



Faculdade de ciências
Departamento de ciências biológicas
Licenciatura em Biologia Marinha, Aquática e Costeira

Culminação de estudos II

Variante: Investigação

Avaliação da Diversidade, Abundâncias e Biomassa das Macroalgas Marinhas (Chlorophytas) Verdes, no Farol de inhaca, Ponta de ouro e Praia da Costa do sol.



Autor: João Filipe Vicente



UNIVERSIDADE
E D U A R D O
M O N D L A N E

Faculdade de ciências

Departamento de ciências biológicas

Licenciatura em Biologia Marinha, Aquática e Costeira

Culminação de Estudos II

Variante: (Investigação)

Avaliação da Diversidade, Abundâncias e Biomassa das Macroalgas Marinhas (Chlorophytas) Verdes, no Farol de Inhaca, Ponta de ouro e Praia da Costa do sol.

Autor:

João Filipe Vicente

Supervisora:

Prof. Doutora. Valera Dias

Co-supervisor:

Msc. Mizeque Mafambissa

Maputo, Setembro de 2024

Agradecimentos

Gostaria de expressar meus sinceros agradecimentos a todos que contribuíram para esta conquista significativa em minha vida acadêmica. Em primeiro lugar, agradeço a Deus pelo dom da vida e por guiar meus passos ao longo desta jornada.

Aos meus queridos pais, Filipe e Custeja, que infundiram em mim os valores da educação desde os primeiros passos na escola. Seu legado é eterno, e sem a base que me proporcionaram, o caminho da educação seria desconhecido para mim.

Ao meu amado irmão Abel, que agora repousa em paz, em especial há minha supervisora Prof. Doutora. Valera Dias, meu profundo agradecimento pelo suporte financeiro, dedicação, paciência, bondade e o meu Co-supervisor Mestre Mizeque Mafambissa pelos ensinamentos sólidos e valiosos que tornaram possível a realização desta monografia.

Às minhas irmãs, Odete João Vicente e Emília João Vicente, que foram minha força e motivação em momentos difíceis, meu eterno agradecimento por estarem sempre ao meu lado.

Aos amigos especiais Abibo Saíde, Anuárite Ivo e Rogeiro Mandala, cujo apoio e encorajamento foram fundamentais em minha jornada acadêmica.

Aos colegas amigos: Francisco Aizeque Domingos, Francisco Timana, Da Dju, Abdul, Humberto, Mirchon, Brénden, Nilso, Adolfo, Rita, Ângela, Adélia, Fátima, Fáusia e os demais que sempre tiveram tempo e disponibilidade para poder ajudar em qualquer actividade durante a formação.

Ao Departamento de Ciências Biológicas e a todos os docentes que lecionaram o curso de Biologia Marinha Aquática e Costeira. Em especial a Prof. Dra. Scarlet Perpetua, pelo auxílio durante a formação.

Há minha irmã Odete e a família, que generosamente custearam minha formação, e aos amigos que se tornaram uma família ao longo desse percurso.

Aos familiares da linhagem dos Vicentes, meu sincero agradecimento pela presença constante e apoio incondicional.

Cada um de vocês contribuiu de forma especial para esta conquista. Obrigado por fazerem parte desta jornada e por tornarem possível esta realização.

Declaração de honra

Declaro por minha honra que este trabalho de final do curso de licenciatura em Biologia Marinha, Aquática e Costeira é resultado da minha investigação pessoal e de orientação da minha supervisora, que todas as fontes utilizadas para a elaboração estão devidamente referenciadas. Que a mesmo nunca foi apresentado para a obtenção de qualquer grau académico nesta Universidade ou em qualquer outra instituição.

Maputo, Setembro de 2024

João Filipe Vicente

(João Filipe Vicente)

Dedicatória

Aos meus amados pais, Filipe João Vicente e Custeja Tambire Filipe Lampião, e ao meu pai irmão também falecidos, Abel Vicente, cuja orientação e amor construíram os alicerces da minha vida. Partiram cedo demais, sem saberem o impacto que sua educação e legado deixariam em mim. Cada semente de sabedoria que plantaram germinou em frutos de realizações, inclusive nos meus estudos. A ausência física de vocês não diminui a importância do legado que carrego comigo. Sou profundamente grato pelo que sou hoje, pois suas lições e valores moldaram o meu caminho. Esta monografia é uma expressão humilde da minha eterna gratidão e reconhecimento.

Epígrafe

“A persistência é o caminho do êxito. Nunca desista, pois até mesmo a noite mais escura termina com o nascer do sol.”

Victor Hugo

Resumo

Macroalgas marinhas são recursos importantes para maior parte das comunidades costeiras Moçambique e na região sul em particular. Pois elas constituem uma componente vital dos ecossistemas aquáticos, desempenhando papéis cruciais na dinâmica e saúde dos ambientes marinhos. O objectivo do estudo foi avaliação da diversidade, abundância e biomassa de macroalgas marinhas (Chlorophytas), no Farol de Inhaca (Ponta Mazodwé), Ponta de Ouro e a Praia da costa do sol. Neste estudo foi usado o método de amostragem sistemática com transectos e quadrículas de 25*25cm perpendicular a linha de costa.

As amostragens foram realizadas nos meses de Setembro e Novembro de 2022 tanto no Farol de Inhaca, Ponta de Ouro e Praia da Costa do Sol. Os resultados revelaram diferenças significativas na diversidade, abundancia e biomassa de macroalgas verdes entre o Farol de Inhaca, Ponta de Ouro e Praia da costa do sol, com o ($P=0,0085$), com um total de 5615 indivíduos identificados, abrangendo 30 espécies distribuídas em 10 famílias. As famílias Caulerpacae e Ulvaceaea se destacaram com um maior número de espécies em comparação com as demais famílias.

Ao analisar os índices de diversidade, especificamente o índice de Shannon-Winner, a ilha de Inhaca apresentou a maior diversidade específica (Shannon's H' Ilha de Inhaca= 3,921), seguida por Ponta de Ouro (3,06) e Praia da Costa do Sol (Bairro dos Pescadores) (1,976).

Além disso, a distribuição das espécies de macroalgas variou entre os diferentes locais de estudo. No Farol da Ilha de Inhaca, as espécies com a maior percentagem de cobertura foram *Codium extricatum* e *Ulva rígida*, ambas com 10,7% de cobertura. Na área costeira da Ilha de Inhaca, as espécies que apresentaram maior cobertura foram *Caulepa mexicanae* e *Codium mozambiquense*, com 17,4% de cobertura para cada uma. No Bairro dos Pescadores, *Caulepa mexicanae* e *Ulva fasciata* foram as espécies predominantes, com coberturas de 30,2% e 27,9%, respectivamente.

Em relação à biomassa por metros quadrados, a Praia da Costa do Sol apresentou uma biomassa média superior em comparação com o Farol de Inhaca e Ponta de Ouro.

Esses resultados destacam a diversidade, abundancia e biomassa das macroalgas nos diferentes habitats estudados, fornecendo informações valiosas sobre a ecologia desses organismos em diferentes áreas costeiras.

Índice

1. INTRODUÇÃO	3
1.1. Problema	5
1.2. Justificativa	6
2. OBJETIVOS	8
2.1. Geral.....	8
2.2. Específicos	8
3. HIPÓTESES	9
4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	10
4.1. Taxonomia e Morfologia das Macroalgas Marinhas	10
4.2. Ecologia e biologia das macroalgas.....	11
4.3. Factores que influencia a Distribuição e Abundância de Macroalga.....	13
4.4. Zonação das macroalgas	18
4.4.1. Zonação das macroalgas em praias rochosas.....	18
4.4.2. Zonação das macroalgas em praias arenosa.....	20
4.5. Diversidade das macroalgas no mundo	21
4.6. Divisão Chlorophyta	22
4.7. Biomassa.....	22
5. ÁREA DE ESTUDO	24
5.1. Ilha de Inhaca.....	24
5.2. Ponta de Ouro	24
5.3. Praia da Costa do Sol (Bairro dos pescadores).....	25
6. MATERIAIS E MÉTODOS	26
6.1. Materiais:	26

6.2.	Amostragem.....	27
6.2.1.	Diversidade de Macroalga verdes (Chlorophytas).....	29
6.2.1.1.	Análise de Dados	29
6.2.2.	Abundância de Macroalgas verdes (Chlorophytas) média por área	30
6.2.3.	Análise de Diversidade de espécies	30
6.2.4.	Percentagem de Cobertura das Espécies.....	31
6.2.5.	Análise estatística de Dados	31
7.	RESULTADOS	33
7.1.	Diversidade de macroalgas verdes (Chlorophyta).....	33
7.2.	Abundancia de macroalgas verde (Chlorophytas), no Farol de Inhaca, Ponta de Ouro e a Praia da costa do sol.....	34
7.2.2.	Abundancia de macroalgas verde (Chlorophytas), da ponta de ouro	35
7.2.3.	Abundancia de macroalgas verde (Chlorophytas), da praia da Costa do Sol.....	37
7.3.	Percentagem de cobertura de macroalgas marinhas (Chlorophytas), no Farol de Inhaca (Ponta Mazodwé), Ponta de Ouro e a Praia da costa do sol.	38
7.4.	Diversidade de macroalgas Verde (Chlorophyta).....	41
7.5.	Padrão de Zonação vertical de macroalgas verdes (Chlorophytas) no Farol de Inhaca, Ponta do Ouro e Praia da Costa do Sol.....	43
8.	DISCUSSÃO	47
8.1.	Diversidade de Macroalgas Castanhas	47
8.1.2.	Abundância de macroalgas Verdes (Chlorophyta).....	47
8.1.3.	Biomassa de macroalgas verdes (Chlorophytas) no Farol de Inhaca, Ponta do Ouro e Praia da Costa do Sol.....	48
8.1.4.	Padrão de Zonação de macroalgas verde (Chlorophytas) no Farol de Inhaca, Ponta do Ouro e Praia da Costa do Sol.....	49
9.	CONCLUSÃO	51
10.	LIMITAÇÕES DO ESTUDO.....	52
11.	RECOMENDAÇÕES	52

12.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	53
13.	ANEXOS	61

Avaliação da Diversidade, Abundâncias e Biomassa das Macroalgas Marinhas (Chlorophytas) Verdes, no Farol de Inhaca, Ponta de ouro e Praia da Costa do sol.

Lista de abreviaturas e abreviaturas

Km	Quilómetros
Km ²	Quilómetros quadrados
°C	Graus Celsius
m	metros
β-caroteno	Beta caroteno
CO ₂	Dióxido de carbono
K ⁺	Ião potássio
Na ⁺	Ião de Sódio
Cl ⁻	Ião cloro
II	Ilha de Inhaca
PO	Ponta de ouro
CS	Costa do Sol
NE	Hemisfério Norte
SE	Hemisfério Sul

Avaliação da Diversidade, Abundâncias e Biomassa das Macroalgas Marinhas (Chlorophytas) Verdes, no Farol de Inhaca, Ponta de ouro e Praia da Costa do sol.

Lista de Figuras

Figura 1. Esquema universal de zonação de Stephenson e Stephenson (1949) (esquema das três zonas), com a classificação alternativa de Lewis (1964).....	20
Figura 2. Mapa de Localização geográfica: da Ilha de Inhaca, da Ponta do Ouro e Praia da Costa do Sol. (Fonte: ArcGis, adaptado por João Filipe Vicente, 2024).	26
Figura 3. Quadrículas feitas ao longo dos transeptos A: Farol de Inhaca. B: Ponta do Ouro. C: Praia da Costa do Sol.....	28
Figura 4. Quadrícula para identificação de macroalgas.	29
Figura 5. Abundancia de Macroalgas verdes (Chlorophytas) da zona costeira do Farol da Ilha de Inhaca.....	35
Figura 6. Abundancia de Macroalgas verdes (Chlorophytas) da zona costeira da ponta de ouro.	36
Figura 7. Abundancia de Macroalgas verdes (Chlorophytas) da zona costeira da praia da costa do sol.	37
Figura 8. Percentagem de cobertura das macroalgas verde (Chlorophytas) da Ilha de Inhaca.	39
Figura 9. Percentagem de cobertura de espécies de macroalgas verdes da ponta do ouro.....	40
Figura 10. Percentagem de cobertura de espécies de macroalgas do Bairro dos pescadores..	41
Figura 11. Índice de diversidade de Shannon-Wiener.....	42
Figura 12. Biomassa em relação as áreas da Ilha de inhaca, ponta de ouro e praia da costa do sol.	43
Figura 13. Zonação das macroalgas verdes (Chlorophyta) no Farol de Inhaca. Fonte: Clip Studio Paint. Adaptado por Samuel Marbate.	45
Figura 14. Zonação de macroalgas Verdes (Chlorophyta) da Ponta do Ouro. Fonte: Clip Studio Paint. Adaptado por Samuel Marbate.....	46
Figura 15. Zonação de macroalgas Verdes (Chlorophyta) da Praia da Costa do Sol. Fonte: Clip Studio Paint. Adaptado por Samuel Marbate	46

Lista de Tabela

Tabela 1. Lista de espécies de macroalgas verdes que ocorrem na Ilha de Inhaca, Ponta de ouro e praia da costa do sol.	33
--	----

Avaliação da Diversidade, Abundâncias e Biomassa das Macroalgas Marinhas (Chlorophytas) Verdes, no Farol de Inhaca, Ponta de Ouro e Praia da Costa do Sol.

1. INTRODUÇÃO

As algas podem ser classificadas em macroalgas e microalgas, sendo que as macroalgas são aquelas visualizadas a olho nú, enquanto as microalgas necessitam de microscópio para serem observadas (Silva, 2010).

As macroalgas, também conhecidas maioritariamente como algas marinhas, constituem uma componente vital dos ecossistemas aquáticos, desempenhando papéis cruciais na dinâmica e saúde dos ambientes marinhos (Pedrini, 2010). Estes organismos apresentam ampla distribuição geográfica, colonizando diversos habitats em todos os mares do planeta (Nassar, 2012). Elas podem ser agrupadas em três grupos principais: Chlorophyta (algas verdes), Rhodophyta (algas vermelhas) e Phaeophyta (algas pardas) (Nassar, 2012).

Dentre as diferentes categorias de macroalgas, as verdes, se destacam não apenas por sua coloração distintiva, mas também por suas características morfológicas e fisiológicas peculiares que as tornam organismos de extrema relevância ecológica. (Barros, 2015).

A coloração vibrante das macroalgas verdes é atribuída à presença de clorofila a em suas células, evidenciando sua habilidade de realizar fotossíntese. Essa característica não apenas confere a elas uma posição fundamental na cadeia alimentar marinha, como também as distingue das outras categorias de macroalgas, proporcionando uma identidade visual marcante em habitats submersos (Barros, 2015). Além disso, as macroalgas verdes apresentam uma variedade de formas e estruturas, desde organismos simples até formas complexas, ampliando sua adaptação a uma diversidade de ambientes costeiros (Williams *et al.*, 2007).

A complexidade morfológica das macroalgas verdes é complementada por sua adaptação notável à variação nos ambientes marinhos. A capacidade de fixação ao substrato por meio de estruturas especializadas, como rizoides, é crucial para sua ancoragem em ambientes dinâmicos sujeitos a correntes e ondas marinhas (Lee, 2008). Além disso, a presença de tecidos diferenciados para absorção de nutrientes, vacúolos pulsáteis para regulação osmótica e a formação de esporos para reprodução são características peculiares que contribuem para sua sobrevivência e reprodução eficientes marinhas (Lee, 2008).

Avaliação da Diversidade, Abundâncias e Biomassa das Macroalgas Marinhas (Chlorophytas) Verdes, no Farol de Inhaca, Ponta de ouro e Praia da Costa do sol.

A relevância ecológica das macroalgas verdes não se limita apenas à sua capacidade fotossintética (Guiry, 2014). Esses organismos desempenham um papel crucial na promoção da biodiversidade marinha, fornecendo abrigo e alimento para uma variedade de organismos marinhos, desde pequenos invertebrados até peixes de importância comercial. Portanto, compreender a distribuição e abundância dessas macroalgas torna-se fundamental não apenas para a conservação desses organismos, mas também para a preservação da diversidade biológica associada aos ecossistemas costeiros (Guiry, 2014).

A maioria dos estudos de macroalgas em Moçambique foram conduzidos na zona sul do país, focalizando aspectos taxonómicos e biogeográficos (Isaac *et al.* 1956, Critchley *et al.* 1994, Critchley *et al.* 1997 citado por Bandeira *et al.* 2002). Também foram feitos estudos sobre a distribuição de macroalgas na Província de Nampula com ênfase na ilha de Moçambique (Massingue e Bandeira 2005) e sobre a diversidade, distribuição em relação aos principais *habitats* biológicos, bem como diferenças das coleções macroalgas entre as ilhas no arquipélago das Quirimbas (António e Bandeira, 2002).

O presente estudo pretende avaliar a diversidade, distribuição, abundância e biomassa de macroalgas marinhas verdes (Chlorophytas), na zona inter-maré no Farol de Inhaca (Ponta Mazodwé), Ponta de Ouro e Praia da costa do sol (Bairro dos pescadores) de modo a trazer informação mais actualizada deste recurso e comparar os três locais.

Avaliação da Diversidade, Abundâncias e Biomassa das Macroalgas Marinhas (Chlorophytas) Verdes, no Farol de Inhaca, Ponta de ouro e Praia da Costa do sol.

1.1. Problema

Diante da importância das macroalgas marinhas nos ecossistemas aquáticos, surge a necessidade de compreender de maneira mais aprofundada os fatores que influenciam sua diversidade e abundância. Nesse contexto, o problema central que direciona esta pesquisa é:

Conhecer os principais determinantes ambientais e antropogênicos que afetam a distribuição, diversidade e abundância das macroalgas marinhas, em especial as macroalgas verdes do filo Chlorophyta, e como esses fatores impactam a integridade ecológica dos ecossistemas costeiros?

Este problema de pesquisa visa explorar a complexa interação entre as macroalgas marinhas e seu ambiente, considerando não apenas os aspectos biológicos e fisiológicos desses organismos, mas também os impactos das atividades humanas nas macroalgas verdes. Compreender esses determinantes é crucial para desenvolver estratégias de conservação eficazes e promover o manejo sustentável desses ambientes, contribuindo assim para a preservação da biodiversidade marinha e a manutenção do equilíbrio dos ecossistemas aquáticos

Poucos estudos relacionados à diversidade e abundância de macroalgas verdes foram realizados na região da África Austral. Actualmente o Farol de Inhaca (Ponta Mazodwé), Ponta do Ouro e o Praia da costa do sol (Bairro dos pescadores) ocupam uma vasta área de macroalgas marinhas que possuem uma grande importância tanto ecológica, econômica e social, sendo que, até ao momento, e pouco conhecida a diversidade, a abundância de (Chlorophytas) que ocorrem nas três áreas. Daí surge a seguinte questão de pesquisa: **“Qual é a diversidade, abundância, e biomassa de macroalgas verdes no Farol de Inhaca (Ponta Mazodwé), Ponta do Ouro e Praia da costa do sol (Bairro dos pescadores)?”**

Avaliação da Diversidade, Abundâncias e Biomassa das Macroalgas Marinhas (Chlorophytas) Verdes, no Farol de Inhaca, Ponta de Ouro e Praia da Costa do Sol.

1.2. Justificativa

A relevância das macroalgas marinhas, em especial as macroalgas verdes do filo Chlorophyta, transcende os limites dos ecossistemas costeiros, impactando diretamente a saúde dos ambientes marinhos e a qualidade de vida das comunidades dependentes desses recursos. (Jiménez *et al.*, 2015) A justificativa para a abordagem desse problema de pesquisa é respaldada por diversos motivos, destacando-se:

Biodiversidade e Ecossistemas Aquáticos: As macroalgas marinhas desempenham um papel central na promoção da biodiversidade marinha, fornecendo habitat e alimento para uma variedade de organismos. A compreensão dos fatores que afetam sua distribuição e abundância é crucial para preservar a riqueza biológica e manter a funcionalidade dos ecossistemas aquáticos (Coppejans *et al.*, 2002).

Serviços Ecossistêmicos: Esses organismos contribuem para uma série de serviços ecossistêmicos, incluindo a produção de oxigênio, fixação de carbono, controle da erosão costeira e suporte à pesca. A deterioração da saúde das macroalgas pode comprometer esses serviços, impactando negativamente comunidades costeiras e ecossistemas adjacentes (Jiménez *et al.*, 2015).

Mudanças Ambientais Globais: As macroalgas são sensíveis a alterações nas condições ambientais, como mudanças climáticas, acidificação oceânica e poluição. Investigar como esses fatores influenciam a distribuição e abundância das macroalgas é crucial para antecipar e mitigar os impactos das mudanças ambientais globais nos ecossistemas marinhos (Jiménez *et al.*, 2015).

Atividades Antropogênicas: O aumento das atividades humanas nas zonas costeiras, como urbanização, pesca intensiva e poluição, tem contribuído para a degradação desses ambientes. Compreender como as ações antrópicas impactam as macroalgas é fundamental para desenvolver estratégias de manejo sustentável e minimizar os efeitos adversos dessas atividades (Vasconcelos *et al.*, 2015).

Conservação e Maneio Sustentável: Ao investigar os determinantes da abundância das macroalgas marinhas, esta pesquisa contribuirá para o desenvolvimento de políticas de

Avaliação da Diversidade, Abundâncias e Biomassa das Macroalgas Marinhas (Chlorophytas) Verdes, no Farol de inhaca, Ponta de ouro e Praia da Costa do sol.

conservação eficazes e estratégias de manejo sustentável. Essas informações são essenciais para promover a preservação desses recursos naturais e garantir a continuidade dos benefícios que proporcionam (Vasconcelos *et al.*, 2015).

Uma vez que existem poucos estudos ecológicos que relacionam a diversidade específica, distribuição, abundância e biomassa de macroalgas verdes (Chlorophytas) que ocorrem no Farol de Inhaca (Ponta Mazodwé), Ponta do Ouro, e Praia da costa do sol (Bairro dos pescadores) o presente trabalho contribuirá com o aumento de conhecimento. Que no futuro poderá servir como base para estudos mais aprofundados sobre macroalgas verdes (Chlorophytas).

Avaliação da Diversidade, Abundâncias e Biomassa das Macroalgas Marinhas (Chlorophytas) Verdes, no Farol de Inhaca, Ponta de ouro e Praia da Costa do sol.

2. OBJETIVOS

2.1. Geral

- Avaliar a Diversidade, Abundância e Biomassa de macroalgas marinhas (Chlorophytas), no Farol de Inhaca (Ponta Mazodwé), Ponta de Ouro e a Praia da costa do sol (Bairro dos pescadores).

2.2. Específicos

- Determinar a diversidade de macroalgas marinhas (Chlorophytas), no Farol de Inhaca (Ponta Mazodwé), Ponta de Ouro e a Praia da costa do sol (Bairro dos pescadores).
- Determinar a abundancia e percentagem de cobertura de macroalgas marinhas (Chlorophytas), no Farol de Inhaca (Ponta Mazodwé), Ponta de Ouro e a Praia da costa do sol (Bairro dos pescadores).
- Quantificar a biomassa de macroalgas verdes (Chlorophytas), no Farol de Inhaca (Ponta Mazodwé), Ponta de Ouro e a Praia da costa do sol (Bairro dos pescadores).
- Indicar a zonação das espécies de macroalgas (Chlorophytas), no Farol de Inhaca (Ponta Mazodwé), Ponta de Ouro e Praia da costa do sol (Bairro dos pescadores).

3. HIPÓTESES

3.1. Predição:

De modo geral, o conhecimento dos padrões de diversidade e abundancia de espécies vegetais numa dada área pode contribuir para a compreensão dos principais factores ambientais que determinam a estrutura da comunidade vegetal (Phillips e Gentry, 1993). Portanto, o conhecimento sobre os padrões de diversidade e abundancia da vegetação, ecologia e o modo de uso dos recursos é crucial pois permite avaliar o estado de conservação da vegetação (Phillips e Gentry, 1993).

3.2. Hipótese nula:

Não Existem diferenças significativas na diversidade abundancia e biomassa, de macroalgas verdes entre as áreas de Farol de Inhaca, Ponta de Ouro e Praia da costa do sol (Bairro dos pescadores).

3.3. Hipótese alternativa:

Existem diferenças significativas na diversidade, abundancia e biomassa de macroalgas verdes entre as áreas de Farol de Inhaca, Ponta de Ouro e Praia da costa do sol (Bairro dos pescadores).

4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

4.1. Taxonomia e Morfologia das Macroalgas Marinhas

A taxonomia e morfologia das macroalgas marinhas são áreas fundamentais da biologia marinha, que visam a classificação e descrição das diversas espécies de algas presentes nos ecossistemas aquáticos (Robin *et al.*, 2018). Neste contexto, o filo Chlorophyta, que abrange as macroalgas verdes, é particularmente interessante devido à sua diversidade e importância nos ecossistemas aquáticos.

Taxonomia das Macroalgas Marinhas:

A taxonomia é a ciência que trata da classificação dos seres vivos, no caso das macroalgas marinhas, elas são geralmente classificadas em três grandes grupos: o Filo Chlorophyta (algas verdes), o Filo Phaeophyta (algas pardas) e o Filo Rhodophyta (algas vermelhas), a classificação mais específica inclui ordens, famílias, gêneros e espécies (Prabhu *et al.*, 2019).

Filo Chlorophyta (Algas Verdes):

As macroalgas verdes são caracterizadas pela presença de clorofila a e b, conferindo-lhes uma coloração verde, São predominantemente marinhas, mas também podem ser encontradas em água doce e terrestre, a estrutura morfológica varia, incluindo formas unicelulares, filamentosas, laminares e tubulares (Prabhu *et al.*, 2019).

Morfologia das Macroalgas Verdes (Chlorophyta):

A morfologia das macroalgas verdes é diversificada, com diferentes formas adaptadas a diferentes ambientes e condições, aqui estão algumas características morfológicas específicas:

Células e Estruturas Celulares: As células são geralmente uniparietais, o que significa que possuem uma única parede celular, a presença de cloroplastos é uma característica distintiva, contendo clorofila a e b, Pirenoides, estruturas relacionadas ao armazenamento de amido, são comuns nas células (Santos, 2017). **Formas de Crescimento:** Macroalgas verdes podem crescer como células isoladas, filamentosas, laminares ou em formas tubulares, algumas espécies formam agrupamentos de células chamados coenócitos, onde os núcleos estão distribuídos em uma massa citoplasmática contínua (Raven *et al.*, 2014). **Reprodução:** A reprodução pode

Avaliação da Diversidade, Abundâncias e Biomassa das Macroalgas Marinhas (Chlorophytas) Verdes, no Farol de Inhaca, Ponta de Ouro e Praia da Costa do Sol.

ocorrer de forma assexuada por meio de esporulação ou fragmentação, A reprodução sexual envolve a formação de gâmetas masculinos e femininos, com a fusão resultando na formação de zigotos (Lee, 2018). Estruturas de Fixação e Sustentação: Muitas macroalgas verdes possuem estruturas especializadas para fixação, como rizoides ou discos adesivos, a sustentação é frequentemente fornecida por uma matriz de celulose presente na parede celular (Nunes, 2010).

4.2. Ecologia e biologia das macroalgas

A ecologia e biologia das macroalgas, que incluem as algas verdes (Chlorophyta), as algas pardas (Phaeophyta) e as algas vermelhas (Rhodophyta), são temas abrangentes e fascinantes na biologia marinha, abaixo, apresento uma descrição mais profunda desses aspectos, considerando o contexto geral das macroalgas (Creed *et al.*, 2007).

Ecologia das macroalgas:

Distribuição e Habitat: Macroalgas são encontradas em diversos ambientes aquáticos, desde água doce até ambientes marinhos e costeiros, a distribuição varia de regiões polares a tropicais, e a profundidade pode abranger desde a zona entre-mares até as profundezas oceânicas (Silva, 2010).

Adaptações Ambientais: As macroalgas exibem uma notável capacidade de adaptação a diferentes condições ambientais, incluindo salinidade variável, intensidade luminosa e variações na temperatura da água, algumas espécies são especializadas para viver em áreas intertidais, enfrentando mudanças periódicas na exposição ao ar (Seca e Pinto 2018).

Competição e Coexistência: As macroalgas competem por recursos, como luz e nutrientes, com outros organismos marinhos, estratégias de competição e mecanismos de coexistência são evidenciados na diversidade de formas, tamanhos e características fisiológicas (Seca e Pinto 2018).

Ciclo de Nutrientes: Macroalgas desempenham um papel essencial no ciclo de nutrientes, absorvendo nutrientes da água circundante e, posteriormente, liberando-os quando morrem e

Avaliação da Diversidade, Abundâncias e Biomassa das Macroalgas Marinhas (Chlorophytas) Verdes, no Farol de Inhaca, Ponta de Ouro e Praia da Costa do Sol.

decompõem, essa contribuição ao ciclo de nutrientes influencia diretamente a produtividade e a biodiversidade nos ecossistemas costeiros (Silva, 2010).

Biologia das Macroalgas:

Morfologia e Estrutura celular: As macroalgas apresentam uma grande diversidade morfológica, desde formas simples, como filamentos, até estruturas complexas, como laminariais e corais de algas, as células podem ser uniparietais ou multiparietais, e a estrutura celular varia entre os diferentes filos (Chlorophyta, Phaeophyta, Rhodophyta) (Leandro *et al.*, 2019).

Reprodução: as macroalgas reproduzem-se Assexuada e Sexuada. A reprodução assexuada ocorre por meio de esporulação, fragmentação ou formação de zoósporos, dependendo da classe, a reprodução sexuada envolve a formação de gâmetas, com o desenvolvimento de esporófitos e gametófitos alternantes em seus ciclos de vida (Leandro *et al.*, 2019).

Associações Simbióticas: Algumas macroalgas estabelecem associações simbióticas com outros organismos, como animais marinhos e microrganismos, exemplos incluem algas que vivem em simbiose com corais (zooxantelas) ou que fornecem habitat para pequenos organismos (Mata *et al.*, 2016).

Efeitos na Biodiversidade: A presença de macroalgas pode influenciar a biodiversidade local, oferecendo habitats e zonas de reprodução para várias espécies marinhas, o excesso de macroalgas pode, no entanto, levar a desequilíbrios ecológicos, impactando negativamente os recifes de coral e outros habitats (Mata *et al.*, 2016).

Importância Ecológica e Aplicações Práticas: As macroalgas são fundamentais para a produção primária nos ecossistemas aquáticos, contribuindo significativamente para a fixação de carbono e a liberação de oxigênio (Marta *et al.*, 2016).

No sector alimentar, muitas macroalgas são consumidas diretamente por animais marinhos e, também, são utilizadas na alimentação humana. Muitas espécies de macroalgas são consumidas em todo o mundo, principalmente em países asiáticos. Algas como nori, kombu e wakame são amplamente utilizadas na culinária (Evans e Critchley, 2014).

Avaliação da Diversidade, Abundâncias e Biomassa das Macroalgas Marinhas (Chlorophytas) Verdes, no Farol de Inhaca, Ponta de ouro e Praia da Costa do sol.

As aplicações industriais das macroalgas incluem o uso de algas em produtos cosméticos: Substâncias extraídas de macroalgas são frequentemente incorporadas em produtos cosméticos devido às propriedades benéficas para a pele, como hidratação, proteção contra radicais livres e estímulo da produção de colágeno (FAO, 2018).

Farmacêuticos: Macroalgas contêm compostos bioativos que têm potencial farmacêutico, incluindo propriedades antibacterianas, antivirais e anti-inflamatórias. Pesquisas exploram seu uso na produção de medicamentos (Koch *et al.*, 2017).

E na produção de biocombustíveis: Algumas espécies de macroalgas são estudadas como fontes potenciais de biocombustíveis devido ao seu rápido crescimento e ao conteúdo significativo de carboidratos e lipídios (Koch *et al.*, 2017).

Adicionalmente, macroalgas desempenham um papel crucial na remoção de nutrientes em excesso da água, contribuindo para a qualidade ambiental e prevenindo a eutrofização, a ecologia e biologia das macroalgas desempenham um papel vital nos ecossistemas aquáticos, influenciando a dinâmica dos habitats marinhos, a biodiversidade e proporcionando benefícios diretos para os seres humanos, o entendimento aprofundado desses aspectos é essencial para a conservação e o manejo sustentável desses importantes componentes dos ecossistemas aquáticos (Kumar *et al.*, 2010).

4.3. Factores que influencia a Distribuição e Abundância de Macroalga

Vários fatores são responsáveis pela abundância e distribuição biogeográfica das macroalgas, entre elas destacam-se a temperatura, luz, potencial hidrogeniônico, salinidade, nutrientes, substrato, competição, herbívoros, distúrbios físicos, sucessão ecológica (Smale *et al.* 2016).

A temperatura: É considerada um do principal parâmetro ambiental na distribuição global das espécies. Nos oceanos, a temperatura restringe cada espécie a uma zona geográfica compatível com suas exigências térmicas (Lunning, 1990).

Esta é a razão pela qual em um mesmo oceano, a composição da flora varia do equador aos polos. Cada espécie requer uma temperatura máxima e mínima para sobreviver e a uma

Avaliação da Diversidade, Abundâncias e Biomassa das Macroalgas Marinhas (Chlorophytas) Verdes, no Farol de Inhaca, Ponta de ouro e Praia da Costa do sol.

temperatura ótima que favorece o seu pleno desenvolvimento. Essa variável ambiental tem um grande efeito sobre a estrutura molecular, celular e sobre os ciclos reprodutivos das comunidades (Lunning, 1990). Luz: A disponibilidade de luz é crucial para o crescimento das macroalgas, pois são organismos fotossintetizantes. A profundidade da água e a transparência influenciam a quantidade de luz que as algas recebem.

A luz: é considerada o principal e também um dos fatores mais complexos, afetando a ecologia, biologia e fisiologia das macroalgas. Essa complexidade surge primeiramente devido ao tipo de luz (intensidade e natureza da radiação) e em segundo lugar do seu efeito sobre os organismos fotossintéticos (Hurd *et al.*, 2014).

Muitas espécies são adaptadas para sobreviver em locais com alta radiação e longos períodos de iluminação (baixas latitudes), enquanto outras, são adaptadas as condições de curta luminosidade (altas latitudes). A distribuição vertical das macroalgas é limitada pela disponibilidade, latitude, estação do ano e transparência da água. O uso da luz pelas macroalgas está relacionada principalmente ao fornecimento de energias para a fotossíntese, mas também em basicamente todos os processos biológicos (Lobban e Harrison, 1997).

Potencial de Hidrogênio (pH): O pH da água afeta a disponibilidade de nutrientes e a absorção de dióxido de carbono durante a fotossíntese, mudanças nos níveis de pH podem influenciar a competitividade entre diferentes espécies de macroalgas (Krupek *et al.*, 2012).

Mudanças no pH podem influenciar a especiação de metais na água, afetando sua toxicidade para as macroalgas. Em pHs mais baixos, a toxicidade de metais como o alumínio e o ferro pode aumentar, prejudicando o desenvolvimento das algas (Krupek *et al.*, 2012).

Em ambientes marinhos, o pH afeta a disponibilidade de íons carbonato, que são essenciais para a formação de carbonato de cálcio, um componente importante das estruturas esqueléticas de algumas macroalgas, como as algas calcárias. Mudanças nos níveis de pH podem influenciar a capacidade das algas de calcificar, afetando sua estrutura e crescimento (Nejrup e Pedersen, 2012).

Salinidade: A salinidade da água também desempenha um papel importante na distribuição das macroalgas. Algumas espécies são mais tolerantes as variações de salinidade do que outras.

Avaliação da Diversidade, Abundâncias e Biomassa das Macroalgas Marinhas (Chlorophytas) Verdes, no Farol de Inhaca, Ponta de ouro e Praia da Costa do sol.

A salinidade é medida da concentração de vários sais inorgânicos na água do mar (Yokota e De-Oliveira, 1992). Embora seja um fator abiótico relativamente estável em águas oceânicas, a salinidade pode mudar na região costeira de acordo com os ventos, marés e precipitação (Nejrup e Pedersen, 2012).

Dessa forma, a distribuição das macroalgas em relação à salinidade é considerada um fenômeno mais local do que global (Lobban e Harrison, 1997). Como outros fatores ambientais, a salinidade varia espacial e sazonalmente. Assim, a distribuição de uma espécie marinha deve refletir não somente sua preferência ou tolerância as variações ambientais, mas também sua habilidade em resistir as mudanças com o tempo (Lunning, 1990).

Em geral, as macroalgas apresentam diferentes processos de crescimento e desenvolvimento em relação à variação da salinidade. A pressão osmótica afeta a distribuição da umidade dentro e fora da membrana semipermeável, assim como a absorção dos nutrientes pelas algas. Para se adaptar as flutuações de salinidade, as macroalgas modificam as concentrações internas de íons (K^+ , Na^+ e Cl^-) e de osmólitos orgânicos (manitol, amido florídeo e açúcar). Estas mudanças são as responsáveis pela regulação entre o interior e o exterior da célula (Lunning, 1990).

Nutrientes: A presença de nutrientes como nitrogênio, fósforo e micronutrientes afeta significativamente a abundância de macroalgas. Altas concentrações desses nutrientes podem promover um crescimento excessivo, levando a blooms de algas (Lobban e Harrison, 1997).

A disponibilidade de nutrientes: é sem dúvidas um factor que regulam a biologia das algas. A concentração de nutrientes tem sido mostrada por limitar o crescimento e produtividade e, em alguns casos, pode controlar o conteúdo bioquímico, reprodução, desenvolvimento, morfologia e distribuição das algas. As macroalgas têm desenvolvido várias estratégias para se adaptar aos regimes de flutuação de nutrientes (Lobban e Harrison, 1997).

Em condições de depleção de nutrientes no meio, algumas espécies podem ser induzidas a alterar sua morfologia para aumentar sua superfície de absorção de nutrientes. Outras desenvolvem opressórios de fixação e morfologia resistentes para facilitar sua presença na zona de arrebentação, onde existe uma maior disponibilidade de nutrientes (Lobban e Harrison, 1997).

Avaliação da Diversidade, Abundâncias e Biomassa das Macroalgas Marinhas (Chlorophytas) Verdes, no Farol de Inhaca, Ponta de ouro e Praia da Costa do sol.

Substrato: O tipo de substrato (rochoso, arenoso, coralíneo) pode determinar quais espécies de macroalgas são capazes de se fixar e crescer em determinada área. A maioria das espécies de macroalgas necessita de um substrato para obter um desenvolvimento normal e concluir seu ciclo de vida (Nejrup e Pedersen, 2012).

A natureza química do seu substrato não interfere no sucesso de seu desenvolvimento. No entanto, a textura, do substrato, ou seja, se é duro, rugoso ou liso, são algumas características que influenciam na fixação das espécies (Smale *et al.* 2016).

Competição: A competição por espaço, luz e nutrientes entre diferentes espécies de macroalgas pode afetar sua distribuição, diversidade e abundância. Algumas espécies podem ser mais dominantes e suprimir o crescimento de outras (Nejrup e Pedersen, 2012).

Algumas macroalgas podem exibir formas de competição física, como a liberação de substâncias químicas que inibem o crescimento de outras espécies (alelopatia) ou o crescimento sobre outras macroalgas, sombreando-as e reduzindo sua capacidade de fotossíntese (Thompson *et al.*, 2002).

A competição pode influenciar a resposta das macroalgas a distúrbios ambientais, como mudanças na temperatura da água, salinidade ou poluição. Espécies de macroalgas mais competitivas podem ser mais resilientes a esses distúrbios, o que pode afetar sua distribuição e abundância em comparação com espécies menos competitivas (Thompson *et al.*, 2002).

Herbivoria: A presença e atividade de herbívoros que se alimentam de macroalgas podem controlar sua abundância, pois limitam o crescimento excessivo e mantêm um equilíbrio no ecossistema (Smale *et al.* 2016).

O pastejo por herbívoros pode ter efeitos diretos sobre a estrutura e a composição das comunidades de macroalgas. Herbívoros selecionam determinadas espécies de macroalgas com base em suas preferências alimentares e características nutricionais. Como resultado, algumas espécies de macroalgas podem ser mais suscetíveis ao pastejo do que outras, levando a mudanças na composição específica das comunidades de macroalgas (Thompson *et al.*, 2002).

Embora a herbivoria possa reduzir a abundância de determinadas espécies de macroalgas, ela também pode promover a diversidade de macroalgas ao criar oportunidades para outras espécies

Avaliação da Diversidade, Abundâncias e Biomassa das Macroalgas Marinhas (Chlorophytas) Verdes, no Farol de Inhaca, Ponta de Ouro e Praia da Costa do Sol.

colonizarem e crescerem em áreas onde a herbívoros é menos intensa. A presença de herbívoros pode, assim, criar uma "lacuna de herbívoros" que permite que espécies menos palatáveis ou mais lentas em crescimento prosperem (Helmuth *et al.*, 2006).

Distúrbios físicos: Distúrbios como tempestades, ondas fortes e impactos humanos (como poluição e degradação do habitat) podem influenciar a distribuição e a saúde das comunidades de macroalgas (Smale *et al.* 2016).

Distúrbios físicos podem alterar a estrutura física do habitat das macroalgas, como movimento do substrato e mudanças na topografia do fundo do mar. Isso pode afetar a disponibilidade de habitats adequados para o estabelecimento e crescimento das macroalgas, influenciando sua distribuição espacial (Helmuth *et al.*, 2006).

Alguns distúrbios físicos podem promover a dispersão de propágulos de macroalgas, como esporos e fragmentos vegetativos. Por exemplo, ondas fortes podem quebrar as macroalgas em pedaços menores, aumentando sua capacidade de dispersão e colonização de novas áreas (Boaventura *et al.*, 2002).

Sucessão ecológica: O estágio da sucessão ecológica em uma área (seja uma comunidade recém-estabelecida ou uma área em estágio avançado) pode afetar quais espécies de macroalgas estão presentes e sua abundância relativa (Smale *et al.* 2016).

À medida que a sucessão progride, ocorre competição intraespecífica (entre indivíduos da mesma espécie) e interespecífica (entre diferentes espécies). Espécies de macroalgas mais competitivas podem dominar áreas específicas, influenciando a distribuição e a abundância de outras espécies menos competitivas (Boaventura *et al.*, 2002).

Durante a sucessão ecológica, algumas espécies de macroalgas podem facilitar o estabelecimento e crescimento de outras espécies, por exemplo, fornecendo sombra ou substratos para colonização. Por outro lado, algumas espécies podem inibir o crescimento de outras, por meio de competição por recursos ou liberação de compostos químicos que são prejudiciais a outras espécies (Chappuis *et al.*, 2014).

Avaliação da Diversidade, Abundâncias e Biomassa das Macroalgas Marinhas (Chlorophytas) Verdes, no Farol de Inhaca, Ponta de Ouro e Praia da Costa do Sol.

A interação entre esses fatores pode variar de acordo com a região geográfica, o tipo de ecossistema aquático e a espécie de macroalga considerada, resultando em diferentes padrões de distribuição e abundância (Smale *et al.* 2016).

4.4. Zonação das macroalgas

4.4.1. Zonação das macroalgas em praias rochosas

Desde cedo que as praias rochosas são usadas como um ecossistema modelo para muitos estudos ecológicos, uma vez que representam uma transição gradual entre o ambiente terrestre e o ambiente marinho (Chappuis *et al.*, 2014).

Assim, os organismos presentes na zona intertidal rochosa estão sujeitos aos desafios ambientais colocados diariamente pelos sistemas climático, aquático e terrestre (Helmuth *et al.*, 2006). Estas populações caracterizam-se por estarem expostas a gradientes ambientais abruptos, heterogêneos, dinâmicos e topograficamente diversos que proporcionam uma grande variedade de habitats e permitem a existência de elevados níveis de biodiversidade das macroalgas (Bellgrove *et al.*, 2017).

Em praias rochosas, podem ser destacados quatro principais gradientes ambientais (Raffaelli e Hawkins 1996) Um gradiente vertical unidirecional (gradiente intertidal) que reflete as variações das condições ambientais desde o nível mais baixo da maré até ao limite da influência da mesma (zona de splash ou spray) (Stephenson e Stephenson 1949; Wolcott 1973). Em níveis mais elevados da praia, as espécies estarão sob a influência de longos períodos de exposição ao ar (emersão) (Benedetti e Cecchi, 2001). No caso das macroalgas, que captam os nutrientes através das suas lâminas, a absorção dos nutrientes tornar-se-á limitada à medida que o período de emersão aumenta (Benedetti e Cecchi 2001).

Um segundo gradiente está relacionado com os efeitos da ondulação (Vianna *et al.*, 2013). De facto, as praias rochosas são habitats costeiros expostos à ação das ondas, o que leva a um aumento da extensão do espaço disponível para os organismos (Vianna *et al.*, 2013). Por exemplo, quando a ação das ondas é forte, existe uma maior zona de splash e, por isso, é

Avaliação da Diversidade, Abundâncias e Biomassa das Macroalgas Marinhas (Chlorophytas) Verdes, no Farol de Inhaca, Ponta de Ouro e Praia da Costa do Sol.

possível encontrar determinadas espécies no nível mais elevado da praia, isto é, vários metros acima do limite máximo da maré (Underwood, 2000).

Em terceiro lugar, existe um gradiente relacionado com o tamanho das partículas (Martins *et al.*, 2009) que, apesar de ser mais evidente nas praias arenosas, também nas praias rochosas se verifica uma variedade. Esta complexidade reflete não só a exposição existente à ação da maré, como também parte da história geológica da praia (Raffaelli e Hawkins, 1996).

Isto é importante uma vez que estas praias formam-se como resultado do efeito erosivo das ondas, que desgasta o substrato rochoso, transportando para longe os materiais mais leves e deixando os materiais mais pesados expostos (Tait e Dipper, 1998). Por último, o gradiente associado às flutuações de salinidade que terá maior influência nas depressões e cavidades rochosas (poças de maré), onde se pode registar um aumento da salinidade à medida que a água se evapora, ou uma diminuição se a precipitação for suficientemente elevada (Raffaelli e Hawkins 1996).

Os organismos distribuem-se ao longo da praia rochosa consoante a sua capacidade de tolerar alterações físicas associadas a cada um dos gradientes anteriores (Elena *et al.*, 2016). A associação de espécies encontradas na praia são, em grande parte, resultado da forma como estes gradientes interagem entre si (Boaventura *et al.*, 2002).

A maior parte do substrato rochoso é estável, formando uma superfície onde crescem organismos sésseis (Helmuth *et al.*, 2006) e, da grande variedade de formas de vida que suportam, as praias rochosas são densamente habitadas por macrorganismos, como é o caso das macroalgas, mexilhões, lapas e cracas (Helmuth *et al.*, 2006).

Segundo Vieira (2015) As praias pode ser dividida em três sub-regiões, de acordo com a localização em relação às alturas de marés:

A região supralitoral localiza-se fora do alcance das ondas e marés normais (é alcançada pela água somente quando há ocorrência de marés muito altas ou tempestades). Portanto, é uma região marcada apenas pela umidade e pelos borrifos das ondas. É na região supralitoral que se formam as escarpas (inclinações) praias.

Avaliação da Diversidade, Abundâncias e Biomassa das Macroalgas Marinhas (Chlorophytas) Verdes, no Farol de Inhaca, Ponta de ouro e Praia da Costa do sol.

As praias arenosas, que nos parecem tão agradáveis e graciosas, constituem um ambiente desafiador para a vida marinha, pois combinam os rigores do costão rochoso porém sem um substrato sólido para fixação dos organismos que ali vivem (Amaral *et al.*, 2006). Neste ambiente também encontramos fatores como o impacto mecânico das ondas, grande variação na temperatura, exposição periódica às marés. Apenas na zona infralitoral das praias a temperatura e a salinidade são mais constantes (Amaral *et al.*, 2006).

A morfodinâmica das praias apresenta um sistema de transição bastante variável e sensível, ajustado à flutuação dos níveis de energia do local e sob a ação de processos hidráulicos (da água), eólicos (do vento) ou biológicos (dos organismos) (Vieira, 2015).

4.5. Diversidade das macroalgas no mundo

As macroalgas apresentam uma grande diversidade de formas, tamanhos, cores e composição (Pereira, 2018). Permanecem fixas a rochas ou outro material de suporte, e algumas estão presas ao fundo do oceano através de estruturas semelhantes a raízes (holdfasts) (Makkar *et al.*, 2016). Há aproximadamente 11500 espécies de macroalgas descritas no mundo todo, sendo 6215 algas vermelhas, 1792 algas pardas e 3491 algas verdes (Guiry, 2011). Em nível mundial, não se observa um padrão de diversidade de macroalgas em relação à latitude, ou seja, em diferentes litorais, a riqueza pode aumentar ou diminuir em direção ao Equador, ou mesmo alcançar níveis máximos em latitudes intermediárias (Pedrini, 2010). Dessa forma, várias regiões temperadas apresentam diversidade de algas superior a algumas regiões tropicais (Guiry, 2011). A ausência de padrão pode ser explicada pela influência de fatores locais, como pressão de herbivoria, ausência de substrato, turbidez da água e correntes marítimas (Pedrini, 2010). Moçambique como é o caso de outros países da África Oriental, possui uma rica diversidade de algas marinhas e possui um dos litorais mais longos da África atingindo ca. 2800 Km (Carvalho e Bandeira 2003). Alguns dos primeiros trabalhos registrados são os de Critchley *et al* (1997), que relatou 205 espécies compreendendo 64 Chlorophyta, 23 Phaeophytas e 118 Rhodophytas na Ilha da Inhaca, sul de Moçambique. Igualmente, outro estudo no Arquipélago das Quirimbas, norte de Moçambique encontrou 101 táxons compreendendo 38 Chlorophytas, 25 Phaeophytas e 38 Rhodophytas e informou que 27 deles eram novos recordes para o país (Carvalho e Bandeira 2003). 53 Espécies (24 Chlorophytas, 18 Phaeophytas e 12 espécies de Rhodophytas)

Avaliação da Diversidade, Abundâncias e Biomassa das Macroalgas Marinhas (Chlorophytas) Verdes, no Farol de Inhaca, Ponta de ouro e Praia da Costa do sol.

foram posteriormente reportadas nas províncias de Nampula, norte de Moçambique (Massingue, 2005).

4.6. Divisão Chlorophyta

Do grupo Chlorophyta conhecem-se cerca de 1 500 espécies, das quais apenas 15% são marinhas, sendo que as restantes encontram-se em ambientes de água doce, baías ou estuários (Wei *et al.*, 2013). A sua pigmentação é idêntica à das plantas terrestres: clorofilas a, b e carotenoides (Pereira 2018). A clorofila a e b são os principais pigmentos responsáveis pela cor verde e, por isso, são muitas vezes usadas como corante natural na indústria de alimentos (Manivasagan *et al.*, 2017).

Adicionalmente, são também reconhecidas atividades anticancerígenas, antioxidantes, antivirais e anti-mutagénicas nestes pigmentos (Manivasagan *et al.*, 2017). No entanto, a coloração destas algas está dependente do equilíbrio entre as clorofilas, o β -caroteno (pigmento amarelo) e algumas xantofilas (pigmento amarelo-acastanhado) (Guiry, 2017). A principal característica que distingue este grupo dos outros é a capacidade de absorver uma grande quantidade de energia luminosa (Wang *et al.*, 2015). Devido à necessidade de luminosidade para a fotossíntese, as algas verdes vivem principalmente em águas mais rasas, incluindo poças intertidais (Makkar *et al.*, 2016), enquanto as algas vermelhas e castanhas dominam em maiores profundidades, onde a luz solar é limitada (Wang *et al.*, 2015).

4.7. Biomassa

As macroalgas produzem biomassa variada e versátil útil para múltiplas aplicações. Eles podem ser usados em uma ampla variedade de formatos (por exemplo, frescos, secos, em pó ou em flocos, salgados, enlatados, extratos líquidos ou como alimentos preparados) para consumo humano direto ou transformados em aditivos alimentares e nutracêuticos, rações, fertilizantes, biocombustíveis, cosméticos e medicamentos, entre outros (Anis *et al.*, 2017).

Avaliação da Diversidade, Abundâncias e Biomassa das Macroalgas Marinhas (Chlorophytas) Verdes, no Farol de Inhaca, Ponta de Ouro e Praia da Costa do Sol.

A distribuição de biomassa em ecossistemas pode ser influenciada por uma variedade de fatores interligados, que podem incluir:

Disponibilidade de nutrientes: A presença e disponibilidade de nutrientes essenciais, como nitrogênio, fósforo e outros micronutrientes, podem influenciar diretamente a produção de biomassa pelas plantas e organismos autotróficos (Lobban e Harrison, 1997).

Luz solar: A quantidade e a qualidade da luz solar disponível afetam a fotossíntese e, portanto, a produção primária das plantas. Em ecossistemas aquáticos, a profundidade da água e a turbidez também podem limitar a penetração da luz, afetando a distribuição vertical da biomassa (Hurd *et al.*, 2014).

Temperatura: A temperatura afeta a taxa de metabolismo dos organismos e, conseqüentemente, a taxa de crescimento e produção de biomassa. Em ambientes terrestres e aquáticos, variações sazonais e locais na temperatura podem influenciar significativamente a distribuição e a produtividade dos organismos (Lunning, 1990).

Água e disponibilidade de água: A disponibilidade de água, seja através da precipitação em ecossistemas terrestres ou da disponibilidade de água doce em ecossistemas aquáticos, é crucial para o crescimento e a sobrevivência dos organismos.

Distúrbios ecológicos: Distúrbios naturais, como incêndios florestais, inundações e eventos climáticos extremos, bem como distúrbios causados pelo homem, como desmatamento e poluição, podem afetar a distribuição de biomassa ao alterar diretamente as condições ambientais ou a disponibilidade de recursos (Nejrup e Pedersen, 2012).

Interações biológicas: As interações entre espécies, como competição por recursos, predação e mutualismo, podem influenciar a distribuição e a abundância de biomassa em um ecossistema. Por exemplo, herbívoros podem afetar a biomassa de plantas consumindo-as, enquanto mutualismos podem beneficiar o crescimento de organismos (Smale *et al.* 2016).

Topografia e tipo de solo: Em ecossistemas terrestres, a topografia do terreno e as características do solo, como sua composição, drenagem e fertilidade, podem influenciar a distribuição e o crescimento das plantas, e conseqüentemente a biomassa vegetal (Smale *et al.* 2016).

Avaliação da Diversidade, Abundâncias e Biomassa das Macroalgas Marinhas (Chlorophytas) Verdes, no Farol de Inhaca, Ponta de ouro e Praia da Costa do sol.

Sucessão ecológica: Processos de sucessão ecológica, que envolvem mudanças na comunidade biológica ao longo do tempo, podem afetar a distribuição de biomassa à medida que a estrutura e a composição da comunidade mudam (Smale *et al.* 2016).

5. ÁREA DE ESTUDO

5.1. Ilha de Inhaca

A Ilha de Inhaca situa-se no Oceano Índico, a cerca de 32 km da cidade de Maputo, capital de Moçambique. A Ilha de Inhaca esta localizada entre as Latitudes: $-25^{\circ}58'14.47''S$ e Longitudes: $32^{\circ}59'37.97''E$, o município faz parte administrativamente, constituindo um distrito municipal, o distrito KaNyaka (Muacanhia, 2003).

A Ilha de Inhaca tem uma forma de H ou N distorcida cobrindo uma área de cerca de 42,5 km². A Ilha se estende até 12,5 km de Ponta Mazodwé (NE) até Ponta Torres (SE) 41 e tem cerca de 7 km na área central mais ampla. A pequena ilha portuguesa cobre uma área de cerca de 3,7km². A temperatura média anual é variável (22 – 23 °C) sendo a máxima de 37° C e a mínima de 12° C. Há apenas duas estações: chuva e estação quente (outubro-março) e estação seca e fria (abril-setembro). A precipitação anual é geralmente de cerca de 600 mm. (Muacanhia, 2003).

5.2. Ponta de Ouro

A Ponta do Ouro é uma pequena vila situada no distrito de Matutuíne no extremo sul de Moçambique, fazendo fronteira com a província Sul-Africana de KwaZulu-Natal (Guiloviça, 2007; Rossini, 2022). Localiza-se a $26^{\circ}84'S$ $32^{\circ}89'E$ (Figura 2) no topo de dunas de areia baixa com vista para o leste do Oceano Índico (Jury, 2015). A linha da costa consiste principalmente de praias arenosas, interferidas ocasionalmente por cabos. A terra ao redor é arenosa tendo pouco conteúdo orgânico para a produção agrícola, limitando assim a capacidade agrícola e consequentemente vivendo de produtos importados na sua maioria (Guiloviça, 2007; Jury, 2015). O clima predominante é subtropical quente, sendo a temperatura e composição da água marítima determinadas directamente pela corrente nortenha das Agulhas e indirectamente pela natureza da linha da costa. Não há rios nem estuários na Ponta do Ouro, assim, o rio Maputo é

Avaliação da Diversidade, Abundâncias e Biomassa das Macroalgas Marinhas (Chlorophytas) Verdes, no Farol de Inhaca, Ponta de ouro e Praia da Costa do sol.

o mais próximo na parte norte, e na parte sul o estuário e o rio da baía Kosi (Guiloviça, 2007; Jury, 2015).

5.3. Praia da Costa do Sol (Bairro dos pescadores)

A Praia da costa do sol está localizada no sul de Moçambique (fig. 2), entre as latitudes 25° 40' e 26° 20' S, tem uma largura de cerca de 20 milhas marítimas e uma abertura a nordeste para o oceano Índico aproximadamente com as mesmas dimensões (Guiloviça, 2007; Jury, 2015). A leste, é limitada pelas ilhas da Inhaca e dos Elefantes e pela península do Machangulo; entre esta península e a Inhaca existe um estreito canal de comunicação com o oceano, com uma grande dinâmica (Fernandes, 2009). A sul, encontra-se a desembocadura do rio Maputo, o limite norte da Reserva de Elefantes de Maputo e, mais para oeste, a Catembe (Fernandes, 2009).

A oeste, encontram-se o estuário do Espírito Santo, formado pelos rios Umbeluzi, Matola e Tembé, Infulene e a cidade de Maputo (Benedito, 2009). A norte, encontra-se a desembocadura do rio Incomáti e a península da Maçaneta, que forma o limite oeste da abertura maior da baía (Guiloviça, 2007; Jury, 2015).

Avaliação da Diversidade, Abundâncias e Biomassa das Macroalgas Marinhas (Chlorophytas) Verdes, no Farol de Inhaca, Ponta de ouro e Praia da Costa do sol.

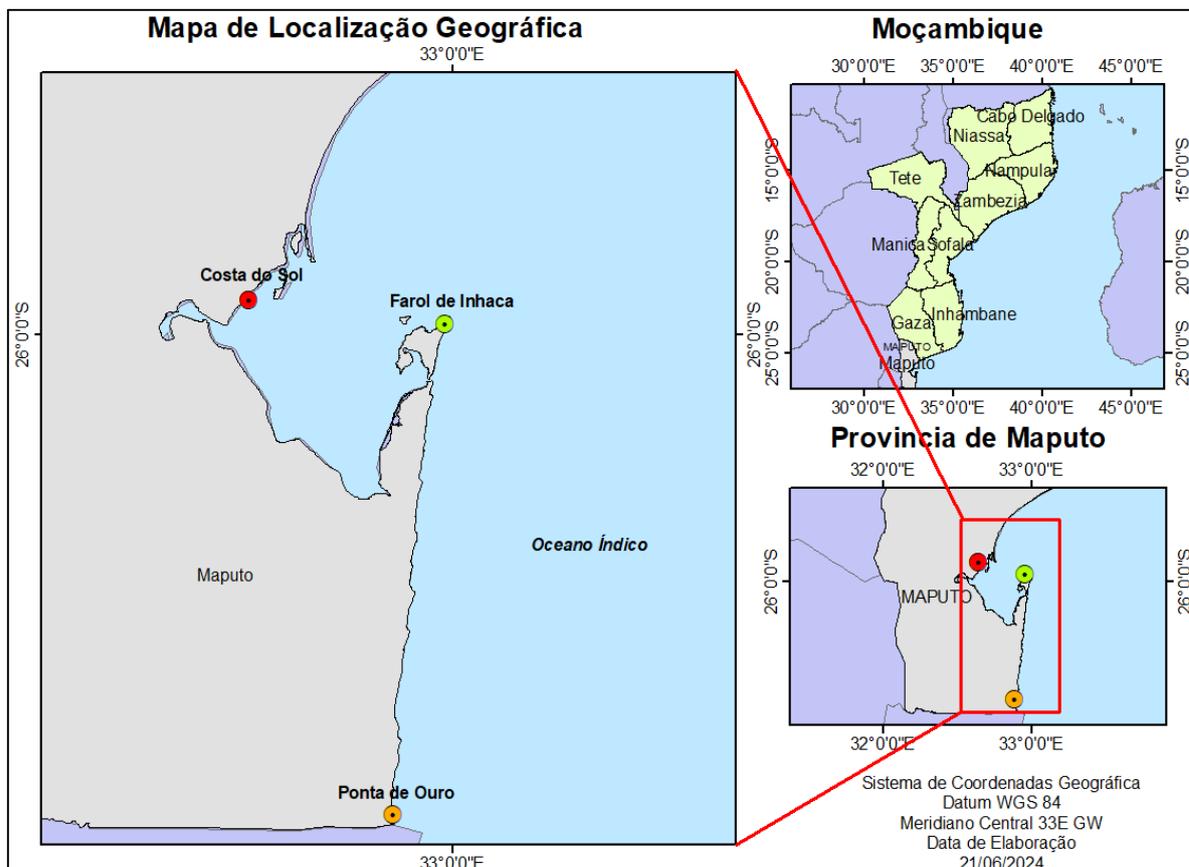


Figura 2. Mapa de Localização geográfica: da Ilha de Inhaca, da Ponta do Ouro e Praia da Costa do Sol. (Fonte: ArcGis, adaptado por João Filipe Vicente, 2024).

6. MATERIAIS E MÉTODOS

Os materiais abaixo foram disponibilizados pelo laboratório da Universidade Eduardo Mondlane, no Departamento de Ciências Biológicas e a Professora Valera Dias tendo sido usados em todos os procedimentos experimentais deste estudo.

6.1. Materiais:

- Baldes Plásticos de 5 litros;
- Bloco de anotações;

Avaliação da Diversidade, Abundâncias e Biomassa das Macroalgas Marinhas (Chlorophytas) Verdes, no Farol de Inhaca, Ponta de ouro e Praia da Costa do sol.

- Etiquetas de cartolinas;
- Folhas de jornal;
- Facas;
- Lápis/Canetas;
- Manual de identificação Ex;
- Máquinas fotográficas;
- Papel A4;
- Papel absorvente;
- Papel vegetal para a montagem de espécimes;
- Quadrículas de 25 por 25 cm;
- Sacos plásticos e
- Balança Analítica.

6.2. Amostragem

As amostragens de macroalgas foram realizadas em setembro e novembro de 2022 nos locais de Farol de Inhaca, Ponta do Ouro e Praia da Costa do Sol. A coleta ocorreu durante a maré viva, na fase de baixa-mar, seguindo um protocolo sistemático. Foram estabelecidos transectos perpendiculares à linha da costa, espaçados de 10 a 15 metros, de acordo com as zonas determinadas pelo nível das marés. Em cada transecto, foram dispostas de 8 a 9 quadrículas, totalizando 25 quadrículas por área de estudo, cada uma com dimensões de 0,25 x 0,25 metros e separadas por 5 metros.

Cada quadrícula foi analisada individualmente para a coleta das amostras, que foram posteriormente identificadas em laboratório. Fotografias das quadrículas foram registradas com uma câmera digital para documentar a distribuição das macroalgas ao longo da costa.

O estudo utilizou métodos de observação direta, com a coleta de dados in situ, e técnicas destrutivas e não destrutivas. A observação direta permitiu o estudo das macroalgas em seu ambiente natural. O método não destrutivo incluiu estimativas visuais em campo e fotografias,

Avaliação da Diversidade, Abundâncias e Biomassa das Macroalgas Marinhas (Chlorophytas) Verdes, no Farol de inhaca, Ponta de ouro e Praia da Costa do sol.

baseadas na adaptação de John Lieberman (1977). O método destrutivo envolveu a remoção das macroalgas com o uso das quadrículas, possibilitando uma análise detalhada das amostras.

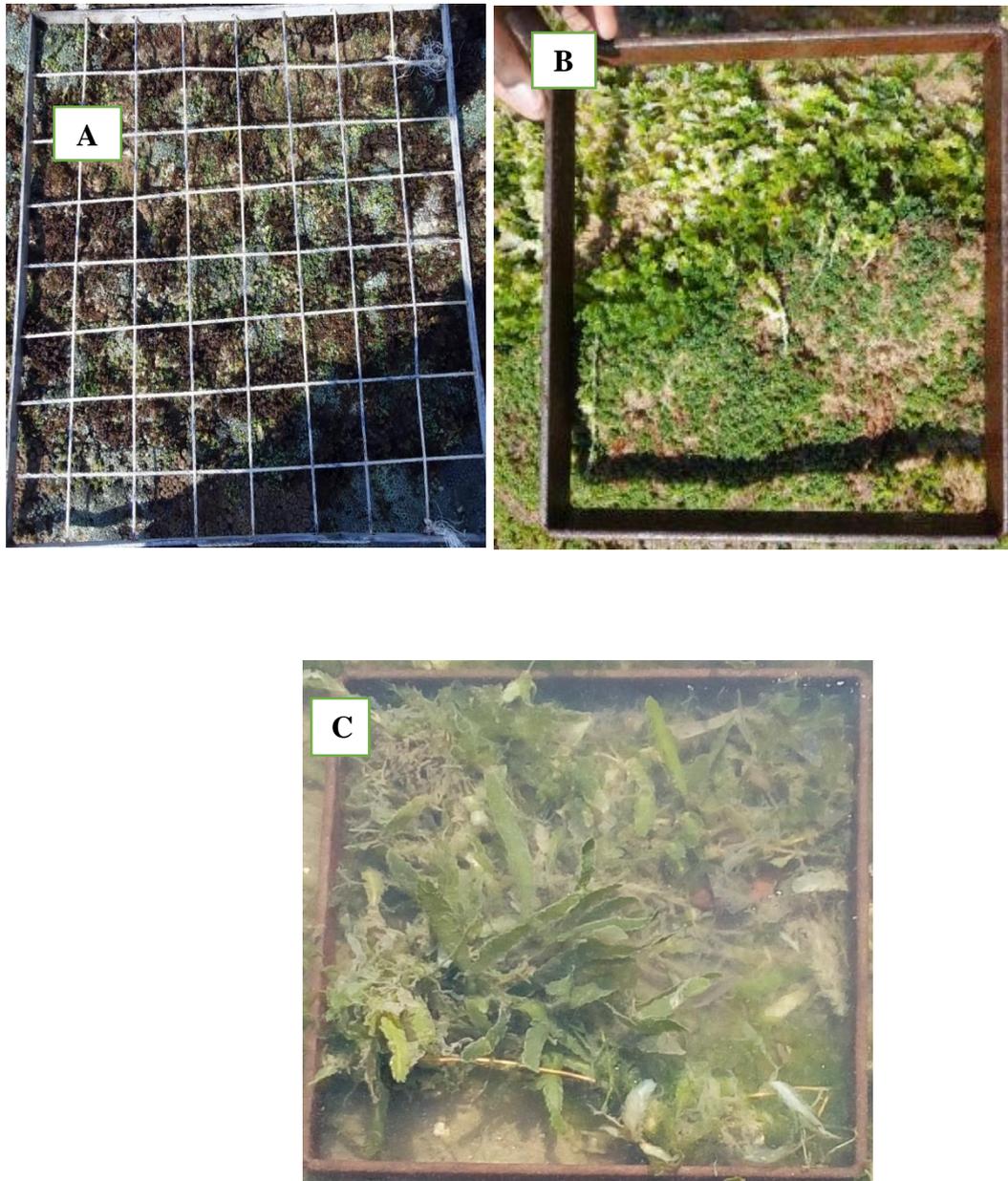


Figura 3. Quadrículas feitas ao longo dos transeptos A: Farol de Inhaca. B: Ponta do Ouro. C: Praia da Costa do Sol.

Avaliação da Diversidade, Abundâncias e Biomassa das Macroalgas Marinhas (Chlorophytas) Verdes, no Farol de Inhaca, Ponta de Ouro e Praia da Costa do Sol.

6.2.1. Diversidade de Macroalga verdes (Chlorophytas)

Em cada quadrícula foram observadas e fotografadas todas espécies de macroalgas presentes e foram identificadas algas verdes. A identificação de espécies de macroalgas verdes foi feita confirmação no laboratório a partir de observação directa de características morfológicas, como descrito em manuais de identificação de espécies de macroalgas (Branch *et al.*, 1994) e (Eurico *et al.*, 2005), também foram usados métodos de estimativa visual e fotográfico.



Figura 4. Quadrícula para identificação de macroalgas.

6.2.1.1. Análise de Dados

A diversidade específica de macroalgas verdes (Chlorophytas) foi determinada a partir do índice de diversidade de Simpson, que de acordo com Kent e Coker (1992) e Magurran, (2013). Este índice é apropriado para amostras aleatórias de espécies de uma comunidade ou sub comunidade de interesse, e foi estimado a partir da seguinte equação:

$$D' = - \sum_{i=1}^S (P_i) \times (\ln P_i)$$

Onde:

D'= índice de diversidade de Simpson

S= número de espécies;

Avaliação da Diversidade, Abundâncias e Biomassa das Macroalgas Marinhas (Chlorophytas) Verdes, no Farol de Inhaca, Ponta de ouro e Praia da Costa do sol.

Pi= proporção da espécie em relação ao número total de espécies encontradas na amostra.

6.2.2. Abundância de Macroalgas verdes (Chlorophytas) média por área

Para determinar a abundância de macroalgas verdes entre as zonas da plataforma rochosa do Farol da Ilha de Inhaca e Ponta do Ouro, e da plataforma arenosa foi usado o excel (Felipe, 2007), usando a seguinte formula:

Abundância = n° total de indivíduos por espécie/ área m²

6.2.3. Análise de Diversidade de espécies

Índice de Shannon-Weaver

Foi determinado através da seguinte fórmula do software estatístico *Ecological Methodology*.

$$H' = [N \ln(N) - \sum_{t=1}^s n_t \ln(n_t)] / N$$

Onde:

n_i = número de indivíduos amostrados para a espécie i;

N = número total de indivíduos amostrados.

ln = logaritmo natural.

S = Número total de espécies.

Índice de Simpson's

$$C = \frac{\sum_{t=1}^s n_t(n_t - 1)}{N(N - 1)}$$

Avaliação da Diversidade, Abundâncias e Biomassa das Macroalgas Marinhas (Chlorophytas) Verdes, no Farol de Inhaca, Ponta de Ouro e Praia da Costa do Sol.

Onde:

C= Índice de Dominância de Simpson

n_i = Número de indivíduos da espécie i .

N = Número total das amostras

S = Número total de espécies.

6.2.4. Percentagem de Cobertura das Espécies

A percentagem de cobertura de espécies foi determinada através da fórmula:

$$Pc = \frac{n}{N} * 100\%$$

Onde:

Percentagem de cobertura: **Pc**

Número de espécie alvo: **n**

Número total de espécies no habitat: **N**

6.2.5. Análise estatística de Dados

Os dados obtidos neste trabalho foram primeiramente organizados no programa Microsoft Excel 2016. A organização envolveu a entrada de dados brutos de campo, como a contagem de espécies, a cobertura percentual de cada espécie em cada área de amostragem, e a biomassa medida em gramas por metro quadrado. Essa estruturação inicial dos dados facilitou subsequentes análises estatísticas.

Análises Estatísticas

Software Utilizado:

Avaliação da Diversidade, Abundâncias e Biomassa das Macroalgas Marinhas (Chlorophytas) Verdes, no Farol de inhaca, Ponta de ouro e Praia da Costa do sol.

1. Microsoft Excel 2016: Utilizado para organizar os dados e calcular percentagens de cobertura para cada área de amostragem.
2. Ecological Methodology: Empregado para determinar a diversidade de espécies, calculando índices como o índice de Shannon-Wiener (H').
3. Statistica versão 10.0: Usado para determinar a abundância média de espécies em cada área de estudo.
4. GraphPad Prism: Utilizado para testes de comparação e construção de gráficos.

Procedimentos Específicos:

- Percentagem de Cobertura: Calculada em Excel para cada área de amostragem. A percentagem de cobertura forneceu uma visão clara da dominância relativa das espécies em cada habitat.
- Teste ANOVA one-way para três Amostras Independentes: Utilizado para comparar a biomassa de macroalgas verdes (Chlorophyta) entre o farol da inhaca, ponta de ouro e praia da costa do sol.

Análise dos Pressupostos:

- Distribuição Normal dos Dados: Verificada por meio do teste de Shapiro-Wilk ($p > 0,05$). Esse teste assegura que os dados seguem uma distribuição normal, uma condição necessária para a aplicação do teste t.
- Homogeneidade de Variâncias: Verificada por meio do teste de Levene ($p > 0,05$). Esse teste confirma que as variâncias das amostras são iguais, outro requisito importante para a validade do teste t.

Avaliação da Diversidade, Abundâncias e Biomassa das Macroalgas Marinhas (Chlorophytas) Verdes, no Farol de Inhaca, Ponta de ouro e Praia da Costa do sol.

7. RESULTADOS

7.1. Diversidade de macroalgas verdes (Chlorophyta)

Foram identificadas nas três áreas de estudo 19 espécies de macroalgas verdes (Tabela 1). A zona costeira do Farol do inhaca apresentou maior diversidade de macroalgas verdes (Chlorophyta) em comparação a ponta de ouro e praia da costa do sol.

Tabela 1. Lista de espécies de macroalgas verdes que ocorrem na Ilha de Inhaca, Ponta de ouro e praia da costa do sol.

Local	Divisão	Família	Ordem	Espécie
Ilha de Inhaca	Chlorophyta	Anadyomenaceae	Cladophorales	<i>Anadyone wrightii</i>
		Boodleaceae	Cladophorales	<i>Boodea composita</i>
		Caulerpaceae	Bryopsidales	<i>Caulerpa holmesiana</i>
		Caulerpaceae	Bryopsidales	<i>Caulerpa mexicana</i>
		Caulerpaceae	Bryopsidales	<i>Caulerpa serrulata</i>
				<i>Chaetomorpha antenniana</i>
		Dasycladaceae	Dasycladales	
		Siphonocladaceae	Cladophorales	<i>Chamaedoris delphinii</i>
		Boodleaceae	Cladophorales	<i>Cladophoropsis herpestica</i>
		Codiaceae	Bryopsidales	<i>Codium dithiaea</i>
		Codiaceae	Bryopsidales	<i>Codium extricatum</i>
		Codiaceae	Bryopsidales	<i>Codium mozambiquense</i>
		Dasycladaceae	Dasycladales	<i>Dasycladus ramosus</i>
		Halimedaceae	Bryopsidales	<i>Halimeda cuneata</i>
		Ulvaceae	Ulvaes	<i>Ulva fasciata</i>
		Ulvaceae	Ulvaes	<i>Ulva reticulata</i>
		Ulvaceae	Ulvaes	<i>Ulva rigida</i>
Valoniaceae	Cladophorales	<i>Valonia macrophysa</i>		
Ponta do ouro	Chlorophyta	Caulerpaceae	Bryopsidales	<i>Caulepa filiforme</i>
		Caulerpaceae	Bryopsidales	<i>Caulepa mexicana</i>
		Ulvaceae	Ulvaes	<i>Ulva rigida</i>
		Valoniaceae	Cladophorales	<i>Valonia macrophysa</i>
		Caulerpaceae	Bryopsidales	<i>Caulerpa serrulata</i>
		Siphonocladaceae	Cladophorales	<i>Chamaedoris delphinii</i>

Avaliação da Diversidade, Abundâncias e Biomassa das Macroalgas Marinhas (Chlorophytas) Verdes, no Farol de Inhaca, Ponta de ouro e Praia da Costa do sol.

		Siphonocladaceae	Cladophorales	<i>Codium extricatum</i>
		Codiaceae	Bryopsidales	<i>Codium mozambiquese</i>
		Halimedaceae	Bryopsidales	<i>Halimeda cuneata</i>
Praia da costa sol	Chlorophyta	Ulviceae	Ulvales	<i>Ulva fasciata</i>
		Ulviceae	Ulvales	<i>Ulva reticulata</i>
		Caulerpaceae	Bryopsidales	<i>Caulerpa serrulata</i>
		Caulerpaceae	Bryopsidales	<i>Caulepa mexicana</i>

7.2. Abundancia de macroalgas verde (Chlorophytas), no Farol de Inhaca, Ponta de Ouro e a Praia da costa do sol.

7.2.1. Abundancia de macroalgas verde (Chlorophytas), no Farol de Inhaca

Os resultados obtidos na zona costeira do Farol da Inhaca indicam que a espécie *Codium extricatum* apresenta a maior abundância entre as espécies analisadas. Em seguida, observa-se a presença significativa de *Caulerpa holmesiana*, que também é relativamente abundante na área. Por outro lado, as espécies: *Caulerpa filiforme*, *Caulerpa mexicana* e *Ulva rigida* são as menos abundantes, demonstrando uma distribuição menos predominante na região costeira.

Avaliação da Diversidade, Abundâncias e Biomassa das Macroalgas Marinhas (Chlorophytas) Verdes, no Farol de inhaca, Ponta de ouro e Praia da Costa do sol.

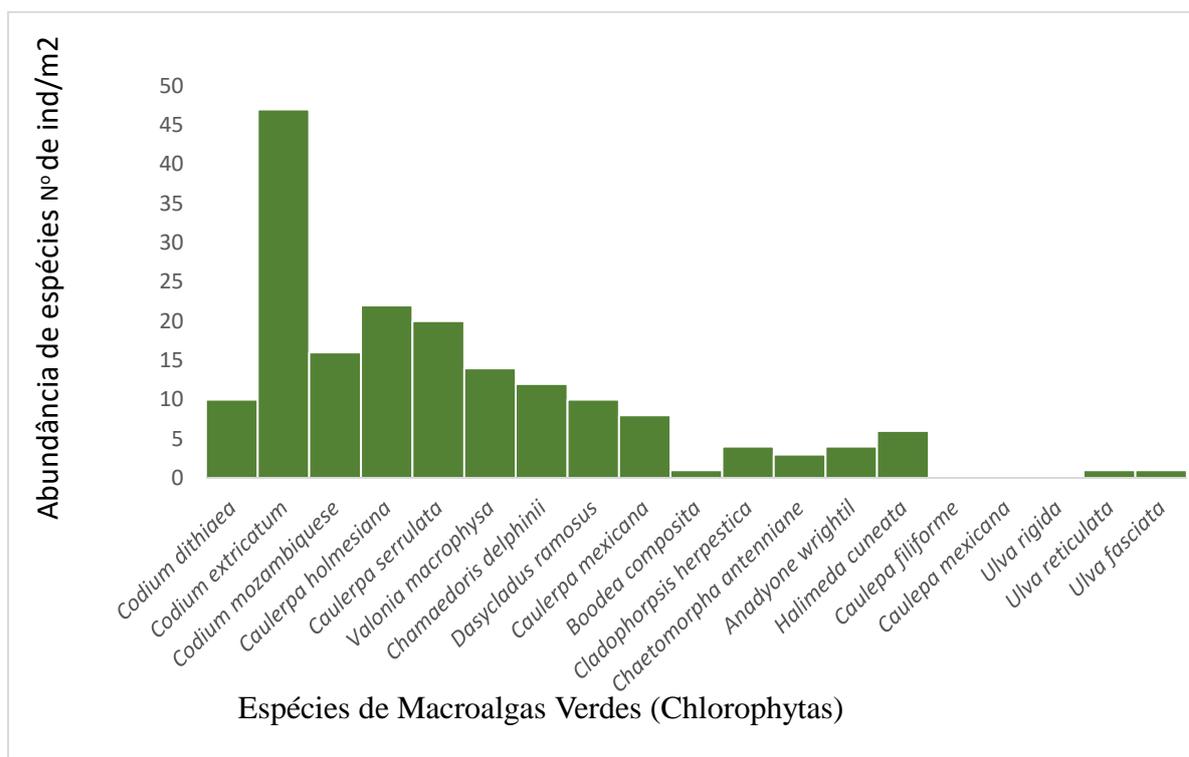


Figura 5. Abundancia de Macroalgas verdes (Chlorophytas) da zona costeira do Farol da Ilha de Inhaca.



Codium extricatum



Caulerpa holmesiana

7.2.2. Abundancia de macroalgas verde (Chlorophytas), da ponta de ouro

Os resultados obtidos na ponta de ouro indicam que a espécie *Chamaedoris delphinii* apresenta a maior abundância entre as espécies analisadas. Em seguida, observa-se a presença

Avaliação da Diversidade, Abundâncias e Biomassa das Macroalgas Marinhas (Chlorophytas) Verdes, no Farol de inhaca, Ponta de ouro e Praia da Costa do sol.

significativa de *Caulerpa serrulata*, que também é relativamente abundante na área. Por outro lado, as espécies: *Dasycladus ramosus*, *Ulva reticulata* e *Ulva fasciata* são as menos abundantes, demonstrando uma distribuição menos predominante na região costeira.

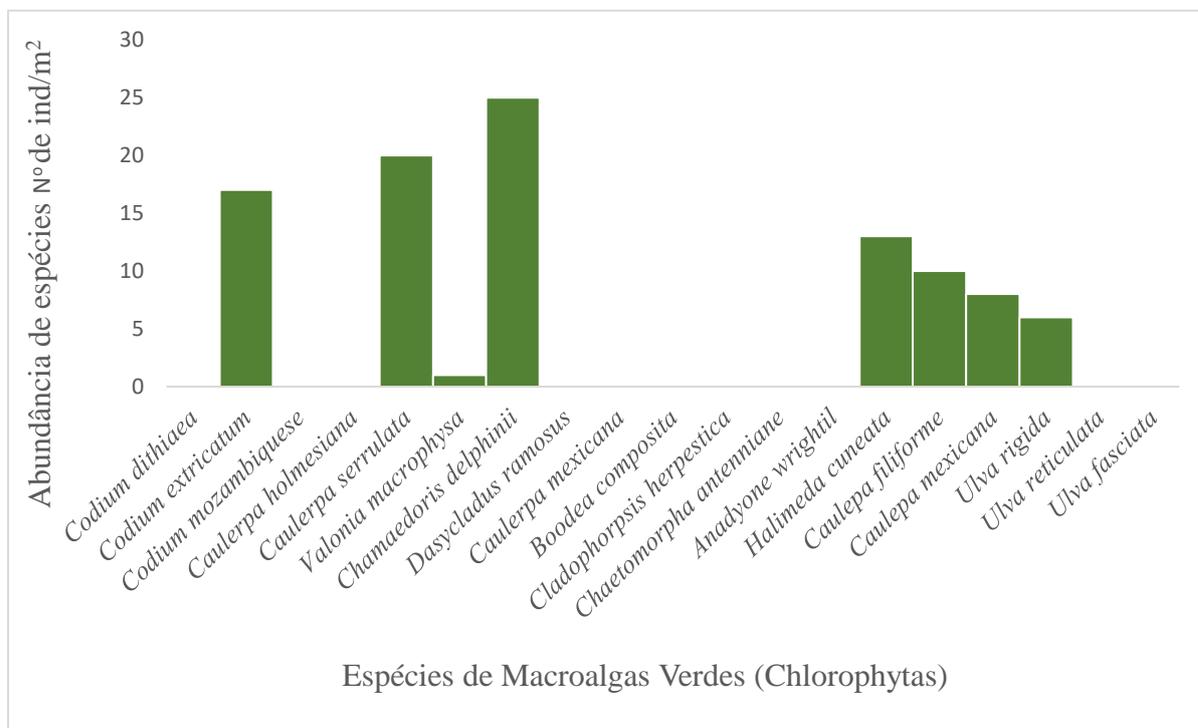


Figura 6. Abundancia de Macroalgas verdes (Chlorophytas) da zona costeira da ponta de ouro.



Chamaedoris delphinii



Caulerpa serrulata

Avaliação da Diversidade, Abundâncias e Biomassa das Macroalgas Marinhas (Chlorophytas) Verdes, no Farol de Inhaca, Ponta de Ouro e Praia da Costa do Sol.

7.2.3. Abundância de macroalgas verde (Chlorophytas), da praia da Costa do Sol

Os resultados obtidos na zona costeira da praia da Costa do Sol revelaram a presença de quatro espécies distintas de macroalgas. Entre elas, a espécie *Caulerpa mexicana* destacou-se com a maior abundância. Em seguida, *Ulva fasciata* mostrou-se a segunda mais abundante, seguida por *Ulva reticulata*. A espécie *Caulerpa serrulata* foi a menos abundante entre as quatro encontradas.

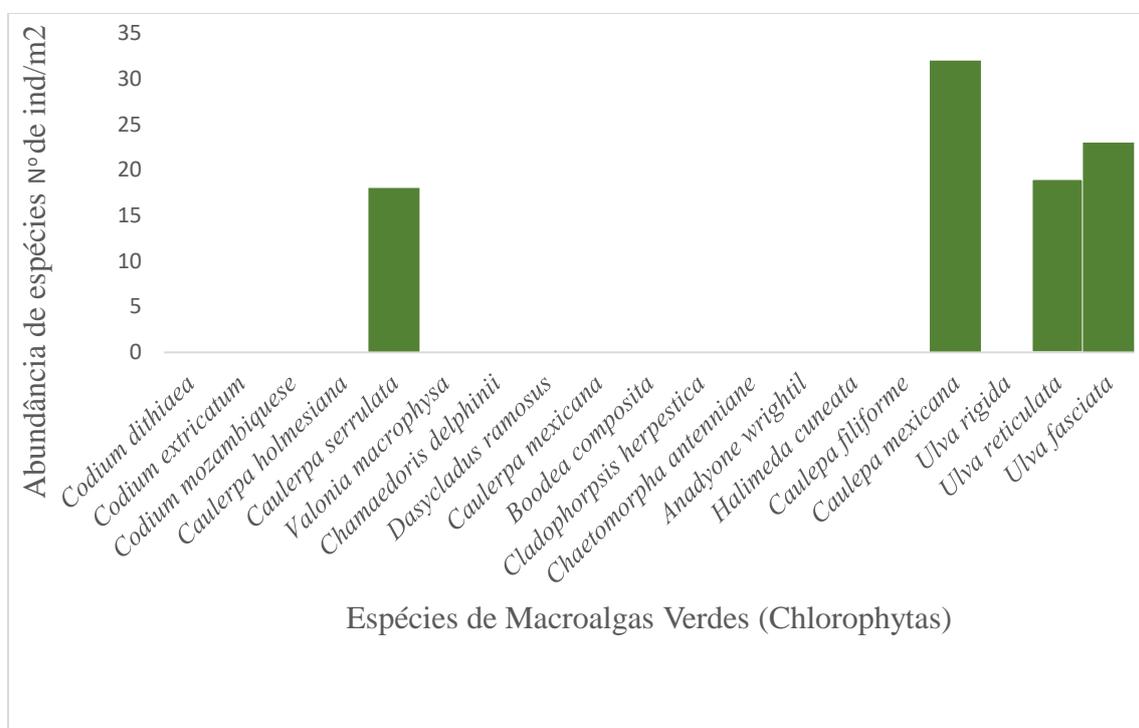
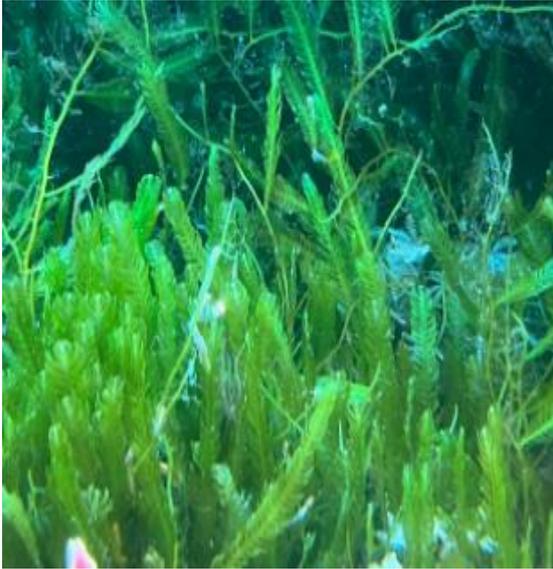


Figura 7. Abundância de Macroalgas verdes (Chlorophytas) da zona costeira da praia da costa do sol.

Avaliação da Diversidade, Abundâncias e Biomassa das Macroalgas Marinhas (Chlorophytas) Verdes, no Farol de inhaca, Ponta de ouro e Praia da Costa do sol.



Caulerpa mexicana



Ulva fasciata

7.3. Percentagem de cobertura de macroalgas marinhas (Chlorophytas), no Farol de Inhaca (Ponta Mazodwé), Ponta de Ouro e a Praia da costa do sol.

De acordo com os dados apresentados, duas espécies em particular, *Codium extricatum* e *Ulva rígida*, destacaram-se ao exibir a maior percentagem de cobertura das macroalgas, alcançando 10,7%. Essa percentagem de cobertura é significativa em comparação com as outras espécies presentes na área estudada.

Avaliação da Diversidade, Abundâncias e Biomassa das Macroalgas Marinhas (Chlorophytas) Verdes, no Farol de Inhaca, Ponta de ouro e Praia da Costa do sol.

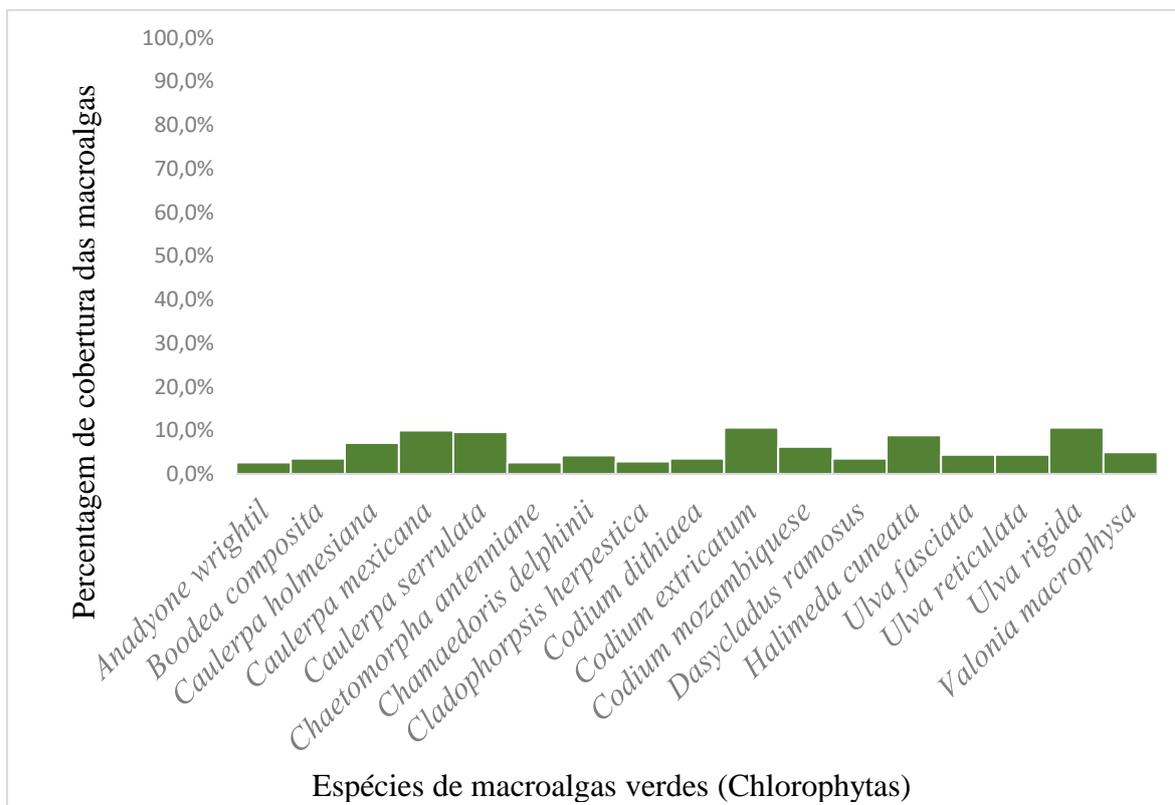


Figura 8. Percentagem de cobertura das macroalgas verde (Chlorophytas) da Ilha de Inhaca.

Conforme os dados apresentados, duas espécies, *Caulepa mexicana* e *Codium mozambiquese*, se destacaram ao exibir a maior percentagem de cobertura das macroalgas, alcançando 17,4%.

Avaliação da Diversidade, Abundâncias e Biomassa das Macroalgas Marinhas (Chlorophytas) Verdes, no Farol de Inhaca, Ponta de Ouro e Praia da Costa do Sol.

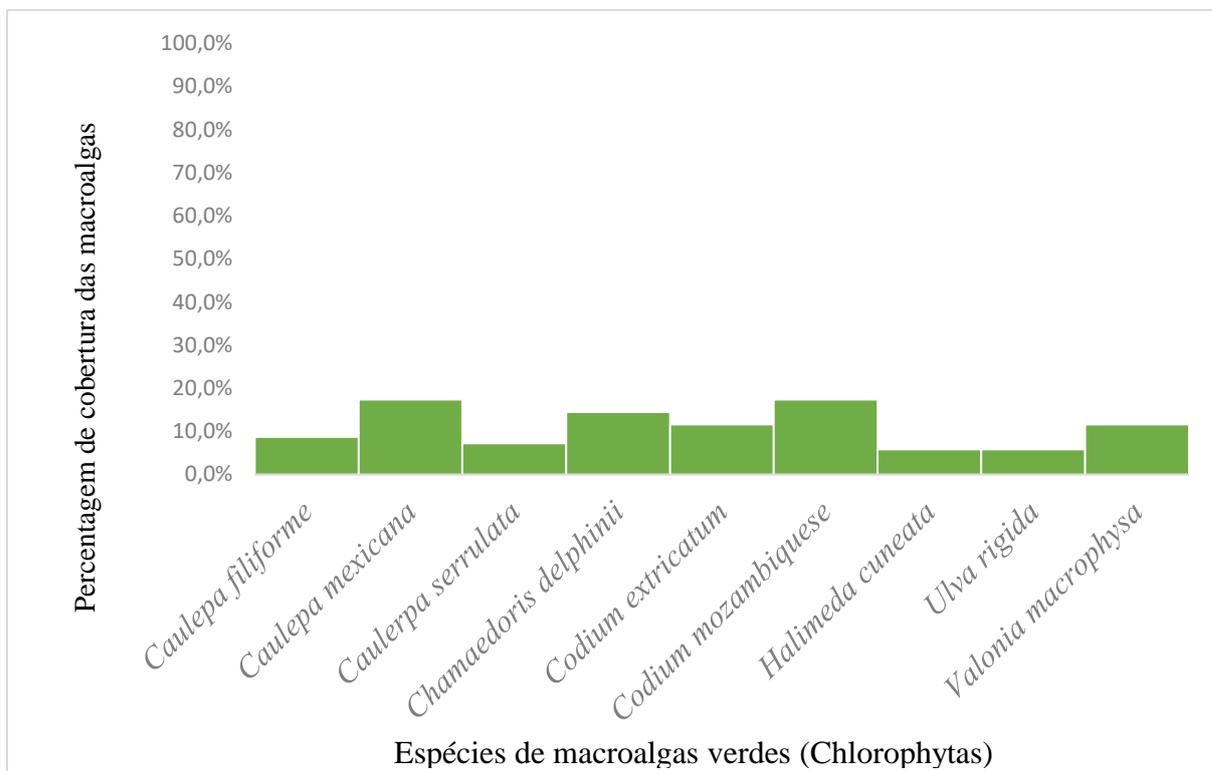


Figura 9. Percentagem de cobertura de espécies de macroalgas verdes da ponta do ouro

Segundo os dados apresentados, duas espécies, *Caulepa mexicana* e *Ulva fasciata*, destacaram-se ao exibir as maiores percentagens de cobertura de macroalgas, registrando 30,2% e 27,9%, respectivamente. Essas percentagens elevadas indicam que *Caulepa mexicana* e *Ulva fasciata* são as espécies dominantes na área do Bairro dos Pescadores em termos de cobertura de macroalgas.

Avaliação da Diversidade, Abundâncias e Biomassa das Macroalgas Marinhas (Chlorophytas) Verdes, no Farol de inhaca, Ponta de ouro e Praia da Costa do sol.

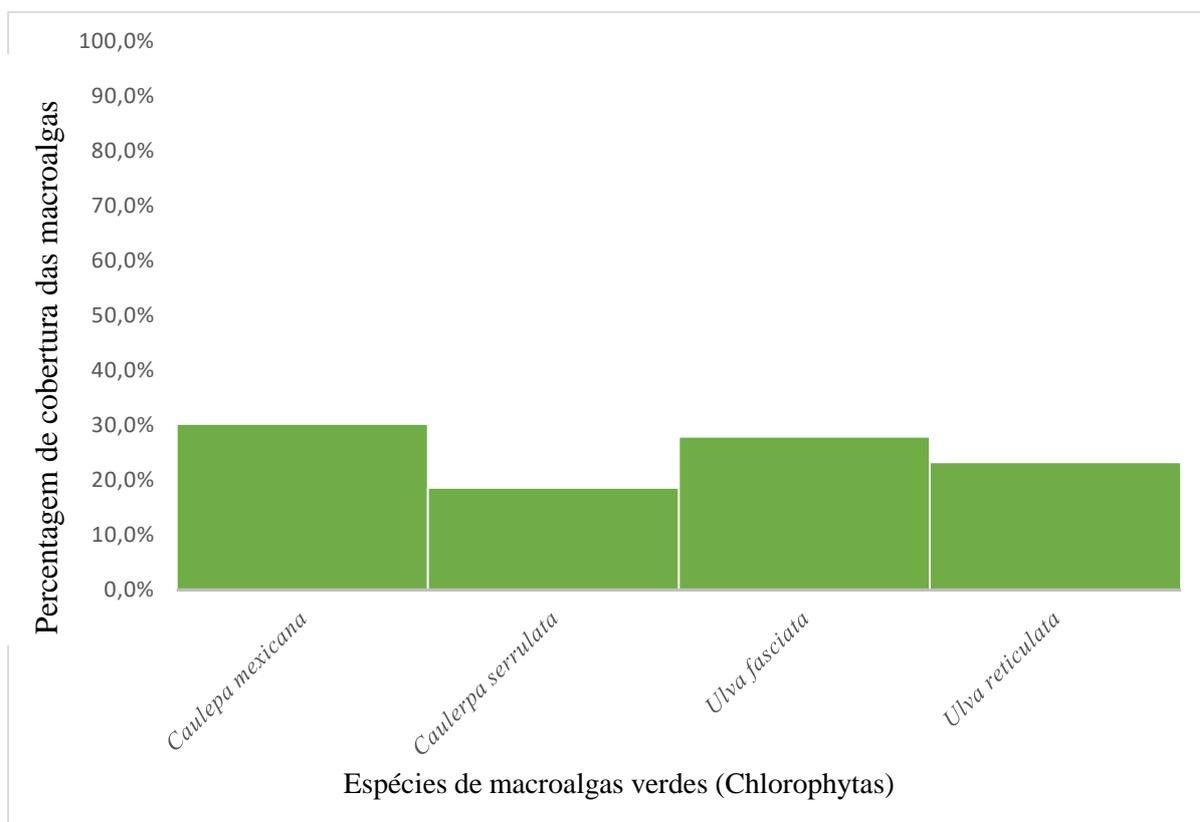


Figura 10. Percentagem de cobertura de espécies de macroalgas do Bairro dos pescadores.

7.4. Diversidade de macroalgas Verde (Chlorophyta)

A diversidade de macroalgas Verde (Chlorophyta) foi avaliada em três locais distintos: Farol da Ilha da Inhaca, Ponta do Ouro e Praia da Costa do Sol, utilizando o índice de diversidade (D'). Os resultados indicam que a diversidade mais alta foi encontrada no Farol da Ilha da Inhaca, com um índice de $D' = 0,874$. A Ponta do Ouro apresentou um índice de diversidade um pouco menor, $D' = 0,832$, enquanto a Praia da Costa do Sol mostrou a menor diversidade entre os três locais, com um índice de $D' = 0,744$.

Avaliação da Diversidade, Abundâncias e Biomassa das Macroalgas Marinhas (Chlorophytas) Verdes, no Farol de Inhaca, Ponta de ouro e Praia da Costa do sol.

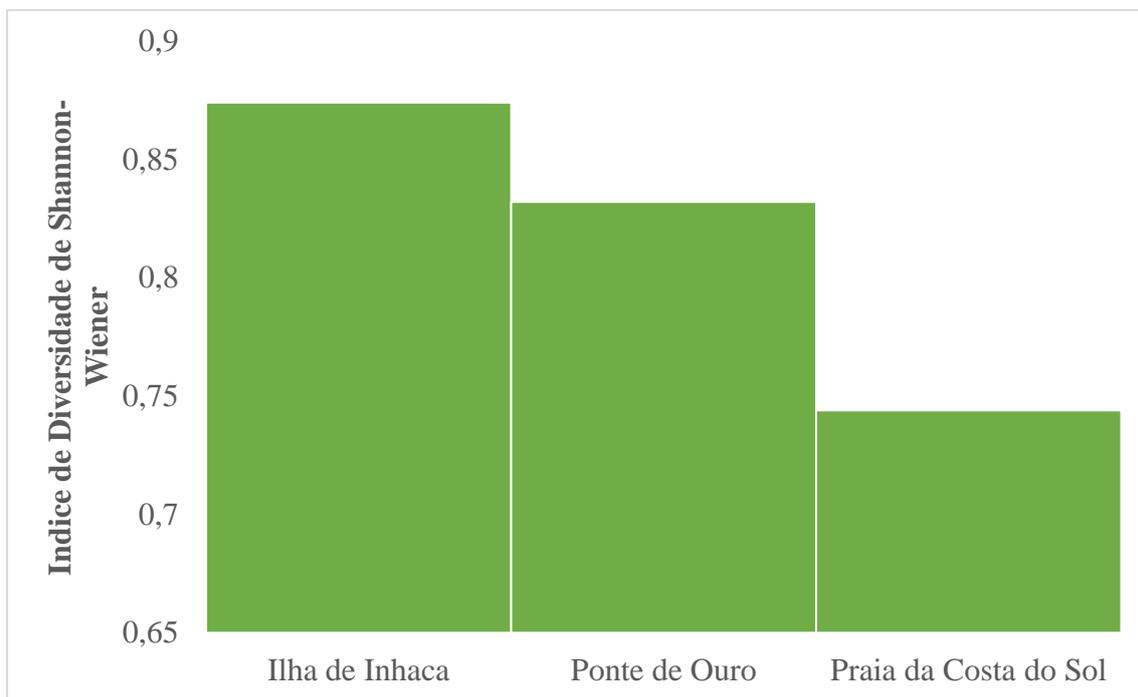


Figura 11. Índice de diversidade de Shannon-Wiener.

Os resultados do estudo sobre a biomassa média de macroalgas verde (Chlorophyta) indicam variações significativas entre os três locais analisados. A Praia da Costa do Sol apresentou a maior biomassa média, destacando-se como a área com maior quantidade de matéria vegetal. Em seguida, a Ponta do Ouro registrou uma biomassa média inferior, mas ainda significativa. Por fim, Farol de Inhaca exibiu a menor biomassa média entre os três locais.

Avaliação da Diversidade, Abundâncias e Biomassa das Macroalgas Marinhas (Chlorophytas) Verdes, no Farol de inhaca, Ponta de ouro e Praia da Costa do sol.



Figura 12. Biomassa em relação as áreas da Ilha de inhaca, ponta de ouro e praia da costa do sol.

7.5. Padrão de Zonação vertical de macroalgas verdes (Chlorophytas) no Farol de Inhaca, Ponta do Ouro e Praia da Costa do Sol.

A zonação das macroalgas verdes nas zonas supralitoral e eulitoral é caracterizada por diferentes espécies adaptadas a variações na imersão e exposição ao ambiente, com as algas do supralitoral geralmente mais tolerantes ao desnudamento e as do eulitoral preferindo condições mais submersas e estáveis.

Zona Supralitoral:

- **Farol de Inhaca:** *Cladophoropsis herpestica*, *Codium dithiaea*, *Codium extricatum* e *Codium mozambique*.
- **Ponta de Ouro:** *Ulva rigida* e *Codium extricatum*.

Zona Eulitoral:

Avaliação da Diversidade, Abundâncias e Biomassa das Macroalgas Marinhas (Chlorophytas) Verdes, no Farol de Inhaca, Ponta de ouro e Praia da Costa do sol.

- **Farol de Inhaca:** *Cladophoropsis herpestica*, *Codium dithiaea*, *Chaetomorpha antenniana* e *Caulerpa mexicana*.
- **Ponta de Ouro:** *Ulva rigida* e *Codium extricatum*.

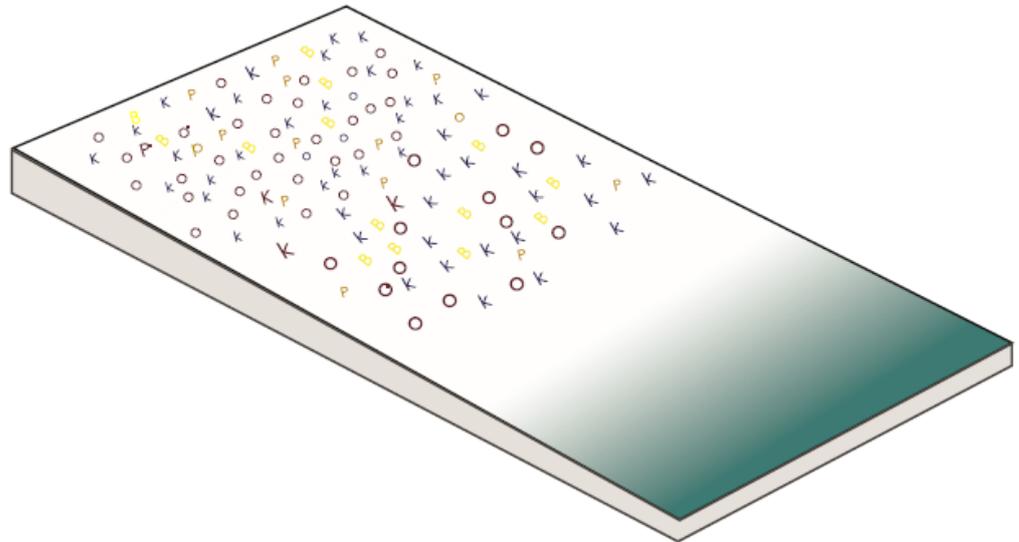
Zona Sublitoral: Caracterizada por condições ambientais estáveis e constantemente submersas, a zona sublitoral abriga uma rica diversidade de macroalgas verdes.

- **Farol de Inhaca:** As espécies presentes incluem: *Codium dithiaea*, *Codium extricatum*, *Codium mozambiquense*, *Caulerpa serrulata*, *Caulerpa holmesiana*, *Valonia macrophysa*, *Chamaedoris delphinii*, *Dasycladus ramosus*, *Caulerpa mexicana*, *Boodea composita*, *Cladophoropsis herpestica*, *Chaetomorpha antennina*, *Anadyomene wrightii* e *Halimeda cuneata*.
- **Ponta de Ouro:** As espécies comuns são: *Caulerpa serrulata*, *Caulerpa filiforme*, *Caulerpa mexicana*, *Codium extricatum*, *Chamaedoris delphinii*, *Halimeda cuneata* e *Ulva rigida*

Na Praia da Costa do Sol, a superfície plana apresenta uma distribuição quase equitativa de quatro espécies de macroalgas verdes: *Caulerpa mexicana*, *Caulerpa serrulata*, *Ulva fasciata* e *Ulva reticulata*. As Ulvas são as mais dominantes em termos de cobertura, seguidas pelas Caulerpas. Essa distribuição sugere que a superfície oferece condições relativamente uniformes, permitindo a coexistência de diferentes espécies. As Ulvas dominam provavelmente devido a melhores condições para seu crescimento, enquanto as Caulerpas, com necessidades específicas de habitat, estão presentes em menor quantidade.

Avaliação da Diversidade, Abundâncias e Biomassa das Macroalgas Marinhas (Chlorophytas) Verdes, no Farol de Inhaca, Ponta de Ouro e Praia da Costa do Sol.

Figura 14. Zonação de macroalgas Verdes (Chlorophyta) da Ponta do Ouro. Fonte: Clip Studio Paint. Adaptado por Samuel Marbate.



Legenda:

K= *Ulva reticulata*.

O= *Ulva fasciata*.

B= *Caulerpa mexicana*.

P= *Caulerpa serrulata*

Figura 15. Zonação de macroalgas Verdes (Chlorophyta) da Praia da Costa do Sol. Fonte: Clip Studio Paint. Adaptado por Samuel Marbate

8. DISCUSSÃO

8.1. Diversidade de Macroalgas Castanhas

Neste estudo, foram identificadas 19 espécies de macroalgas verdes em três locais: Farol de Inhaca, Ponta de Ouro e Praia da Costa do Sol. O Farol de Inhaca destacou-se com a maior diversidade específica de macroalgas verdes, contrastando com o estudo de Manchagula (2020), que reportou maior diversidade em Ponta de Ouro. Essa discrepância pode ser atribuída a variações sazonais, metodologias de amostragem diferentes ou mudanças recentes nas condições ambientais.

Observou-se um predomínio da ordem Bryopsidales em todos os locais, com gêneros como *Caulerpa* e *Codium* sendo particularmente comuns. Este predomínio pode ser explicado pela adaptabilidade dessas algas a condições variadas e sua capacidade de colonizar novos habitats rapidamente.

- **Farol de Inhaca:** Apresentou a maior diversidade e dominância das famílias *Caulerpaceae*, *Codiaceae* e *Ulvaceae*. As condições ambientais favoráveis e a diversidade de habitats na ilha são propícias para essas famílias.
- **Ponta de Ouro:** Mostrou uma diversidade menor comparada à Ilha de Inhaca, mas com presença significativa das famílias *Caulerpaceae* e *Siphonocladaceae*, sugerindo condições adequadas para essas espécies.
- **Praia da Costa do Sol:** Registrou a menor diversidade de macroalgas verdes, com dominância das famílias *Ulvaceae* e *Caulerpaceae*. A menor biodiversidade pode ser atribuída à urbanização e atividades humanas que afetam negativamente o ambiente marinho. Esta análise revela a influência das condições ambientais e atividades humanas na diversidade e distribuição das macroalgas verdes.

8.1.2. Abundância de macroalgas Verdes (Chlorophyta)

Os resultados do estudo nas zonas costeiras do Farol da Inhaca, Ponta de Ouro e Praia da Costa do Sol revelam padrões distintos de abundância e diversidade de espécies de macroalgas verdes. Na zona costeira do Farol da Inhaca, a espécie *Codium extricatum* apresentou a maior

Avaliação da Diversidade, Abundâncias e Biomassa das Macroalgas Marinhas (Chlorophytas) Verdes, no Farol de Inhaca, Ponta de ouro e Praia da Costa do sol.

abundância entre as espécies analisadas. Em seguida, observa-se a presença significativa de *Caulerpa holmesiana*, que também é relativamente abundante na área. Por outro lado, as espécies: *Caulerpa filiforme*, *Caulerpa mexicana* e *Ulva rigida* são as menos abundantes, demonstrando uma distribuição menos predominante na região costeira.

Na zona costeira da Ponta de Ouro, a espécie *Chamaedoris delphinii* apresenta a maior abundância entre as espécies analisadas. A seguir, observa-se a presença significativa de *Caulerpa serrulata*, que também é relativamente abundante na área. Por outro lado, as espécies *Dasycladus ramosus*, *Ulva reticulata* e *Ulva fasciata* são as menos abundantes.

Os resultados do estudo na zona costeira da Praia da Costa do Sol revelaram a presença de quatro espécies distintas de macroalgas. Entre elas, a espécie *Caulerpa mexicana* destacou-se com a maior abundância. Em seguida, *Ulva fasciata* mostrou-se a segunda mais abundante, seguida por *Ulva reticulata*. A espécie *Caulerpa serrulata* foi a menos abundante entre as quatro encontradas.

Os resultados deste estudo destacam a variação na composição específica e na abundância de macroalgas verdes entre as zonas costeiras do Farol da Inhaca, Ponta de Ouro e Praia da Costa do Sol. A predominância de certas espécies e a menor abundância de outras refletem as condições ambientais e os fatores ecológicos únicos de cada área. Estes achados contrastam com estudos anteriores, como o de Cecílio (2012), e sugerem que as condições locais e os fatores ambientais desempenham um papel crucial na abundância e diversidade das macroalgas verdes.

8.1.3. Biomassa de macroalgas verdes (Chlorophytas) no Farol de Inhaca, Ponta do Ouro e Praia da Costa do Sol.

A análise da biomassa de macroalgas verdes do Farol da Inhaca, Ponta de Ouro e Praia da Costa do Sol revela padrões distintos de distribuição influenciados por fatores ambientais específicos de cada área. Este estudo investiga esses padrões, identificando os principais fatores que contribuem para as variações na biomassa. A Praia da Costa do Sol apresentou a maior biomassa de macroalgas verdes entre os três locais estudados. Esta área é significativamente influenciada

Avaliação da Diversidade, Abundâncias e Biomassa das Macroalgas Marinhas (Chlorophytas) Verdes, no Farol de Inhaca, Ponta de ouro e Praia da Costa do sol.

por descargas de rios, que trazem nutrientes adicionais para a zona costeira, promovendo um ambiente propício para o crescimento das macroalgas.

A zona da Ponta de Ouro apresentou uma biomassa intermediária, menor que a da Praia da Costa do Sol, mas maior que a do Farol da Inhaca. A composição de espécies e a biomassa nesta área são influenciadas por: Condicionantes Hidrodinâmicos, Exposição Solar e Disponibilidade de Nutrientes.

O Farol da Inhaca apresentou a menor biomassa de macroalgas verdes. Possivelmente porque nesse local observa-se maior impacto das condições ambientais (temperatura) e maior exposição das macroalgas.

Cecílio (2012): Em seu estudo sobre macroalgas, Cecílio identificou que a disponibilidade de nutrientes e a dinâmica das correntes são fatores críticos para a biomassa das algas. O estudo corrobora a ideia de que áreas com maior aporte de nutrientes, como a Praia da Costa do Sol, tendem a apresentar maior biomassa.

8.1.4. Padrão de Zonação de macroalgas verde (Chlorophytas) no Farol de Inhaca, Ponta do Ouro e Praia da Costa do Sol.

As três áreas de amostragem o Farol da Inhaca, Ponta de Ouro e Praia da Costa do Sol - apresentam padrões distintos de distribuição de macroalgas verdes nas zonas litoral e eulitoral superior. Estes padrões são influenciados por fatores ambientais específicos de cada área, como o gradiente de marés, a exposição à ação das ondas e a disponibilidade de substratos rochosos, além da natureza arenosa da Praia da Costa do Sol (Yoshumua, 1997).

A zona eulitoral superior do Farol de Inhaca apresentou a maior diversidade de espécies entre a Ponta do Ouro e Praia da Costa do Sol. Isso pode ser atribuído às condições ambientais mais estáveis e verdadeiramente marinhas desta área, que permitem o desenvolvimento de uma variedade maior de espécies (Viana, 2013). As espécies predominantes nesta área, como *Codium extricatum*, *Caulerpa holmesiana* e *Ulva rigida*, são adaptadas a diferentes níveis de exposição às marés e ação das ondas. A presença de substratos rochosos proporciona locais adequados para a fixação e crescimento dessas macroalgas.

Avaliação da Diversidade, Abundâncias e Biomassa das Macroalgas Marinhas (Chlorophytas) Verdes, no Farol de Inhaca, Ponta de ouro e Praia da Costa do sol.

As observações deste estudo corroboram com os achados de Muinga (2005), que descrevem as diferenças nas plataformas rochosas e sua influência na distribuição das espécies. A estrutura fragmentada da plataforma rochosa na Ponta de Ouro, com lagoas e fissuras, oferece um contraste com a plataforma uniforme do Farol de Inhaca, destacando como as características geomorfológicas podem influenciar a composição e distribuição das comunidades de macroalgas. Na Ponta de Ouro, as espécies de macroalgas verdes mais comuns incluem *Chamaedoris delphinii*, *Caulerpa serrulata* e *Ulva reticulata*. A ação das ondas e a variação das marés influenciam a distribuição destas espécies. *Chamaedoris delphinii*, por exemplo, é adaptada a áreas com forte ação das ondas, enquanto *Caulerpa serrulata* prefere áreas mais abrigadas com substratos rochosos disponíveis.

A Praia da Costa do Sol apresentou a menor diversidade de espécies de macroalgas verdes entre as áreas estudadas, com espécies como *Caulerpa mexicana*, *Ulva fasciata* e *Ulva reticulata*. A menor diversidade pode ser atribuída à natureza arenosa do substrato, que limita a fixação de muitas macroalgas, além da influência das descargas fluviais que alteram as condições químicas e físicas da água, impactando a biodiversidade marinha.

9. CONCLUSÃO

Com os resultados obtidos no presente estudo, pode-se concluir o seguinte:

Foram identificadas 19 espécies de macroalgas verdes em três locais distintos. O Farol de Inhaca apresentou a maior diversidade específica, destacando-se em comparação com Ponta de Ouro e Praia da Costa do Sol.

Os resultados do estudo nas zonas costeiras do Farol da Inhaca, Ponta de Ouro e Praia da Costa do Sol revelam padrões distintos de abundância de macroalgas verdes. O Farol da Inhaca, foi o local que apresentou maior abundancia das espécies de macroalgas verdes seguida a Ponta de Ouro e a Praia da Costa do Sol menor Abundância das espécies.

A análise da biomassa de macroalgas verdes revela padrões distintos nos três locais estudados. A Praia da Costa do Sol apresentou a maior biomassa,

10. LIMITAÇÕES DO ESTUDO

Dificuldades de Acesso Durante as Amostragens - Durante as amostragens, surgiram dificuldades significativas de acesso a determinados pontos devido ao elevado nível de água e à ação das marés. Essas condições comprometeram a capacidade de cobrir completamente todas as áreas de estudo, o que pode ter afetado a representatividade e a precisão dos dados sobre a distribuição, abundância e diversidade das macroalgas.

Cobertura Espacial e Temporal Insuficiente - A pesquisa foi conduzida em um período específico do ano, o que limita a capacidade de capturar a variabilidade completa das condições ambientais e das macroalgas. A ausência de amostragens durante diferentes períodos do ano e em ambas as estações limita a compreensão das flutuações sazonais e anuais na biomassa e diversidade das macroalgas, bem como a possibilidade de generalizar os resultados para diferentes épocas do ano.

11. RECOMENDAÇÕES

Recomenda-se que se façam estudos de distribuição de macroalgas nas duas áreas de estudo e que se façam estudos de abundância e diversidade de macroalgas em períodos mais prolongados e nas duas estações do ano para garantir dados de qualquer época do ano.

Recomenda-se também que se façam estudos mais detalhados sobre medições de parâmetros ambientais e a relação dos mesmos com a diversidade e abundância das macroalgas de modo que se saiba como varia a abundância e distribuição tendo em conta os aumentos ou diminuição dos parâmetros ambientais.

12. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Amaral, A. C. Z.; Rizzo, A. E.; Arruda, E.P. Manual de identificação dos invertebrados marinhos da região sudeste-sul do Brasil. Edusp, 2006.
2. Anis, M., Ahmed, S., and Hasan, M. (2017). Algae as nutrition, medicine and cosmetic: the forgotten history, present status and future trend. *World J. Pharm. Pharmaceut. Sci.* 6, 1934–1959. doi: 10.20959/wjpps20176-9447.
3. Araújo R, Sousa-Pinto I, Serrão EA, Per Å (2012) Recovery after trampling disturbance in a canopy-forming seaweed population. *Marine Biology* 159:697–707. doi: 10.1007/s00227-011-1847-8.
4. Bellgrove A, Mckenzie PF, Cameron H, Pocklington JB (2017) Restoring rocky intertidal communities: Lessons from a benthic macroalgal ecosystem engineer. *Marine Pollution Bulletin* 117:17–27. doi: 10.1016/j.marpolbul.2017.02.012.
5. Bellhouse, D. R. (2005). Systematic Sampling Methods. *Encyclopedia of Biostatistics*. Bender D.J., T.A. Contreras e E. L. Fahrig (1998). Habitat loss and population decline: A Meta-Analysis of the patch size effect. *Ecology*, 79 (2): 517– 533.
6. Boaventura D, Ré P, Da Fonseca LC, Hawkins SJ (2002) Intertidal rocky shore communities of the continental Portuguese coast: Analysis of distribution patterns. *Marine Ecology* 23:69–90. doi: 10.1046/j.1439-0485.2002.02758.x.
7. Branch, G. M, C. L. Griffiths, M. L (1999) Two Oceans. A Guide to the Marine Life of Southern Africa.
8. Carvalho, M. A & Bandeira, S. O. (2003). Algas Marinhas Flora do Arquipélago das Quirimbas, Norte de Moçambique. In: Chapman, ARO, Anderson, R. J, Vreeland, V. J & Davison, I.R. (eds) Proceedings of the 17th International Seaweed Symposium, Cape Town, 2001. pp319-324.
9. Chagas, F.D.S.; Lima, G.C.; Santos, V.I.N.; costa, L.E.C.; Sousa, W.M.; Sombra, V.G.; Araújo, D.F.; Barros, F.C.N.; Marinho-Soriano, E.; Feitosa, J.P.; de Paula, R.C.M.; Pereira, M.G.; Freitas, A.L.P. **Sulfated polysaccharide from the red algae *Gelidium***

Avaliação da Diversidade, Abundâncias e Biomassa das Macroalgas Marinhas (Chlorophytas) Verdes, no Farol de Inhaca, Ponta de ouro e Praia da Costa do sol.

- acerosa: Anticoagulant, antiplatelet and antithrombotic effects.** International Journal of Biological Macromolecules, v. 159, p. 415, 2020.
10. Chappuis E, Terradas M, Cefali ME, Mariani S, Ballesteros E (2014) Vertical zonation is the main distribution pattern of littoral assemblages on rocky shores at a regional scale. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 147:113–122. doi: 10.1016/j.ecss.2014.05.031.
 11. Coppejans, E., F. Leliaert e T. Schils (2002). New records of marine benthic algae for the Mozambican coast, collected at Inhaca Island. *South African Journal of Botany*. 68: 342–348.
 12. Coutinho, R., Zalmon, I. R. (2009). O bentos de costões rochosos. In: Pereira, R.C., Soares- Gomes, A. (org). *Biologia Marinha*. 2. Ed. Rio de Janeiro, RJ: Interciências. cap. 11, p.281-297.
 13. Creed, J. C., Pires, D. O. & Figueiredo, M. A. de O. 2007. Biodiversidade marinha da Baía da Ilha Grande. Ministério do Meio Ambiente, Brasília (Série Biodiversidade 23).
 14. Dias, Valera., Salomão, Bandeira., Eutilério, Chauque., Maurício, Lipassula., Aidate, Mussagy. (2020). Evaluation of Phytocompounds and Chemical Elements Present In Selected Species of Seaweeds, to Sustain Future Quantitative Analysis for Bioactive Compounds. *Journal of Drug Delivery & Therapeutics*, 10 (5):232- 239.
 15. Elena M, Cebrian E, Chappuis E, Pinedo S, Terradas M, Mariani S, Ballesteros E (2016) Life on the boundary: Environmental factors as drivers of habitat distribution in the littoral zone. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 172:81–92. doi: 10.1016/j.ecss.2016.01.043.
 16. Eurico. C. Oliveira, Katrin Osterlund e Matern S. P. Mtole (2005). *Marine Plants of Tanzania*.
 17. Evans FD, Critchley AT (2014) Seaweeds for animal production use. *Journal of Applied Ecology* 891–899. doi: 10.1007/s10811-013-0162-9.
 18. FAO (2018) Fishery and aquaculture statistics. Global aquaculture production. In: Food and Agriculture Organization of the United Nations. Acedido a 27 de abril de 2018, em: <http://www.fao.org/fishery/statistics/software/fishstatj/en>.

Avaliação da Diversidade, Abundâncias e Biomassa das Macroalgas Marinhas (Chlorophytas) Verdes, no Farol de Inhaca, Ponta de ouro e Praia da Costa do sol.

19. Felipe A. P. L (2007). La insignia. Independente. Consultado em 26 de outubro.
20. Gaubert, J.; Payri, C. E.; Vieira, C.; Solanki, H.; Thomas, O. P. **High metabolic variation for seaweeds in response to environmental changes: a case study of the brown algae *Lobophora* in coral reefs.** Scientific Reports, v. 9, 993, 2019. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-38177-z>.
21. Guiry MDR (2017) The Seaweed Site: information on marine algae. Acedido a 8 de junho de 2017, em: <http://www.seaweed.ie>.
22. Guiry, M.D. & Guiry, G.M. 2014. AlgaeBase. World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway. Disponível em: <http://www.algaebase.org>.
23. Guiry, M.D. 2011. The seaweed site: information on marine algae (Online). Acesso em 02 de junho de 2012.
24. Harley, C. D. G., Anderson, K. W., demes, K. W., Jorve, J. P., Kordas, R. L., Coyle, T. A.; Graham, M. H. (2012). Effects of climate change on global seaweed communities. *Journal of Phycology*, V. 48, n. 5, p. 1064-1078.
25. Helmuth B, Mieszkowska N, Moore P, Hawkins SJ (2006) Living on the Edge of Two Changing Worlds: Forecasting the Responses of Rocky Intertidal Ecosystems to Climate Change. *Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics* 37:373–404. doi: 10.1146/annurev.ecolsys.37.091305.110149.
26. Holdt, S. L.; Kraan, S. **Bioactive compounds in seaweed: functional food applications and legislation.** *Journal of Applied Phycology*, v. 23, n. 3, p. 543-597, 2011.
27. Husch, F., C. I. Miller, T.W. Beers (1982). *Forest mensuration*. 3rd ed. New York: *John Wiley e Sons*, 402 pp.
28. Kalka, Margaret (1995). *A natural history os Inhaca Island*. Cape Twon, Witwatersrand University press.pp 395.
29. Kazir, M.; Abuhassira, Y.; Robin, A.; Nahor, O.; Luo, J.; Israel, A.; Golberg, A.; Livney, Y. D. **Extraction of proteins from two marine macroalgae, *Ulva* sp. and *Gracilaria* sp., for food application, and evaluating digestibility, amino acid**

Avaliação da Diversidade, Abundâncias e Biomassa das Macroalgas Marinhas (Chlorophytas) Verdes, no Farol de Inhaca, Ponta de ouro e Praia da Costa do sol.

- composition and antioxidant properties of the protein concentrates.** Food Hydrocolloids, v. 87, p. 194-203, 2019.
30. Koch K, Hagen W, Graeve M, Bischof K (2017) Fatty acid compositions associated with highlight tolerance in the intertidal rhodophytes *Mastocarpus stellatus* and *Chondrus crispus*. Helgoland Marine Research 71:15. doi: 10.1186/s10152-017-0495-x
31. Koutsaviti, A.; Ioannou, E.; Roussis, V. Bioactive seaweed substances. In: Qin, Y. (ed.). **Bioactive Seaweeds for Food Applications: Natural Ingredients for Health Diets.** Amsterdam, The Netherlands: Elsevier Inc. Chap. 2, p. 25-52, 2018.
32. Krupek, R.A., Branco, C.C.Z. & Peres, C.K. 2012. Spatial variations at different observational scales and the seasonal distributions of stream macroalgae in a Brazilian subtropical region. Brazilian Journal of Botany 35(3):249-257.
33. Kumari, P., Kumar, M., Gupta, V., Reddy, C.R.K., & Jha, B. (2010). Tropical marine macroalgae as potential sources of nutritionally important PUFAs. Food Chemistry, 120(3), 749-757. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.11.006>.
34. Leandro, A.; Pereira, L.; Gonçalves, A.M.M. (2019) Diverse Applications of Marine Macroalgae. Mar. Drugs, 18, 17. <https://doi.org/10.3390/md18010017>.
35. Lee, R. E. Phycology. 5. ed. Cambridge, UK: Cambridge University Press, 2018. 546 p.
36. Lunning, K seaweeds: Their Environment, Biogeography, and Ecophysiology. New York: John Wiley & Sons, Inc., 1990. 544pp.
37. Makkar HPS, Tran G, Heuzé V, Lessire M, Lebas F, Ankers P (2016) Seaweeds for livestock diets: A review. Animal Feed Science and Technology 212:1–17. doi: 10.1016/j.anifeedsci.2015.09.018.
38. Makkar, H. P. S.; Tran, G.; Heuzé, V.; Giger-Reverdin, S.; Lessire, M.; Lebas, F.; Ankers, P. **Seaweeds for livestock diets: A review.** Animal Feed Science and Technology, v. 212, p. 1-17, 2016.
39. Manivasagan P, Bharathiraja S, Santha Moorthy M, Mondal S, Seo H, Dae Lee K, Oh J (2017) Marine natural pigments as potential sources for therapeutic applications. Critical Reviews in Biotechnology 1–17. doi: 10.1080/07388551.2017.1398713.

Avaliação da Diversidade, Abundâncias e Biomassa das Macroalgas Marinhas (Chlorophytas) Verdes, no Farol de Inhaca, Ponta de Ouro e Praia da Costa do Sol.

40. Martins GM, Amaral AF, Wallenstein FM, Neto AI (2009) Influence of a breakwater on nearby rocky intertidal community structure. *Marine Environmental Research* 67:237–245. doi: 10.1016/j.marenvres.2009.03.002.
41. Massingue, Alice Obed. (2005). Diversidade e distribuição das ervas marinhas e macroalgas da Ilha de Moçambique à Nacala, província de Nampula. Tese de licenciatura. Universidade Eduardo Mondlane. Maputo. Moçambique.
42. Mata, L., Magnusson, M., Paul, N.A., & de Nys, R. (2016). The intensive land-based production of the green seaweeds *Derbesia tenuissima* and *Ulva ohnoi*: biomass and bioproducts. *Journal of Applied Phycology*, 28(1), 365-375. <https://doi.org/10.1007/s10811-015-0561-1>.
43. Matteucci, S. D., A. Colma (1982). Metodologia para el estudio de la vegetación. Washington: Secretaria General de la Organización de los Estados Americanos – Programa Regional de Desarrollo Científico y Tecnológico, 169 pp.
44. Monagail, M. M.; Cornish, L.; Morrison, L.; Araújo, R.; Critchley, A. T. Sustainable harvesting of wild seaweed resources. *European Journal of Phycology*, v. 52, n. 4, p. 371-390, 2017.
45. Muacanhia, T. (2003). Versus degradation, 39–46. Retrieved from <http://www.oceandocs.org/bitstream/1834/410/1/5%2520tomas.pdf>.
46. Nassar, C. Macroalgas Marinhas do Brasil: guia de campo das principais espécies. 1 ed. Rio de Janeiro: Technical Books, 2012.
47. Nedumaran, T. Seaweed: A Fertilizer for Sustainable Agriculture. In: Dhanarajan, A. (ed.) **Sustainable Agriculture towards Food Security**. Singapore: Springer. Chap. 9, p. 159-174, 2017.
48. Nejrup, L. B., Pedersen, M. F. **The effect of temporal variability in salinity on the invasive red algae *Gracilaria vermiculophylla***. *European Journal of Phycology*, v.47. 2012
49. Neto, J.A.; mutue, T.F. Guia Ilustrativo de identificação e utilização de algas marinhas bentônicas do estado de São Paulo. São Carlos: Rima Editora, 184 p, 2016.

Avaliação da Diversidade, Abundâncias e Biomassa das Macroalgas Marinhas (Chlorophytas) Verdes, no Farol de Inhaca, Ponta de Ouro e Praia da Costa do Sol.

50. Pedrini, 2010 Pedrini, A.G. (Org.) 2010. Macroalgas – Uma Introdução à Taxonomia. Série Flora Marinha do Brasil, vol 1, 1ª ed. Technical Books Editora, Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.
51. Nunes, J.M.C. **Taxonomia morfológica: metodologia de trabalho.** In: PEDRINI, A. de G (Org.). Macroalgas: Uma introdução a sua taxonomia. Rio de Janeiro: Technical Books. Cap. 1, p. 5
52. Pereira K.F, Jesus P.B; Nunes, J.M.C. **Biodiversidade de macroalgas marinhas bentônicas do programa REVIZEE.** SaBios: Rev. Saúde e Biol., v.14 n.2, p. 8-17, 2019.
53. Pereira L (2018) Therapeutic and Nutricional Uses of Algae. CRC Press, Coimbra, Portugal.
54. Phang, S.-M.; Chu, W.-L.; Rabiei, R. Phycoremediation. In: Sahoo D., Seckbach J. (ed.) The Algae World. Cellular Origin, Life in Extreme Habitats and Astrobiology, vol. 26. Dordrecht: Springer Netherlands. Chap. 13, p. 357-389.
55. Phillips, O. e A.H. Gentry (1993). The Useful Plants of Tambopata, Peru: I. Statistical Hypotheses Tests with a New Quantitative Technique. *Economic Botany*, 47(1):15-32.
56. Prabhu, M., Chemodanov, A., Gottlieb, R., Kazir, M., Nahor, O., Gozin, M., Israel, A., Livney, Y. D., & Golberg, A. (2019). Starch from the sea: The green macroalga *Ulva ohnoi* as a potential source for sustainable starch production in the marine biorefinery. *Algal Research*, 37 (October 2018), 215–227. <https://doi.org/10.1016/j.algal.2018.11.007>.
57. Raffaelli D, Hawkins S (1996) Intertidal Ecology, 1st edn. Springer Netherlands, London.
58. Raven, H. P.; Eichhorn, S. E; Evert, R. F. **Biologia Vegetal.** 8ª ed. Rio de Janeiro, Guanabara Koogan. 2014.
59. Robin, A., Sack, M., Israel, A., Frey, W., Müller, G., & Golberg, A. (2018). Deashing macroalgae biomass by pulsed electric field treatment. *Bioresource Technology*, 255(January), 131–139. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2018.01.089>.

Avaliação da Diversidade, Abundâncias e Biomassa das Macroalgas Marinhas (Chlorophytas) Verdes, no Farol de Inhaca, Ponta de ouro e Praia da Costa do sol.

60. Santos, F. de J. C. (2017). Macroalgas Verdes Produzidas em Aquacultura na Região Algarvia: Potencial Terapêutico / Propriedades biológicas Macroalgas Verdes Produzidas em Aquacultura na Região Algarvia: Potencial Terapêutico / Propriedades biológicas [Universidade do Algarve]. <http://hdl.handle.net/10400.1/10480>.
61. Seca, A. M.; Pinto, D. C. G. A. **Plant secondary metabolites as anticancer agents: Successes in clinical trials and therapeutic application.** International Journal of Molecular Sciences, v. 19, n. 1, e263, 2018. <https://doi.org/10.3390/ijms19010263>.
62. Smale, D.A.; Burrows, M. T.; Evans, A. J.; King, N. G.; Sayer, M. D.; Yunnice, A.; Moore, P. J. Linking environmental variables with regional-scale variability in ecological structure and standing stock of carbon within kelp forests in the United Kingdom. Marine Ecology Progress Series, v. 542, p. 79–95, 2016.
63. Tait RV, Dipper F a. (1998) Elements of Marine Ecology, 4th edn. Keyword Publishing, Oxford.
64. Thompson RC, Crowe TP, Hawkins SJ (2002) Rocky intertidal communities: past environmental changes, present status and predictions for the next 25 years. Environmental Conservation 29:168–191. doi: 10.1017/S0376892902000115.
65. Underwood AJ (2000) Experimental ecology of rocky intertidal habitats : what are we learning? Journal of Experimental Marine Biology and Ecology 250:51–76. doi: doi.org/10.1016/S0022-0981 (00)00179-9.
66. Vianna, B.S., F. Giardano, P.S. Dominguez, W. Barrela e M. Ramires (2013). Análise da Zonação Ecológica do Médio Litoral do Costão Rochoso da Praia Barra do Una. UNISANTA BioScience, 3: 39- 44.
67. Vieira, J. V. Efeitos dos distúrbios antrópicos associados ao uso recreativo na fauna de praias: implicações para o manejo e conservação. 2015. 156f. Tese (Doutorado em Ecologia e Conservação). Setor de Ciências Biológicas, UFPR Universidade Federal do Paraná. Curitiba, jun. 2015.
68. Wang, S. B.; Jia, Y. H.; Wang, L. H.; Zhu, F. H.; Lin, Y. T. Enteromorpha prolifera supplemental level: Effects on laying performance, egg quality, immune function and

Avaliação da Diversidade, Abundâncias e Biomassa das Macroalgas Marinhas (Chlorophytas) Verdes, no Farol de Inhaca, Ponta de Ouro e Praia da Costa do Sol.

- micro-Nora in feces of laying hens. *Chinese Journal of Animal Nutrition*, v. 25, p. 1346–1352, 2013.
69. Wei N, Quarterman J, Jin YS (2013) Marine macroalgae: An untapped resource for producing fuels and chemicals. *Trends in Biotechnology* 31:70–77. doi: 10.1016/j.tibtech.2012.10.009.
70. Williams, S. L.; Smith, J. E. A global review of the distribution, taxonomy, and impacts of introduced seaweeds. *The Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics*, v. 38, p. 327-359, 2007.
71. Yokota, N., & De-Oliveira, E. (1992). Effects of salinity on the growth rate, morphology and water content of some Brazilian algae of economic importance. *Ciencias Marinhas*, 49-64pp.

Avaliação da Diversidade, Abundâncias e Biomassa das Macroalgas Marinhas (Chlorophytas) Verdes, no Farol de Inhaca, Ponta de Ouro e Praia da Costa do Sol.

13. ANEXOS

Tabela de Números total das espécies

Famílias	Número total de espécies
Codiaceae	1075
Caulerpaceae	1607
Ulvaceaea	1200
Halimedaceae	350
Valoniácea	340
Siphonocladaceae	370
Dasycladaceae	100
Boodleaceae	180
Cladophoraceae	75
Anadyomenaceae	75

Tabela do teste Kruskal-Wallis

Table Analyzed	Data 1
Kruskal-Wallis test	
P value	0,0085
Exact or approximate P value?	Approximate
P value summary	**

Avaliação da Diversidade, Abundâncias e Biomassa das Macroalgas Marinhas (Chlorophytas) Verdes, no Farol de Inhaca, Ponta de ouro e Praia da Costa do sol.

Do the medians vary signif. (P < 0.05)?	Yes
Number of groups	3
Kruskal-Wallis statistic	9,525
Data summary	
Number of treatments (columns)	3
Number of values (total)	57

Tabela de Cálculos de abundancias médias

Abundancia media			
	Ilha de Inhaca	Ponta do Ouro	Bairro dos pescadores
Number of values	19	19	19
Minimum	0	0	0
Maximum	300	300	325
Range	300	300	325
Mean	148,2	90,79	56,58
Std. Deviation	94,36	111,6	114,8

Avaliação da Diversidade, Abundâncias e Biomassa das Macroalgas Marinhas (Chlorophytas) Verdes, no Farol de inhaca, Ponta de ouro e Praia da Costa do sol.

Std. Error of Mean	21,65	25,59	26,34
---------------------------	-------	-------	-------

Tabela de Teste de Normalidade

Normalidade			
	Ilha de Inhaca	Ponta do Ouro	Bairro dos pescadores
Test for normal distribution			
Shapiro-Wilk test			
W	0,9204	0,7841	0,5411
P value	0,115	0,0007	<0,0001
Passed normality test (alpha=0.05)?	Yes	No	No
P value summary	ns	***	****
Number of values	19	19	19

Avaliação da Diversidade, Abundâncias e Biomassa das Macroalgas Marinhas (Chlorophytas) Verdes, no Farol de Inhaca, Ponta de ouro e Praia da Costa do sol.

Espécies das Macroalgas	Ilha de Inhaca	Cálculos %
<i>Anadyone wrightii</i>	75	2,7%
<i>Boodea composita</i>	100	3,6%
<i>Caulerpa holmesiana</i>	200	7,1%
<i>Caulerpa mexicana</i>	280	9,9%
<i>Caulerpa serrulata</i>	270	9,6%
<i>Chaetomorpha antenniana</i>	75	2,7%
<i>Chamaedoris delphinii</i>	120	4,3%
<i>Cladophoropsis herpestica</i>	80	2,8%
<i>Codium dithiaea</i>	100	3,6%
<i>Codium extricatum</i>	300	10,7%
<i>Codium mozambiqueense</i>	175	6,2%
<i>Dasycladus ramosus</i>	100	3,6%
<i>Halimeda cuneata</i>	250	8,9%
<i>Ulva fasciata</i>	125	4,4%
<i>Ulva reticulata</i>	125	4,4%
<i>Ulva rigida</i>	300	10,7%
<i>Valonia macrophysa</i>	140	5,0%
<i>Total</i>	2815	

Tabela de Cálculos de percentagem de cobertura da Ilha de Inhaca.

Avaliação da Diversidade, Abundâncias e Biomassa das Macroalgas Marinhas (Chlorophytas) Verdes, no Farol de Inhaca, Ponta de ouro e Praia da Costa do sol.

Espécies das Macroalgas	Ponta do Ouro	Cálculos %
<i>Caulepa filiforme</i>	150	8,7%
<i>Caulepa mexicana</i>	300	17,4%
<i>Caulerpa serrulata</i>	125	7,2%
<i>Chamaedoris delphinii</i>	250	14,5%
<i>Codium extricatum</i>	200	11,6%
<i>Codium mozambiqueuse</i>	300	17,4%
<i>Halimeda cuneata</i>	100	5,8%
<i>Ulva rigida</i>	100	5,8%
<i>Valonia macrophysa</i>	200	11,6%
<i>Total</i>	1725	

Tabela de Cálculos de percentagem de cobertura da Ponta do Ouro.

Espécies das Macroalgas	Bairro dos pescadores	Cálculos %
<i>Caulepa mexicana</i>	325	30,2%
<i>Caulerpa serrulata</i>	200	18,6%
<i>Ulva fasciata</i>	300	27,9%
<i>Ulva reticulata</i>	250	23,3%
<i>Total</i>	1075	

Tabela de Cálculos de percentagem de cobertura do Bairro dos Pescadores.

Tabela de Biomassa da Ponta de Ouro, Ilha de Inhaca e Bairro dos Pescadores.

Avaliação da Diversidade, Abundâncias e Biomassa das Macroalgas Marinhas (Chlorophytas) Verdes, no Farol de inhaca, Ponta de ouro e Praia da Costa do sol.

Biomassa	Ponta de ouro	Ilha de inhaca	Bairro dos pescadores
Q1	20.05	14	37.42
Q2	23	12.4	35.62
Q3	5.20	12	34
Q4	30.01	11.34	32.60
Q5	16.10	11.08	31.02
Q6	13.40	11	30.54
Q7	23.18	11.05	29.03
Q8	25.65	11	28.43
Q9	9.24	10.5	27.03
Q10	27.12	10	26.67
Q11	24.15	9	25.05
Q12	16.07	10.5	24.32
Q13	16.32	11	23.01
Q14	14.29	10	22.08
Q15	12.16	8	21.79
Q16	11.48	6	19.09
Q17	10.68	5	18.06
Q18	8.04	3	17
Q20	6	2	15.98
Q21	4.9	2	15.8
Q22	3.2	1	14.09
Q23	2.8	1	14.02
Q24	1.6	1	12
Q25	1	1	10

Avaliação da Diversidade, Abundâncias e Biomassa das Macroalgas Marinhas (Chlorophytas) Verdes, no Farol de inhaca, Ponta de ouro e Praia da Costa do sol.

Heterogeneity and Evenness Measurements, v 5.1

Label: Baia do Maputo (Bairro dos pescadores) Number of Species in Data: 4

	No. of Individuals
1	325
2	200
3	300
4	250

Type of Data:
 Number of Individuals
 Biomass, Productivity, Cover
 Proportions

Open Data File
Save Input Data
Run Program

Program Output

Total number of individuals: 1075

Measures of Heterogeneity

Shannon's H' 1,976 bits per individual
Eq. 12.31

Simpson's diversity D 0,743
Eq. 12.27

Reciprocal of Simpson's D (N_2) 3,876
Eq. 12.30

Number of equally common species (N_1) 3,94
Eq. 12.32

Brillouin's H 1,962 bits per individual
Eq. 12.33

Measures of Evenness

Camargo E' 0,901
Eq. 12.36

Simpson's $E_{1/D}$ 0,969
Eq. 12.35

Modified Nee E_Q 0,619
Eq. 12.38

Cálculos de Índice de Diversidade de Bairro dos pescadores

Avaliação da Diversidade, Abundâncias e Biomassa das Macroalgas Marinhas (Chlorophytas) Verdes, no Farol de Inhaca, Ponta de ouro e Praia da Costa do sol.

Heterogeneity and Evenness Measurements, v 5.1

Ponta do Ouro Number of Species in Data: 9

	No. of Individuals
6	300
7	100
8	100
9	200

Type of Data:
 Number of Individuals
 Biomass, Productivity, Cover
 Proportions

Open Data File
 Save Input Data
 Run Program

Program Output

Total number of individuals: 1725

Measures of Heterogeneity

Shannon's H' 3.060 bits per individual
 Eq. 12.31

Simpson's diversity D 0.873
 Eq. 12.27

Reciprocal of Simpson's D (N_2) 7.818
 Eq. 12.30

Number of equally common species (N_1) 8.34
 Eq. 12.32

Brillouin's H 3.037 bits per individual
 Eq. 12.33

Measures of Evenness

Camargo E' 0.781 Simpson's E $1/D$ 0.869 Modified Nee E_Q 0.594
 Eq. 12.36 Eq. 12.35 Eq. 12.38

Smith and Wilson's E_{var} 0.894
 Eq. 12.37

Main Menu Save Output Print

Cálculos de Índice de Diversidade da Ilha de Inhaca.

Avaliação da Diversidade, Abundâncias e Biomassa das Macroalgas Marinhas (Chlorophytas) Verdes, no Farol de Inhaca, Ponta de ouro e Praia da Costa do sol.

	No. of Individuals
14	125
15	125
16	300
17	140

Program Output

Total number of individuals: 2815

Measures of Heterogeneity

Shannon's H' 3.921 bits per individual
Eq. 12.31

Simpson's diversity D 0.927
Eq. 12.27

Reciprocal of Simpson's D (N_2) 13.726
Eq. 12.30

Number of equally common species (N_1) 15.14
Eq. 12.32

Brillouin's H 3.893 bits per individual
Eq. 12.33

Measures of Evenness

Camargo E' 0.730
Eq. 12.36

Simpson's E $1/D$ 0.807
Eq. 12.35

Modified Nee E_Q 0.336
Eq. 12.38

Smith and Wilson's E_{var} 0.852
Eq. 12.37

Cálculos de Índice de Diversidade da Ponta do Ouro.

Formas e passos usados na conversão de dados para calcular biomassa das três Áreas.

Avaliação da Diversidade, Abundâncias e Biomassa das Macroalgas Marinhas (Chlorophytas) Verdes, no Farol de Inhaca, Ponta de ouro e Praia da Costa do sol.

Para calcular gramas por metro quadrado (g/m^2), você precisará ter dois dados: o peso do material em gramas e a área em metros quadrados.

A fórmula para calcular g/m^2 é simples:

$$\text{Gramas por metro quadrado (g/m}^2\text{)} = \frac{\text{Peso do material em gramas}}{\text{Área em metros quadrados}}$$

Por exemplo, se você tiver um material que pesa 500 gramas e cobre uma área de 2 metros quadrados, a densidade desse material seria:

$$\text{Densidade} = \frac{500 \text{ gramas}}{2 \text{ metros quadrados}} = 250 \text{ g/m}^2$$

Se você tiver apenas a área e a densidade do material, não seria possível calcular diretamente o peso do material sem informações adicionais.

Para converter metros lineares (m) para metros quadrados (m^2), você precisaria de uma área, não apenas um comprimento.

Se você tem um comprimento de 0.2 metros e deseja determinar a área em metros quadrados, seria necessário multiplicar esse comprimento por uma largura ou altura correspondente para obter a área em metros quadrados.

Por exemplo, se você tiver uma largura de 1 metro junto com esse comprimento de 0.2 metros, a área total seria:

$$\text{Área (m}^2\text{)} = \text{Comprimento (m)} \times \text{Largura (m)} = 0.2 \text{ m} \times 1 \text{ m} = 0.2 \text{ m}^2$$

Então, para converter 0.2 metros em metros quadrados, você precisaria multiplicar esse valor por outra medida em metros para encontrar uma área.

Avaliação da Diversidade, Abundâncias e Biomassa das Macroalgas Marinhas (Chlorophytas) Verdes, no Farol de Inhaca, Ponta de ouro e Praia da Costa do sol.

Se você possui um comprimento de 0,25 metros e deseja calcular a área em metros quadrados, precisará de outra dimensão (largura ou altura) para calcular a área.

Suponhamos que a segunda dimensão seja também 0,25 metros (uma medida quadrada). Nesse caso, a área total seria:

$$\text{Área (m}^2\text{)} = \text{Comprimento (m)} \times \text{Largura (m)} = 0,25 \text{ m} \times 0,25 \text{ m} = 0,0625 \text{ m}^2$$

Portanto, se ambas as dimensões forem 0,25 metros, a área total será de 0,0625 metros quadrados.

Para encontrar a área de um quadrado, é necessário saber o comprimento de um lado. No entanto, 25 centímetros é uma medida de comprimento, não de área. Se você está perguntando sobre a área de um quadrado com lados de 25 centímetros, precisamos primeiro calcular a área.

A fórmula para calcular a área de um quadrado é lado * lado (ou lado²). Assim:

$$25 \text{ cm} \times 25 \text{ cm} = 625 \text{ cm}^2$$

Para expressar a área em metros quadrados, sabendo que 1 metro = 100 centímetros, você pode converter a área de centímetros quadrados para metros quadrados dividindo por 10.000 (porque 1 metro quadrado é igual a 10.000 centímetros quadrados):

$$625 \text{ cm}^2 \div 10000 = 0.0625 \text{ m}^2$$

Portanto, a área de um quadrado com lados de 25 centímetros é igual a 0,0625 metros quadrados.