoda	3	Abrolhos	5	marinhas	10
sea	1			estuário	3	Ascherson	5	Patos	10
shelf	1			Lagoon	3	beach	5	Atlantic	9
				litoral	3	benthic	5	distribution	9
				marine	3	comunidade	5	environmental	9
				maritima	3	Freitas	5	temporal	9
				RJ	3	Itamaracá	5	areas	8
				Ruppia	3	marinha	5	coast	8
				shallow	3	marinho	5	estuário	8
						Rodrigo	5	lagoon	8
						structure	5	Northeastern	8

Regarding keywords, the most frequently used were seagrass epithet "*Halodule wrightii*" (22 mentions) and "*Ruppia maritima*" (7 mentions). Other keywords were related to associated habitats (e.g., "estuary", 13 mentions, "coral reefs" and "mangrove", both with 4 mentions) and organisms (e.g., "macroalgae", 18 mentions, "ichthyofauna" and "fish", both with 4 mentions), aside from local of study ("Northeastern Brazil", "Patos Lagoon estuary" and "Pernambuco" all appear 4 times). Regarding per-decade analysis (Table 6), the 1970-1979 decade did not have any records, and the 1980-1989 decade only had a single article with keywords. On the other hand, both 1990-1999 and 2000-2009 decades showed "Brazil" (8 and 9 mentions, respectively) and "*Halodule wrightii*" (6 and 7 mentions) as some of the most cited keywords, including "seagrass" as the most recorded keyword in 2000-2009 with 12 mentions. This last period had keywords related to the location of the study (e.g., "estuary", "Patos Lagoon estuary" and "Pernambuco"), the species studied (both seagrasses and related organisms, such as "Nematoda" and "*Farfantepenaeus paulensis*") and the aims and results of the study (e.g., "distribution", "community structure", "abundance" and "conservation"). For 2010-2019, seagrass epithets were also the most cited word (22 mentions), and the keywords were related to environmental processes (e.g., "salinity", "biomass", and "diversity") and species found (once again, both seagrasses and associated organisms).

Table 6. Most used keywords in different periods for the 1970-2019 timelapse. There are no results to 1970-1979 because none of the publications had keywords.

1980-1989		1990-1999		2000-2009		2010-2019	
Keyword	**Total**	**Keyword**	**Total**	**Keyword**	**Total**	**Keyword**	**Total**
biological reserve	1	Brazil	8	seagrass	12	seagrass	22
flora	1	*Halodule wrightii*	6	brazil	9	Brazil	16
plant communities	1	distribution	3	*Halodule wrightii*	7	macroalgae	10
		Ruppia maritima	3	macroalgae	6	*Halodule wrightii*	9
		biomass	2	distribution	5	estuary	8
		coastal lagoon	2	ecology	4	seagrasses	8
		density	2	Nematoda	4	conservation	6
		estuary	2	biodiversity	3	salinity	6
		feeding habits	2	community structure	3	biomass	5
		heavy metals	2	estuary	3	diversity	4
		marine angiosperm	2	Patos Lagoon estuary	3	food web	4
		morphometry	2	conservation	2	habitat use	4
		nursery	2	diet	2	marine angiosperms	4
		Pernambuco	2	diversity	2	population dynamics	4
		sea urchins	2	eutrophication	2	shoal grass	4
		seagrass	2	*Farfantepenaeus paulensis*	2	diet	3
		sediments	2	habitat use	2	fish	3
		tropical	2	hydrology	2	*Halodule*	3
				Mangrove	2	*Halodule*	3
				reefs	2	nursery	3
				Rodrigo de Freitas lagoon	2	ocean acidification	3
				Ruppia maritima	2	remote sensing	3

The subject of the publications was mainly ecology (233), followed by geochemistry (25), and taxonomy (15) (see Figure 3A). Most of the A and B publication's groups (32.2%) were about the seagrasses themselves, followed by associated fauna (23.5%) and flora (10.7%), a trend that started in 1985 (Figure 3B). A fraction of 54.0% of the subjects was published in 2010-2019, indicating that the research topics are expanding in the country.

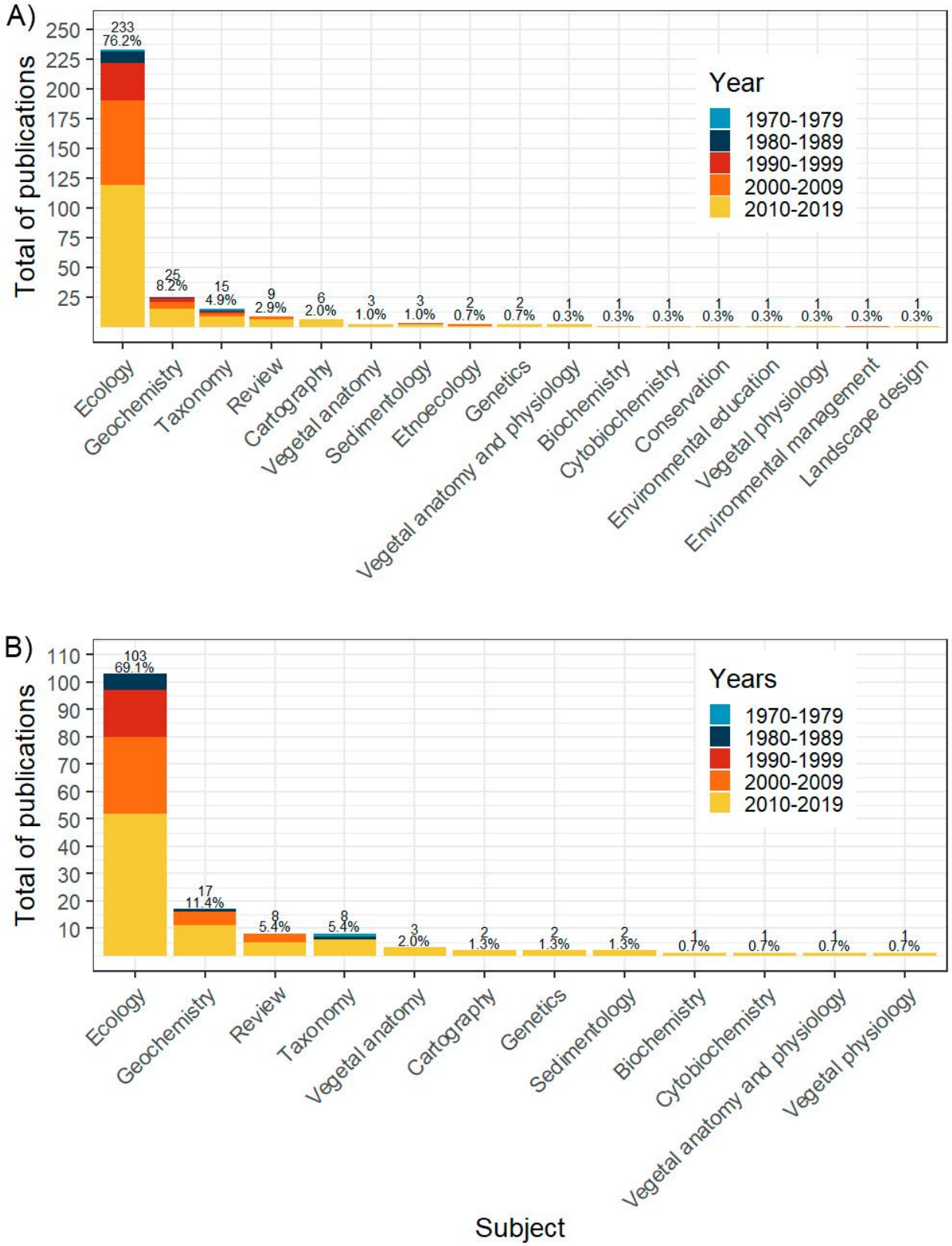


Figure 3 - Work's subject considering all the groups (A) and only groups A and B (B), per period of time. Colors represent the periods of time.

In Brazil, the most studied species were *H. wrightii* (149) and *R. maritima* (92), while *H. beaudettei* was the least studied, with only two publications. It was possible to notice an increase in the works on *H. emarginata* and *H. baillonii* from 2010-2019. Only 10.5% of the publications did not specify the species, and it was primarily on publications from groups C and D. In total, 380 banks were reported in the Brazilian literature. Almost half of the banks (46.8%) were described as monospecific or non-monospecific including *H. wrightii*, followed by *R. maritima* (20.0%). In contrast, 9.5% were not identified at any taxonomic level, and 3.5% were identified only by the genus (see Figure 4A). The percentages are different from the previous analysis because the same publication could report more than one bank.

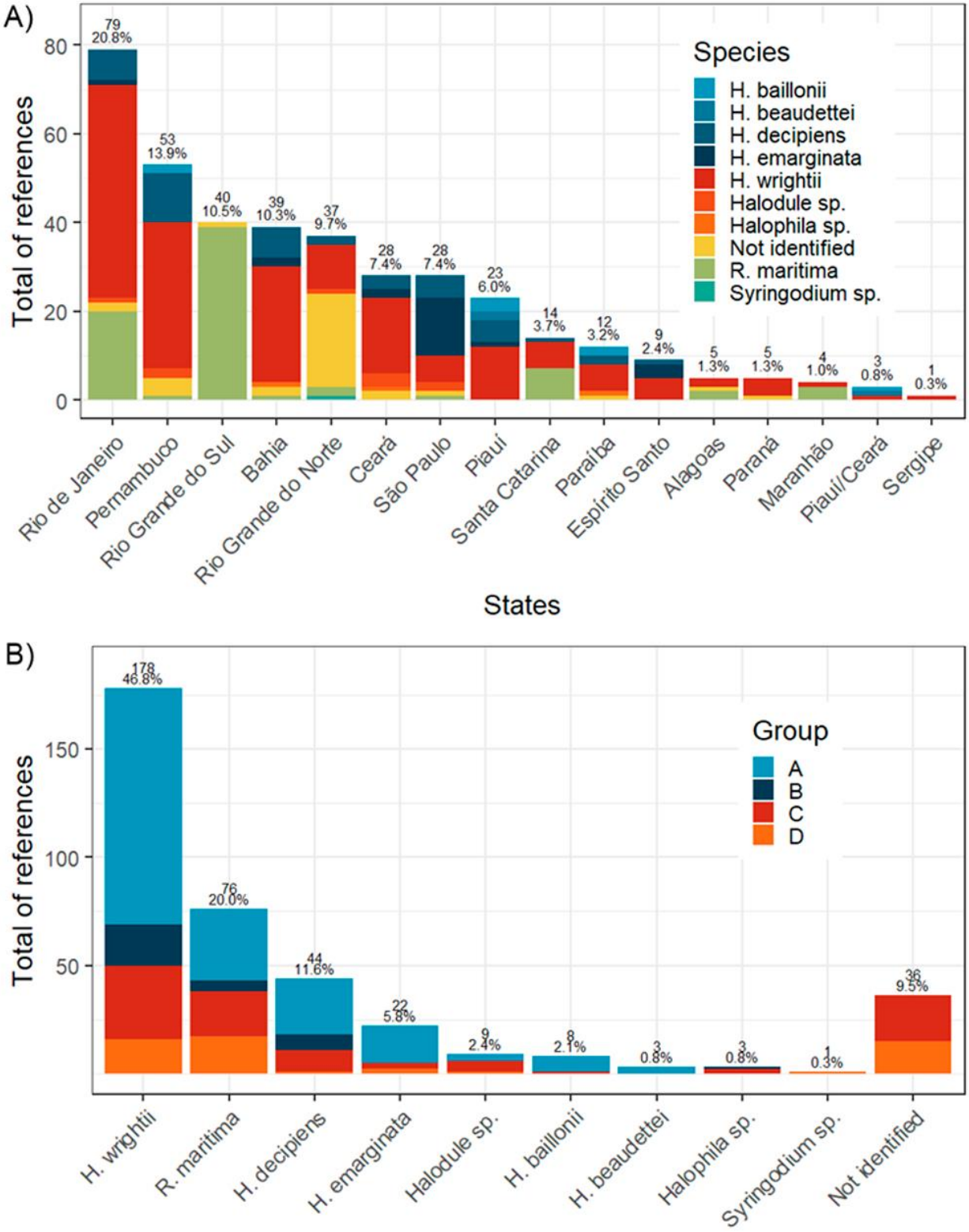


Figure 4 – Total and percentage of references by State and species studied (A) and total and percentage of banks of each specie, single-specie or multi-species, by thematic group (B).

Regarding Brazilian regions and States, most occurrences of seagrasses observed were in Rio de Janeiro (20.8%), followed by Pernambuco (13.9%), Rio Grande do Sul (10.5%), and Bahia (10.3%) (Figure 4B). The species with the highest occurrence is *H. wrightii*, found from Maranhão to Santa Catarina. On the other side, the species with the widespread geographical range is *R. maritima*, occurring from Maranhão to Rio Grande do Sul, although it was not found in all states (see Figure 5). *H. beaudettei* and *H. baillonii* are reported only in the Northeastern region. *H. emarginata* also occurred in the Southeastern region, while *H. wrightii*, *H. decipiens* and *R. maritima* occurred in Southern, Southeastern, and Northeastern regions. There is a prevalence of banks reported to Northeastern Brazil, from Alagoas to Piauí, Rio de Janeiro and part of São Paulo, and Patos Lagoon (RS). It reflects Brazil's main four research groups working on seagrasses (as shown in Table 7). There are approximately 5800 kilometers between the northernmost and the southernmost occurrences of seagrasses. Significant map areas are blank relating to seagrasses, but it is unknown if they do not occur or if there are few studies on them in those regions.

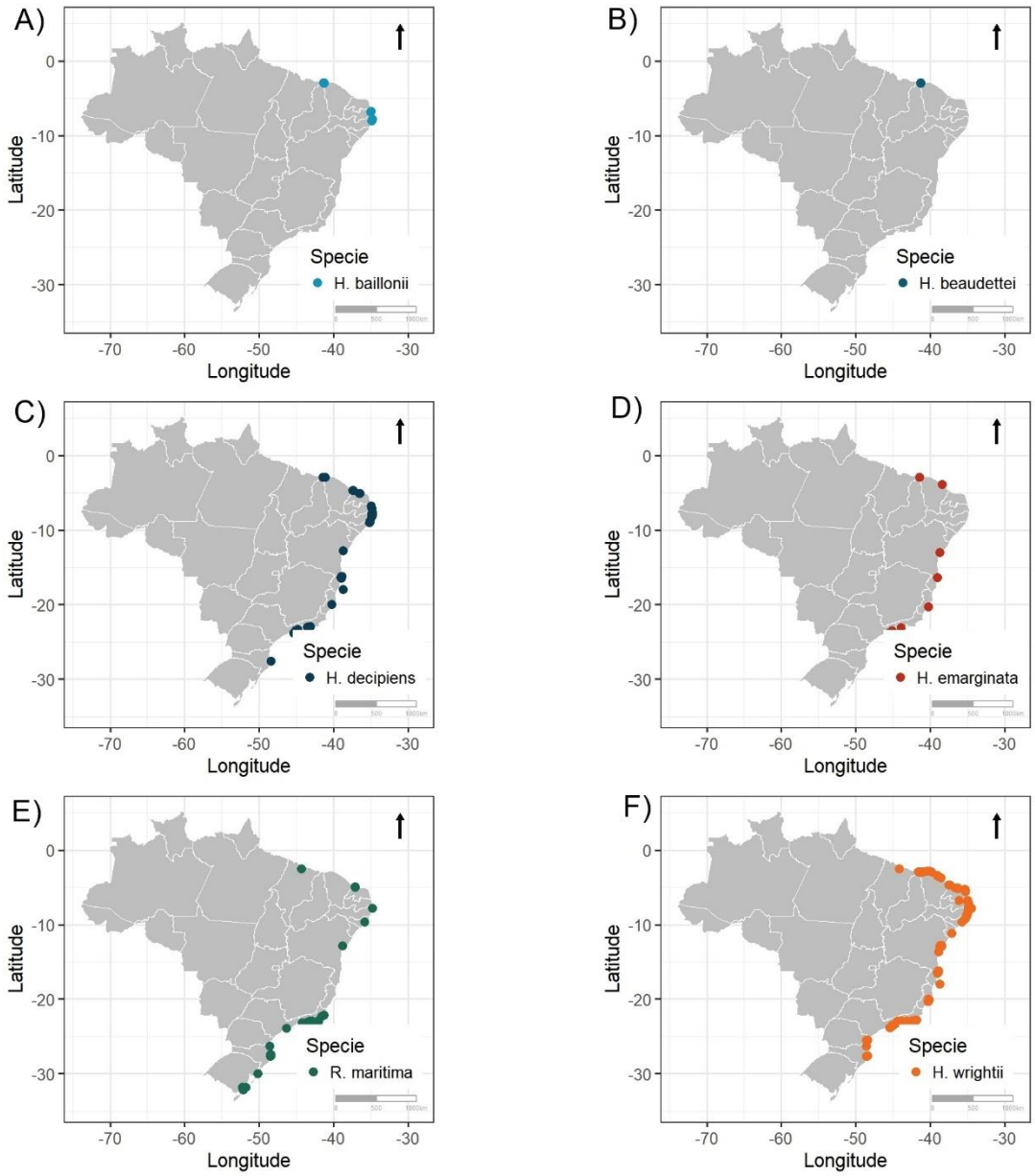


Figure 5 – Distribution of seagrasses banks on Brazilian coast, (A) *Halophila baillonii*, (B) *Halodule beaudettei*, (C) *Halophila decipiens*, (D) *Halodule emarginata*, (E) *Ruppia maritima* and (F) *Halodule wrightii*.

Table 7. Brazilian research groups and lines on seagrasses.

Title	Research line	University	Establishing year

Marine Ecotoxiology Program	Study of Techniques of Bioindication in Coastal Ambients Química Analítica Aplicada aos Ambientes Costeiros Applied Anality Chemistry to Coastal Ambients Pollutants Dinamic in Coastal Ambients Development of ecological monitorying using sonar images	UERJ	2002
"Coral Vivo" Research Group	Ecology and Physiology of Marine Primary Producers	FURG	2013
Biology and Aplications of Aquatic Biodiversity	Systematic, Structural Biology, Physiology and Ecology of Photosynthetic Aquatic Organisms	UFSC	2014
Ecology of Aquatic Ecosystems	Marine Phanerogams Ecology Environmental Education: Teaching and Formation of Educators.	UFRPE	2008

Discussion

Along the time series analyzed, publishing on seagrasses increased approximately 57 times, from 3 publications in 1970-1979 to 170 publications in 2010-2019, following a world tendency (Copertino et al., 2016), although representing a small fraction of the global publication (Nóbrega, 2017). Before 1970, on the other hand, probably few or no works were published since only one publication (Laborel-Deguen, 1963) mentioned seagrasses was found before 1970 in our search.

An expressive number of works in the present analysis (42.4%) were not written in English, such as dissertations and theses from Brazilian institutions that have the tradition of publishing academic works in Portuguese. Among the published papers analyzed, 34.5% are not in English. According to Bitetti and Ferreras (2017), publications in native language are often

performed because they are more relevant to the local scientists, which can be the case for those publications. Another reason is the difficulty of publishing in a foreign language; according to Vasconcelos et al. (2008), of 52223 researchers argued, just 33.8% declared themselves fluent in English. For instance, the three most prolific authors published majorly in English (with the exception of two works from A. M. Garcia) and from the ten most cited articles, all but one are in English. Hyland (2016) arguments that language is not the problem, citing that a broken English is rarely a rejecting factor: the author defends that it is because of isolation from other peers and low financing to conduct experiments in those not-Anglophone countries.

The articles were scattered throughout the journals, not concentrating on any, since the most published journal (*Aquatic Botany*) had only 3.9% of the total articles. The journals with the greatest *h-index* were foreign journals, which supports the minor reach of the national journals stated by Bitetti and Ferreiras (2017). It can occur because the main indexes, such as those published by the Institute for Scientific Information (ISI), have few journals from developing countries, preventing articles from those countries to be found, thereupon the journals to grow and be included in those indexes in a vicious cycle (Mueller, 1999). Thus, Brazilian scientific production remains limited to the country (Copertino et al., 2016). Since almost half of the journals were not indexed by WOS, 90 articles' citations were not considered on the citation analysis, and it could be observed that they were primarily published in Brazilian journals.

The most prolific author, J. C. Creed, is an associated professor on Universidade Estadual do Rio de Janeiro and works predominantly with *Halodule wrightii* itself on Rio de Janeiro and its associated fauna, being the author of the second most cited document (Creed & Amado-Filho, 1999). K. V. S. Barros, who also has 10 articles, but none single-authored, also works majorly with *Halodule wrightii* itself and its fauna, on Pernambuco. However, she is the researcher responsible for rediscovering *Halodule emarginata* in Northeast Brazil (Barros et al., 2017). Nevertheless, the results on authorship must be interpreted with some reservation since only the first author was analyzed (Persson, 2001). M. S. Copertino, for instance, is the first author of three articles (Copertino et al., 2007; Copertino, 2011; Copertino et al., 2016), but shows up as an author in others works (e.g., Coelho et al., 2016; Garcia et al., 2016; Lanari et al., 2017).

Regarding citations, 43% of articles with citations counts available on WOS have at least or more than 15 citations, a reasonable number considering the few works on seagrasses in Brazil. Citation count is usually used in scientometric sciences as a proxy for quality. Although

it has its problems, such as valuing what is popular in science, it remains the easiest and most reliable way to measure quality (Lindsay, 1989). It is also essential to consider the age of the article since the most recent works had fewer opportunities to be cited. On the other hand, some of the most cited articles (e.g., Aquino et al., 2005; Short et al., 2006; Aquino et al., 2011) are relatively recent and probably cited because of their methodological relevance. Aquino et al. (2005), for example, is about the first time sulfated galactans, previously found in algae and marine invertebrate, are found on marine angiosperms (*R. maritima*). Sulfated galactans are related with the possibility of absorption of nutrients by the rhizomes and roots, and although their presence is not a signal of phylogenetic proximity, it is probably a case of convergent adaptation due to environmental pressure (Aquino et al., 2005). R. S. Aquino is also author of the fourth most cited article (Aquino et al., 2011), which is about the positive correlations between the presence and quantity of sulfated galactans in halophytas (using *R. maritima* as the object of study) and the salinity of water, indicating that these polysaccharides are useful to cope with salt stress. Both studies are pioneers, which explains why they are being so cited. The other two most cited articles (second and third places, respectively Creed & Amado, 1999 and Short et al., 2006) are about associated macroflora and anchor damage on Abrolhos Marine National Park, an important marine protected area in Bahia, and the SeagrassNet monitoring program on the Americas, which monitors two banks in Brazil: one in Tamandaré and one in Abrolhos. Creed & Amado-Filho (1999) are probably because its inventory on algae in Abrolhos and the extensity of the damage of ship anchoring, an important anthropogenic impact, on the flora (Duarte et al., 2008). The other work, Short et al. (2006), is extensively cited because SeagrassNet is a program implemented worldwide, the article analyses banks in two other countries (which would be interested in citing it as well) and is the first latitudinal comparison of ecosystems using the same methodology.

The subjects of the publications were taxonomy (e.g., Hartog, 1972; Oliveira-Filho, 1983), plant ecology (e.g., Coutinho and Seeliger, 1984), and germination (e.g., Koch and Seeliger, 1988) at the beginning of the time series we analyzed. Studies on heavy metals (e.g., Amado-Filho and Pfeiffer, 1998) and associated fauna (e.g., D'Incao, 1991) predominated in 1990-1999. This tendency continues in 2000-2009 and 2010-2019. However, news subjects were incorporated, such as associated flora (e.g., Gomes et al., 2003), conservation (e.g., Vila-Nova et al., 2011), pollution (e.g., Longhini et al., 2015), and monitoring (e.g., Moura and Henry-Silva, 2018). The study on those subjects usually starts after the world consolidation of these topics in publications, but not long after it: for example, the studies on environmental

monitoring started in 1996-2005 period for the rest of the world (Nóbrega, 2017) and in 2006 for Brazil (Short et al., 2006), with this keyword only appearing among the most cited ones in 2010-2019. Although both the title and keyword analysis show the entrenchment of the topic, it does not mean the studies started in those periods: studies about pollution, for instance, are present from 1990-1999 and through 2000-2009, and they just became more prominent in 2010-2019.

An emerging topic on seagrasses nowadays is their importance on climate change mitigation, since they are carbon sinks; despite that, the keyword "blue carbon" is only used twice: on Nóbrega et al (2018) and on the thesis by the same first author, both studies about the seagrasses' sediment ("subaqueous soils") and mentioning its importance as a blue carbon sink. The knowledge about seagrasses' sequestration of carbon is still lacking worldwide (Mazarrasa et al., 2018), and even more in Brazil, where local and regional studies could be done to understand the role of smaller species on the climate change mitigation. The understanding of the impacts of climate change on seagrasses is also lacking, although it is true also for the rest of the world (Unsworth et al., 2019). Seagrasses are responsible for other ecosystems services as well (Norlund et al., 2016), and those are poorly studied in Brazil, like their function as habitat for fishes and other economically important species (Scott et al., 2000), their role in coastal protection and sediment stabilization and accretion (Fonseca, 1989; Christianen et al., 2013), as a font of bioproducts, like pharmaceuticals, and even their importance on tourism and the impact of this activity on them (Daby, 2013; Nordlund et al., 2016).

Although it is practical to analyze publications, classifying them into a subject is not easy since the publication can fall into more than one subject category. For example, most of the publications were on the ecology of the seagrass itself or associated organisms, but the subjects of geochemistry and taxonomy have a sizeable quantity of works, the latter being both about the seagrass itself or associated organisms. The same pattern can be seen when examining only the publications from groups A and B. Analyzing the specific subject about these two groups, most of the publications were about seagrass or its associated fauna, and fewer were about associated flora — an observation also done by Copertino et al. (2016).

Several subjects had only one publication, and only some of them were subjects of publications from groups A and B. In other words, there are several research fields understudied in Brazil. An urgent subject that needs attention is understanding the anthropogenic impacts on seagrasses and the management and conservation of seagrass banks (Waycott et al., 2009).

Copertino et al. (2016) highlighted the need for long-term studies, which are essential to understanding seagrass banks' dynamics and the effects of global changes on them. However, most of these subjects had their first publication in 2010-2019, showing that maybe it is just the beginning of the studies on them and that there will be more research in the future – it is the case of blue carbon studies mentioned earlier, a subject that can be expanded in the present.

Both title and keyword analysis showed that most Brazil's publications are about *H. wrightii* and *R. maritima*. However, it does not mean that there are more banks of these species: several publications studied the same bank, as occured in the Patos Lagoon estuary and *R. maritima* (e.g., D'Incao, 1991; Garcia et al., 2005). However, the difference between *R. maritima*, the second most studied species, and *H. decipiens*, the third, in the number of publications is 77.4%, showing that the less cited species need more research. *H. beaudettei* is the lesser-studied species: only Costa (2016) and Magalhães and Barros (2017) reported banks of this species (monospecific or multispecific banks). Nevertheless, the banks described in these works are the same or close to each other, on the border of Ceará and Piauí (Costa, 2016; Magalhães & Barros, 2017). The States with more banks were those where research groups are working on seagrasses: Rio Grande do Sul, Rio de Janeiro, and Pernambuco. The exceptions were Santa Catarina, with a research group but few banks, and Bahia, Rio Grande do Norte, Ceará, São Paulo, and Piauí, with more than 20 banks but without research groups enrolled on CNPq. Thus, groups with other research themes try to at least signal the occurrence of seagrasses.

Seagrass banks are known for their ecosystem services, for example acting as nurseries for fishes, protecting the coast from erosion and participating on nutrient cycling, although they are not equal on how and which services they are providing, depending on their particular characteristics and their position on the globe (Nordlund et al., 2016). Regarding that, it is important to study each bank on the Brazilian coast, since we have at least six different species with their own morphologies and physiologies, and different parts of the coast also have their own characteristics and species living there – for example, the geomorphology of Brazilian beaches changes along the coast, with different regimens of currents, waves and sediment type on each one, which influence the occurrence of seagrasses, their morphology and, consequently, their ecosystem services (De Boer, 2007; Klein & Short, 2017). Another example of the necessity of knowing where our banks are, is the study made by Campagne et al. (2015), evaluating the ecosystem services provided by *Posidonia oceanica* (Linnaeus) Delile 1813 on

the French coast: most of them can only be evaluated if they know where the seagrass occur and the extense of the bank, where it is regressing and where it is growing again. Nordlund et al. (2016) highlights the need to study the ecosystem services provided by all the genus present in Brazil, and the Tropical Atlantic as a whole.

According to the data available, the seagrass distribution through the Brazilian coast is fragmented. However, it is unclear whether it is the actual occurrence or insufficient studies (Copertino et al., 2015). Since seagrass banks are underwater ecosystems, they sometimes go unnoticed (Short et al., 2006). It is important to know the actual distribution to adopt systematic conservation efforts, ensuring that as many species as possible will be conserved, considering other banks' location and existence (Margules and Pressey, 2000). Some conservation units in Brazil are established in sites where there are seagrasses, such as the Environmental Protection Area (APA) “Barra do Mamanguape”, in Pernambuco, and the Abrolhos Marine National Park, in Bahia, but they are not focused on seagrasses. The Abrolhos Marine National Park mentions the occurrence of seagrasses, but classifies them as *Diplantera* sp., an old name for the *Halodule* genus (IBAMA, 1991).

The distribution map pointed some aspects: many publications lack the geographic coordinates of the banks, leading to separate banks being counted as one because the coordinates were obtained by approximation. Sometimes, the same bank could also be counted twice or more because the coordinates differed among references or pointed to wrong places. These concerns were addressed by Rocchini et al. (2011), who point out three major issues in elaborating maps: (1) the complexity in the distribution of the species, (2) the quality of the available data, and (3) the limitations of the research and common errors, such as incorrect identification of the species and difficulty in accessing some places. All three points apply to seagrasses since they are susceptible to minor environmental disturbances; their data collection was not always ideal, and possibly part of the Brazilian coast was not studied until now (Short et al., 2006).

Concluding Remarks

There has been an extensive increase in seagrass studies in Brazil in the last two decades, despite still being in its childhood, with works focused on descriptive and short-term analysis. However, some advanced research exists, such as biochemistry, conservation and management, genetics, and trophic ecology. Efforts on seagrass research must continue on the country in order to reach international standards. Such studies must address subjects like the interaction of

seagrasses with other ecosystems and its importance for carbon sequestration. It is important also to understand the anthropogenic impacts on seagrasses banks on the coast in order to support management and conservation action of those ecosystems. Finally, it is necessary to stimulate long-term on population dynamics, associated assemblages, trophic webs, and nutrient cycles in order to truly understand the dynamics of the seagrass banks and their role for fisheries and other ecosystem services.

Conflicts of interests

The authors declare no conflicts of interest.

References

1. Amado-Filho GM, Pfeiffer WC. 1998. Utilização de macrófitas marinhas no monitoramento da contaminação por metais pesados: o caso da Baía de Sepetiba, RJ. Acta Botanica Brasilica, 12(3):411-419. https://doi.org/10.1590/S0102-33061998000400010
2. Amano T, González-Varo JP, Sutherland WJ. 2016. Languages are still a major barrier to global science. PLOS Biology, 14(12):1-8. https://doi.org/10.1371/journal.pbio.2000933
3. Aquino RS, Landeira-Fernadez AM, Valente AP, Andrade LR, Mourão PAS. 2005. Occurrence of sulfated galactans in marine angiosperms: evolutionary implications. Glycobiology, 15(1):11-20. https://doi.org/10.1093/glycob/cwh138
4. Aquino RS, Grativol C, Mourão PAS. 2011. Rising from the sea: correlations between sulfated polysaccharides and salinity in plants. Plos One, 6(4):1-7. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0018862
5. Barros KVS, Carneiro PBM., Amorim LA, Costa FN, Rocha-Barreira CA. 2017. Northern range extension of the seagrass *Halodule emarginata* Hartog. Feddes Repertorium, 127:65-71. https://doi.org/10.1002/fedr.201600016
6. Bitetti MS, Ferreras JA. 2017. Publish (in English) or perish: the effect on citation rate of using languages other than English in scientific publications. Ambio, 46(1):121-127. https://doi.org/10.1007/s13280-016-0820-7
7. Bornmann L, Leydesdorff L. 2014. Scientometrics in a changing research landscape. EMBO reports, 15(12):1228-1232. https://doi.org/10.15252/embr.201439608
8. Campagne CS, Salles JM, Boissery P, Deter J. 2015. The seagrass *Posidonia oceanica*: ecosystem services identification and economic evaluation of goods and benefits.

Marine Pollution Bulletin, 97:391-400. https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2015.05.061

9. Christianen MJA, Belzen J, Herman PMJ, et al. 2013. Low-canopy seagrass beds still provide important coastal protection services. Plos One, 8(5):e62413. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0062413
10. Coelho MS, Menezes BS, Meza LR, et al. 2016. Potential utilization of green tide-forming macroalgae from Patos Lagoon, Rio Grande-RS, Brazil. Journal of Aquatic Food Product Technology, 25(7):1096-1106. https://doi.org/10.1080/10498850.2015.1012688
11. Copertino MS. 2011. Add coastal vegetation to the climate critical list. Nature, 473:225. https://doi.org/10.1038/473255a
12. Copertino MS, Cordazzo C, Seeliger U, Palva JB. 2007. Causas e consequências da redução de pradarias de fanerógamas submersas no estuário da Lagoa dos Patos (RS, Brasil). *Anais do VIII Congresso de Ecologia do Brasil*, 1-2p.
13. Copertino MS, Creed JC, Lanari MO, et al. 2016. Seagrass and submerged aquatic vegetation (VAS) habitats off the coast of Brazil: state of knowledge, conservation and main threats. Brazilian Journal of Oceanography, 64(2):53-80. https://doi.org/10.1590/S1679-875920161036064sp2
14. Copertino MS, Creed JC, Magalhães KM, Barros KVS, Lanari, MO, Arévalo PR, Horta PA. 2015. Monitoramento dos fundos vegetados submersos (pradarias submersas). In: Turra A, Denadai MR (Orgs). Protocolos para o monitoramento de habitats bentônicos costeiros – Rede de Monitoramento de Habitat Bentônicos Costeiros – ReBentos. Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo, São Paulo, p. 17-47.
15. Costa FN. 2016. A heterogeneidade ambiental em angiospermas marinhas e os efeitos sobre a variação espacial da macrofauna associada. *MSc Thesis*, Universidade Federal do Ceará, Brazil.
16. Costa CSB, Seeliger U. 1989. Vertical distribution and resource allocation of *Ruppia maritima* L. in a Southern Brazilian estuary. Aquatic Botany, 33:123-129. https://doi.org/10.1016/0304-3770(89)90025-9
17. Costanza R, D'Arge R, Groot R, et al. 1997. The value of the world's ecosystem services and natural capital. Nature, 387:253-260. https://doi.org/10.1038/387253a0
18. Coutinho R, Seeliger U. 1984. The horizontal distribution of the benthic algal flora in the Patos Lagoon estuary, Brazil, in relation to salinity, substratum and wave exposure.

Journal of Experimental Marine Biology and Ecology, 80:247-257. https://doi.org/10.1016/0022-0981(84)90153-9

19. Creed JC. 2003. The seagrasses of South America: Brazil, Argentina and Chile. In: Green EP, Short FT (Eds.). World Atlas of Seagrasses. Berkeley: University of California Press, Berkeley, p. 243-250.
20. Creed JC, Amado-Filho GM. 1999. Disturbance and recovery of the macroflora of a seagrass (*Halodule wrightii* Ascherson) meadow in the Abrolhos Marine National Park, Brazil: an experimental evaluation of anchor damage. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology, 235:285-306. https://doi.org/10.1016/S0022-0981(98)00188-9
21. Daby D. 2003. Effects of seagrass bed removal for tourism purposes in a Mauritian bay. Environmental Pollution, 125(3):313-324. https://doi.org/10.1016/S0269-7491(03)00125-8
22. D'Incao F. 1991. Pesca e biologia de *Penaeus paulensis* na Lagoa dos Patos, RS. Atlântica, 13(1):159-169.
23. De Boer WF. 2007. Seagrass-sediment interactions, positive feedbacks and critical thresholds for occurrence: a review. Hydrobiologia, 591:5-24. https://doi.org/10.1007/s10750-007-0780-9
24. Duarte CM. Seagrasses. (2000). In: Levin SA (Ed.). *Encyclopedia of Biodiversity*, volume 5. Academic Press, San Diego, p. 255-268.
25. Duarte CM, Borum, J.; Short, F. T. & Walker, D. J. (2008). Seagrass ecosystems: their global status and prospects. In: Polunin, N. V. C. (Ed.) Aquatic Ecosystems: Trends and Global Prospects. Cambridge University Press, United Kingdom, p. 281-294.
26. Duarte CM, Cebrián J. 1996. The fate of marine autotrophic production. Limnology and Oceanography, 41(8):1758-1766. https://doi.org/10.4319/lo.1996.41.8.1758
27. Duarte CM, Chiscano CL. 1999. Seagrass biomass and production: a reassessment. Aquatic Botany, 65:159-174. https://doi.org/10.1016/S0304-3770(99)00038-8
28. Duarte CM, Fourqurean JW, Krause-Jensen D, Olesen B. 2006. Dynamics of seagrass stability and change. In: Larkum AWD, Orth RJ, Duarte C. (Eds.). Seagrasses: Biology, Ecology and Conservation. Springer, Netherlands, p. 271-294.
29. Duarte CM, Marbá N, Garcia E, et al. 2010. Seagrass community metabolism: assessing the carbon sink capacity of seagrass meadows. Global Biochemical Cycles, 24(4):1-8. https://doi.org/10.1029/2010GB003793

30. Duffy JE. 2006. Biodiversity and the functioning of seagrass ecosystems. Marine Ecology Progress Series, 331:233-250. https://doi.org/10.3354/meps311233
31. Fonseca MS, Bell SS. 1998. Influence of physical setting on seagrass landscape near Beaufort, North Carolina, USA. Marine Ecology Progress Series, 171:109-121. https://doi.org/10.2307/24831728
32. Fourqurean JW, Duarte CM, Kenned H, et al. 2012. Seagrass ecosystems as a globally significant carbono stock. Nature Geoscience, 5:505-509. https://doi.org/10.1038/ngeo1477
33. Garcia AM, Claudino MC, Mont'Alverne R, Pereyra PER, Copertino M, Vieira JP. 2016. Temporal variability in assimilation of basal food sources by an omnivorous fish at Patos Lagoon Estuary revealed by stable isotopes (2010-2014). Marine Biology Research, 13(1):98-107. https://doi.org/10.1080/17451000.2016.1206939
34. Garcia AM, Geraldi RM, Vieira JP. 2005. Diet composition and feeding strategy of the Southern pipefish *Syngnathus folletti* in a widgeon grass bed of the Patos Lagoon estuary, RS, Brazil. Neotropical Ichthyology, 3(3):427-432. https://doi.org/10.1590/S1679-62252005000300011
35. Gomes MP, Cunha MS, Zalmon IR. 2003. Spatial and temporal variations of diurnal ichthyofauna on surf-zone of São Francisco do Itabapoana beaches, Rio de Janeiro state, Brazil. Brazilian Archives of Biology and Technology, 46(4):653-664. https://doi.org/10.1590/S1516-89132003000400020
36. Greiner JT, Mc Glathery KJ, Gunnell J, McKee BA. 2013. Seagrass restoration enhances "blue carbon" sequestration in coastal waters. Plos One, 8(6):e72469. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0072469
37. Hartog C. 1970. The sea-grasses of the world. North-Holland Publishing Company, Amsterdam. 275 p.
38. Hartog C. 1972. The sea-grasses of Brazil. Acta Botanica Neerlandica, 21(5):512-516.
39. Hartog C, Kuo J. 2006 Taxonomy and biogeography of seagrasses. In: Larkun AWD, Orth RJ, Duarte C. (eds) Seagrasses: Biology, Ecology and Conservation, Netherlands: Springer, 1-23p.
40. Hemminga MA, Duarte CM. 2001. Seagrass Ecology. Cambridge University Press, Cambridge. 298p.
41. Hyland K. 2016. Academic publishing and the myth of linguistic injustice. Journal of Second Language Writing, 31:58-69.

42. IBAMA. 1991. Plano de manejo do Parque Nacional Marinho dos Abrolhos. Brasília: Ministério do Meio Ambiente. 124p.
43. Instituto Brasileiro De Geografia e Estatística. 2018. Organização do território: malhas municipais – 2018. Retrieved September 17, 2019, from https://www.ibge.gov.br/geociencias/downloads-geociencias.html.
44. Klein AHF, Short AD. 2016. Brazilian beach systems: introduction. In: Short AD, Klein AHF (eds). Brazilian Beach Systems, v. 17, p. 1-35. https://doi.org/10.1007/978-3-319-30394-9_1
45. Koch EW, Seeliger U. 1988. Germination ecology of two *Ruppia maritima* L. populations in Southern Brazil. Aquatic Botany, 31:321-327. https://doi.org/10.1016/0304-3770(88)90020-4
46. Laborel-Deguen F. 1963. Nota preliminar sobre a ecologia das pradarias de fanerógamas marinhas nas costas dos estados de Pernambuco e da Paraíba. Trabalhos do Instituto Oceanográfico da Universidade Federal de Pernambuco, 1:39-50. https://doi.org/10.5914/tropocean.v3i1.2481
47. Lanari M, Kennedy H, Copertino MS, Wallner-Kersanach M. Claudino MC. 2017. Dynamics of estuarine drift macroalgae: growth cycles and contributions to sediments in shallow areas. Marine Ecology Progress Series, 570:41-55. https://doi.org/10.3354/meps12116
48. Lindsey D. 1989. Using citation counts as a measure of quality in Science: measuring what's measurable rather than what's valid. Scientometrics, 15(3-4):189-203. https://doi.org/10.1007/BF02017198
49. Longhini CM, Souza MFL, Silva AM. 2015. Net ecosystem production, calcification and CO2 fluxes on a reef flat in Northeastern Brazil. Estuarine, Coastal and Shelf Science, 166(Part A):13-23. https://doi.org/10.1016/j.ecss.2014.12.034
50. Magalhães KM, Barros KVS. 2017. *Halodule* genus in Brazil: a new growth form. Aquatic Botany, 140:38-43. https://doi.org/10.1016/j.aquabot.2016.12.004
51. Margules CR, Pressey RL. 2000. Systematic conservation planning. Nature, 405:243-253. https://doi.org/10.1038/35012251
52. Marques LV, Creed JC. 2008. Biologia e ecologia das fanerógamas marinhas do Brasil. Oecologia Brasiliensis, 12(2):315-331.

53. Mazarrasa I, Samper-Villarreal J, Serrano O, et al. 2018. Habitat characteristics provide insights of carbon storage in seagrass meadows. Marine Pollution Bulletin, 134:106-117.
54. Meneghini R, Packer AL. 2010. The extent of multidisciplinary authorship of articles on scientometrics and bibliometrics in Brazil. Interciencia, 35(7):510-514.
55. Mingers J, Leydesdorff L. 2015. A review of theory and practice in scientometrics. European Journal of Operational Research, 246(1):1-19. https://doi.org/10.1016/j.ejor.2015.04.002
56. Mooghali A, Alijani MS, Karami N, Khasseh A. 2011. Scientometric analysis of the scientometric literature. International Journal of Information Science and Management, 9(1):19-31.
57. Moura RST, Henry-Silva GG. 2018. Is there a zonation pattern in aquatic macrophytes communities in the aquatic environments of the Brazil semiarid? Brazilian Journal of Botany, 41:665-674. https://doi.org/10.1007/s40415-018-0488-2
58. Mueller SPM. 1999. O círculo vicioso que prende os periódicos nacionais. DataGramaZero, 0:1-8.
59. Nakaoka M. 2005. Plant-animal interactions in seagrass beds: ongoing and future challenges for understanding population and community dynamics. Population Ecology, 47:167-177. https://doi.org/10.1007/s10144-005-0226-z
60. Nóbrega GN. 2017. Subaqueous soils of the Brazilian seagrass meadows: biogeochemistry, genesis, and classification. PhD Thesis, Universidade de São Paulo, Brazil.
61. Oliveira-Filho EC, Pirani JR, Giulietti AM. 1983. The Brazilian seagrasses. Aquatic Botany, 16:251-267. https://doi.org/10.1016/0304-3770(83)90036-0
62. Persson O. 2001. All author citations versus first author citations. Scientometrics, 50(2):339-344.
63. R Core Team. 2015. A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Retrieved September 15, 2019, from https://www.gbif.org/pt/tool/81287/r-a-language-and-environment-for-statistical-computing.
64. Rip A, Cortial JP. 1984. Co-word maps of biotechnology: an example of cognitive scientometrics. Scientometrics, 6(6):381-400. https://doi.org/10.1007/bf02025827

65. Robbins BD, Bell SS. 1994. Seagrass landscapes: a terrestrial approach to the marine subtidal environment. Trends in Ecology & Evolution, 9(8):301-204. https://doi.org/10.1016/0169-5347(94)90041-8
66. Rocchini D, Hortal J, Lengyel S, et al. 2011. Accounting for uncertainty when mapping species distributions: the need for maps of ignorance. Progress in Physical Geography, 35(2):211-226. https://doi.org/10.1177/0309133311399491
67. Scott LC, Boland JW, Edycane KS, Jones GK. 2000. Development of a seagrass-fish habitat model – I: a Seagrass Residency Index for economically important species. Environmetrics, 11:541-552. https://doi.org/10.1002/1099-095X(200009/10)11:5<541::AID-ENV416>3.0.CO;2-A
68. Serenko A, Bontis N, Booker L, Sadeddin K, Hardie T. 2010. A scientometric analysis of knowledge management and intellectual capital academic literature (1994-2008). Journal of Knowledge Management, 14(1):3-23. https://doi.org/10.1108/13673271011015534
69. Short FT, Koch EW, Creed JC, Magalhães KM, Fernandez E, Gaeckle JL. 2006. SeagrassNet monitoring across the Americas: case studies of seagrass decline. Marine Ecology, 27:277-289. https://doi.org/10.1111/j.1439-0485.2006.00095.x
70. Stolerman IP, Stenius K. 2008. The language barrier and institutional provincialism in science. Drug and Alcohol Dependence, 92:1-2. https://doi.org/10.1016/j.drugalcdep.2007.07.010
71. Unsworth RKF, McKenzie LJ, Collier CJ, et al. 2019. Global challenges for seagrass conservation. Ambio, 48:801-815. https://doi.org/10.1007/s13280-018-1115-y
72. Vasconcelos SMR, Sorenson MM, Leta J, Sant'ana MC, Barista PD. 2008. Researchers' writing competence: a bottleneck in the publication of Latin-American science? EMBO Reports, 9(8):700-702. https://doi.org/10.1038/embor.2008.143
73. Vila-Nova DA, Bender MG, Carvalho-Filho A, Ferreira CEL, Floeter SR. 2011. The use of non-reef habitats by Brazilian reef fish species: considerations for the design of marine protected areas. Brazilian Journal of Nature Conservation, 9(1):79-86. https://doi.org/10.4322/natcon.00901001
74. Waycott M, Duarte CM, Carruthers TJB, et al. (2009). Accelerating loss of seagrasses across the globe threatens coastal ecosystems. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 106(30):12377-12381. https://doi.org/10.1073/pnas.0905620106

75. Yuvaraj N, Kanmani P, Satishkumar R, Paari A, Pattukumar V, Arul V. 2012. Seagrass as potential source of natural antioxidant and anti-inflammmatory agents. Pharmaceutical Biology, 50(4):458-467. https://doi.org/10.3109/13880209.2011.611948
76. Zitt M. 1991. A simple method for dynamic scientometrics using lexical analysis. Scientometrics, 22(1):229-252. https://doi.org/10.1007/bf0201

ANEXO 2

SAMPLE STATISTICS

SAMPLE IDENTITY: **1** ANALYST & DATE: ,

SAMPLE TYPE: Polymodal, Very Poorly Sorted TEXTURAL GROUP: Sandy Mud

SEDIMENT NAME: Very Fine Sandy Coarse Silt

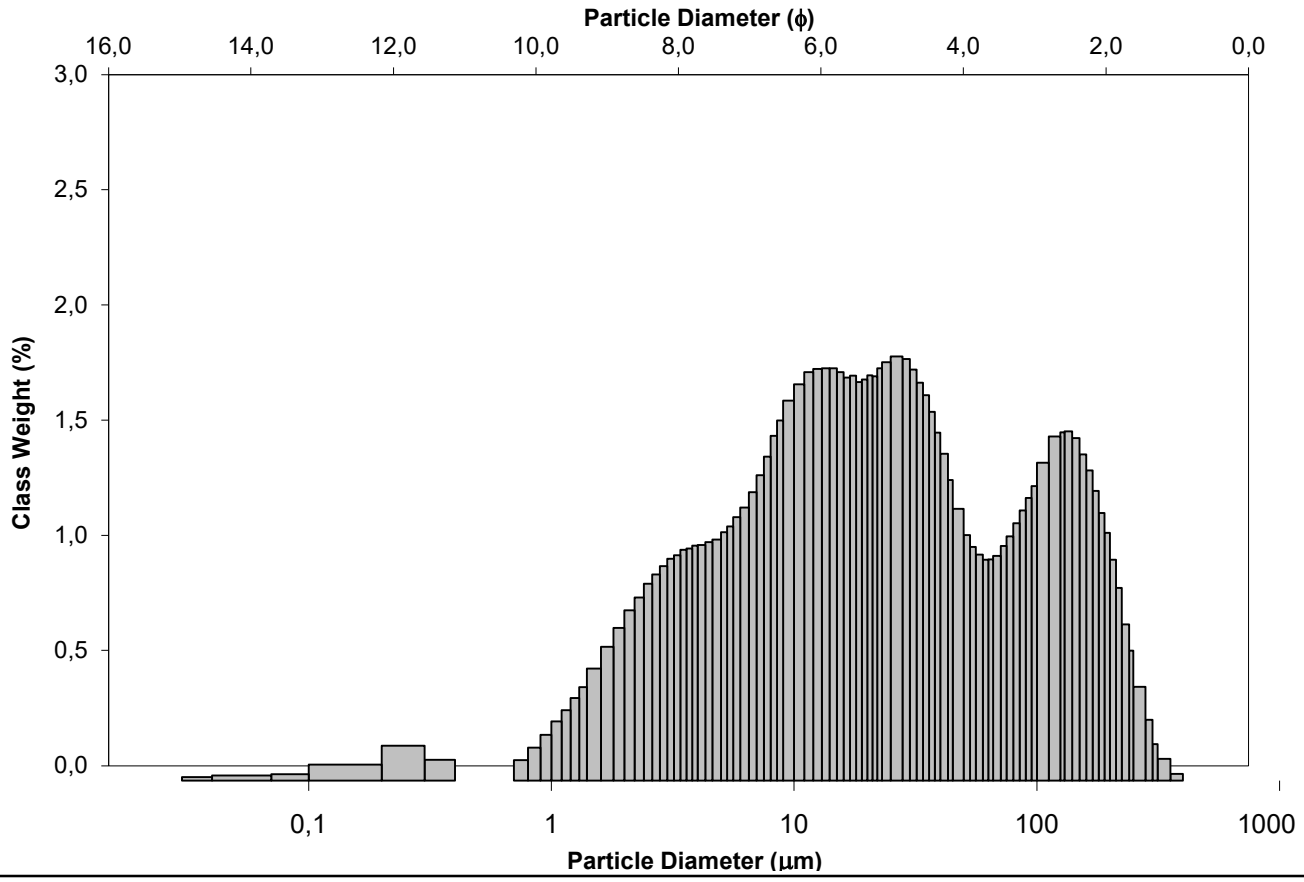
	μm	ϕ
MODE 1:	26,50	5,240
MODE 2:	14,50	6,109
MODE 3:	20,50	5,609
D_{10}:	2,502	2,811
MEDIAN or D_{50}:	19,60	5,673
D_{90}:	142,5	8,643
(D_{90} / D_{10}):	56,93	3,074
(D_{90} - D_{10}):	140,0	5,831
(D_{75} / D_{25}):	8,956	1,786
(D_{75} - D_{25}):	54,68	3,163

GRAIN SIZE DISTRIBUTION

GRAVEL:	0,0%	COARSE SAND:	0,0%
SAND:	24,8%	MEDIUM SAND:	1,2%
MUD:	75,2%	FINE SAND:	11,6%
		V FINE SAND:	12,0%
V COARSE GRAVEL:	0,0%	V COARSE SILT:	13,1%
COARSE GRAVEL:	0,0%	COARSE SILT:	17,7%
MEDIUM GRAVEL:	0,0%	MEDIUM SILT:	16,9%
FINE GRAVEL:	0,0%	FINE SILT:	11,4%
V FINE GRAVEL:	0,0%	V FINE SILT:	8,8%
V COARSE SAND:	0,0%	CLAY:	7,3%

	METHOD OF MOMENTS			FOLK & WARD METHOD		
	Arithmetic μm	Geometric μm	Logarithmic ϕ	Geometric μm	Logarithmic ϕ	Description
MEAN ($\bar{x}$):	47,10	18,48	5,758	20,15	5,633	Coarse Silt
SORTING (σ):	61,47	4,790	2,260	4,760	2,251	Very Poorly Sorted
SKEWNESS (Sk):	1,864	-0,534	0,534	-0,022	0,022	Symmetrical
KURTOSIS (K):	6,196	3,374	3,374	0,901	0,901	Mesokurtic

GRAIN SIZE DISTRIBUTION



SAMPLE STATISTICS

SAMPLE IDENTITY: **2** ANALYST & DATE: ,

SAMPLE TYPE: Polymodal, Very Poorly Sorted TEXTURAL GROUP: Sandy Mud

SEDIMENT NAME: Fine Sandy Medium Silt

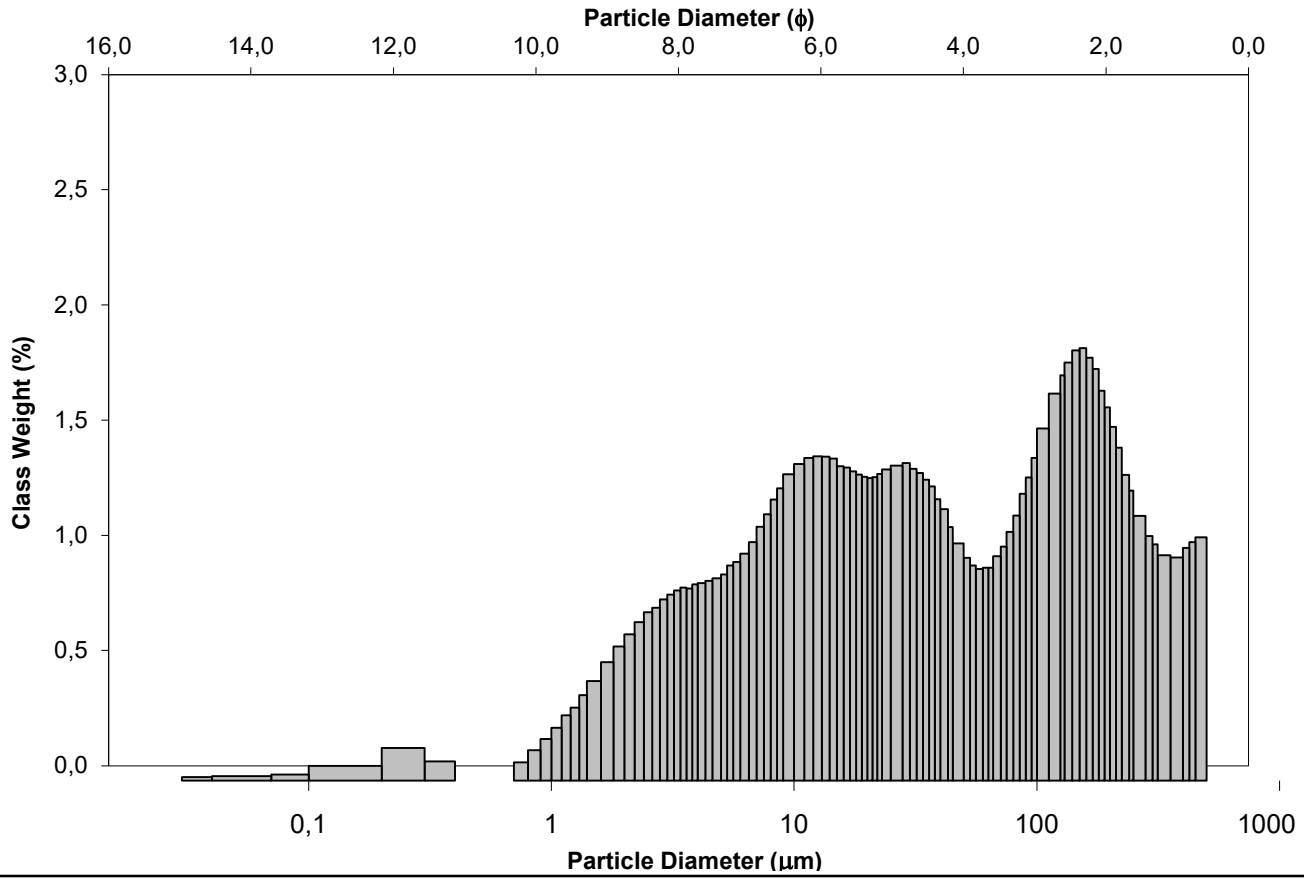
	μm	ϕ
MODE 1:	155,0	2,690
MODE 2:	12,50	6,323
MODE 3:	29,00	5,109
D_{10}:	2,790	1,983
MEDIAN or D_{50}:	31,49	4,989
D_{90}:	252,9	8,486
(D_{90} / D_{10}):	90,67	4,279
(D_{90} - D_{10}):	250,1	6,503
(D_{75} / D_{25}):	15,43	2,356
(D_{75} - D_{25}):	124,4	3,948

GRAIN SIZE DISTRIBUTION

GRAVEL:	0,0%	COARSE SAND:	0,0%
SAND:	39,2%	MEDIUM SAND:	10,2%
MUD:	60,8%	FINE SAND:	16,4%
		V FINE SAND:	12,6%
V COARSE GRAVEL:	0,0%	V COARSE SILT:	11,0%
COARSE GRAVEL:	0,0%	COARSE SILT:	13,3%
MEDIUM GRAVEL:	0,0%	MEDIUM SILT:	13,3%
FINE GRAVEL:	0,0%	FINE SILT:	9,4%
V FINE GRAVEL:	0,0%	V FINE SILT:	7,4%
V COARSE SAND:	0,0%	CLAY:	6,5%

	METHOD OF MOMENTS			FOLK & WARD METHOD		
	Arithmetic μm	Geometric μm	Logarithmic ϕ	Geometric μm	Logarithmic ϕ	Description
MEAN ($\bar{x}$):	87,47	29,11	5,103	30,18	5,050	Coarse Silt
SORTING (σ):	113,1	5,877	2,555	5,718	2,516	Very Poorly Sorted
SKEWNESS (Sk):	1,673	-0,535	0,535	-0,069	0,069	Symmetrical
KURTOSIS (K):	5,193	2,946	2,946	0,808	0,808	Platykurtic

GRAIN SIZE DISTRIBUTION



SAMPLE STATISTICS

SAMPLE IDENTITY: **3**

ANALYST & DATE: ,

SAMPLE TYPE: Polymodal, Poorly Sorted

TEXTURAL GROUP: Mud

SEDIMENT NAME: Coarse Silt

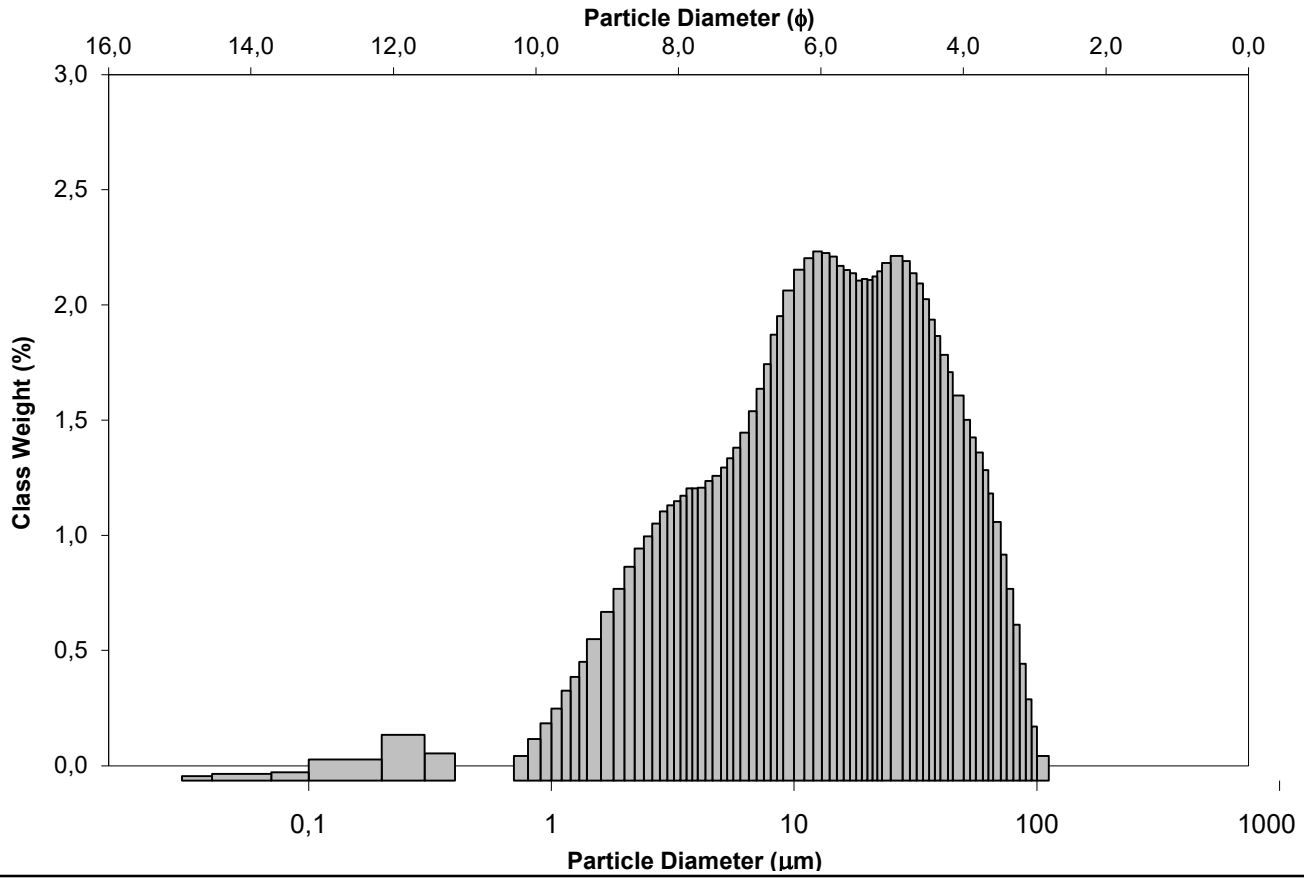
	μm	ϕ
MODE 1:	12,50	6,323
MODE 2:	26,50	5,240
MODE 3:	19,50	5,681
D_{10}:	2,087	4,330
MEDIAN or D_{50}:	13,11	6,253
D_{90}:	49,73	8,904
(D_{90} / D_{10}):	23,82	2,056
(D_{90} - D_{10}):	47,64	4,574
(D_{75} / D_{25}):	5,660	1,489
(D_{75} - D_{25}):	23,84	2,501

GRAIN SIZE DISTRIBUTION

GRAVEL:	0,0%	COARSE SAND:	0,0%
SAND:	5,3%	MEDIUM SAND:	0,0%
MUD:	94,7%	FINE SAND:	0,0%
		V FINE SAND:	5,3%
V COARSE GRAVEL:	0,0%	V COARSE SILT:	17,3%
COARSE GRAVEL:	0,0%	COARSE SILT:	21,8%
MEDIUM GRAVEL:	0,0%	MEDIUM SILT:	21,4%
FINE GRAVEL:	0,0%	FINE SILT:	14,2%
V FINE GRAVEL:	0,0%	V FINE SILT:	10,9%
V COARSE SAND:	0,0%	CLAY:	9,2%

	METHOD OF MOMENTS			FOLK & WARD METHOD		
	Arithmetic μm	Geometric μm	Logarithmic ϕ	Geometric μm	Logarithmic ϕ	Description
MEAN ($\bar{x}$):	20,17	10,97	6,511	11,67	6,421	Medium Silt
SORTING (σ):	19,98	3,709	1,891	3,419	1,773	Poorly Sorted
SKEWNESS (Sk):	1,471	-0,997	0,997	-0,168	0,168	Fine Skewed
KURTOSIS (K):	4,867	4,483	4,483	0,929	0,929	Mesokurtic

GRAIN SIZE DISTRIBUTION



SAMPLE STATISTICS

SAMPLE IDENTITY: **4**

ANALYST & DATE: ,

SAMPLE TYPE: Trimodal, Poorly Sorted

TEXTURAL GROUP: Mud

SEDIMENT NAME: Medium Silt

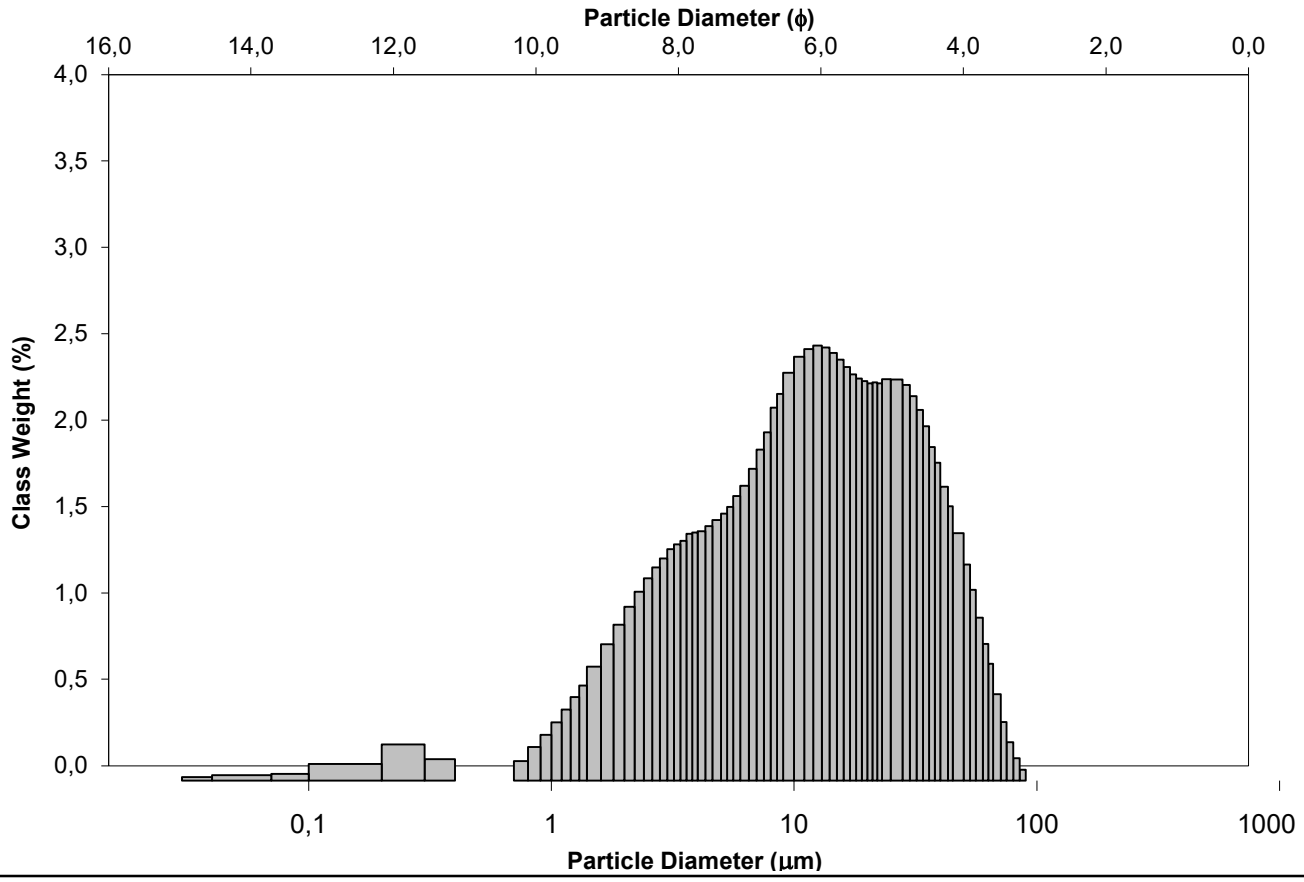
	μm	ϕ
MODE 1:	12,50	6,323
MODE 2:	24,00	5,382
MODE 3:	21,50	5,540
D_{10}:	2,007	4,659
MEDIAN or D_{50}:	11,47	6,446
D_{90}:	39,58	8,961
(D_{90} / D_{10}):	19,72	1,923
(D_{90} - D_{10}):	37,58	4,302
(D_{75} / D_{25}):	5,222	1,444
(D_{75} - D_{25}):	19,52	2,385

GRAIN SIZE DISTRIBUTION

GRAVEL:	0,0%	COARSE SAND:	0,0%
SAND:	1,7%	MEDIUM SAND:	0,0%
MUD:	98,3%	FINE SAND:	0,0%
		V FINE SAND:	1,7%
V COARSE GRAVEL:	0,0%	V COARSE SILT:	15,1%
COARSE GRAVEL:	0,0%	COARSE SILT:	22,5%
MEDIUM GRAVEL:	0,0%	MEDIUM SILT:	23,3%
FINE GRAVEL:	0,0%	FINE SILT:	15,9%
V FINE GRAVEL:	0,0%	V FINE SILT:	11,9%
V COARSE SAND:	0,0%	CLAY:	9,7%

	METHOD OF MOMENTS			FOLK & WARD METHOD		
	Arithmetic μm	Geometric μm	Logarithmic ϕ	Geometric μm	Logarithmic ϕ	Description
MEAN ($\bar{x}$):	16,66	9,545	6,711	10,24	6,610	Medium Silt
SORTING (σ):	15,68	3,503	1,809	3,195	1,676	Poorly Sorted
SKEWNESS (Sk):	1,393	-1,063	1,063	-0,177	0,177	Fine Skewed
KURTOSIS (K):	4,680	4,731	4,731	0,923	0,923	Mesokurtic

GRAIN SIZE DISTRIBUTION



SAMPLE STATISTICS

SAMPLE IDENTITY: **5** ANALYST & DATE: ,

SAMPLE TYPE: Polymodal, Very Poorly Sorted TEXTURAL GROUP: Muddy Sand

SEDIMENT NAME: Coarse Silty Fine Sand

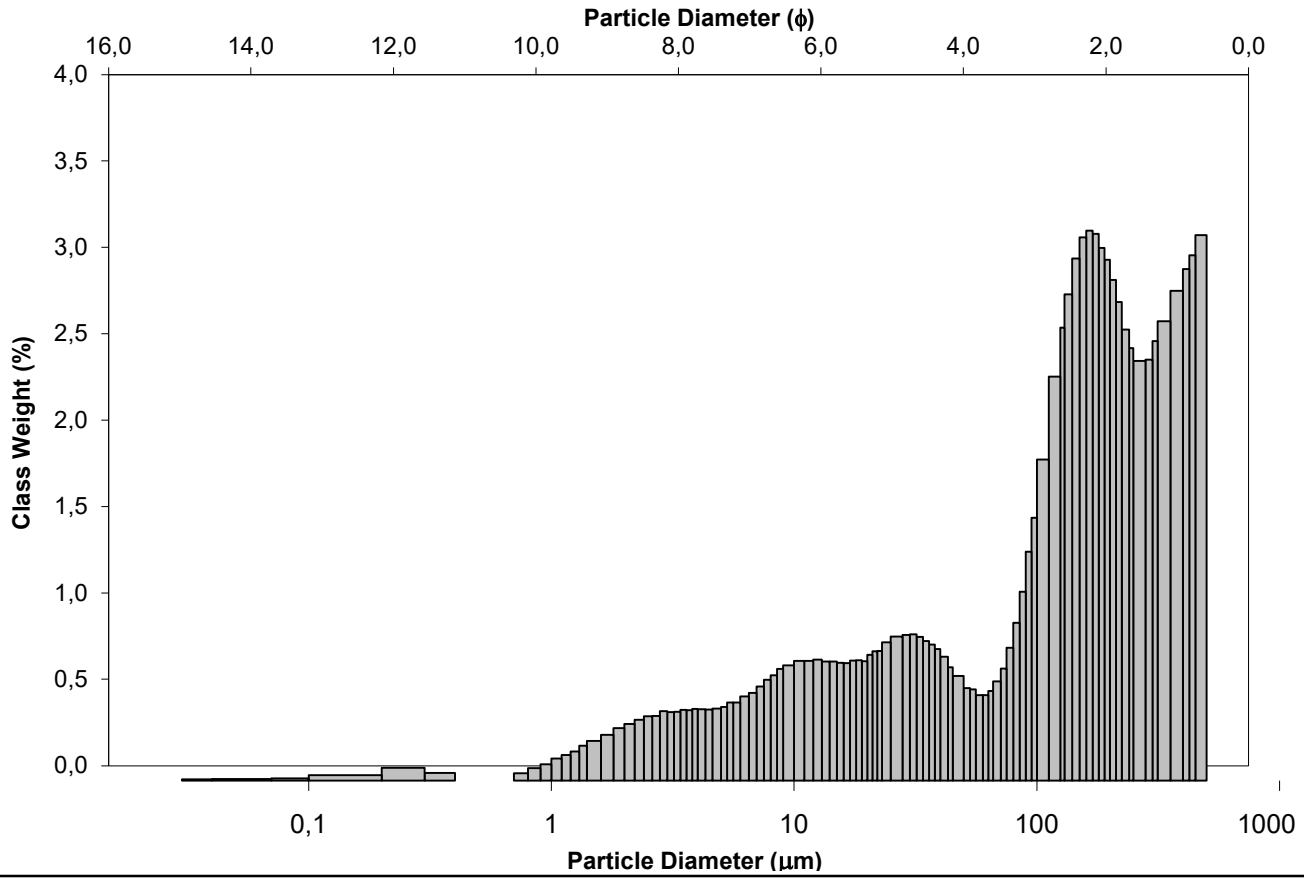
	μm	ϕ
MODE 1:	165,0	2,600
MODE 2:	475,0	1,076
MODE 3:	31,00	5,012
D_{10}:	6,341	1,334
MEDIAN or D_{50}:	143,4	2,802
D_{90}:	396,7	7,301
(D_{90} / D_{10}):	62,56	5,474
(D_{90} - D_{10}):	390,4	5,967
(D_{75} / D_{25}):	8,881	2,642
(D_{75} - D_{25}):	234,6	3,151

GRAIN SIZE DISTRIBUTION

GRAVEL:	0,0%	COARSE SAND:	0,0%
SAND:	68,0%	MEDIUM SAND:	26,9%
MUD:	32,0%	FINE SAND:	28,5%
		V FINE SAND:	12,5%
V COARSE GRAVEL:	0,0%	V COARSE SILT:	6,5%
COARSE GRAVEL:	0,0%	COARSE SILT:	7,4%
MEDIUM GRAVEL:	0,0%	MEDIUM SILT:	6,6%
FINE GRAVEL:	0,0%	FINE SILT:	4,5%
V FINE GRAVEL:	0,0%	V FINE SILT:	3,7%
V COARSE SAND:	0,0%	CLAY:	3,4%

	METHOD OF MOMENTS			FOLK & WARD METHOD		
	Arithmetic	Geometric	Logarithmic	Geometric	Logarithmic	Description
	μm	μm	ϕ	μm	ϕ	
MEAN ($\bar{x}$):	168,1	79,01	3,662	84,91	3,558	Very Fine Sand
SORTING (σ):	143,0	5,238	2,389	4,945	2,306	Very Poorly Sorted
SKEWNESS (Sk):	0,621	-1,273	1,273	-0,515	0,515	Very Fine Skewed
KURTOSIS (K):	2,288	4,227	4,227	0,957	0,957	Mesokurtic

GRAIN SIZE DISTRIBUTION



SAMPLE STATISTICS

SAMPLE IDENTITY: **6** ANALYST & DATE: ,

SAMPLE TYPE: Polymodal, Very Poorly Sorted TEXTURAL GROUP: Muddy Sand

SEDIMENT NAME: Coarse Silty Fine Sand

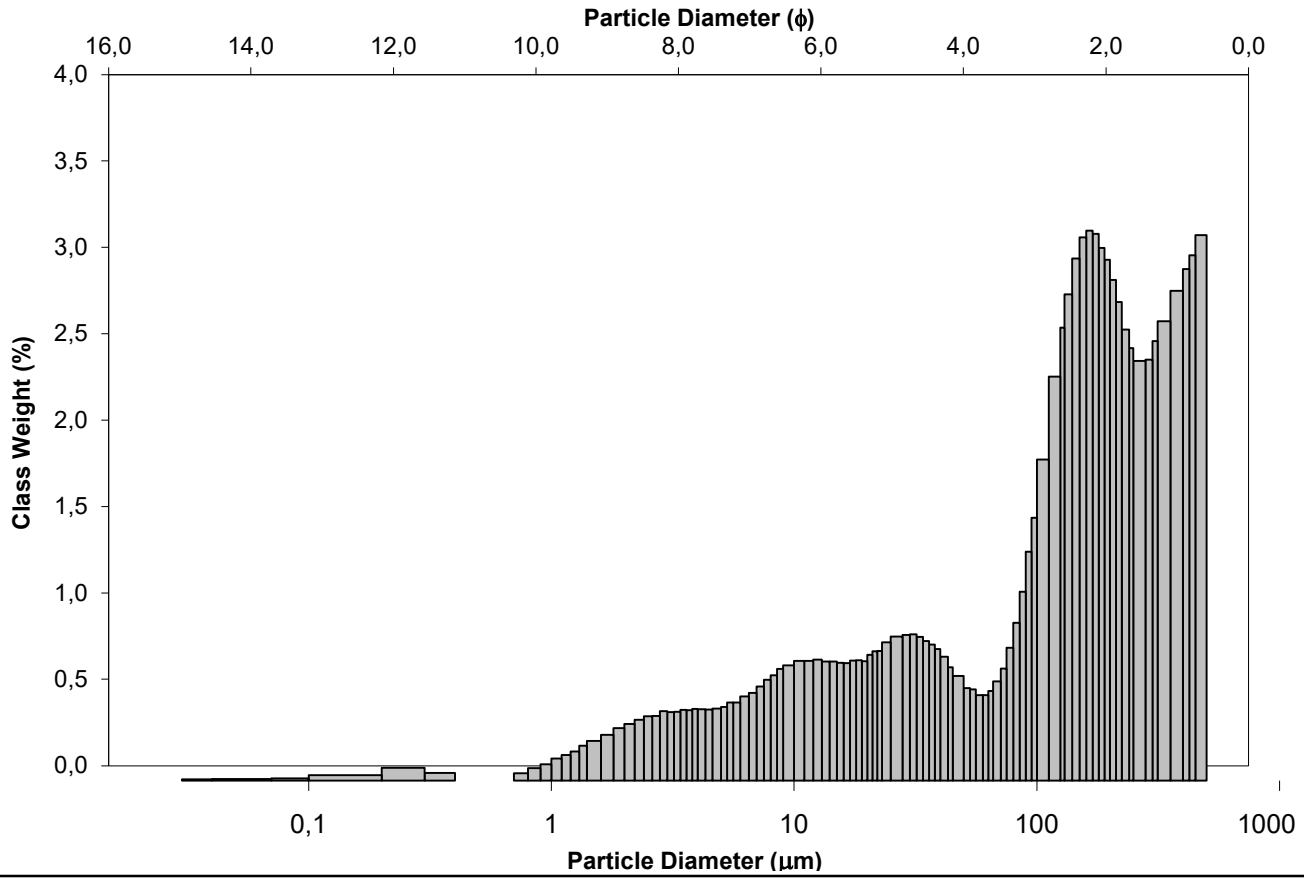
	μm	ϕ
MODE 1:	165,0	2,600
MODE 2:	475,0	1,076
MODE 3:	31,00	5,012
D_{10}:	6,341	1,334
MEDIAN or D_{50}:	143,4	2,802
D_{90}:	396,7	7,301
(D_{90} / D_{10}):	62,56	5,474
(D_{90} - D_{10}):	390,4	5,967
(D_{75} / D_{25}):	8,881	2,642
(D_{75} - D_{25}):	234,6	3,151

GRAIN SIZE DISTRIBUTION

GRAVEL:	0,0%	COARSE SAND:	0,0%
SAND:	68,0%	MEDIUM SAND:	26,9%
MUD:	32,0%	FINE SAND:	28,5%
		V FINE SAND:	12,5%
V COARSE GRAVEL:	0,0%	V COARSE SILT:	6,5%
COARSE GRAVEL:	0,0%	COARSE SILT:	7,4%
MEDIUM GRAVEL:	0,0%	MEDIUM SILT:	6,6%
FINE GRAVEL:	0,0%	FINE SILT:	4,5%
V FINE GRAVEL:	0,0%	V FINE SILT:	3,7%
V COARSE SAND:	0,0%	CLAY:	3,4%

	METHOD OF MOMENTS			FOLK & WARD METHOD		
	Arithmetic	Geometric	Logarithmic	Geometric	Logarithmic	Description
	μm	μm	ϕ	μm	ϕ	
MEAN ($\bar{x}$):	168,1	79,01	3,662	84,91	3,558	Very Fine Sand
SORTING (σ):	143,0	5,238	2,389	4,945	2,306	Very Poorly Sorted
SKEWNESS (Sk):	0,621	-1,273	1,273	-0,515	0,515	Very Fine Skewed
KURTOSIS (K):	2,288	4,227	4,227	0,957	0,957	Mesokurtic

GRAIN SIZE DISTRIBUTION



SAMPLE STATISTICS

SAMPLE IDENTITY: **LE** ANALYST & DATE: ,

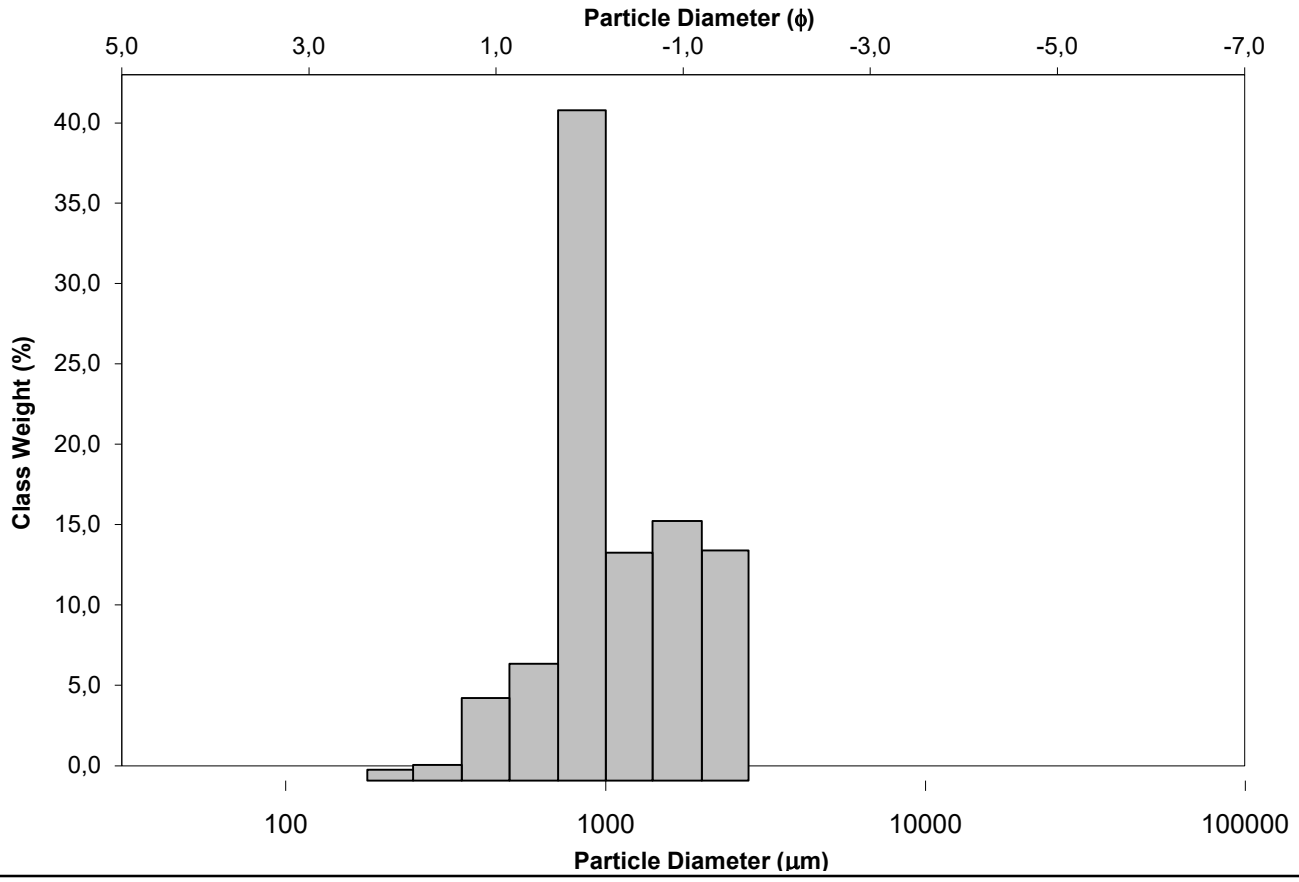
SAMPLE TYPE: Bimodal, Moderately Sorted TEXTURAL GROUP: Gravelly Sand

SEDIMENT NAME: Very Fine Gravelly Coarse Sand

	µm	ϕ
MODE 1:	855,0	0,247
MODE 2:	1700,0	-0,743
MODE 3:		
D_{10}:	584,3	-1,138
MEDIAN or D_{50}:	955,4	0,066
D_{90}:	2200,3	0,775
(D_{90} / D_{10}):	3,765	-0,681
(D_{90} - D_{10}):	1615,9	1,913
(D_{75} / D_{25}):	2,033	-0,552
(D_{75} - D_{25}):	802,8	1,024

GRAIN SIZE DISTRIBUTION

GRAVEL:	14,0%	COARSE SAND:	48,8%
SAND:	86,0%	MEDIUM SAND:	6,1%
MUD:	0,0%	FINE SAND:	0,6%
		V FINE SAND:	0,0%
V COARSE GRAVEL:	0,0%	V COARSE SILT:	0,0%
COARSE GRAVEL:	0,0%	COARSE SILT:	0,0%
MEDIUM GRAVEL:	0,0%	MEDIUM SILT:	0,0%
FINE GRAVEL:	0,0%	FINE SILT:	0,0%
V FINE GRAVEL:	14,0%	V FINE SILT:	0,0%
V COARSE SAND:	30,5%	CLAY:	0,0%

	METHOD OF MOMENTS			FOLK & WARD METHOD		
	Arithmetic µm	Geometric µm	Logarithmic ϕ	Geometric µm	Logarithmic ϕ	Description
MEAN ($\bar{x}$):	1209,7	1055,9	-0,078	1096,8	-0,133	Very Coarse Sand
SORTING (σ):	602,2	1,646	0,719	1,656	0,728	Moderately Sorted
SKEWNESS (Sk):	0,835	-0,119	0,119	0,268	-0,268	Coarse Skewed
KURTOSIS (K):	2,573	2,909	2,909	0,992	0,992	Mesokurtic

GRAIN SIZE DISTRIBUTION