

IAGO ALONSO GUEDES MARTINS

**Uso sustentável de macroalgas arribadas no
litoral do Espírito Santo: análise da
biodiversidade e do estado reprodutivo**

Dissertação apresentada ao Instituto de Pesquisas Ambientais, da Secretaria de Infraestrutura e Meio Ambiente, como parte dos requisitos exigidos para a obtenção do título de MESTRE em BIODIVERSIDADE VEGETAL E MEIO AMBIENTE, na Área de Concentração de Plantas Avasculares e Fungos em Análises Ambientais.

SÃO PAULO

2023

IAGO ALONSO GUEDES MARTINS

**Uso sustentável de macroalgas arribadas no
litoral do Espírito Santo: análise da
biodiversidade e do estado reprodutivo**

Dissertação apresentada ao Instituto de Pesquisas Ambientais, da Secretaria de Infraestrutura e Meio Ambiente, como parte dos requisitos exigidos para a obtenção do título de MESTRE em BIODIVERSIDADE VEGETAL E MEIO AMBIENTE, na Área de Concentração de Plantas Avasculares e Fungos em Análises Ambientais.

ORIENTADORA: DRA. MUTUE TOYOTA FUJII

COLABORADOR: DR. THIAGO HOLANDA BASÍLIO

Ficha Catalográfica elaborada pelo NÚCLEO DE BIBLIOTECAS E MAPOTECAS

Martins, Iago Alonso Guedes

M379u Uso sustentável de macroalgas arribadas no litoral do Espírito Santo: análise da biodiversidade e do estado reprodutivo / Iago Alonso Guedes Martins -- São Paulo, 2023.
48p.; il.

Dissertação (Mestrado) -- Instituto de Pesquisas Ambientais da Secretaria de Meio Ambiente, Infraestrutura e Logística, 2023.

Bibliografia.

1. Macroalgas arribadas
2. Phaeophyceae
3. Reprodução
4. Rhodophyta
5. Ulvophyceae

CDU: 582.26

BANCA EXAMINADORA

Dra. Mutue Toyota Fujii (Orientadora)

Dra. Yocie Yoshenigue Valentin

Dra. Elica Amara Cecilia Guedes

“Despite everything, it’s still you.” – Undertale, 2015

Agradecimentos

Ao Instituto de Pesquisas Ambientais, em especial ao Núcleo de Conservação da Biodiversidade - Ficologia e ao Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade Vegetal e Meio Ambiente pela oportunidade de realizar meu curso de mestrado e agregar muito mais do que imaginava à minha formação. Ademais, agradeço a possibilidade de poder ser acolhido por este Instituto, com o alojamento, que veio a se tornar meu segundo lar enquanto exerci minhas funções.

Ao Instituto Federal do Espírito Santo – Campus Piúma, pois sem eles e seus colaboradores este projeto seria totalmente inviável, permitindo-me inclusive uso de suas dependências na coleta da qual participei.

Ao CNPq, pela concessão da bolsa (Processo 162031/2021-1) com a qual fui capaz de me manter em São Paulo e executar meu mestrado.

À RECEPAC (Chamada Pública de Projetos de Pesquisa e Extensão Nº 22/2021) por permitir o financiamento do projeto maior no qual este se insere.

À minha orientadora, Dra. Mutue Toyota Fujii, por ter aceitado me orientar e também por toda a compreensão, preocupação e cuidado durante o período de execução deste curso de mestrado. Por toda a confiança a mim concedida e por todo o aprendizado que tive nesse período. Também pela convivência sempre agradável, em laboratório ou em momentos de descontração na copa ou conversando em sua sala. Sem todo esse acolhimento, é certo que o presente trabalho jamais existiria. A ela serei eternamente grato por tudo isso.

Aos membros da banca, Dra. Yocie Yoneshigue Valentin e Dra. Élica Amara Cecília Guedes por terem aceitado o convite e suas contribuições a este trabalho.

Ao Prof. Dr. Thiago Holanda Basílio por seu acolhimento durante minha estadia no Espírito Santo, por ter sido a força motriz por trás da existência desse trabalho, pelo seu desempenho nas campanhas de coleta, por todo o ensinamento e contribuições para o melhoramento e execução deste projeto.

Ao Igor Fontes, orientando do Prof. Thiago H. Basílio, por me acolher em sua casa enquanto estive no Espírito Santo e pelas conversas que lá tivemos tanto sobre o projeto quanto conversas informais.

Aos demais pesquisadores integrantes do edital da RECEPAC, por sempre arguirem construtivamente para o melhor desenvolvimento de todo o projeto e executarem suas partes de forma exemplar.

À Dra. Andrea Tucci, por sempre estar disponível para conversar, fosse sobre os mais diversos assuntos ou sobre questões acadêmicas, cujas palavras sempre me fizeram me sentir muito acolhido.

Ao Dr. Fábio Nauer, por sua solicitude e contribuição com a parte estatística de meu projeto.

À Marina e à Val do Núcleo de Conservação da Biodiversidade - Ficologia, por serem sempre tão companheiras, cuidadosas e preocupadas comigo, por sempre estarem dispostas a conversar e sempre deixarem meus dias mais leves com suas energias radiantes. Sempre serei grato à vocês.

À Neide, do Núcleo de Conservação da Biodiversidade - Ficologia, que mesmo que nossa convivência tenha sido mais curta, assim como as duas últimas mencionadas, sempre me acolheu e me fez sentir cada vez mais em casa estando tão longe dela.

À Shirlei e à Iolane da secretaria, por também sempre serem ótimas companhias e sempre se preocuparem e me auxiliarem sempre que precisei com maestria e eficiência.

Aos docentes com quem tive contato e cursei disciplinas durante meu mestrado, Dr. Carlos Bicudo, Dr. Jefferson Prado, Dr. Eduardo Cabral, Dr. Fábio Nauer, Dra. Luanda Soares, Dr. Otávio Marques da Silva e Dra. Inês Cordeiro, por todo o conhecimento a mim concedido e solicitude durante as disciplinas.

Aos demais do corpo técnico do Instituto, que sempre foram solícitos e prestativos, independentemente de qual fosse minha necessidade.

À colega Laís Marta, por ter sido uma excelente companhia no tempo que esteve por aqui e por me encorajar a seguir em frente e executar meu trabalho da melhor forma possível.

Aos meus colegas de convivência do alojamento, em especial o Denis, a Luiza, a Natália e o Alan por serem sempre tão companheiros e amigos, tornando esta convivência mais leve e agradável, sempre à disposição para ouvir minhas infundáveis reclamações e me ajudar a recuperar meu sorriso.

Aos meus amigos, Lucas, Everton e Henrique por sempre passarmos tempo juntos, mesmo que distantes, me trazendo boas risadas e também amparo, compreensão e conselhos quando meus dias eram difíceis, além de me permitirem espalhacer e abstrair todo o caos que a vida acadêmica pode trazer.

À minha mãe, Fabíola Alonso, por tudo que vivi e aprendi enquanto seu filho, por todo o cuidado, acolhimento e carinho que recebi de você, ainda mais considerando todos os momentos difíceis que passei durante a execução deste projeto.

Ao meu avô, Milton Alonso, por ser essa figura que admiro sempre e sempre admirarei, por toda a confiança, incentivo, ajuda e carinho que recebi de ti, além de todo o aprendizado que contribuiu para formar o homem que sou hoje.

À minha avó, Sônia Alonso, por todo o amor, carinho, confiança e incentivo, por sempre me proporcionar palavras doces e me encorajar a sempre dar meu melhor.

À minha tia, Fernanda Alonso, que sempre esteve ao meu lado, fosse para compartilharmos angústias ou nos encorajarmos a ser fortes para encarar mais um dia nos tempos difíceis. Obrigado por todo o carinho e força.

À minha irmã Laura Alonso, por toda a admiração e tempo de qualidade que passamos juntos. Espero te orgulhar muito mais ainda.

RESUMO

Existe um consenso de que o planeta vem passando por mudanças climáticas significativas, e estas mudanças têm afetado a intensidade e frequência de tempestades tropicais, fato que contribui para a ocorrência do fenômeno de arribadas de algas em costas tropicais, inclusive no litoral brasileiro. O fenômeno de arribada de algas se caracteriza pelo desprendimento natural de algas de seu substrato e sua subsequente deposição sobre praias ao longo da costa após um período de deriva. As arribadas de algas que ocorrem no Brasil são multiespecíficas, incluindo espécies economicamente interessantes e viáveis, que podem ser utilizadas em diversas indústrias para a produção de insumos farmacêuticos, cosméticos, ração animal, fertilizantes e alimentos, devido às diversas propriedades nutracêuticas. O litoral do Espírito Santo se destaca pela sua diversidade de macroalgas marinhas e pela ocorrência frequente de arribadas de algas. Contudo, a biomassa depositada sobre as praias é frequentemente considerada um problema de saneamento público, onde os governos locais descartam as algas arribadas numa tentativa de manutenção estética das praias turísticas. Isto ocorre durante um momento onde há uma crescente demanda por matérias-primas renováveis e acessíveis. Neste contexto, o presente estudo, como parte de um projeto maior “Desenvolvimento de Tecnologias Sociais para o Uso Sustentável de Macroalgas do Litoral Capixaba”, do Instituto Federal do Espírito Santo- IFES, propõe analisar a composição das espécies de macroalgas arribadas sobre as praias e o estado reprodutivo desses espécimes. As coletas foram realizadas ao longo de nove meses em cinco localidades na costa do Espírito Santo, três situadas ao norte do estado e duas ao sul. Durante as análises, foram identificados 81 táxons distribuídos em 33 famílias, das quais 21 são de algas vermelhas, com 54 espécies, 9 famílias de algas verdes, com 16 espécies e 3 famílias de algas pardas, com 11 espécies. Uma análise comparativa do material revelou pouca diferença entre as composições taxonômicas do litoral norte e sul, indicando relativa uniformidade na diversidade de algas das duas regiões estudadas. Já as análises temporais, revelaram que há certa sazonalidade, onde o período chuvoso representa onde ocorre a maior diversidade de espécies de algas arribadas. De todas as espécies identificadas, apenas 17 apresentaram estruturas reprodutivas ao longo do período de estudo. Destas, somente quatro espécies apresentaram tais estruturas: *Osmundaria obtusiloba*, *Sargassum stenophyllum*, *S. vulgare* e *Zonaria tournefortii*, sugerindo que o papel reprodutivo do material arribado pode não ser significativo para a manutenção das populações existentes na região.

Palavras-chave: macroalgas arribadas, Phaeophyceae, reprodução, Rhodophyta, Ulvophyceae.

ABSTRACT

There is a consensus that the planet has been undergoing significant climate change, and these changes have affected the intensity and frequency of tropical storms, a fact that contributes to the occurrence of the phenomenon of beach-cast seaweeds on tropical coasts, including the Brazilian coast. This phenomenon is characterized by the natural detachment of algae from their substrate and their subsequent deposition on beaches across the coast after a period of drifting. Brazilian beach-casts are multispecific, including economically interesting and viable species, which can be used in various industries for the production of pharmaceutical inputs, cosmetics, animal feed, fertilizers and foods, due to their diverse nutraceutical properties. The coast of Espírito Santo stands out for its diversity of marine macroalgae and the frequent occurrence of beach-cast seaweeds. However, the biomass deposited on beaches is often considered a public sanitation problem, where local governments discard algae in an attempt to maintain the aesthetics of tourist beaches. This happens during a moment with growing demand for renewable and accessible natural resources. In this context, the present study, as part of a larger project "Development of Social Technologies for the Sustainable Use of Macroalgae on the Capixaba Coast", by the Federal Institute of Espírito Santo - IFES, proposes to analyze the composition of macroalgae species thrown onto the beaches and the reproductive status of these specimens. The collections were carried out over 9 months in 5 locations on the coast of Espírito Santo, 3 located in the north of the state and 2 in the south. During the analyses, 81 taxa distributed across 33 families were identified, of which 21 are red algae, with 54 species, 9 families of green algae, with 16 species and 3 families of brown algae, with 11 species. A comparative analysis of the material revealed little difference between the taxonomic compositions of the north and south coast, indicating relative uniformity in the diversity of algae in the two studied regions. The temporal analyzes revealed that there is a certain seasonality, where the rainy season represents the moment when the greatest diversity of algae arrives on the beaches. Of all the species identified, only 17 showed reproductive structures throughout the studied period. Of these, only four species frequently presented such structures: *Osmundaria obtusiloba*, *Sargassum stenophyllum*, *S. vulgare* and *Zonaria tournefortii*, suggesting that the reproductive role of the beach-cast seaweeds may not be significant for the maintenance of existing populations in the region.

Keywords: beach-cast seaweeds, Phaeophyceae, reproduction, Rhodophyta, Ulvophyceae.

Índice de Figuras

Figura 1.	Mapa da costa do Espírito Santo destacando as praias estudadas	7
Figura 2.	Temperaturas máximas e mínimas e pluviosidade do litoral sul (Climatempo)	8
Figura 3.	Temperaturas máximas e mínimas e pluviosidade do litoral norte (Climatempo)	8
Figura 4.	Velocidade média dos ventos no litoral sul (WeatherSpark)	9
Figura 5.	Velocidade média dos ventos no litoral norte (WeatherSpark)	9
Figura 6.	Temperatura média da água no litoral sul (WeatherSpark)	10
Figura 7.	Temperatura média da água no litoral norte (WeatherSpark)	10
Figura 8.	Transecto utilizado durante as coletas de material arribado	11
Figura 9.	Quadrante de coleta disposto sobre algas arribadas	11
Figura 10.	Distribuição espacial das rodofíceas arribadas no litoral do Espírito Santo	17
Figura 11.	Distribuição espacial das feofíceas arribadas no litoral do Espírito Santo	17
Figura 12.	Distribuição espacial das clorofíceas arribadas no litoral do Espírito Santo	18
Figura 13.	Distribuição temporal das rodofíceas arribadas no litoral do Espírito Santo	19
Figura 14.	Distribuição temporal das feofíceas arribadas no litoral do Espírito Santo	19
Figura 15.	Distribuição temporal das clorofíceas arribadas no litoral do Espírito Santo	20
Figura 16.	Espécies mais frequentes de rodofíceas presentes nas arribadas: A. <i>Alsidium seaforthii</i> , B. <i>Corallina officinalis</i> , C. <i>Cryptonemia seminervis</i> , D. <i>Dichotomaria marginata</i> , E. <i>Osmundaria obtusiloba</i> , F. <i>Plocamium brasiliense</i>	21
Figura 17.	Gráfico de frequência de ocorrência das dez espécies de Rhodophyta mais recorrentes no material arribado estudado	21
Figura 18.	Espécies mais frequentes de feofíceas e clorofíceas presentes nas arribadas. A. <i>Dictyopteris delicatula</i> , B. <i>Sargassum stenophyllum</i> , C. <i>Sargassum vulgare</i> , D. <i>Zonaria tournefortii</i> , E. <i>Anadyomene stellata</i> , F. <i>Ulva lactuca</i>	22
Figura 19.	Gráfico de frequência de ocorrência de espécies de Phaeophyceae no material arribado estudado	23
Figura 20.	Gráfico de frequência de ocorrência de espécies de Ulvophyceae no material arribado estudado	23
Figura 21.	Gráfico de frequência total de ocorrência de espécies de macroalgas arribadas no litoral do Espírito Santo	24
Figura 22.	Número de espécies em cada praia estudada, separadas por grupo, encontradas nas algas arribadas no litoral do Espírito Santo	25
Figura 23.	Recifes de arenito presentes na praia da Enseada das Garças, litoral norte do Espírito Santo	26
Figura 24.	Número de espécies de algas arribadas registradas nos períodos seco e chuvoso no litoral do Espírito Santo	27
Figura 25.	Número de espécies de algas arribadas registradas nos períodos seco e chuvoso no litoral do Espírito Santo, separadas por classe	27
Figura 26.	Média anual de biomassa seca dos gêneros mais abundantes nas arribadas do litoral do Espírito Santo	28
Figura 27.	Estruturas reprodutivas de <i>Sargassum vulgare</i> (A), <i>Sargassum stenophyllum</i> (B), <i>Zonaria tournefortii</i> (C) e <i>Osmundaria obtusiloba</i> (D)	30
Figura 28.	Número de espécies de macroalgas arribadas com estruturas reprodutivas no período seco e chuvoso	31

Índice de Tabelas

Tabela 1.	Espécies de algas arribadas identificadas no litoral do Espírito Santo	14
Tabela 2.	Índice de Feldmann e de Cheney para as praias estudadas	28

Sumário

1. Introdução.....	1
2. Objetivos	5
2.1 Objetivos Gerais	5
2.1 Objetivos Específicos.....	5
3. Material e Métodos.....	5
3.1 Áreas de Estudo e Coletas.....	5
3.2 Análises Taxonômicas e Avaliação do Estado Reprodutivo	12
3.2 Análises Estatísticas.....	12
4. Resultados	13
4.1 Dados Taxonômicos.....	13
4.2 Dados de Estado Reprodutivo	28
5. Discussão	31
6. Considerações Finais.....	34
7. Referências Bibliográficas	34

1. Introdução

As macroalgas são organismos fotossintetizantes distribuídas em três linhagens taxonômicas distintas, Rhodophyta, Ochrophyta e Chlorophyta. Nas duas últimas apenas as classes Phaeophyceae e Ulvophyceae possuem representantes macroscópicos marinhos. Em sua grande maioria, as macroalgas ocorrem em ambientes marinhos, caracterizados por frequentes mudanças abióticas (Pereira & Soares-Gomes, 2002; Yoshenigue-Valentin et al. 2006; Graham & Wilcox, 2009).

No litoral brasileiro, são conhecidas mais de 800 espécies de macroalgas marinhas (Menezes et al. 2015), com destaque para as regiões nordeste e sudeste, onde a riqueza e abundância ocorrentes são de grande interesse econômico e ambiental (Castro, 2020; Cavalcanti & Fujii 2021a).

No Espírito Santo, até então já foram registradas 416 espécies de macroalgas marinhas. Destas, 257 espécies são de algas vermelhas (Rhodophyta), 97 espécies de algas verdes (Ulvophyceae) e 62 espécies de algas pardas (Phaeophyceae) (Bicudo & Menezes, 2010). No município de Piúma, litoral sul, o mais recente levantamento registrou a ocorrência de 62 espécies, distribuídas em 29 famílias (Basílio, 2020).

A utilização de macroalgas marinhas foi registrada em diferentes locais do planeta como alimentos e para medicina tradicional em assentamentos costeiros ao longo da história para diversas civilizações humanas (Pérez-Lloréns, 2020; Ferreira, 2020). Os diferentes grupos de algas possuem muitos compostos atraentes do ponto de vista econômico e alimentício, como as algas vermelhas, ricas em galactanas, e as pardas, ricas em alginatos (Castro, 2020).

Harb & Chow (2022) afirmaram que há uma demanda por novos produtos naturais marinhos, onde as macroalgas se destacam como a principal fonte de matéria-prima, portanto a disponibilidade de uma grande quantidade de biomassa algal é primordial para que essa atividade seja sustentável e não degrade ainda mais os ambientes marinhos.

O litoral do Espírito Santo está situado na área de transição entre as regiões tropical e temperada quente (Horta et al. 2001), abrigando a maior diversidade de macroalgas conhecidas no país. Entretanto, a composição ainda está longe de ser totalmente conhecida, principalmente devido à escassez de informações sobre a flora do infralitoral (Guimarães 2003, 2006). Segundo a

autora, a grande riqueza da flora deste estado tem sido atribuída à presença de muitos substratos consolidados, representados por costões rochosos e recifes de arenito incrustados de algas calcárias e da presença de rodolitos. São muito abundantes os fundos representados por substrato consolidado por concreções de algas calcárias e os extensos bancos de rodolitos ocorrendo sobre grandes extensões da plataforma continental, servindo também como substrato para uma flora de algas ainda pouco conhecida (Amado-Filho et al. 2007, 2010). Estes fundos calcários consolidados estendem-se acima da isóbata de 100 m, em águas sob a Corrente do Brasil, com alta transparência, o que propicia espaços adequados para a colonização por macroalgas (Horta et al. 2001).

Em alguns municípios do litoral do Espírito Santo, é comum observar grande quantidade de biomassa de macroalgas arribadas sobre as praias durante a maré baixa. Porém a composição desse material ainda não é bem conhecida e a biomassa não tem sido devidamente aproveitada (Cavalcanti & Fujii 2021a, b).

O processo natural de desprendimento de algas de seu substrato de origem e transporte pela ação de marés, correntes oceânicas, tempestades e ventos até uma praia, resultando em um depósito de biomassa de algas é chamado de arribada de algas. Esse acúmulo de biomassa frequentemente gera transtornos ao se decompor, uma vez que isto pode gerar um forte odor, tornando as praias onde as arribadas ocorrem indesejáveis para turismo e recreação. Alguns governos locais possuem programas de remoção dessas algas para manutenção de praias turísticas (Harb et al., 2021).

Recentemente, foi relatada a maior proliferação de arribadas de macroalgas ao longo do oceano Atlântico, atribuída às espécies pelágicas de algas pardas, *Sargassum natans* (Linnaeus) Gaillon e *S. fluitans* (Børgesen) Børgesen, que vem acontecendo de maneira recorrente, denominada de GASB, sigla em inglês para Grande Faixa de *Sargassum* do Atlântico (Wang et al. 2019). Historicamente, essas espécies pelágicas de algas pardas são formadas e estabelecidas no Mar de Sargaço, e as massas flutuantes estão contidas dentro do giro subtropical do Atlântico Norte, delimitado pela Corrente Norte Equatorial, Corrente das Antilhas e a Corrente das Canárias. Essa “floresta” tropical flutuante é bem conhecida por sua importância ecológica e suporte econômico às indústrias de pesca na região (Laffoley et al. 2011). Há um forte consenso internacional de que o mundo está passando por mudanças climáticas globais, e que as

tempestades tropicais podem ficar mais intensas e contribuir para o deslocamento dessas massas flutuantes.

Na costa brasileira, entretanto, não é tão comum a ocorrência de arribadas massivas de *Sargassum*, como a que ocorreu no norte e nordeste do Brasil, em julho de 2011 (Széchy et al. 2012) e novamente em 2014 e 2015 (Sissini et al. 2017). As arribadas de macroalgas no litoral brasileiro são relatadas com mais frequência, ocorrendo em muitas praias, mas são diferentes de GASB, por serem multiespecíficas, constituídas por espécies de algas vermelhas, pardas e verdes (Câmara-Neto 1971; Praciano 1977; Câmara-Neto et al. 1981; Guedes & Moura 1996; Calado et al. 2003; Barbosa 2010; Sacramento et al. 2013; Santos et al. 2013; Vila Nova et al. 2014; Ferreira et al. 2020; Cavalcanti & Fujii 2021a, b).

O fenômeno de arribadas vem de encontro à crescente demanda por biomassa de macroalgas que atendam aos propósitos como matéria-prima em diversos segmentos industriais, mas principalmente no ramo agrícola como bioestimulantes e ração. A biomassa de algas arribadas é ainda pouco explorada, apesar da grande quantidade de nitrogênio, potássio e cálcio, o que possibilita a sua utilização como fertilizante natural na forma de extratos líquidos ou de farinha, que podem oferecer vantagens em relação ao uso de fertilizantes químicos (Vila Nova et al. 2014; Araújo 2016). Como fertilizantes, as macroalgas atuam na nutrição vegetal como reguladoras, proporcionando uma resposta mais efetiva às condições de estresse (Ferreira et al. 2020).

Em um momento em que há um esgotamento de uso dos recursos naturais não renováveis, o uso de algas arribadas disponíveis em muitas praias do litoral brasileiro pode representar uma alternativa interessante para atender uma demanda energética crescente, partindo de uma perspectiva moderna que vê os desperdícios como matéria-prima (Mandalka et al. 2022). As macroalgas contêm uma quantidade significativa de proteínas, vitaminas e minerais, os quais são essenciais, inclusive, para a nutrição humana (Jimenez-Escrig & Sanchez-Muniz 2000; Mandalka et al. 2022). No geral, as macroalgas contêm níveis relativamente altos de proteínas, do qual derivados importantes são glutamatos, aminoácidos e peptídeos. Elas são importantes fontes de todos os aminoácidos e, portanto, são apropriadas para alimentação humana e de animais (Sanchez-Machado et al. 2004; Gressler et al. 2010, 2011).

Instalações de cultivo de algas marinhas e colheitas em bancos naturais não são capazes de suprir a demanda de biomassa. Portanto, algas arribadas representam uma alternativa potencial, uma vez que, neste fenômeno, ocorre a deposição de uma grande biomassa de algas, que seria facilmente acessível para coleta. (Harb & Chow, 2022).

Apesar da riqueza e abundância de macroalgas no Brasil, raramente elas são utilizadas. Seu uso, no geral, é limitado como fertilizantes em regiões litorâneas. Todos os anos, grandes quantidades de algas marinhas são retiradas das praias pelas autoridades locais como parte das operações de limpeza da praia e descartadas em aterros sanitários. Encontrar um destino comercial para estas algas pode agregar valor às macroalgas, considerando que atualmente não há orçamento adequado de mercado no Brasil (Mandalka et. al. 2022).

Sendo assim, a colheita gerenciada em áreas específicas, onde as algas arribadas são vistas como problemas, pode tanto limpar as praias afetadas, quanto produzir uma variedade de produtos econômicos como ração para fauna marinha, ração para gado, fertilizante agrícola e corretivo de solo afirmam Kirkman & Kendrick (1997). Essas algas representam importante recurso a ser considerado, devido aos metabólitos secundários que possuem e sua aplicação na indústria agrícola (Moreira et al. 2006; Gressler et al. 2010, 2011).

Uma avaliação química realizada por Ferreira et al. (2020) em macroalgas arribadas na Praia do Pacheco, estado do Ceará, indicou o potencial nutricional de *Gracilaria cearensis* (A.B.Joly & Pinheiro) A.B.Joly & Pinheiro, *Hypnea pseudomusciformis* Nauer, Cassano & M.C.Oliveira e *Ulva lactuca* Linnaeus (como *U. fasciata*) para produção de fertilizantes orgânicos, devido à maior concentração de macro nutrientes como nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) do que os fertilizantes comerciais utilizados. Para os micronutrientes, não foram detectadas grandes diferenças entre as concentrações presentes nas algas e no fertilizante. Contudo, para o ferro, que pode ser tóxico dependendo da concentração, os valores foram bem mais elevados no fertilizante comercial (Ferreira et al. 2020).

Contudo deve se considerar a utilização consciente das algas arribadas para garantir sua sustentabilidade, bem como, dos ecossistemas que dependem delas, visto que a colheita de macroalgas arribadas pode impactar os ecossistemas costeiros, devido à remoção de areia junto com o material, acelerando o processo de erosão e mudando o perfil topográfico das praias

(Kirkman & Kendrick 1997). Portanto, a remoção das algas arribadas não deve ultrapassar o limite de 70% em cada praia.

Após se soltarem de seus substratos, alguns táxons de algas marinhas, como *Sargassum*, retêm sua viabilidade reprodutiva e estar à deriva pode ter um papel importante na dispersão de propágulos por longas distâncias seja por reprodução sexuada ou assexuada. (McKenzie & Bellgrove 2008; Ulaski et al. 2023) Portanto, no presente estudo, o estado reprodutivo das algas arribadas coletadas foi analisado para que sua remoção não seja em detrimento da manutenção de populações vivas no infralitoral.

2. Objetivos

2.1 Objetivos Gerais

Identificar os táxons que compõem as algas arribadas no litoral capixaba e conhecer o seu estado reprodutivo, como forma de avaliar se a retirada da biomassa de macroalgas poderá interferir na disponibilidade de propágulos para a manutenção da biodiversidade.

2.2 Objetivos Específicos

1. Conhecer e comparar a biodiversidade de macroalgas arribadas nas praias do litoral norte e sul capixaba.
2. Avaliar o estado reprodutivo das algas arribadas

3. Material e Métodos

3.1 Áreas de estudo e coletas

As coletas das algas arribadas foram realizadas mensalmente por uma equipe do Instituto Federal do Espírito Santo (IFES), durante nove meses, em cinco praias do litoral do Espírito Santo; três ao Norte, nos municípios de Aracruz e Fundão, nas praias de Enseada das Garças, Praia dos Imigrantes e Barra do Sahy, respectivamente. E duas ao sul, em Piúma e Itapemirim, nas Praias Central de Piúma e Itaoca (Figura 1).

A região sul possui temperatura anual média de 23,6°C e a região norte, uma temperatura anual média de 23,4°C, caracterizando um clima tropical com temperaturas quentes ao longo do

ano (Figuras 2-3). A ocorrência de chuvas em ambas as regiões define uma estação seca, representada pelos meses de Maio a Setembro, e uma chuvosa, representada pelos meses de Março a Abril e Outubro e Novembro (Figuras 2-3), de acordo com dados climatológicos disponíveis na internet (Climatempo 2023a, b). Ao sul, a média de pluviosidade histórica é de 146,66 mm de chuva por ano e, ao norte, uma média histórica de 102,08 mm de chuva por ano. Outros fatores que podem influenciar a ocorrência de algas arribadas são a temperatura da água e quantidade de ventos nas regiões (Figuras 4-7). Além disso, esta área está sujeita a ação da corrente do Brasil, que carrega águas oligotróficas tropicais, cuja natureza é alterada pela ressurgência costeira de Cabo Frio e a presença de vórtices causados pela barreira de Abrolhos a cordilheira de montanhas marinhas de Vitória-Trindade, o que faz com que esta seja uma região de hidrodinamismo complexo (Valentin 2001; Boltovskoy & Valentin 2018).

A região sul é caracterizada por ventos mais intensos entre agosto e janeiro, com velocidades médias acima de 16,7 Km/h, e ventos mais amenos de fevereiro a julho, com velocidades médias de 14,2 Km/h. Enquanto a região norte apresenta ventos mais fortes de agosto a dezembro, com velocidades médias de 13,3 Km/h, e ventos menos intensos de janeiro a julho, com velocidades médias de 11,3 Km/h (WeatherSpark 2016a, b).

Em termos de temperatura da água, a região sul é mais quente durante os meses de fevereiro a abril, nos quais as temperaturas médias ficam acima de 25°C, e durante os meses de julho a outubro, as temperaturas são mais baixas, permanecendo abaixo dos 23°C. Para o litoral norte, os meses de fevereiro a abril são mais quentes, com temperaturas médias superiores a 26°C, e os meses de julho a meados de outubro são os mais frios, com temperaturas médias inferiores a 24°C (WeatherSpark 2016a, b).

As coletas foram realizadas durante os períodos de maré baixa, quando a ocorrência das algas arribadas é maior por permanecerem mais tempo sobre a areia, de acordo com Sistema de Autorização e Informação em Biodiversidade - SISBIO N° 78465-1. As algas arribadas foram retiradas das praias por coleta manual com ajuda de rastelos e carrinhos de mão.

A área de coleta foi dividida em duas subáreas, uma próxima à região de quebra das ondas e uma mais afastada dela; em cada subárea foi montado um transecto de 20 m, paralelo à linha da costa, posicionado sobre as manchas de algas arribadas. Nestes transectos, 3 quadrantes de 1 x 1 m foram selecionados, distando no mínimo 1 metro um do outro (Figuras 8-9). Todo o material

dentro do quadrante foi coletado, obtendo-se seis amostras em cada praia. As algas coletadas foram lavadas na água do mar para retirar areia e detritos associados, ensacadas e devidamente etiquetadas. Em laboratório, o material foi lavado com água de torneira e contabilizado (Marmitt et al. 2015). Deste material total, 10% da biomassa foram selecionadas, congeladas e enviadas para o IPA-SP para as análises taxonômicas e reprodutivas.

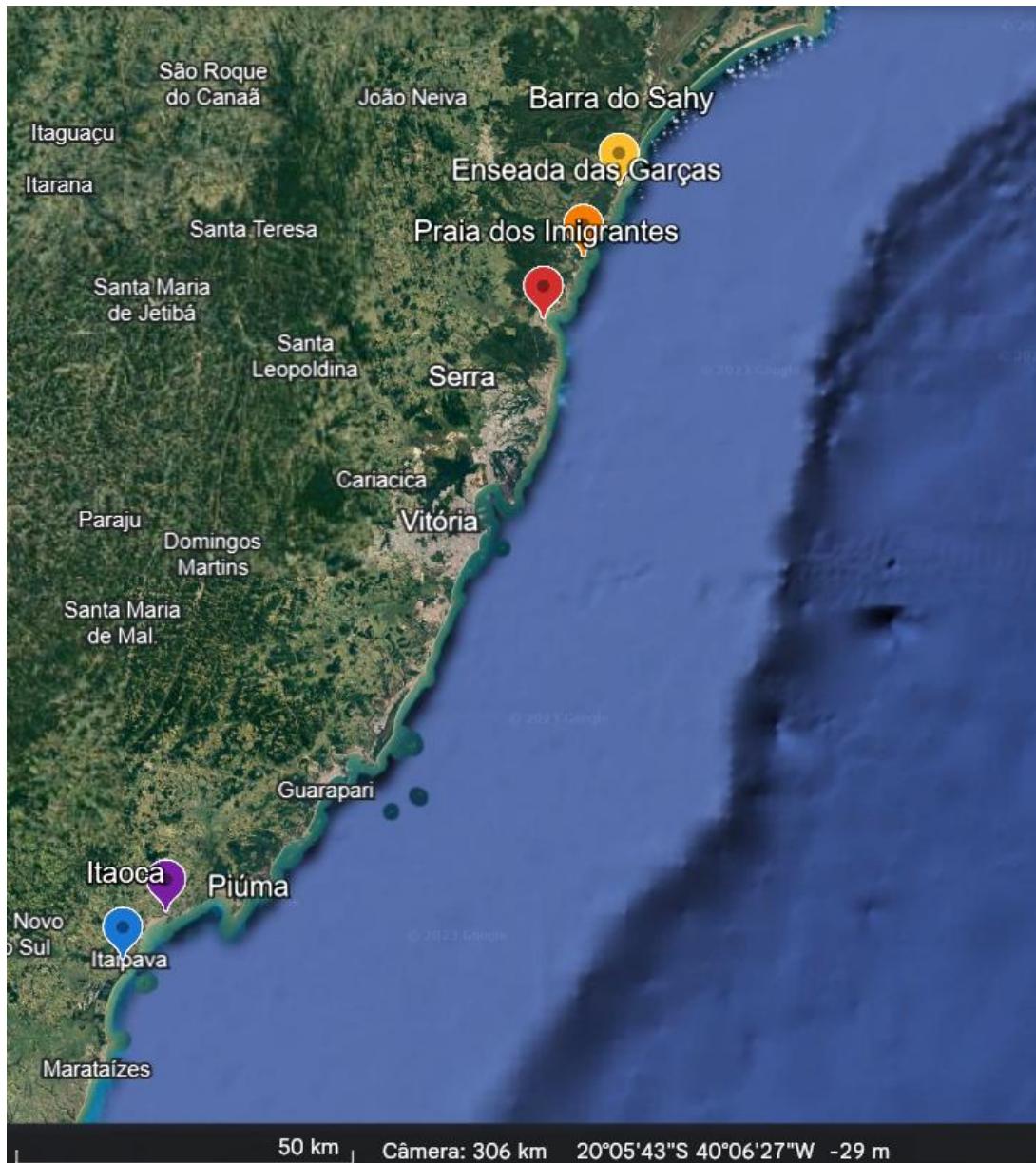


Figura 1. Mapa da costa do Espírito Santo, litoral sudeste do Brasil, destacando as praias estudadas. (Google Earth, 2023)

 Piúma - BR

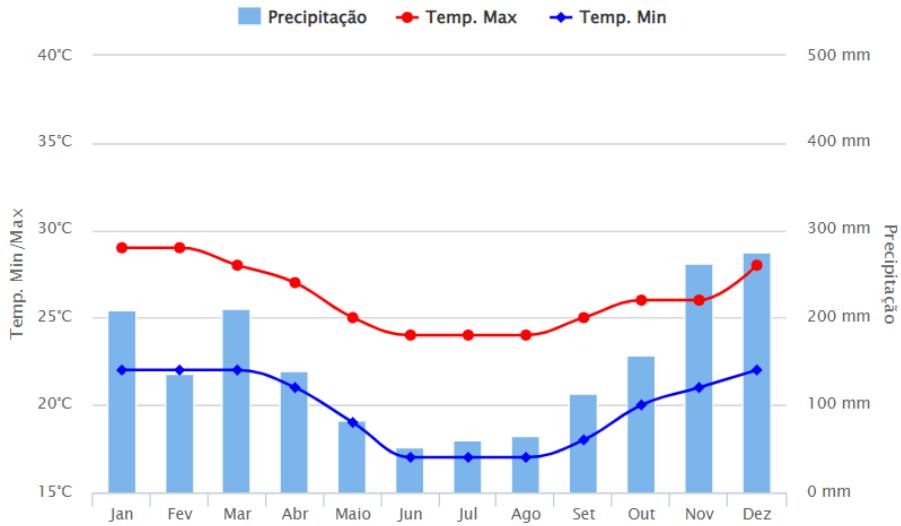


Figura 2. Temperaturas máximas e mínimas e pluviosidade do litoral sul (Climatempo, 2023).

Disponível em <https://www.climatempo.com.br/climatologia/3036/piuma-es>

 Aracruz - BR

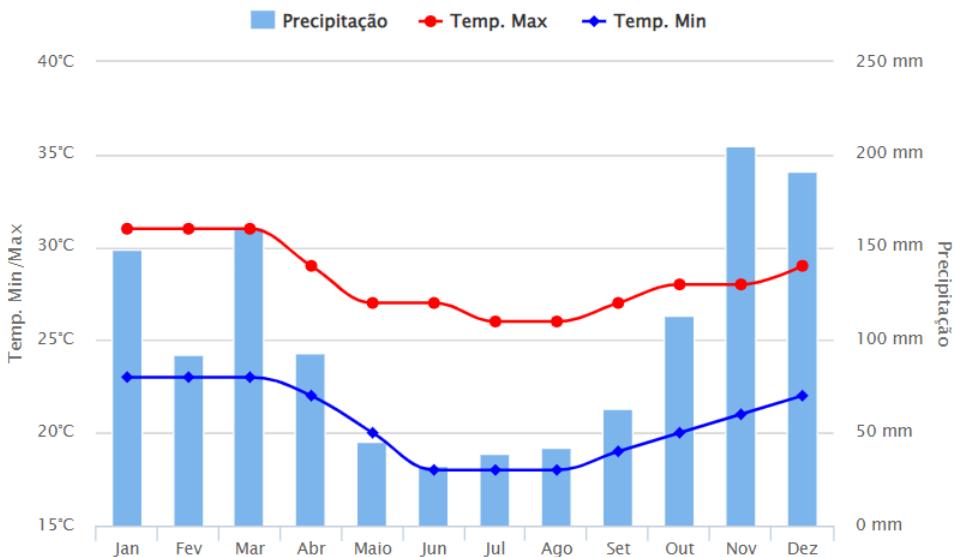


Figura 3. Temperaturas máximas e mínimas e pluviosidade do litoral norte (Climatempo, 2023).

Disponível em <https://www.climatempo.com.br/climatologia/63/aracruz-es>

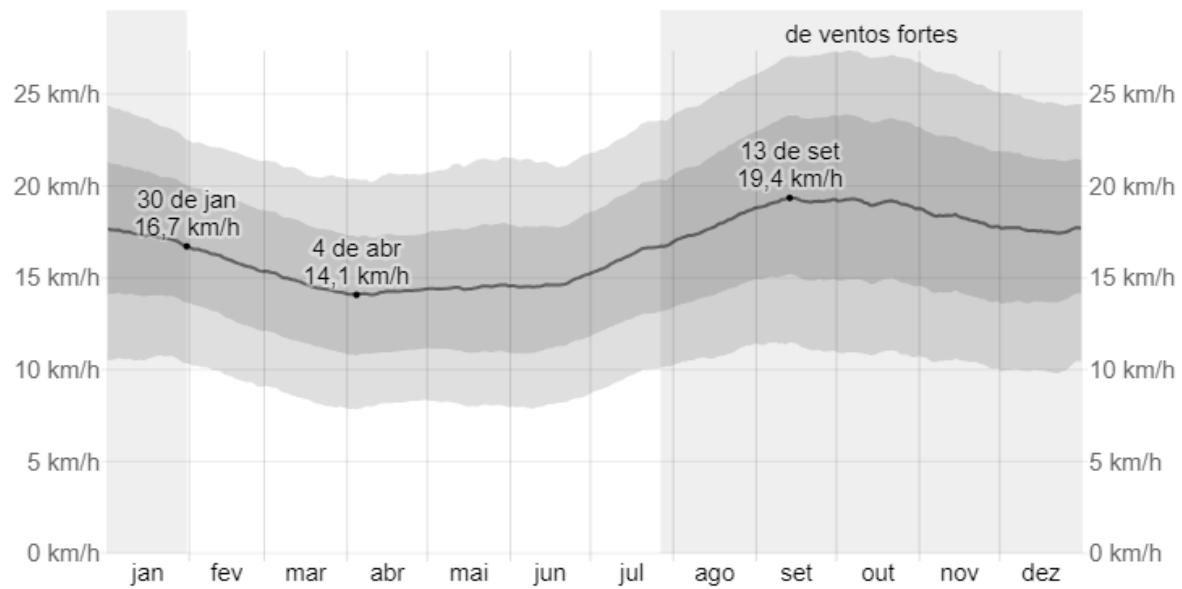


Figura 4. Velocidade média dos ventos no litoral sul (WeatherSpark, 2023).

Disponível em <https://pt.weatherspark.com/y/30852/Clima-caracter%C3%ADstico-em-Pi%C3%A1ma-Brasil-durante-o-ano>

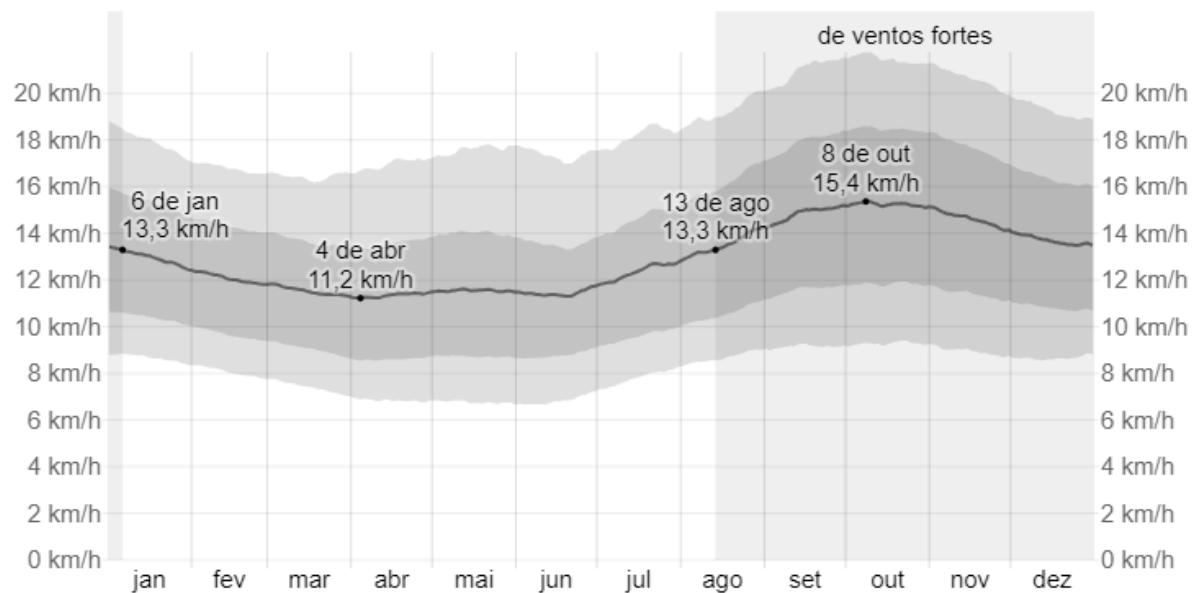


Figura 5. Velocidade médias dos ventos no litoral norte (WeatherSpark, 2023).

Disponível em <https://pt.weatherspark.com/y/30870/Clima-caracter%C3%ADstico-em-Aracruz-Brasil-durante-o-ano>

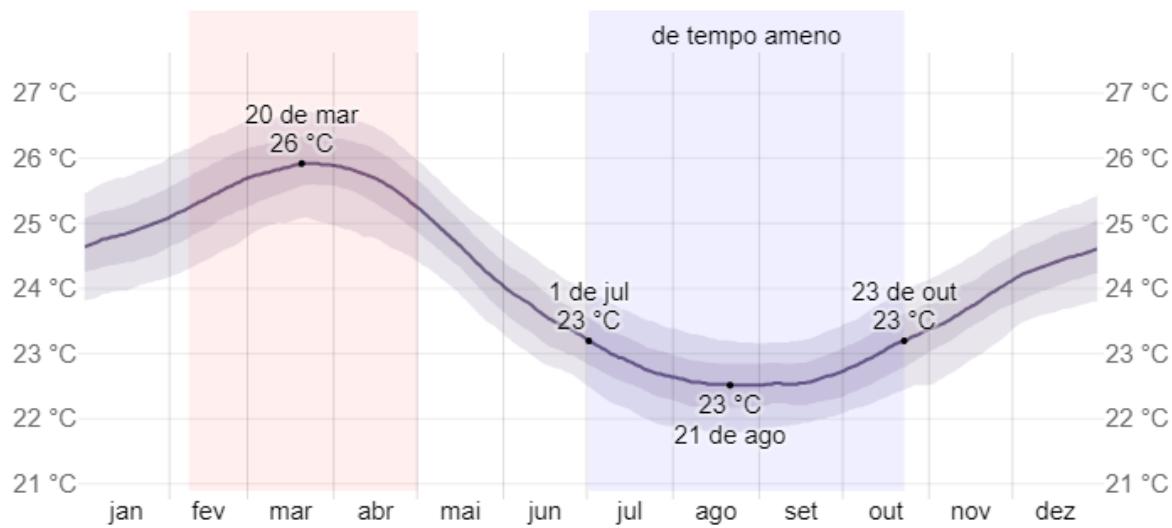


Figura 6. Temperatura média da água no litoral sul (WeatherSpark, 2023).

Disponível em <https://pt.weatherspark.com/y/30852/Clima-caracter%C3%ADstico-em-Pi%C3%A1ma-Brasil-durante-o-ano>

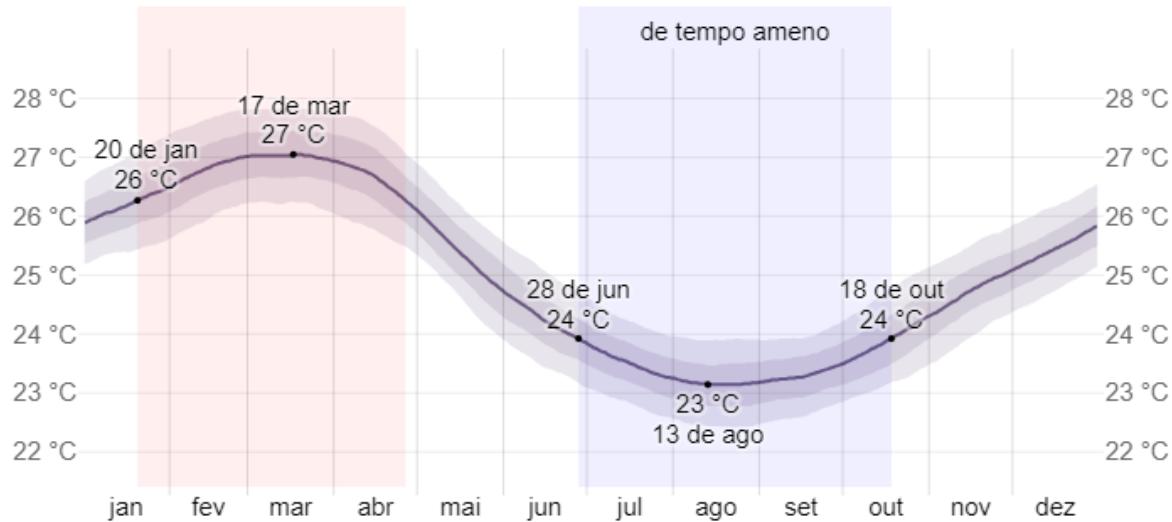


Figura 7. Temperatura média da água no litoral norte (WeatherSpark, 2023).

Disponível em <https://pt.weatherspark.com/y/30870/Clima-caracter%C3%ADstico-em-Aracruz-Brasil-durante-o-ano>



Figura 8. Transecto utilizado durante as coletas de material arribado em Enseada das Garças. Foto por T. H. Basílio.



Figura 9. Quadrante de 1 m² disposto sobre macroalgas arribadas, para coletas em Enseada das Garças. Foto por T. H. Basílio.

3.2 Análises Taxonômicas e Avaliação do Estado Reprodutivo

Em laboratório, o material recebido foi descongelado e passou por três lavagens subsequentes em água de torneira para remoção de eventuais resíduos. A identificação das algas coletadas foi feita até o nível de espécie, com base em morfologia, sob estereomicroscópio e microscópio binocular, utilizando a bibliografia especializada. Espécimes cuja morfologia não foi suficiente para o diagnóstico de espécie foram identificados apenas em nível genérico. Após o tratamento taxonômico, o material foi pesado, seco em estufa a 60°C e acondicionado em sacos plásticos para futuros estudos. O material seco foi pesado, e táxons cuja biomassa foi superior a cinco gramas tiveram seu peso anotado. Durante a identificação do material, o estado reprodutivo dos táxons foi anotado como estando presente ou ausente. As algas identificadas foram herborizadas e preparadas para serem incorporadas no acervo das coleções SP-Algae, no herbário do Instituto de Pesquisas Ambientais (IPA-SP).

3.3 Análises Estatísticas

Nas análises foram considerados o fator espacial (litoral norte e sul) e o fator temporal (período seco e chuvoso). A frequência relativa de ocorrência das espécies também foi calculada conforme a seguinte equação:

$$Fr = I/It$$

Onde Fr representa a frequência de ocorrência de um determinado táxon em porcentagem. I é o número de registros de uma espécie e It é o número de registros totais feitos durante o estudo. O cálculo foi realizado tanto separadamente para Rhodophyta, Phaeophyceae e Ulvophyceae quanto considerando o número total de táxons registrados. Para os cálculos individuais, devido à grande quantidade de espécies de algas vermelhas e grande número de registros, foram consideradas apenas as dez espécies mais frequentes para a representação gráfica. Já para as algas pardas e verdes, todas as espécies foram consideradas na elaboração dos gráficos, devido ao seu número inferior de espécies e também de registros totais.

Para os dados de biomassa, os pesos dos gêneros que atingiram a biomassa mínima previamente estabelecida foram utilizados para o cálculo de sua média anual.

Também foram aplicados os índices de Feldmann (1937) e Cheney (1977) para distribuição fitogeográfica das algas, descrita pelas seguintes equações:

$$F = R/P$$

$$C = (R + U)/P$$

Onde F é o índice de Feldmann, R representa o número de espécies de Rhodophyta, P representa o número de espécies de Phaeophyceae, C sendo o índice de Cheney e U é o número de espécies de Ulvophyceae. Neste índice, se $F > 4$, a região estudada é characteristicamente tropical, enquanto $F < 2$ corresponde a áreas mais frias e temperadas. Já para caracterizar uma área como tropical com o índice de Cheney, somente quando $C > 6$. Enquanto que, quando $C < 3$, a área é caracterizada como sendo temperada.

As demais representações gráficas que utilizaram dados qualitativos foram produzidas por meio dos programas Microsoft Excel e Microsoft Power Point.

4. Resultados

4.1 Dados Taxonômicos

Durante o estudo foram identificados 81 táxons distribuídos em 33 famílias, das quais 21 são de algas vermelhas, com 54 espécies, nove famílias de algas verdes, com 16 espécies e três famílias de algas pardas, com 11 espécies (Tabela 1).

No litoral norte, foram registradas 66 espécies, sendo que 21 delas ocorreram exclusivamente nesta região. Já no litoral sul, foram registradas 60 espécies, das quais 15 foram registradas apenas nesta localidade. Das espécies exclusivas do litoral norte, 13 pertencem à Rhodophyta, uma a Phaeophyceae e sete a Ulvophyceae. No litoral sul, dentre as espécies exclusivas, 12 pertencem a Rhodophyta, uma pertence a Phaeophyceae e duas pertencem a Ulvophyceae (Figuras 10-12). Durante o período chuvoso, foram registradas 73 espécies no total. Destas, 24 espécies foram registradas exclusivamente durante este período, das quais 22 são Rhodophyta, uma Phaeophyceae e uma Ulvophyceae. No período seco, foram registradas 57 espécies, das quais apenas oito ocorreram exclusivamente durante esta época. Quatro destas espécies são rodofíceas e quatro são feofíceas (Figuras 13-15). Nos meses de julho e novembro,

não houve ocorrência de material arribado suficiente para coletas no litoral sul, o que pode estar relacionado à direção do vento nesses meses.

As espécies mais frequentes de rodofíceas encontradas foram *Alsidium seaforthii* (Turner) J. Agardh, *Osmundaria obtusiloba* (C. Agardh) R. E. Norris, *Plocamium brasiliense* (Greville) M. Howe & W. R. Taylor, *Dichotomaria marginata* (J. Ellis & Solander) Lamarck, *Cryptonemia seminervis* (C. Agardh) J. Agardh, *Corallina officinalis* Linnaeus, *Hypnea pseudomusciformis* Nauer, Cassano & M. C. Oliveira, *Jania crassa* J. V. Lamouroux, *Ceratodyction scoparium* (Montagne & Millardet) R. E. Norris e *Gracilaria domingensis* (Kützing) Sonder ex Dickie (Figura 16-17).

Zonaria tournefortii (J. V. Lamouroux) Montagne se destaca entre as feofíceas por representar em torno de 32% de todos os registros para esta classe. Dentre as demais algas pardas frequentes nas áreas de estudo, podem ser ressaltadas as espécies de *Sargassum vulgare* C. Agardh, *S. stenophyllum* Martius, *Dictyopteris delicatula* J. V. Lamouroux e *Lobophora variegata* (J. V. Lamouroux) Womersley ex E. C. Oliveira (Figura 18-19).

Já entre as Ulvophyceae, *Ulva lactuca* Linnaeus e *Anadyomene stellata* (Wulfen) C. Agardh) foram as espécies mais frequentes em seu grupo, conjuntamente compondo cerca de 44% dos registros feitos durante o estudo. As demais espécies de algas verdes ocorreram mais raramente quando comparadas com as espécies de Phaeophyceae e Rhodophyta (Figura 18) (Figura 20).

Tabela 1. Espécies de algas arribadas identificadas no litoral do Espírito Santo

Classe	Ordem	Família	Gênero	Espécie	Ocorrência
Rhodophyta	Bonnemaisoniales	Bonnemaniaceae	<i>Asparagopsis</i>		EG
	Ceramiales	Callithamniaceae	<i>Spyridia</i>	<i>clavata</i>	PC
			<i>Spyridia</i>	<i>filamentosa</i>	BS, EG, IT, PC
		Ceramiaceae	<i>Centroceras</i>	<i>gasparrini</i>	IT
	Dasyaceae		<i>Ceramium</i>	<i>brasiliense</i>	EG, IT, PC
			<i>Thuretia</i>		BS, EG, IT
		Delesseriaceae	<i>Heterosiphonia</i>	<i>crispella</i>	IT, PC
	Rhodomelaceae	Rhodomelaceae	<i>Acanthophora</i>	<i>muscoidea</i>	IT
			<i>Acanthophora</i>	<i>spicifera</i>	PC
			<i>Aglaothamnion</i>	<i>felipponei</i>	BS, EG, PC
			<i>Alsidium</i>	<i>seaforthii</i>	BS, EG, IM, IT, PC

			<i>Alsidium</i>	<i>oliveiranum</i>	BS
			<i>Bostrychia</i>	<i>montagnei</i>	EG
			<i>Bryocladia</i>		EG, IT
			<i>Dipterosiphonia</i>	<i>dendritica</i>	EG, PC
			<i>Halopithys</i>	<i>schotti</i>	IT, PC
			<i>Heterodasya</i>	<i>mucronata</i>	PC
			<i>Laurencia</i>		BS, EG, IM, PC
			<i>Osmundaria</i>	<i>obtusiloba</i>	BS, EG, IM, IT, PC
			<i>Palisada</i>	<i>furcata</i>	EG, IM
			<i>Palisada</i>	<i>perforata</i>	BS, EG, IT, PC
		Wrangeliaceae	<i>Haloplegma</i>		BS, IT, PC
Corallinales	Corallinaceae		<i>Amphiroa</i>		BS, EG
			<i>Arthrocladia</i>	<i>variabilis</i>	BS, EG
			<i>Corallina</i>	<i>officinalis</i>	BS, EG, IM, IT
			<i>Corallina</i>	<i>panizzoi</i>	BS, EG
			<i>Haliptilon</i>		IT
			<i>Jania</i>	<i>capillaceae</i>	IM
			<i>Jania</i>	<i>crassa</i>	BS, EG, IM, IT, PC
Gelidiales	Gelidiaceae		<i>Geldium</i>	<i>lineare</i>	BS, EG, IT, PC
Gelidiales	Gelidiellaceae		<i>Gelidiella</i>		EG, IT
Gigartinales	Cystocloniaceae		<i>Calliblepharis</i>	<i>jolyi</i>	IT, PC
			<i>Hypnea</i>	<i>pseudomusciformis</i>	BS, EG, IM, IT, PC
	Gigartinaceae		<i>Chondracanthus</i>	<i>teedei</i>	EG, IM, PC
	Rhizophyllidaceae		<i>Ochtodes</i>	<i>secundiramea</i>	BS, EG, IM, IT, PC
	Solieraceae		<i>Agardhiella</i>	<i>ramosissima</i>	IT, PC
			<i>Soliera</i>	<i>filiformis</i>	BS, EG, IT
Gracilariales	Gracilariaceae		<i>Gracilaria</i>	<i>cearensis</i>	IM
			<i>Gracilaria</i>	<i>cuneata</i>	IM
			<i>Gracilaria</i>	<i>domingensis</i>	BS, EG, IM, IT, PC
Halymeniales	Halymeniaceae		<i>Corynomorpha</i>		BS
			<i>Cryptonemia</i>	<i>bengryi</i>	PC
			<i>Cryptonemia</i>	<i>seminervis</i>	BS, EG, IM, IT, PC
			<i>Halymenia</i>	<i>brasiliana</i>	IT
			<i>Halymenia</i>	<i>integra</i>	BS, IM, IT, PC
Nemaliales	Galaxauraceae		<i>Dichotomaria</i>	<i>marginata</i>	BS, EG, IM, IT, PC
			<i>Tricleocarpa</i>	<i>cylindrica</i>	BS, EG, IM, IT, PC
			<i>Tricleocarpa</i>	<i>fragilis</i>	BS, EG, IM, IT, PC
	Scinaiaceae		<i>Scinaia</i>	<i>halliae</i>	BS, EG, IT
Plocamiales	Plocamiaceae		<i>Plocamium</i>	<i>brasiliense</i>	BS, EG, IM, IT, PC
Rhodymeniales	Champiaceae		<i>Champia</i>		EG
	Lomentariaceae		<i>Ceratodictyon</i>	<i>scoparium</i>	BS, EG, IM, IT, PC
			<i>Ceratodictyon</i>	<i>planicaule</i>	BS, EG, IM
	Rhodymeniaceae		<i>Botryocladia</i>	<i>occidentalis</i>	EG, IM, IT
Phaeophyceae	Dictyotales	Dictyotaceae	<i>Dictyopteris</i>	<i>delicatula</i>	BS, EG, IM, IT, PC
			<i>Dictyopteris</i>	<i>jolyana</i>	IT, PC
			<i>Dictyota</i>	<i>ciliolata</i>	BS, EG, IM, IT, PC
			<i>Lobophora</i>	<i>variegata</i>	BS, EG, IM, IT, PC
			<i>Padina</i>	<i>gymnospora</i>	BS, EG, IM, IT, PC

			<i>Spatoglossum</i>	<i>schroederi</i>	BS, EG, IM, IT, PC
			<i>Stylopodium</i>		EG
			<i>Zonaria</i>	<i>tournefortii</i>	BS, EG, IM, IT, PC
Ectocarpales	Scytoniphonaceae		<i>Colpomenia</i>	<i>sinuosa</i>	BS, EG, IT
Fucales	Sargassaceae		<i>Sargassum</i>	<i>stenophyllum</i>	BS, EG, IM, IT, PC
			<i>Sargassum</i>	<i>vulgare</i>	BS, EG, IM, IT, PC
Ulvophyceae	Cladophorales	Anadyomenaceae	<i>Anadyomene</i>	<i>stellata</i>	BS, EG, IM, IT, PC
	Bryopsidales	Bryopsidaceae	<i>Bryopsis</i>		BS, EG, IT
		Caulerpaceae	<i>Caulerpa</i>	<i>cupressoides</i>	BS, EG
			<i>Caulerpa</i>	<i>mexicana</i>	BS, EG
			<i>Caulerpa</i>	<i>prolifera</i>	BS, EG
			<i>Caulerpa</i>	<i>racemosa</i>	BS, EG, IM
			<i>Caulerpa</i>	<i>setularioides</i>	IT
	Cladophorales	Cladophoraceae	<i>Chaetomorpha</i>	<i>linum</i>	BS, EG, IM, IT
			<i>Cladophora</i>	<i>dalmatica</i>	BS, EG, IM
			<i>Willeella</i>	<i>ordinata</i>	BS, EG, IM
	Bryopsidales	Codiaceae	<i>Codium</i>	<i>decorticatum</i>	EG
		Halimedaceae	<i>Halimeda</i>	<i>isthmocladium</i>	EG, IM, IT, PC
			<i>Halimeda</i>	<i>gracilis</i>	BS, EG, IM, IT, PC
		Udotaceae	<i>Halimeda</i>	<i>jolyana</i>	BS, EG, PC
Ulvales	Ulvaceae		<i>Udotea</i>	<i>flabellum</i>	IT
			<i>Ulva</i>	<i>lactuca</i>	BS, EG, IM, IT, PC

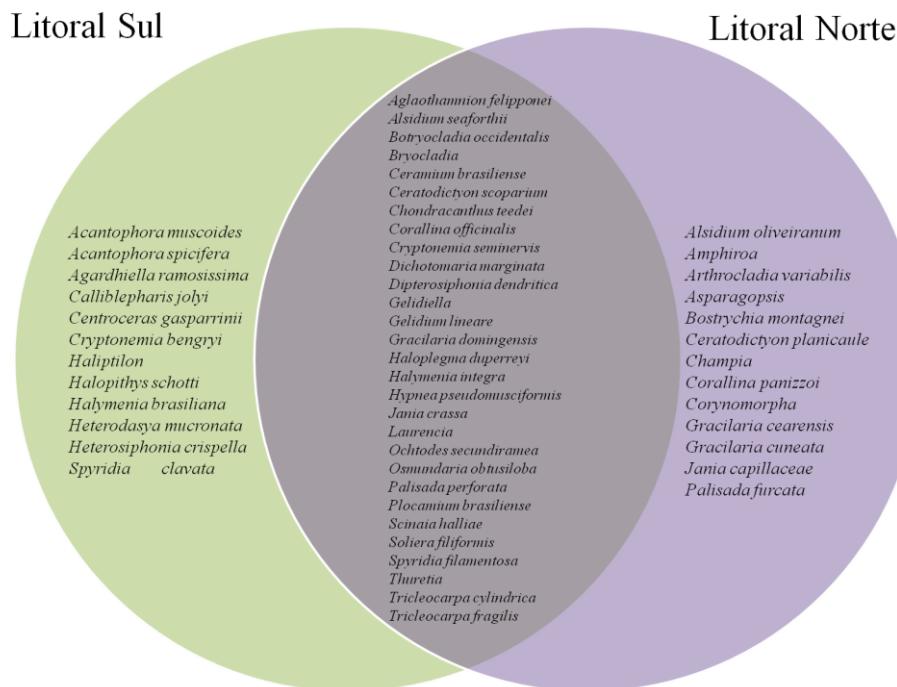


Figura 10. Distribuição espacial de espécies de rodofíceas arribadas no litoral do Espírito Santo.

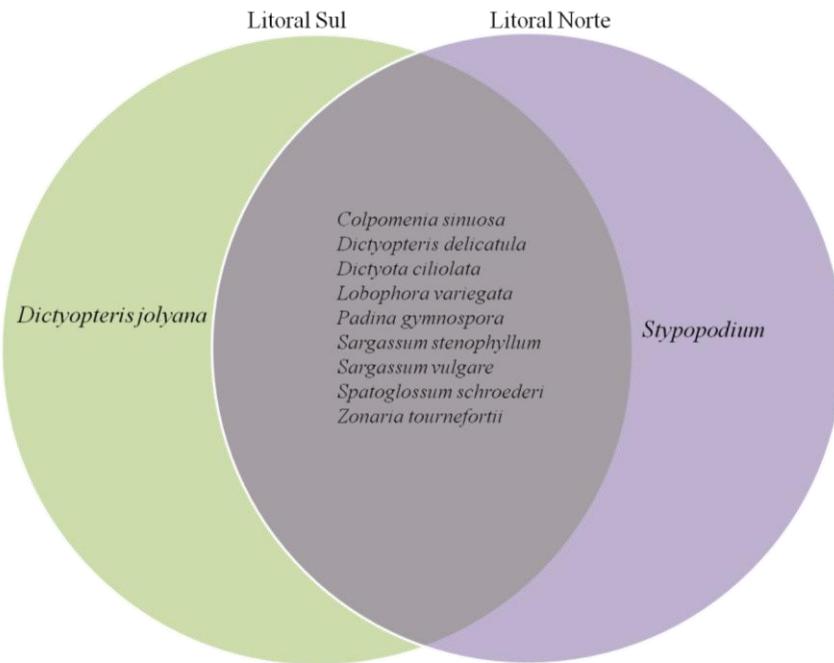


Figura 11. Distribuição espacial de espécies de feofíceas arribadas no litoral do Espírito Santo.

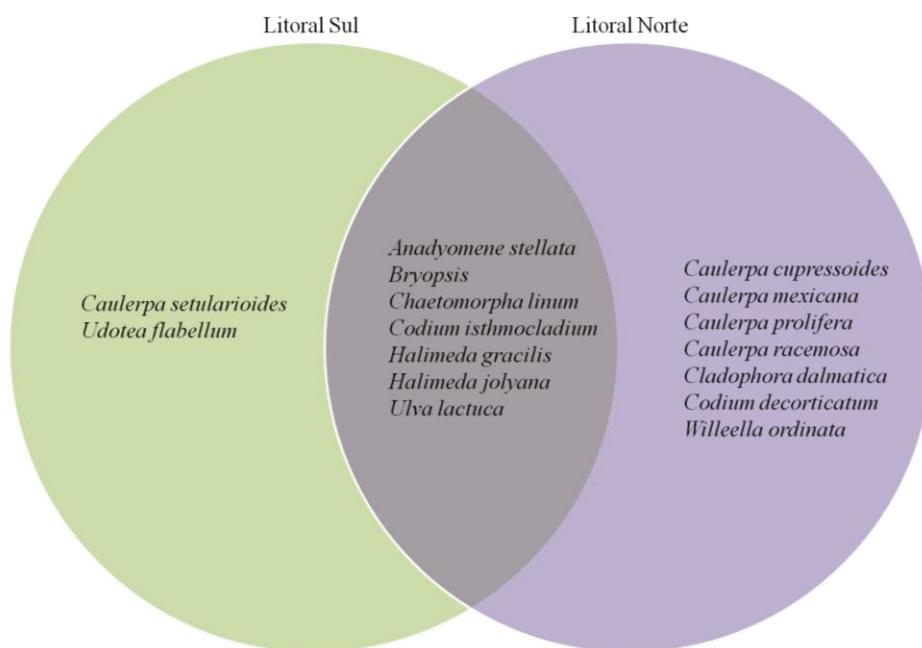


Figura 12. Distribuição espacial de espécies de Clorofíceas arribadas no litoral do Espírito Santo.

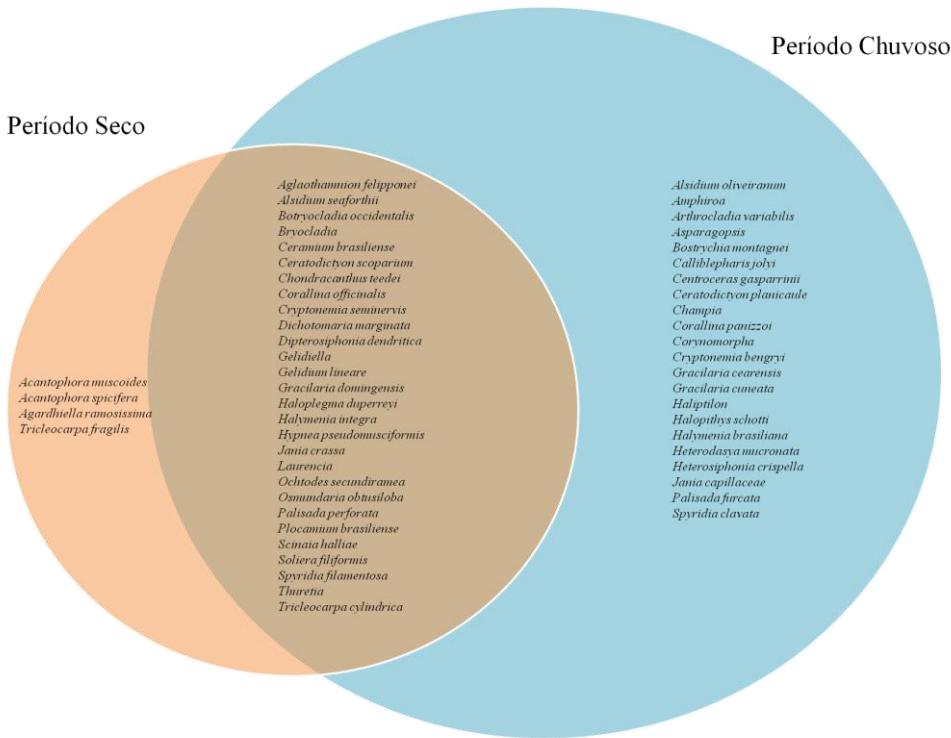


Figura 13. Distribuição temporal de espécies de rodofíceas arribadas no litoral do Espírito Santo.

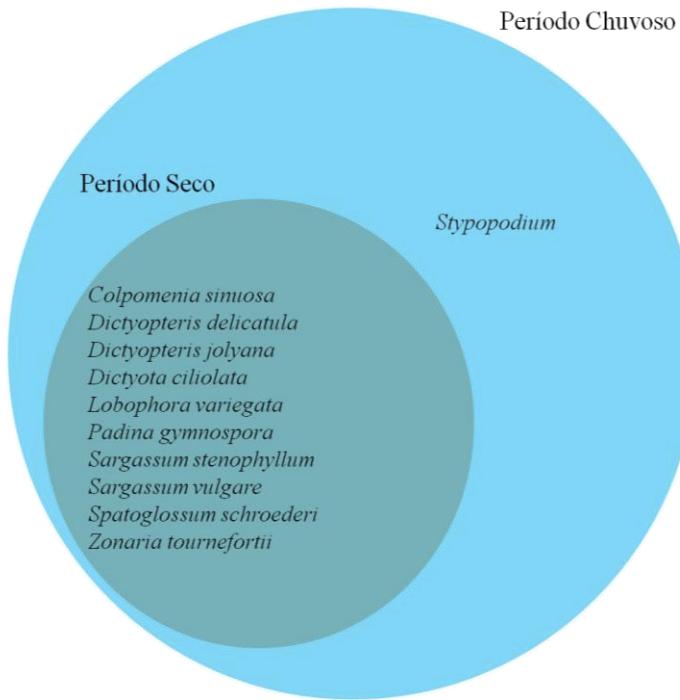


Figura 14. Distribuição temporal de espécies de feofíceas arribadas no litoral do Espírito Santo.

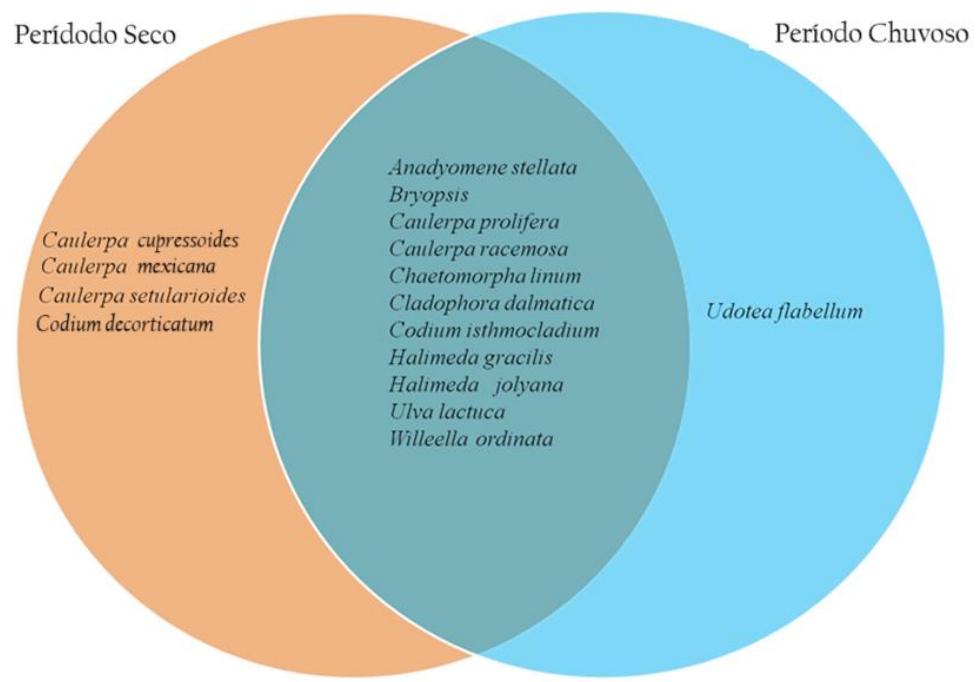


Figura 15. Distribuição temporal de espécies de clorofíceas no litoral do Espírito Santo.

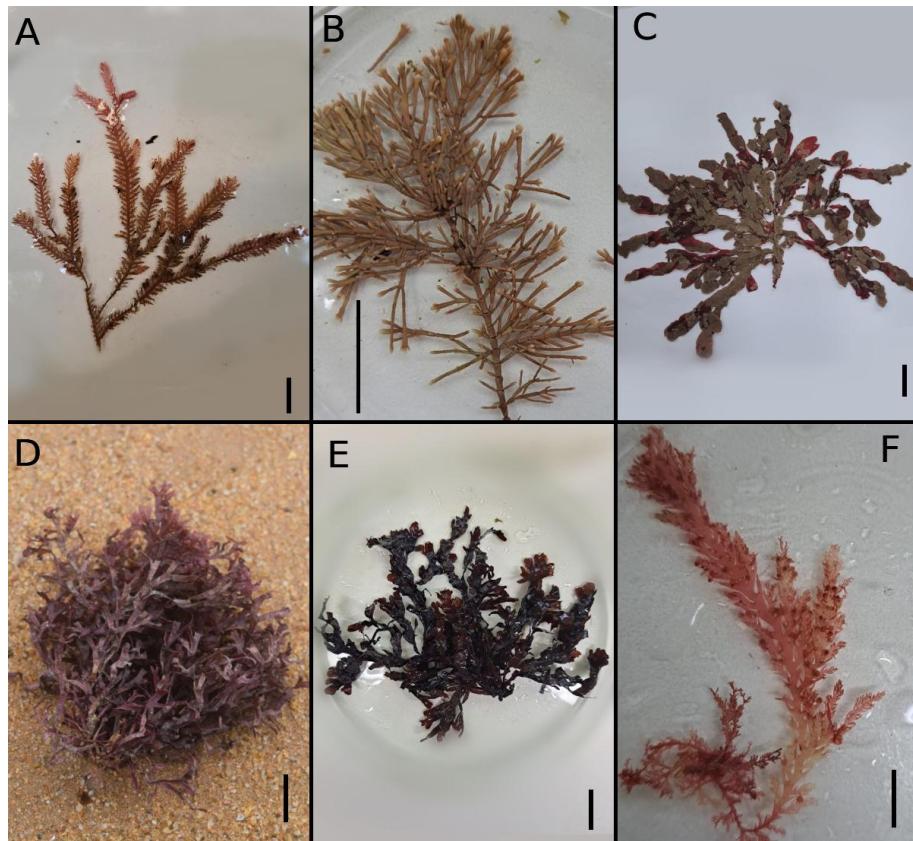


Figura 16. Espécies mais frequentes de rodofíceas presentes nas arribadas. A. *Alsidium seaforthii*; B. *Corallina officinalis*; C. *Cryptonemia seminervis*; D. *Dichotomaria marginata*; E. *Osmundaria obtusiloba*; F. *Plocamium brasiliense*. Escalas A, B, F = 2 cm; Escalas C, D, E = 5 cm. I. A . G. Martins.

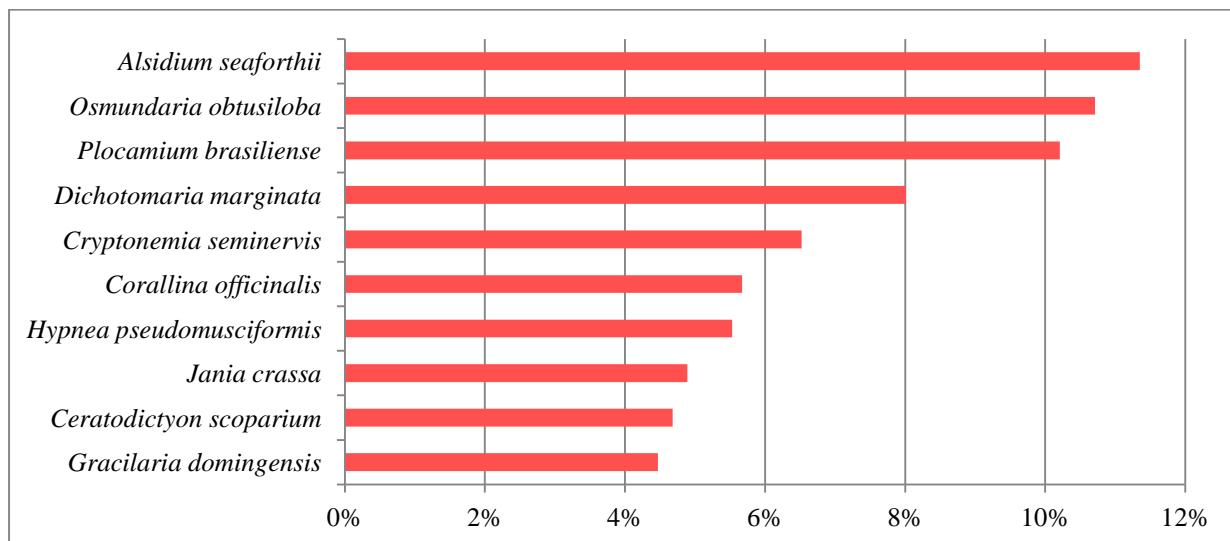


Figura 17. Gráfico de frequência de ocorrência das dez espécies de Rhodophyta mais recorrentes no material arribado estudado.

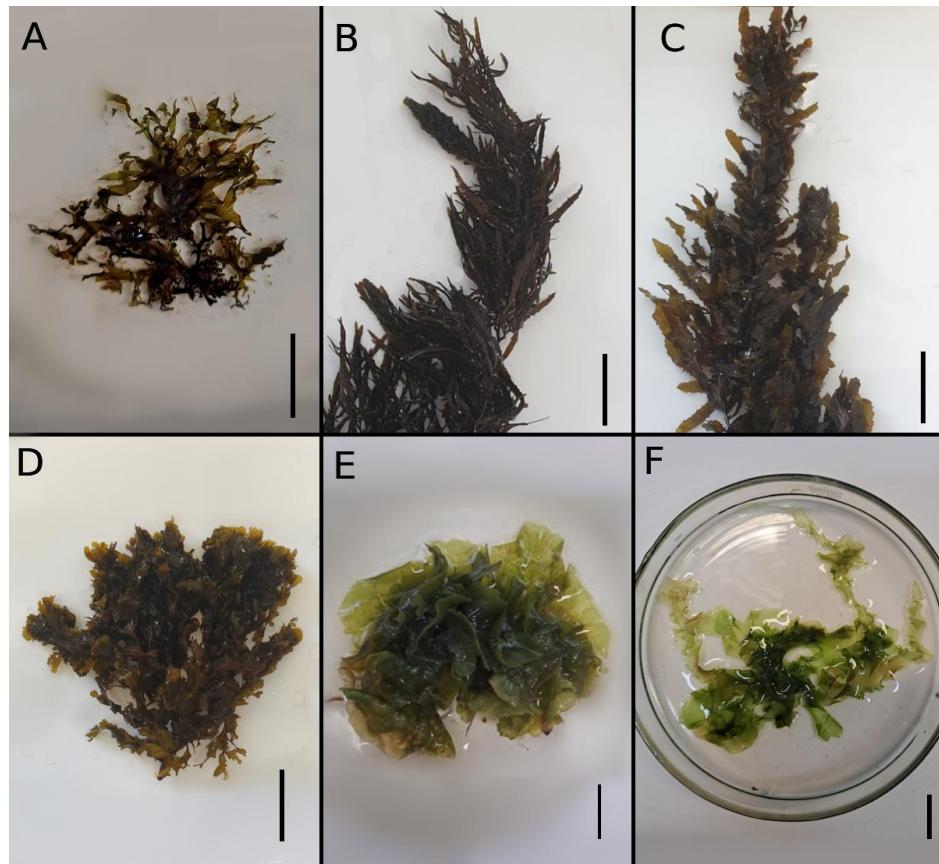


Figura 17. Espécies mais frequentes de feofíceas e clorofíceas presentes nas arribadas. A. *Dictyopteris delicatula*; B. *Sargassum stenophyllum*; C. *Sargassum vulgare*; D. *Zonaria tournefortii*; E. *Anadyomene stellata*; F. *Ulva lactuca*. Escalas A, E, F = 2 cm; Escalas B, C, D = 5 cm. Foto por I. A . G. Martins.

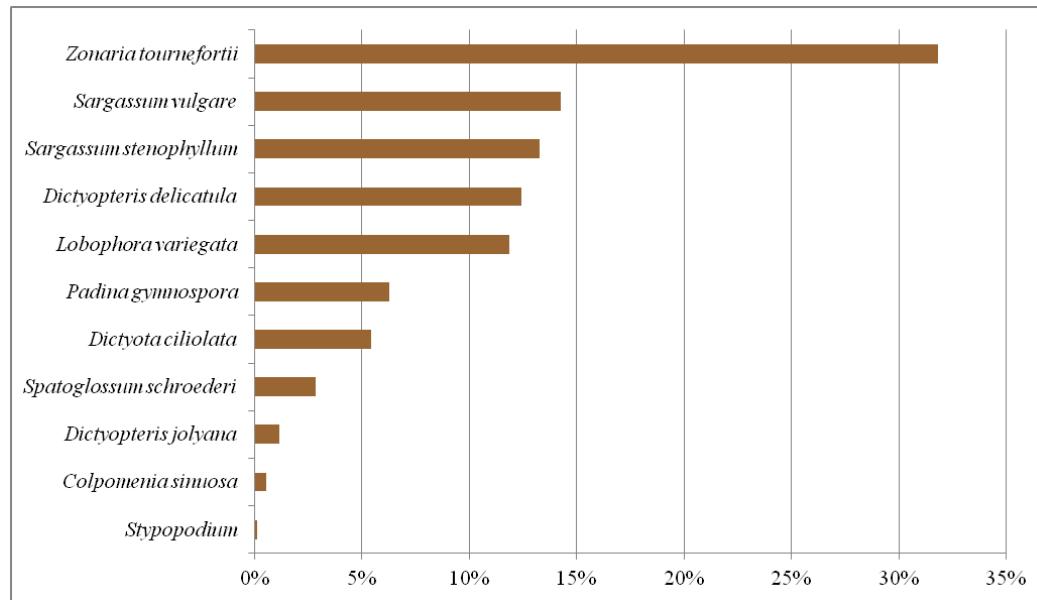


Figure 19. Frequência (em porcentagem) de ocorrência de Phaeophyceae no material arribado estudado.

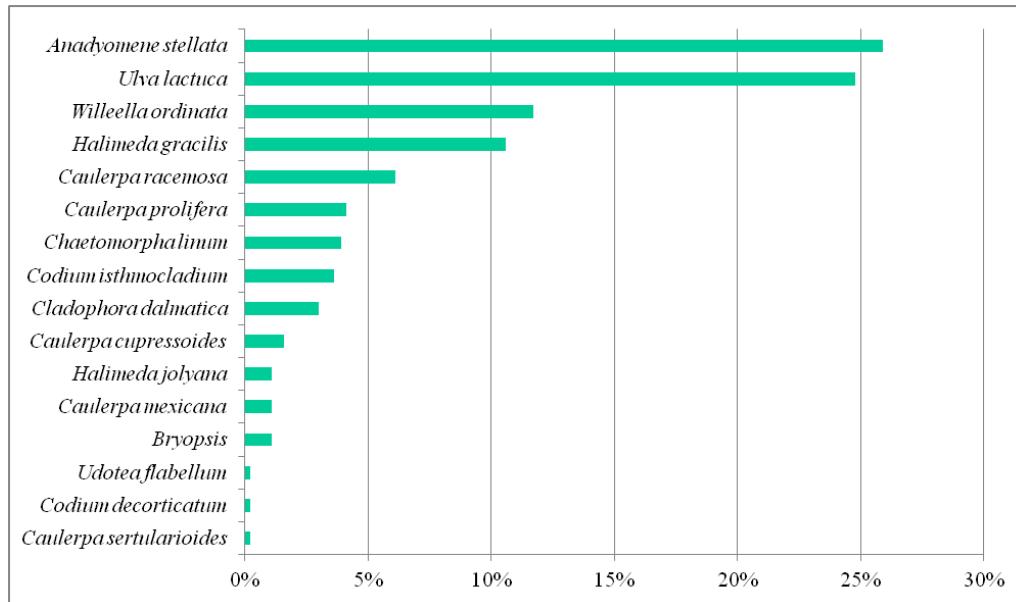


Figure 20. Frequência (em porcentagem) de ocorrência de Ulvophyceae no material arribado estudado.

Considerando o total de registros durante os cálculos, as dez espécies mais abundantes foram *Zonaria tournefortii*, *Alsidium seaforthii*, *Osmundaria obtusiloba*, *Plocamium brasiliense*, *Dichotomaria marginata*, *Sargassum vulgare*, *Sargassum stenophyllum*, *Anadyomene stellata*, *Cryptonemia seminervis* e *Ulva lactuca*. Onde *Z. tournefortii*, foi a espécie mais frequente compôs em torno de 9% de todos os registros taxonômicos (Figura 21).

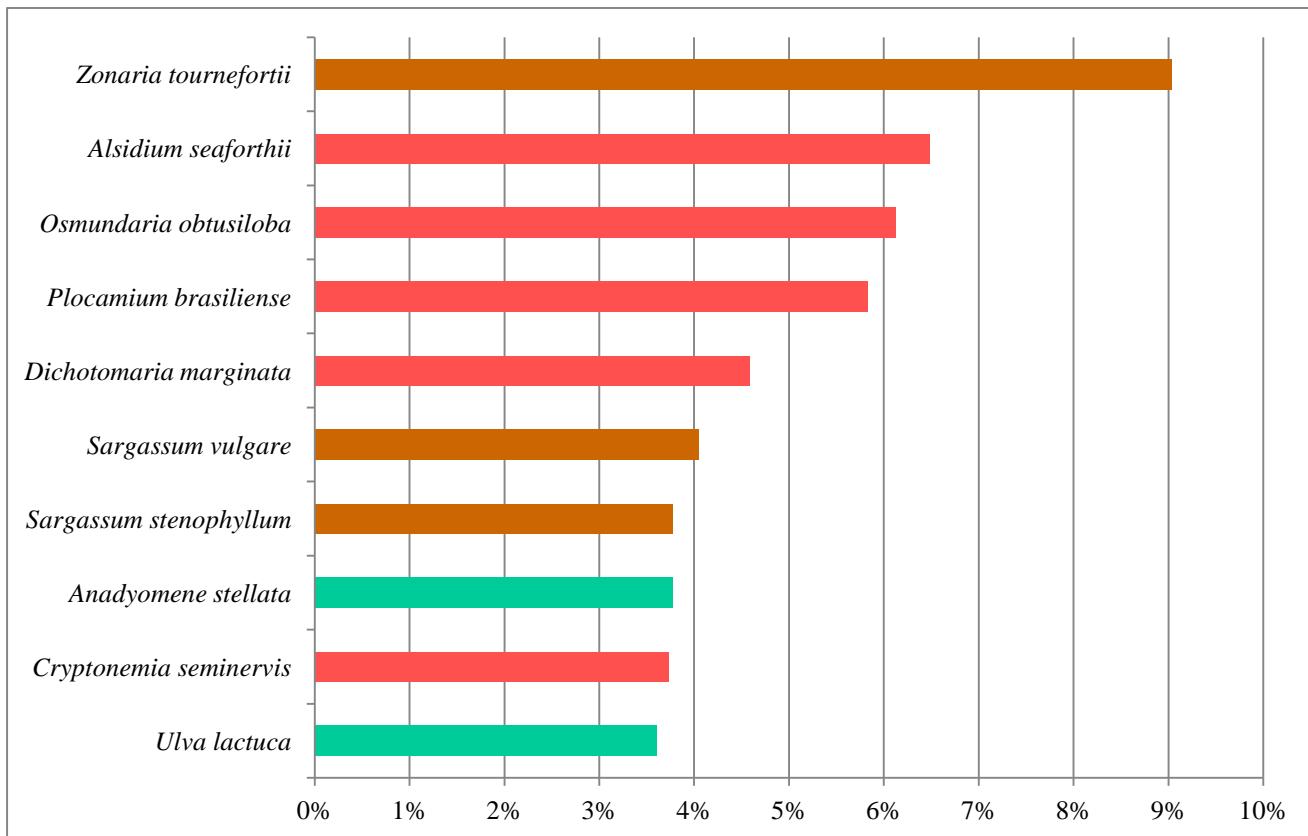


Figura 2118. Gráfico de frequência total de ocorrência de espécies de macroalgas arribadas no litoral do Espírito Santo.

Quanto à quantidade de espécies em cada praia, não é possível afirmar que haja uma praia significativamente mais rica do que as demais; todas apresentam quantidades relativamente similares de espécies (Figura 22). Contudo, a praia dos Imigrantes apresentou um número inferior de espécies de algas vermelhas em comparação às demais praias, e a praia da Enseada das Garças

apresentou o maior número de táxons para todos os grupos, esse fato está provavelmente atrelado à ocorrência de formações de recifes de arenito de baixa profundidade (Figura 23).

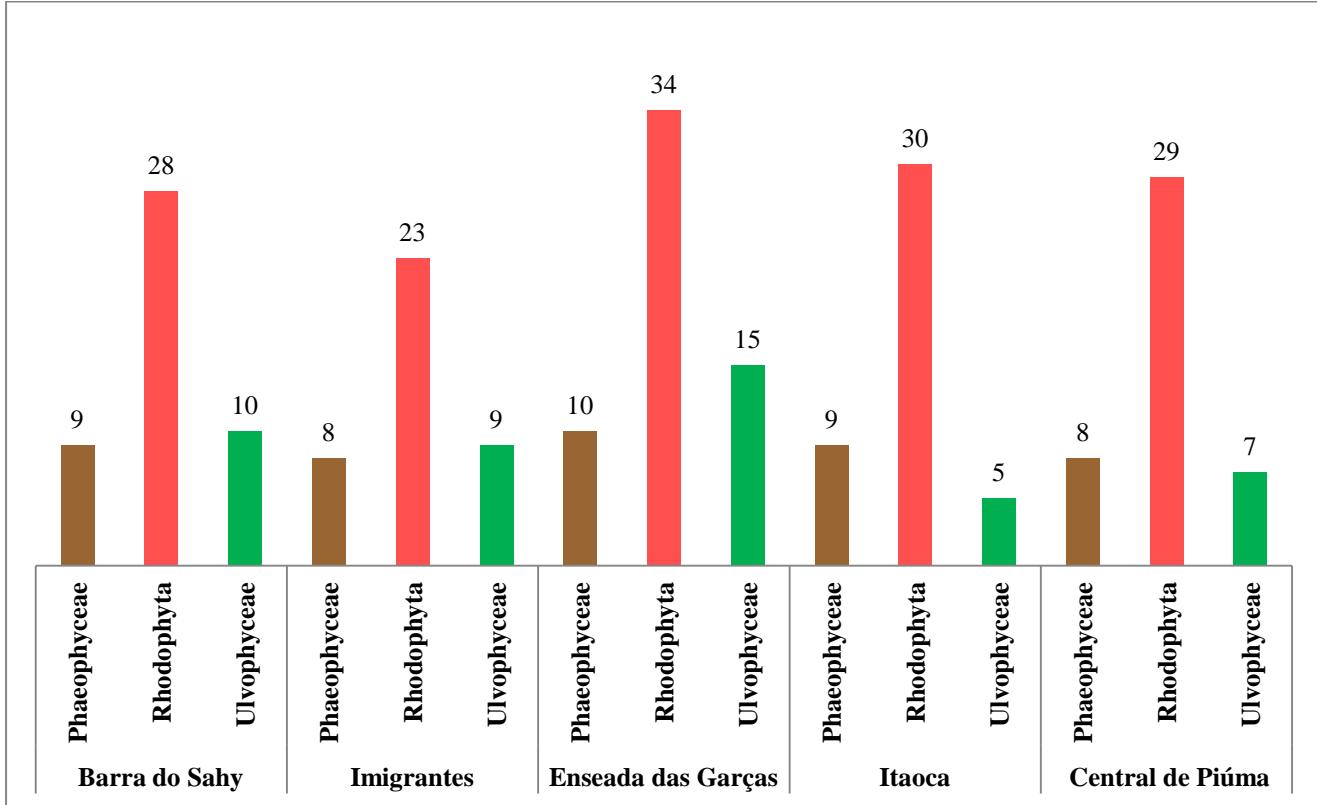


Figura 192. Número de espécies em cada praia estudada, separadas por grupo, encontradas nas algas arribadas no litoral do Espírito Santo.



Figura 23. Recifes de arenito presentes na praia da Enseada das Garças, litoral norte do Espírito Santo. Foto por T. H. Basílio.

Como descrito anteriormente, a sazonalidade não influenciou a ocorrência de arribadas. No entanto, a riqueza de Rhodophyta foi maior no período chuvoso (Figura 24). Não é possível dizer o mesmo sobre as Phaeophyceae e as Ulvophyceae, que tiveram um pequeno aumento no número de espécies ao longo do ano. Contudo, isso não é suficiente para afirmar que há uma relação com a sazonalidade. Ao separar os meses do ano, é nítida uma redução no número de táxons encontrados para todos os grupos, indicando que a maior riqueza de espécies em algas arribadas no litoral do Espírito Santo ocorre de março a junho, em termos de diversidade de algas vermelhas (Figura 25). Contudo, é notável que a diversidade de algas pardas e verdes varia pouco, indicando que muitas espécies sejam perenes.

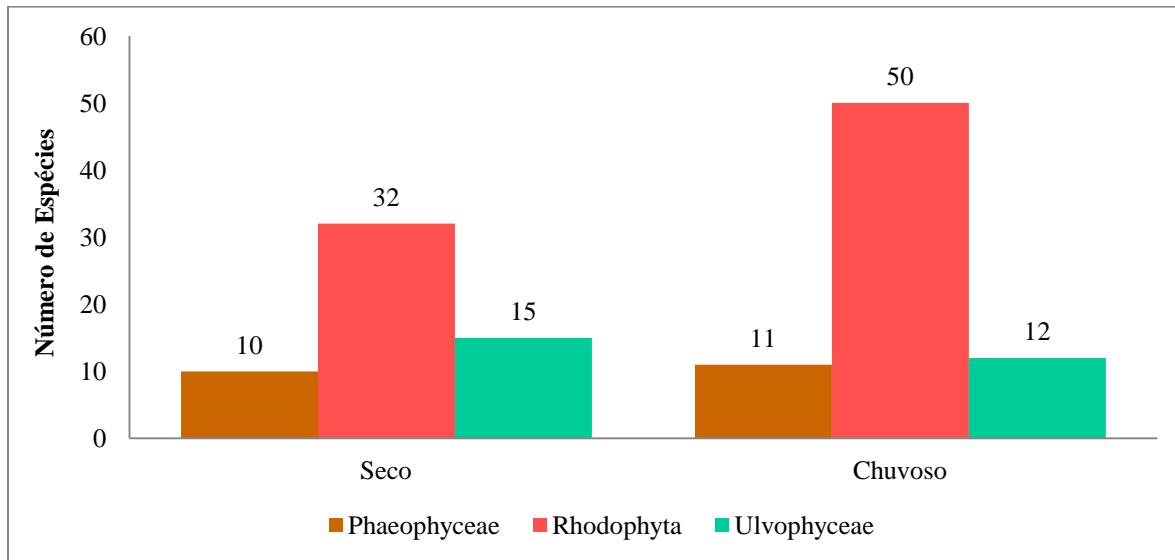


Figura 204. Número de espécies de algas arribadas registradas nos períodos seco e chuvoso no litoral do Espírito Santo.

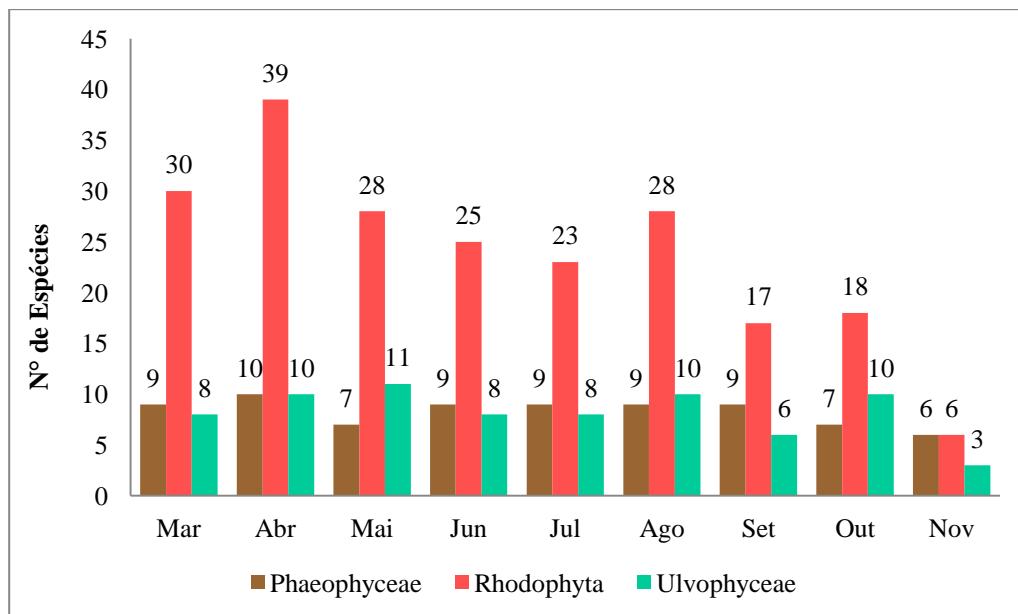


Figura 215. Número de espécies de algas arribadas registradas ao longo do ano no litoral do Espírito Santo nas três classes estudadas

A análise da biomassa revelou apenas três gêneros mais abundantes ao decorrer do ano, estes sendo *Dichotomaria*, *Sargassum* e *Zonaria* (Figura 26). Para o grupo das Phaeophyceae, isto está de acordo com os táxons mais frequentes nas amostras. Porém, entre as Rhodophyta, a quarta alga mais frequente é a que possui a biomassa mais relevante, sendo que *Alsidium*,

Osmundaria e *Plocamium* não apresentaram biomassa superior a 5 g, com frequência suficiente para serem relevantes no cálculo da média anual.

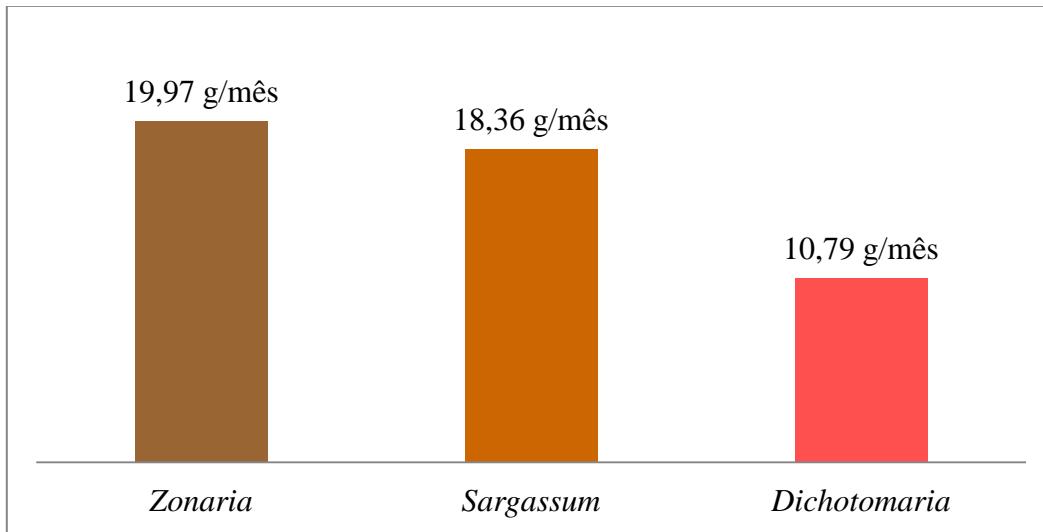


Figura 26. Média anual de biomassa seca dos gêneros mais abundantes de arribadas no litoral do Espírito Santo.

Os índices de Feldmann & Cheney revelaram que as praias do Espírito Santo são characteristicamente intermediárias em termos de sua fitogeografia (Tabela 2). Não estando de acordo com o que é postulado na literatura sobre esta região, descrita como uma região de transição entre águas tropicais e subtropicais.

Tabela 2. Índice de Feldmann e Cheney para caracterizando a flora das praias estudadas.

Localidade	Índice de Feldmann	Índice de Cheney
	(R/P)	$(R+U)/P$
Barra do Sahy	3,1	4,2
Enseada das Garças	3,5	5
Imigrantes	2,8	4
Itaoca	3,3	3,8
Praia Central de Piúma	3,6	4,5

4.2 Dados de Estado Reprodutivo

De todas as espécies analisadas, 17 apresentaram alguma estrutura reprodutiva presentes no filo Rhodophyta e na classe Paheophyceae. Nove destas espécies pertencem à classe Rhodophyta e são elas: *Alsidium seaforthii*, *Calliblepharis jolyi* E. C. Oliveira, *Gracilaria*

domingensis, *Gracilaria cuneata* J. E. Areschoug, *Halymenia integra* M. Howe & W. R. Taylor, *Laurencia* sp., *Ochtodes secundiramea* (Montagne) M. Howe, *Osmundaria obtusiloba*, *Plocamium brasiliense* e *Spyridia clavata* Kützing. Somente *O. obtusiloba* (Figura 27) apresentou estruturas reprodutivas durante todo o ano. As demais algas que apresentaram estas estruturas foram registros pontuais, não consistentes nem mesmo com o ponto de coleta no qual foram encontrados dentro de uma determinada praia, e um determinado mês. Comumente consistindo de ramos individuais com estruturas reprodutivas dentre diversos ramos do mesmo táxon sem quaisquer traços reprodutivos, indicando que não seja ocorrência de um período reprodutivo bem demarcado.

Já em relação a Phaeophyceae, oito espécies apresentaram estruturas reprodutivas durante o período de estudo, sendo estas, *Dictyopteris jolyana* E. C. Oliveira & R. P. Furtado, *Dictyota ciliolata* Sonder ex Kützing, *Lobophora variegata*, *Padina gymnospora* (Kützing) Sonder, *Sargassum stenophyllum*, *S. vulgare*, *Spatoglossum schroederi* (C. Agardh) Kützing e *Zonaria tournefortii*. Destas, apenas as duas espécies de *Sargassum* e *Z. tournefortii* (Figura 27) apresentaram estruturas reprodutivas durante todo o ano, sendo casos excepcionais entre as demais Phaeophyceae.

Assim sendo, não é possível relacionar a sazonalidade com a atividade reprodutiva das algas registradas, visto que o número de táxons reprodutivamente funcionais para ambos os grupos se mantém muito similar entre as duas estações do ano (Figura 28).

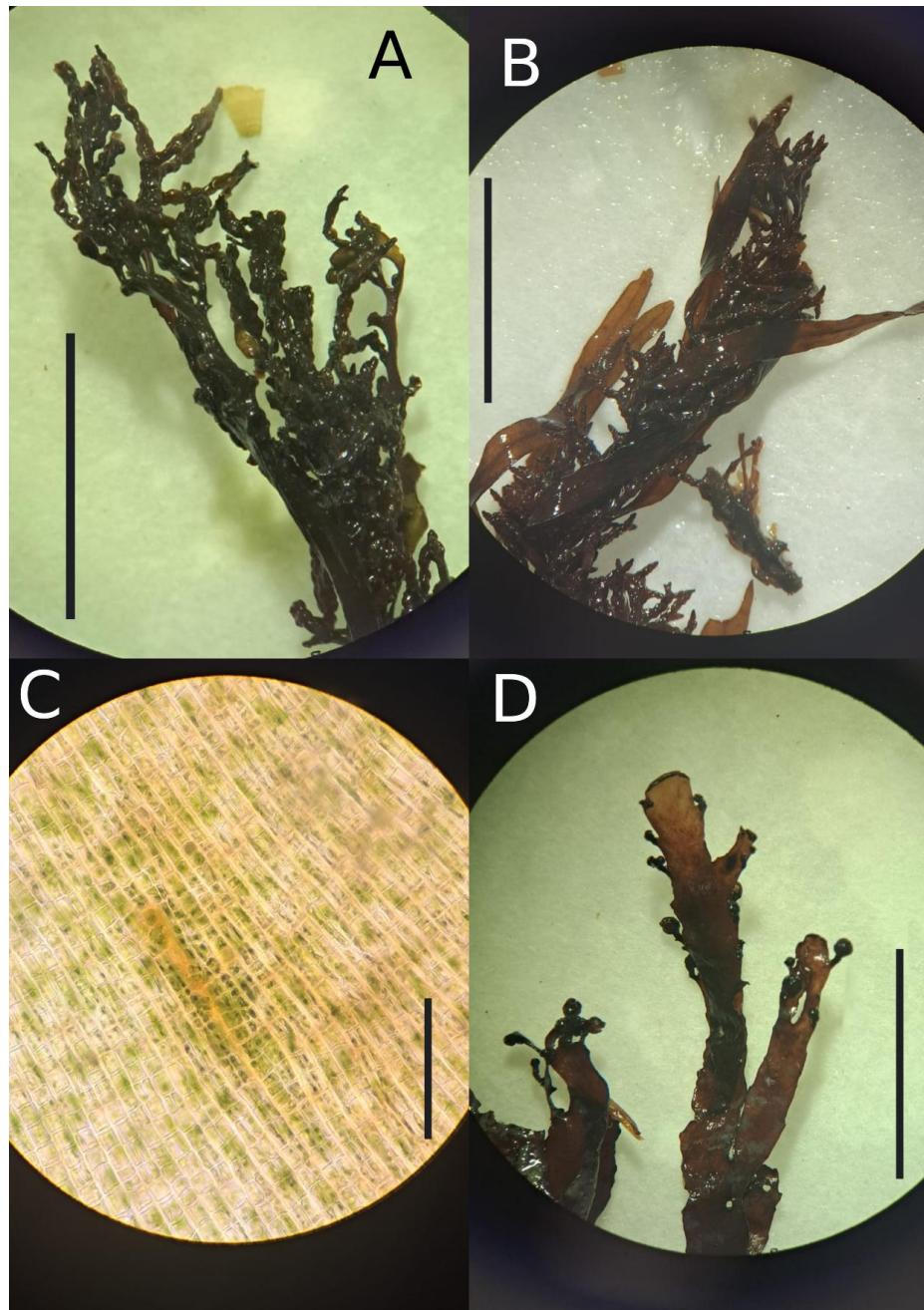


Figura 22. Estruturas reprodutivas de A. *Sargassum vulgare*; B. *Sargassum stenophyllum*; C. *Zonaria tournefortii*; D. *Osmundaria obtusiloba*. Barras A, B, D = 1 cm; Barra C = 5 μ m. Foto por I. A. G. Martins.

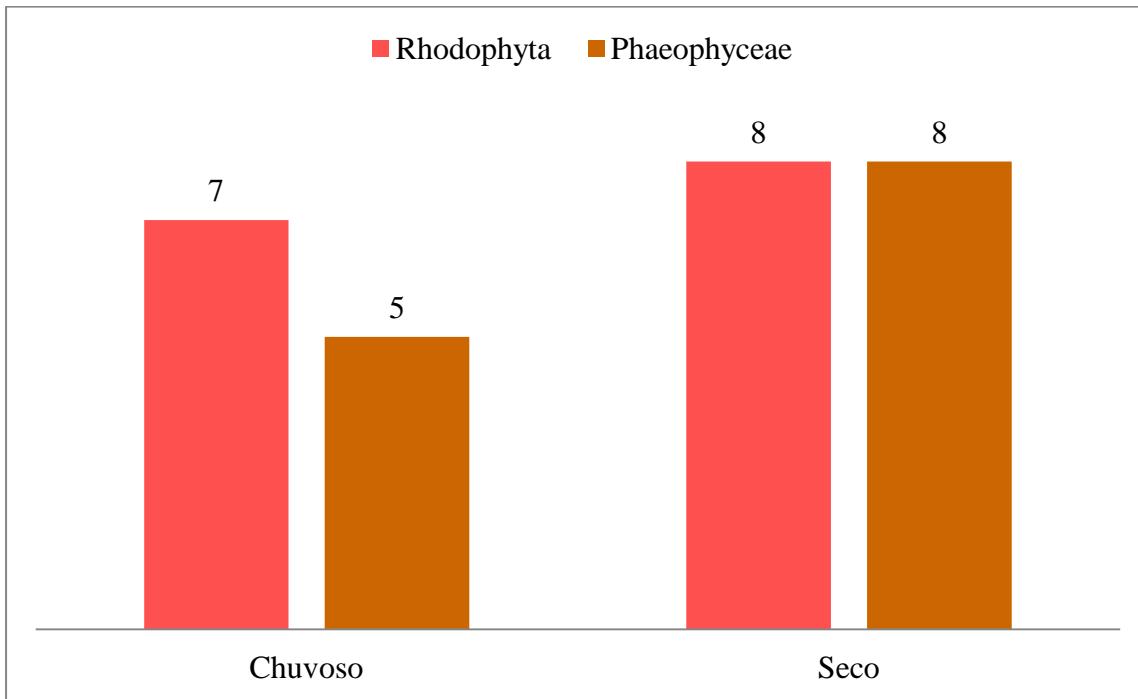


Figura 23. Número de espécies de macroalgas arribadas que apresentaram estruturas reprodutivas no período seco e chuvoso.

5. Discussão

Os dados obtidos durante o trabalho estão coerentes com estudos prévios feitos para esta região (Basílio 2020; Cavalcanti & Fujii 2021b). É importante salientar que existe uma grande diversidade de macroalgas marinhas arribadas, em especial de algas vermelhas, muitas das quais ainda deixam espaço para investigações futuras para aprofundar o conhecimento da diversidade do litoral do Espírito Santo. Apesar de táxons de Rhodophyta e Phaeophyceae, como *Alsidium*, *Plocamium*, *Osmundaria*, *Anadyomene* e *Ulva* serem muito frequentes nas amostras, isso não é refletido em biomassa, indicando que podem não ser espécies tão abundantes em quantidade nas áreas de estudo, enquanto que Phaeophyceae mais frequentes são também as mais abundantes.

Guimarães (2003, 2006) e Boltovskoy & Valentin (2018) atribuem a rica diversidade de macroalgas marinhas do litoral do Espírito Santo a sua localização geográfica, a grande diversidade de substratos disponíveis para o crescimento das algas, e as correntes oceânicas de águas mais frias que permitem maior transparência da água e tornam possível a convivência de espécies com afinidades tropicais e subtropicais num mesmo local. Guimarães (2003) afirma também que a região sul do estado possui uma diversidade maior de macroalgas do que a região

norte, devido às maiores disponibilidades de substratos para fixação das algas. Na região norte, próximo ao limite do estado, a presença de rios e grandes extensões de praias arenosas interferem na presença de macroalgas, diminuindo a sua diversidade.

No presente estudo, não encontramos diferença significativa na diversidade de macroalgas entre as regiões norte e sul do Espírito Santo, inclusive notando que a localidade com maior diversidade de algas arribadas foi a praia de Enseada das Garças, localizada no município de Fundão, no litoral norte do Espírito Santo. Contudo, é necessário esclarecer que o litoral norte considerado no presente estudo está localizado na zona com abundância de recifes e costões rochosos, diferente do que foi considerado por Guimarães (2003).

Esta grande diversidade de algas arribadas provavelmente está associada à presença de extensos recifes de arenito de baixa profundidade próximos à praia, ou seja, as algas ali presentes podem estar mais suscetíveis à ação direta das marés e movimentação das ondas, o que pode propiciar o desprendimento delas de seu substrato e eventual deposição sobre a areia do que algas do litoral sul, que frequentemente estão associadas à bancos de rodolitos (Guimarães 2003, 2006).

Outro fator a ser considerado é que as algas encontradas nas demais praias provavelmente são advindas de regiões de profundidade, de bancos de rodolitos, uma vez que muitas delas ainda se encontravam presas a este tipo de substrato no momento da coleta. A diversidade de algas arribadas foi levemente maior no mês de março do que de agosto a novembro (Fig. 26). A ausência de algas arribadas em alguns meses pode estar relacionada às condições oceanográficas e às direções dos ventos e correntes, tornando o desprendimento das algas de profundidade menos frequente, resultando assim em uma diminuição no material que chega às praias.

Quanto à sazonalidade, no presente estudo foi observada pequena diferença na diversidade e biomassa de algas arribadas, sendo mais favorável a sua ocorrência nos meses de março a agosto, diminuindo de agosto a novembro (Fig. 26).

Muitas das espécies encontradas possuem potencial nutracêutico (Pereira 2023; Cavalcanti & Fujii 2021b; Harb 2021, Bernardi 2021) e podem ser consideradas fontes alternativas para a obtenção destas matérias-primas devido à sua abundância e ocorrência durante o ano todo, como são os casos de *Osmundaria obtusiloba*, *Zonaria tournefortii* e ambas as espécies de *Sargassum*. As duas últimas apresentando biomassa relevante ao longo de

praticamente o ano todo. Isto vem de encontro com o interesse do projeto maior no qual esta se insere, uma vez que o objetivo final do projeto “Desenvolvimento de Tecnologias Sociais para o Uso Sustentável de Macroalgas do Litoral Capixaba” é a produção de um biofertilizante a partir do material arribado.

Este trabalho também indica que não há um risco ecológico da remoção desse material para manutenção de populações algais, tendo em vista que poucas espécies apresentaram estruturas reprodutivas, e menos espécies ainda se mostraram reprodutivamente ativas por longos períodos do ano, corroborando as observações de que as macroalgas marinhas sob condições estáveis, comumente permanecem em estado vegetativo (Braga et al. 1990). Além disso, as algas arribadas liberariam seus gametas e esporos durante este período antes mesmo de serem depositadas sobre uma praia.

Ulaski et al. (2023) realizaram um estudo em praias glaciais, onde confirmaram que algas arribadas podem manter sua viabilidade reprodutiva por dias após serem despejadas sobre uma praia. No entanto, os próprios autores notaram que é improvável que estas algas sejam realmente significativas para a manutenção das populações viventes. Sendo assim, este estudo corrobora com esta hipótese, no entanto, estudos de fenologia mais detalhados e aprofundados são necessários para que possa se afirmar que estas algas realmente não desempenham papel relevante na manutenção de suas respectivas populações.

Também é importante ressaltar que as algas que apresentaram estruturas reprodutivas o ano todo são algas que podem ser encontradas em faixas da zona entremarés, nos costões rochosos e recifes de arenito (Paula 1988; Bernardi 2021, Nunes & de Paula 2002). Portanto, são espécies que estão adaptadas a viverem em condições onde fatores estressores são comuns e mais intensos. De tal modo, a produção de estruturas reprodutivas pode ser mais eficiente nestes táxons do que em outros similarmente abundantes porém mais característicos de regiões infralitorâneas, como *Alsidium seaforthii* ou *Dichotomaria marginata*, esta segunda em momento algum foi registrada portando estruturas reprodutivas e a primeira possuiu apenas dois registros de estruturas reprodutivas durante o estudo.

6. Considerações Finais

- Macroalgas arribadas ocorrem praticamente todo o ano, mas são mais abundantes no primeiro semestre do ano.
- É clara a ação do fator temporal sobre a ocorrência de macroalgas arribadas e sua composição, onde o período chuvoso do ano é mais rico e abundante.
- Não há fundamentos suficientes para afirmar, com base apenas na composição taxonômica de macroalgas arribadas, que haja diferença significativa de diversidade entre o litoral norte e sul do Espírito Santo.
- As algas arribadas do litoral do Espírito Santo não apresentam ter um papel significativo na produção e abastecimento de propágulos para suas respectivas populações.
- A maioria das espécies que apresentaram estruturas reprodutivas não possuíram quaisquer relações com espaço ou tempo. Enquanto os táxons que apresentaram esse traço ao longo do ano comumente habitam regiões entremarés, sugerindo que são naturalmente mais propensas a produzir tais estruturas durante períodos de estresse.

7. Referências Bibliográficas

Amado-Filho G.M., Maneveldt G., Marins. B.V., Manso R.C.C., Pacheco M.R. & Guimarães S.P.B. 2007. Structure of rhodolith beds from a depth gradient of 4 to 55 meters at the south of Espírito Santo State coast, Brazil. Cienc Mar 33(4): 399–410

Amado-Filho G.M., Maneveldt G., Pereira-Filho G.H., Manso R.C., Bahia R.G. 2010 Seaweed diversity associated with a Brazilian tropical rhodolith bed. Cienc Mar 36: 371–391

Araújo N.H. 2016. Avaliação de produção de compostos a partir de algas marinhas arribadas como alternativa para a adubação de hortaliças, Dissertação de mestrado, UFPB, Programa de desenvolvimento em meio ambiente – PRODEMA, Paraíba/PB, Brasil.

Barbosa S.O. 2010. Potencial agrícola das algas marinhas arribadas no litoral norte fluminense. Dissertação de Mestrado em Ciências Biológicas - Botânica. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro.

Basílio, T.H. 2020. Biodiversidade e conservação das ilhas costeiras do litoral sul capixaba. São Paulo: Lura Editorial, 252 p. ISBN 978-65-86626-04-9

Bernardi, J. 2018. Variação da Atividade Antioxidante em Macroalgas Recifais de Pernambuco. Universidade Federal de Pernambuco Centro de Tecnologia e Geociências. Dissertação de Mestrado. 140p.

Bicudo, C.E.M.,& Menezes,M. 2010 Introdução: As algas do Brasil, In: FORZZA,R.C. (Org). Catálogo de plantas e fungos do Brasil. Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro.Andrea Jakobsson Estúdio: Instituto de Pesquisa Jardim Botânico do Rio de Janeiro,. P.49-60.vol.1

Boltovskoy, D., & Valentin, J.L. 2018. Overview of the history of biological oceanography in the southwestern Atlantic, with emphasis on plankton. Plankton Ecology of the Southwestern Atlantic, 3–34. https://doi.org/10.1007/978-3-319-77869-3_1

Braga, M. R. A., Fujii, M. T., Yokoya, N. S., Eston, V. R., Plastino, E. M., Cordeiro-Marino, M. 1990. Macroalgal Reproductive Patterns in Mangroves of Ilha do Cardoso, SP, Brazil. Anais do 2º Simpósio de Ecossistemas da Costa Sul e Sudeste Brasileira – Estrutura, Função e Manejo. pp. 314-326.

Calado S.C.S., Silva V.L., Passavante J.Z.O., Abreu C.A.M., Lima Filho E.S., Duarte M.M.M. B. & Diniz E.V.G.S. 2003. Cinética e equilíbrio de bioassorção de chumbo por macroalgas. Tropical Oceanography 31: 53-62.

Câmara-Neto C. 1971. Contribuição ao conhecimento qualitativo e quantitativo das “arribadas” da Redinha. Boletim do Instituto de Biologia Marinha 5: 3-30.

Câmara-Neto C., Araújo R.A., Melo Filho N.R., Soares M.L. & Costa P.N. 1981. Composição e estimativa da biomassa das algas arribadas em praias do Rio Grande do Norte. SUDENE – Estudos de Pesca, ser. 9: 85-95.

Castro, P. S. S. 2020. Estudos em biomassa de macroalgas recorrendo a tecnologias de extração verdes. Lisboa: Instituto Superior de Engenharia de Lisboa. Dissertação de mestrado.

Cavalcanti, M. I. L. G. 2021. Macroalgas Arribadas da Costa Brasileira: Biodiversidade e Potencial de Aproveitamento. Instituto de Pesquisas Ambientais, da Secretaria de Meio Ambiente, Infraestrutura e Logística – Tese de Doutorado. 204p.

Cavalcanti M.I.L.G. & Fujii M.T. 2021a. Algas Arribadas da Costa Brasileira. Editora CRV, Curitiba (no prelo).

Cavalcanti M.I.L.G & Fujii M.T. 2021b. Beach-cast seaweeds from Itaqui Beach, coast of the State of Piauí, Northeast of Brazil. *Pesquisas, Botânica* 75: 381-414.

Cheney, D. P. 1977. A new improved ratio for comparing seaweed floras. *J Phycol.* 13(suppl.): 1-13.

Climatempo. 2023a. Climatologia e histórico de previsão do tempo em Piúma, BR. Disponível em <https://www.climatempo.com.br/climatologia/3036/piuma-es> (Acesso em 03/11/2023).

Climatempo. 2023b. Climatologia e histórico de previsão do tempo em Aracruz, BR. Disponível em <https://www.climatempo.com.br/climatologia/63/aracruz-es> (Acesso em 08/11/2023).

de Paula, É. J. 1988. O Gênero *Sargassum* C. Ag. (Phaeophyta - Fucales) no Litoral do Estado de São Paulo, Brasil. *Bolm. Botânica, Univ. S. Paulo*, 10, 65–118.

Feldmann, J. 1937. Recherches sur la végétation marine de la Méditerranée. La Côte des Albères. *Rev Algol* 10: 1-339

Ferreira G.S., Brito P.O.B, Aderaldo F.I.C., Carneiro P.B.M., Rocha A.M. & Gondim F.A. 2020. Algas arribadas da Praia do Pacheco, Ceará, Brasil. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável* 15(2): 208-214.

Guedes E.A.C. & Moura A.N. 1996. Estudos da biomassa e composição mineral de algas arribadas em praias do litoral norte de Alagoas. *Boletim de estudos de Ciências do Mar* 9: 19-30.

Guimarães S.M.P.B. 2003. Uma análise da diversidade da flora marinha bentônica do estado do Espírito Santo, Brasil. *Hoehnea* 30: 11-19.

Guimarães S.M.P.B. 2006. A revised checklist of benthic marine Rhodophyta from the State of Espírito Santo, Brazil. *Boletim do Instituto de Botânica* 17: 143-194.

Graham, L. E., Graham, J. M., & Wilcox, L. W. 2009. *Algae*. Benjamin Cummings. 720 p.

Gressler V., Yokoya N.S., Fujii M.T., Colepicolo P., Mancini Filho J., Torres R.P. & Pinto E. 2010. Lipid, fatty acid, protein, amino acid and ash contents in four Brazilian red algae species. Food Chemistry 120: 585-590.

Gressler, V. ; Fujii, M. T. ; Martins, A. P. ; Colepicolo, P. ; Mancini-Filho, J. ; Pinto, E . Biochemical composition of two red seaweed species grown on the Brazilian coast. Journal of the Science of Food and Agriculture , v. 91, p. 1687-1692.

Harb, T. B.; Pereira, M. S.; Cavalcanti, M. I. L. G; Fujii, M. T; Chow, F. 2021. Antioxidant activity and related chemical composition of extracts from Brazilian beach-cast marine algae: opportunities of turning a waste into a resource. *Journal of Applied Phycology*, Dordrecht,.

Harb, T. B. & Chow, F. 2022. An overview of beach-cast seaweeds: Potential and opportunities for the valorization of underused waste biomass. *Algal Research*, 62, 102643. <https://doi.org/10.1016/j.algal.2022.102643>

Horta P.A., Amâncio E., Coimbra C.S. & Oliveira E.C. 2001. Considerações sobre a distribuição e origem da flora de macroalgas marinhas brasileiras. *Hoehnea* 28: 243-265.

Jimenez-Escrig A. & Sanchez-Muniz F.J. 2000. Dietary fibre from edible seaweeds: chemical structure, physicochemical properties and effects on cholesterol metabolism. *Nutrition Research* 20: 585-598.

Kirkman H. & Kendrick G.A. 1997. Ecological significance and commercial harvesting of drifting and beach-cast macroalgae and seagrasses in Australia: a review. *Journal of Applied Phycology* 9(4): 311-326.

Laffoley D., Roe H., Angel M., ... et al. 2011. The Protection and Management of the Sargasso Sea: The Golden Floating Rainforest of the Atlantic Ocean: Summary Science and Supporting Evidence Case. Sargasso Sea Alliance, 44 pp.

Mandalka, A., Cavalcanti, M. I., Harb, T. B., Toyota Fujii, M., Eisner, P., Schweiggert-Weisz, U. & Chow, F. 2022. Nutritional composition of beach-cast marine algae from the Brazilian coast: Added value for algal biomass considered as waste. *Foods*, 11(9), 1201. <https://doi.org/10.3390/foods11091201>

Marmitt D.J., Freias E.M., Markzinsk F., Flash A. & Blasi E.A.R. 2015. Avaliação qualiquantitativa de algas marinhas macrófitas ocorrentes na Praia da Vigia, Garopaba/SC. Centro Universitário UNIVATES, Revista CEPSUL - Biodiversidade e Conservação Marinha 4(1):5-15.

McKenzie, P. F. & Bellgrove, A. 2008. Dispersal of *Hormosira banksii* (Phaeophyceae) via detached fragments: Reproductive viability and longevity1. Journal of Phycology, 44(5), 1108–1115. <https://doi.org/10.1111/j.1529-8817.2008.00563.x>

Menezes M., Bicudo C.E.M., Moura C.W.N., ... et al. 2015. Update of the Brazilian floristic list of Algae and Cyanobacteria. Rodriguésia 66: 1047-1062. DOI: 10.1590/2175-7860201566408.

Moreira, I., Cabrera, R. & Suárez, A.M. 2006. Evaluación de macroalgas marinas del género *Sargassum* C. Agardh (Phaeophyta, Fucales). Revista de Investigaciones Marinas 27(2): 115-120.

Nunes, J. M. C. & de Paula, É. J. 2002. Composição e distribuição das Phaeophyta nos recifes da região metropolitana de Salvador, Bahia, Brasil. IHERINGIA, Sér. Bot., Porto Alegre , 57(1), 113–130.

Pacheco, M. R. 2011. Macroalgas marinhas associadas a bancos de rodolitos do infralitoral do Espírito Santo, Brasil., Instituto de Biociências, University of São Paulo, São Paulo. Tese de Doutorado. doi:10.11606/T.41.2011.tde-11052011-144911.

Pereira, L. M. 2023. Biodiversidade de Algas Marinhas Arribadas na Praia de Candeias -PE e Avaliação do Potencial como Substrato para Cultivo de Hortaliças Microverdes. Instituto de Pesquisas Ambientais, da Secretaria de Meio Ambiente, Infraestrutura e Logística – Dissertação de Mestrado. 59p.

Pereira, R.C. & Soares-Gomes, A. 2002. Biologia Marinha. 1. ed. Rio de Janeiro: Interciênciac, v. 1. 382p .

Pérez-Lloréns, J. L. 2020. Microalgae: From staple foodstuff to avant-garde cuisine. International Journal of Gastronomy and Food Science, 21, 100221. <https://doi.org/10.1016/j.ijgfs.2020.100221>

Praciano P.R.S. 1977. Composição e estimativa das algas depositadas em praias do Estado do Ceará, no período de julho de 1976 a junho de 1977. Monografia de Bacharelado em Engenharia de Pesca, Universidade Federal do Ceará, 14p.

Sacramento R. M. de O., Seidler E., Souza M. & Yoshimura C.Y. 2013. Utilização de macroalgas arribadas do litoral catarinense na adubação orgânica de olerícolas. *Scientia Prima* 1(1): 55-59.

Santos G.do N., Nascimento O.S., Pedreira F.dos A., Rios G.I., Vasconcelos J.N.C. & Nunes J.M.C. 2013. Análise quali-quantitativa das algas arribadas no norte do estado da Bahia, Brasil. *Acta Botanica Malacitana* 38: 13-24.

Sissini M. N., Barbosa M.B., Széchy M.T., ... et al. 2017. The floating *Sargassum* (Phaeophyceae) of the South Atlantic Ocean – likely scenarios. *Phycologia* 56: 321–328.

Széchy M. T., Guedes P.M., Baeta-Neves M.H. & Oliveira E.N. 2012. Verification of *Sargassum natans* (Linnaeus) Gaillon (Heterokontophyta: Phaeophyceae) from the Sargasso Sea off the coast of Brazil, western Atlantic Ocean. *Check List* 8(4): 638–641.

Ulaski, B. P., Otis, E. O. & Konar, B. 2023. How landscape variables influence the relative abundance, composition, and reproductive viability of macroalgal wrack in a high latitude glacial estuary. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 280, 108169. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2022.108169>

Valentin, J.L. 2001 The Cabo Frio upwelling system, Brazil. In: Seeliger U, Kjerfve B.J.N (eds) Ecological studies: coastal marine ecosystems of Latin America. Springer, Berlin, pp 97–105.

Vila Nova L.L.M., Costa M.M. da S., Costa J.G.da, Amorim E.C.da S. & Guedes E.A.C. 2014. Utilização de “algas arribadas” como alternativa para adubação orgânica em cultivo de Moringa (*Moringa oleifera* Lam.). *Revista Ouricuri* 4(3): 68-81.

Wang M., Hu C., Barnes B.B., Mitchum G., Lapointe B. & Montoya J.P. 2019. The Great Atlantic Sargassum Belt. *Science* 365: 83-87

WeatherSpark. 2016a. Clima e condições meteorológicas médias em Aracruz no ano todo. Disponível em <https://pt.weatherspark.com/y/30870/Clima-caracter%C3%ADstico-em-Aracruz-Brasil-durante-o-ano> (Acesso em 08/11/2023).

WeatherSpark. 2016b. Clima e condições meteorológicas médias em Piúma no ano todo. Disponível em <https://pt.weatherspark.com/y/30852/Clima-caracter%C3%ADstico-em-Pi%C3%A3BAma-Brasil-durante-o-ano> (Acesso em 08/11/2023).

Yoshenigue-Valentin, Y, Gestinari, L.M.S. & Fernandes, D. R. P. 2006 Capítulo 2. Macroalgas. In: LAVRADO, H. P. & IGNACIO, B. L. (Eds.). Biodiversidade bentônica da região central da Zona Econômica Exclusiva Brasileira. Rio de Janeiro: Museu Nacional. p. 67-105 (Série Livros n. 18)