



Escola Superior de Ciências Marinhas e Costeiras

Mestrado em Aquacultura Sustentável

Avaliação do potencial cultivo das macroalgas *Eucheuma denticulatum* e *Kappaphycus alvarezii*, usando sistema de balsas flutuantes, na ilha de Inhaca

Autor:

Amós Alberto Nhaca



Escola Superior de Ciências Marinhas e Costeiras

Dissertação para Obtenção do Grau de Mestrado em Aquacultura Sustentável

Avaliação do potencial cultivo das macroalgas *Eucheuma denticulatum* e *Kappaphycus alvarezii*, usando a balsa flutuante, na ilha de Inhaca

Presidente do júri

Doutor Avêlino Longa

UEM - Escola Superior de Ciências Marinhas e Costeiras

Supervisores

Prof. Doutora Valéria Dias
UEM – Faculdade de Ciências

Prof. Doutor Salomão Bordaia
UEM – Faculdade de Ciências
Assinado em: Rui Orlando Pinheiro Santos
Número de identificação: 04706403
Data: 2025.02.11 11:06:26 +0000

Prof. Doutor Rui Santos
Universidade de Algarve

Avaliador

Assinado em: RICARDO RUI SALGADO
Número de identificação: 0996124
Data: 2025.02.11 10:42:24 +0000

Professor Doutor Ricardo Salgado
Instituto Politécnico de Setúbal

Maputo, Fevereiro de 2025

Compromisso de honra

Declaro, por minha honra, que este trabalho intitulado “Avaliação do potencial cultivo das macroalgas *Eucheuma denticulatum* e *Kappaphycus alvarezii*, usando sistema de balsas flutuantes, na ilha de Inhaca”, nunca foi apresentado na sua essência ou parte do mesmo para obtenção do qualquer grau académico e que, o mesmo constitui resultado da minha inteira investigação pessoal, estando indicados no texto e na lista de referências bibliográficas todas as fontes consultadas para a sua elaboração.

Quelimane, Setembro de 2024



(Amós Alberto Nhaca)

Dedicatória

À memória dos meus pais Alberto Nhaca e Race Nhaca. À memória da minha Tia Florinda Nhembete Nhaca.

Aos meus irmãos Dionísio Nhaca, Carlos Jorge, Sofácio Nhaca, Luísa Nhaca, Zeferino Nhaca e Lucrência Nhaca.

*É grande a alegria que sinto no senhor por, finalmente,
terdes com que desabrochasse o vosso amor por mim.
É que tínheis o interesse, mas faltava a oportunidade.
Não falo assim por me sentir carecido. Pois, no meu caso,
aprendi a ser autónomo nas situações em que me encontre.
Sei passar por privações, sei viver na abundancia.
Em toda e qualquer situação, estou preparado para me saciar e
passar fome, para viver na abundância e sofrer carências.
De tudo sou capaz naquele que me dá força **Filipenses (4, 10-13)**.*

Agradecimentos

A Deus todo-poderoso, pelo Dom da vida, por estar sempre ao meu lado e me ajudar a alcançar meus objetivos.

Vai a minha gratidão e admiração á minha supervisora Professora Doutora Valera Dias pela confiança, orientação, inestimáveis discussões sobre o direcionamento do trabalho.

Ao professor Doutor Salomão Bandeira, por toda paciência e ajuda na construção desse trabalho.

Ao projeto "*Evaluation of Echemoids cultivation and exploitation in the Southern of Mozambique-ARISE-PP-11*" conduzido pela Faculdade de Ciências, Departamento de Ciências Biológicas, sob coordenação do Professora Doutora Valera Lucena Dias.

Aos meus irmãos Dionísio Nhaca, Carlos Jorge, Sofácio Nhaca, Zeferino Nhaca, Luísa Nhaca e Lucrência Nhaca, por me incentivarem a buscar as coisas que desejo e por me apoiarem sempre que necessário.

A Mestre Helena Salência, pela oportunidade de realização deste trabalho, orientação, paciência, encorajamento e pelo conhecimento compartilhado comigo durante este período.

A minha colega Luísa Jaquelina Baptista Banze, companheira de muitas batalhas, pela

Ao Maquingue Nhaca, que durante esses anos compartilhou comigo alegrias e fracassos; além disso, por sempre me dar a mão para me levantar e nunca desistir, me ouvir, me aconselhar a ser uma pessoa melhor e antes de tudo me mostrar que sempre posso contar com ele.

Aos meus tios (Samuel Timba, Anabela Catija Miguel, Atalia Matsimbe, Carlos Nhaca) pelo apoio e amor incondicional, o meu muito obrigado.

A todo corpo de docência da Escola Superior de Ciências Marinhas e Costeiras, pelos conhecimentos científicos transmitidos.

A todos que direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho.

Resumo

As macroalgas do grupo Eucheumatoides são recursos marinhos com grande potencial para exploração económica, tanto através do cultivo quanto do manejo dos seus bancos naturais. Estes recursos podem ser utilizados diretamente na alimentação, na fabricação de ração e de fertilizantes, assim como na extração de ficocolóides de grande interesse económico. Moçambique possui zonas com grande potencial para o cultivo de macroalgas, contudo, o país não apresenta ainda um sistema de aquacultura destes organismos em grande escala. Este estudo teve como objectivo avaliar a cultivo de macroalgas Eucheumoides, na zona Sul de Moçambique. A pesquisa foi realizada na ilha de Inhaca, especificamente na Ponta Torres, na estação quente e fria com uma duração de 45 dias cada, onde foram cultivadas duas espécies de macroalgas, a *Eucheuma denticulatum* e a *Kappaphycus alvarezii*. O estudo usou o sistema de balsas flutuantes, onde foram utilizadas duas técnicas de cultivo, uma de rede tubular e outra de *tie-tie*. Durante o cultivo foram efectuadas biometrias e monitorados os parâmetros ambientais: pH, oxigénio dissolvido, salinidade e temperatura. A *Eucheuma denticulatum* cultivada em técnica *tie-tie* apresentou uma taxa de crescimento relativo de $4.8 \pm 0.1 \%$ dia⁻¹ e $3.2 \pm 0.4 \%$ dia⁻¹ na época quente e fria respetivamente, a da técnica de rede tubular foi de $5.0 \pm 2.1 \%$ dia⁻¹ e $3.2 \pm 0.4 \%$ dia⁻¹, enquanto a *Kappaphycus alvarezii* cultivada em *tie-tie* apresentou taxa de crescimento relativo de $3.0 \pm 0.9 \%$ dia⁻¹ na época quente e $7.3 \pm 0.4 \%$ dia⁻¹ na época fria. O cultivo das macroalgas usando as redes tubulares, indicou um crescimento de $3.4 \pm 0.9 \%$ dia⁻¹ na época quente e $7.5 \pm 3.4 \%$ dia⁻¹ na época fria, evidenciando que se pode cultivar esta espécie nas águas frias da região sul de Moçambique. A taxa de crescimento *Kappaphycus alvarezii* na época fria, chegou a duplicar mais de 100% em relação a época quente. Estes resultados da taxa de crescimento de mais de 7.5% dia⁻¹ revelam que pode-se atrair a indústria comercial para o cultivo. O estudo revelou que há um potencial para o cultivo das macroalgas eucheumatoides na praia da Ponta Torres na ilha de Inhaca.

Palavras-chave: Aquacultura; Rede tubular; Técnica de *tie-tie*; Balsa flutuante; Macroalgas

Abstract

Seaweeds from the Eucheumatoides group are marine resources with great potential for economic exploitation through both cultivation and the management of their natural banks. These resources can be used directly in food production, the manufacture of feed and fertilizers, as well as in the extraction of phycocolloids, which are of great economic interest. Mozambique has areas with great potential for seaweeds cultivation, but the country does not yet have a large-scale aquaculture system for these organisms. This study aimed to evaluate the cultivation of Eucheumatoides seaweeds in Southern Mozambique. The research was conducted on Inhaca Island, specifically at Ponta Torres, in two cycles lasting 45 days each, where two species of seaweeds were cultivated: *Eucheuma denticulatum* and *Kappaphycus alvarezii*. The study used a floating raft system, employing two cultivation techniques: Tubular net and *tie-tie*. During cultivation, biometrics were performed, and environmental parameters such as pH, dissolved oxygen, salinity and temperature were monitored. The *Eucheuma denticulatum* cultivated with the *tie-tie* technique showed a relative growth rate of 4.8 ± 0.1 % day⁻¹ in the warm season and 3.2 ± 0.4 % day⁻¹ in the cold season. For the tubular net technique, the rates were 5.0 ± 2.01 % day⁻¹ and 3.2 ± 0.4 % day⁻¹, respectively. The *K. alvarezii* cultivated with the *tie-tie* technique had relative growth rates of 3.0 ± 0.9 % day⁻¹ in the warm season and 7.3 ± 0.4 % day⁻¹ in the cold season. The cultivation of seaweeds using tubular nets indicates a growth of 3.4 ± 0.9 % day⁻¹ in the warm season and 7.5 ± 3.4 % day⁻¹ in the cold season, indicating that this species can be cultivated in the cold waters of Southern Mozambique. The growth rate of *Kappaphycus alvarezii* in the cold season doubled by more than 100 % compared to the warm season. These results, showing growth rates above 7.5 % day⁻¹, reveal that it is possible to attract the commercial industry for cultivation. The study revealed that there is potential for cultivation of Eucheumatoides seaweeds at Ponta Torres, Inhaca Island.

Keywords: Aquaculture; tubular net; *tie-tie* technique; Floating raft; Seaweeds.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Resposta das euquemoides as diferentes faixas de temperatura	266
Tabela 2. Médias da média da TCR e média da Biomassa (média ± desvio Padrão) obtidos durante o cultivo de <i>E. denticulatum</i> e <i>K. alvarezii</i> nos períodos quente e frio do cultivo	Error! Bookmark not defined. 40
Tabela 3. Comprimento do talo, número de talos entrenós das euquemoides selecionadas	Error! Bookmark not defined.
Tabela 4. Parâmetros ambientais registados durante o cultivo das macroalgas	Error! Bookmark not defined.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Macroalgas marinhas, a- <i>Kappaphycus alvarezii</i> (cottonii), b- <i>Eucheuma denticulatum</i> (spinosum).....	14
Figura 2. Sistema de cultivo de macroalgas em fixação do fundo em Zanzibar	F19
Figure 3. Sistema de cultivo de macroalgas em Balsa flutuante, em Santa Catarina.	20
Figura 4. Sistema de cultivo da macroalga <i>K. alvarezii</i> em técnica de long line, no Sul de Sulawesi, Indonesia.	21
Figura 5. Sistema de cultivo das macroalgas usando a gaiola flutuante	22
Figura 6. Macroalga marinha da espécie fixa usando a técnica <i>tie-tie</i> , que é amarrada um linha longa, onde geralmente dista as mudas distam 20 cm um do outro.....	23
Figura 7. Técnica do cultivo da macroalga marinha na rede tubular	24
Figura 8. Mudas de macroalgas de <i>K. alvarezii</i> em mar aberto sofrendo de herbivoria.	29
Figura 9. Área de cultivo das macroalgas na ilha de Inhaca.....	31
Figure 10. Espécies de macroalgas marinhas utilizadas neste estudo (a) <i>Eucheuma denticulatum</i> e (b) <i>Kappaphycus alvarezii</i>	32
Figura 11. Estrutura do sistema de balsa Futuante, contendo 3 balsas instalado na zona funda	33
Figura 12. Cultivo das macroalgas cultivadas <i>E. denticulatum</i> usandoa técnica de Rede tubular	33
Figura 13. Macroalgas marinhas cultivadas na ilha de Inhaca, usando a técnica de <i>tie-tie</i>	34

Figura 14. Morfologia das macroalgas cultivadas na Ponta torres a) Talo principal b) talo primario, c) talo terciario, d) entrenós primários.....	38
Figura 15. A média da taxa de crescimento relativo quinzenal da <i>E. denticulatum</i> cultivado em balsa flutuante usando as técnicas de <i>tie-tie</i> (TT) e redes tubulares (RT) durante 45 dias, n=4, (P <0,05).....	41
Figura 16. A média da taxa de crescimento relativo da <i>E. denticulatum</i> cultivado em balsa flutuante usando as tecnicas de <i>tie-tie</i> e redes tubulares durante 45 dias da epoca fria n=4, P <0,05.	42
Figura 17. Taxa de crescimento relativo (\pm) de <i>K. alvarezii</i> cultivado em técnicas de TT e RT durante 45 dias da epoca quente n=4 e (p>0.05).	43
Figura 18. Taxa de crescimento relativo (\pm) de <i>K. alvarezii</i> cultivado em técnicas de TT e RT durante 45 dias..	43
Figura 19. Registo da presença de (a), e a actividade de herbivoria de peixes herbivoros (a) e (b) branqueamento provocado pelo estresse.....	Error! Bookmark not defined.
Figura 20. Biomassa da <i>E. denticulatum</i> (\pm) cultivada em balsa flutuante em tecnica de rede tubular e <i>tie-tie</i> com um peso inicial de 1000 g durante 45 dias na epoca quente.	44
Figura 21. Biomassa da <i>E. denticulatum</i> cultivada em balsa flutuante em tecnica de rede tubular e <i>tie-tie</i> com um peso inicial de 1000 g durante 45 dias na epoca fia.	45
Figura 22. Média (\pm) desvio padrão da biomassa de <i>K. alvarezii</i> cultivado em durante 45 dias da epoca quente.....	46
Figura 23. Média (\pm) desvio padrão da biomassa de <i>K. alvarezii</i> cultivado em durante 45 dias da epoca fria.....	47
Figura 24. Morfologia das espécies de <i>K. alvarezii</i> (a) e <i>E. denticulatum</i> (b) cultivadas na praia de Ponta torres, Ilha de Inhaca.....	49
Figura 25. Macrofauna associada ao cultivo de macroalgas na Ilha de Inhaca	51

ABREVIATURAS

cm S ⁻¹	centímetros por segundo
DCB	Departamento de Ciências Biológicas
EBMI	Estação de Biologia Marítima
g	gramas
GBm	Ganho de Biomassa
mg.L ⁻¹	miligrana por litro
mL	Mililitro
mm	Milímetro
NH ₃	Amônia
NO ₂ ⁻	Nitrito
PO ₄ ³⁻	Fosfato
RT	Rede tubular
TCR	Taxa de crescimento relativo
TT	<i>Tie – tie</i>

ÍNDICE

Compromisso de honra.....	i
Dedicatória.....	iii
Agradecimentos.....	iv
Resumo.....	v
Abstract.....	vi
LISTA DE TABELAS	vii
LISTA DE FIGURAS	vii
ABREVIATURAS.....	ix
1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1. Problematização.....	3
1.2. Justificativa	4
1.3. Hipóteses.....	5
1.4. Objectivos	5
1.4.1. Geral	5
1.4.2. Específicos.....	6
2. REVISÃO DA LITERATURA.....	7
2.1. Macroalgas.....	7
2.1.1. Ocorrência das macroalgas a nível mundial.....	7
2.1.2. Ocorrência das macroalgas em Moçambique.....	8
2.1.3. Importância das macroalgas	9
2.2. Cultivo das macroalgas <i>Kappaphycus alvarezii</i> e <i>Eucheuma denticulatum</i>	11
2.2.3. Importancia das macroalhas <i>Kappaphycus alvarezii</i> e <i>Euchema denticulatum</i>	11
2.2.4. Aplicações das macroalgas <i>Kappaphycus alvarezii</i> e <i>Euchema denticulatum</i>	12
2.3. <i>Biologia de Kappaphycus alvarezzi</i> e <i>Eucheuma denticulatum</i>	12
2.5. Distribuição e dispersão <i>Kappaphycus sp.</i> e <i>Eucheuma sp.</i>	15
2.7.1. Cultivo das macroalgas <i>Kappaphycus alvarezii</i> e <i>Eucheuma denticulatum</i> em Moçambique	17
2.7.2. Técnicas utilizadas no cultivo das macroalgas <i>Kappaphycus alvarezii</i> e <i>Eucheuma denticulatum</i>	18

2.7.3.	Fixação do fundo	18
2.7.4.	Balsa Flutuante	19
2.7.5.	Cultivo em técnica de long-line.....	20
2.7.6.	Gaiola flutuante	21
2.7.7.	Técnicas de cultivo	22
3.	METODOLOGIAS.....	30
3.1.	Área de estudo.....	30
3.2.	Material biológico.....	31
3.3.	Desenho experimental	32
3.3.1.	Descrição do sistema de cultivo de macroalgas em balsa flutuante.....	32
3.4.	Monitoramento de parâmetros ambientais e manutenção do sistema	34
3.5.	Análises laboratoriais dos nutrientes.....	35
3.6.	Determinação do crescimento das macroalgas <i>K. alvarezii</i> e <i>E. denticulatum</i> no sistema de balsa flutuante	35
3.6.1.	Análises de parâmetros de crescimento.....	35
3.7.	Análise da qualidade morfológica das macroalgas	37
3.9.	Análise estatística.....	39
4.	RESULTADOS	40
4.1.	Crescimento das macroalgas <i>Kappaphycus alvarezii</i> e <i>Euclima denticulatum</i> cultivados na ilha de Inhaca	40
4.1.1.	Taxa de crescimento relativo médio e biomassa.....	41
4.1.2.	Biomassa das macroalgas durante o cultivo	44
4.3.	Análise morfológica das eucemoides cultivadas na Ilha de Inhaca.....	48
5.	DISCUSSÃO.....	53
6.	CONCLUSÃO.....	57
7.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	60
	ANEXOS.....	72

1. INTRODUÇÃO

As macroalgas são organismos maioritariamente marinhos usadas em muitos países para diferentes finalidades, uma das quais é na alimentação direta pelos seres humanos. Estes recursos, são usadas para este fim há vários séculos, principalmente no oriente, onde a população tem o costume de aproveitar uma ampla variedade das macroalgas marinhas como alimento devido ao seu elevado valor nutricional, sendo ricos em proteínas, minerais, carboidratos e vitaminas (Santana, 2017). Atualmente além de fonte de alimentos, fazem parte de um grande número de produtos industrializados, actuando como agente espessante e estabilizante, devido aos coloides (carragena) extraídos de diversas espécies (da Costa *et al.*, 2017).

Durante muito tempo as macroalgas consumidas como alimento foram sendo extraídas do meio natural de uma forma descontrolada, o que fez com que as populações de diversas espécies de macroalgas diminuíssem, principalmente as de valor comercial (Santana, 2017). Alguns países como a China, Tanzânia, Filipinas, Malásia, Indonésia vêm-se especializando no cultivo de macroalgas (Neish, 2008). Apesar de vários esforços para desenvolvimento de tecnologias de cultivo, a sua implementação está dependente das condições do local, principalmente em relação a corrente, salinidade, substrato, assim como da espécie a ser cultivada (León, 2016).

Existem diversos grupos de macroalgas entre elas as Rhodophyta, Phaophyta e Chlorophyta. As Rhodophyta ou macroalgas vermelhas, compreendem muitas espécies de importância ecológica, um número crescente das quais também estão se tornando economicamente valiosas sendo coletadas na natureza ou cultivadas (Ndobe *et al.*, 2020). Entre as várias espécies de algas vermelhas cultivadas, o destaque vai para o cultivo das espécies euqueumoides que está a expandir devido a sua importância económica sendo considerada a principal fonte de carragena, um ficocolide que possui muitas aplicações industriais devido as suas propriedades emulsificantes e estabilizantes (Costa *et al.*, 2017). As espécies das equimoióides mais cultivadas mundialmente são *Kappaphycus alvarezii*, *Euclima striatum* e *Euclima denticulatum* (Santos, 2014).

As espécies selvagens das macroalgas ocorrem naturalmente em algumas regiões do indo-Pacífico, da África oriental a Guam. A temperatura do mar, a salinidade, a composição do substrato e a luminosidade, definem a distribuição do seu habitat, e tantas as linhagens quanto as variedades comerciais de eucheumatoides exploradas em bancos naturais e de cultivo, são encontradas principalmente em profundidades inferiores a meio metro durante os níveis extremos de maré baixa (Romero *et al.*, 2008).

A técnica de cultivo mais usada e difundida atualmente é a fixação das macroalgas em linhas suportadas por estacas fixadas no fundo, em direção do sentido das correntes da água. Em países como o Brasil, os cultivos são feitos em balsas flutuantes e as macroalgas são cultivadas em redes tubulares e em técnica de Tie-tie, estruturas que oferecem maior proteção contra a ação mecânica das correntes marinhas (Reis *et al.*, 2014; Hayashi *et al.*, 2011).

O sistema de cultivo destas espécies não requer tecnologia avançada ou grandes investimentos. As espécies se adaptam facilmente, pois se reproduzem através de talos vegetativos, além de apresentarem taxa de crescimento de 4 a 8% ao dia e produzir grandes quantidades de biomassa em um período de 30 a 60 dias (Gelli *et al.*, 2020).

O desenvolvimento do cultivo das macroalgas *Kappaphycus sp* e *Euclidean sp* foi resultado da demanda do hidrocolóide kappa-carragena pelas indústrias de alimentação (Gelli *et al.*, 2020), cosmética e farmacológico (Hayashi e Reis, 2012). Estas espécies também podem ser produzidas como biofertilizantes ou estimulantes agrícolas, bioetanol (Gelli *et al.*, 2020), hidrogênio (Fonseca *et al.*, 2018) e consumido na alimentação humana ou animal (Suresh-Kumar *et al.*, 2015; Qadri *et al.*, 2019).

Atualmente, diversos problemas continuam a afligir as atividades de cultivo das macroalgas realizadas pela comunidade. O maior destaque nos vários problemas que existem é a baixa qualidade e baixa produção de macroalgas marinhas. Houve um declínio na qualidade das macroalgas marinhas após 20 anos da sua produção na região do Pacífico. A baixa produção do cultivo de macroalgas marinhas pode ser causada pela baixa qualidade das sementes, métodos de cultivo inadequados, intensidade de ataques de pragas e doenças, ambiente marinho impactado pelas mudanças climáticas globais (Belforti *et al.*, 2015).

Para o sucesso no cultivo de macroalgas, deve-se ter sempre em consideração alguns aspectos antes do início de um cultivo. A existência de bancos naturais próximos aos locais onde se pretende introduzir o cultivo, o que pode viabilizá-lo, pelo menos em curto prazo. Outro

aspecto é a avaliação do local onde se pretende realizar as atividades de cultivo, que deve ter condições físicas e hidrológicas adequadas, como, por exemplo, proteção de ventos e boa circulação de água. Além disso, a existência de uma equipa que esteja comprometida para lidar com maricultura é importante, uma vez que o fator humano, muitas vezes, pode inviabilizar esta atividade (Yoshimura *et al.*, 2006).

Este estudo tem como foco avaliar o potencial do cultivo das macroalgas *Kappaphycus alvarezii* e *Euclidean denticulatum*, usando o sistema de bolsas flutuantes, na Ilha de Inhaca, na praia de Ponta torres.

1.1. Problematização

O mercado de macroalgas marinhas vermelhas tem crescido nos últimos anos, com perspectivas de chegar mais longe, pois a procura por matérias-primas na indústria de alimentos e ficocolóides aumenta diariamente (Nunes, 2010). A exploração de espécies selvagens de macroalgas pode não responder a demanda das indústrias, e não é uma actividade sustentável. Assim, o cultivo das macroalgas vermelhas pode fornecer uma solução para atenuar ou mesmo substituir a exploração dos recursos naturais.

As macroalgas como *Kappaphycus sp* e *Euclidean sp* têm sido cultivadas com sucesso a nível mundial (Neish, 2008). A crescente demanda global por produtos extraídos (ficocoloides) nestas espécies, ultrapassa a disponibilidade e a produtividade do estoque selvagem e as demandas comerciais só são alcançadas através do cultivo destas macroalgas em sistema de aquacultura (Yoshimura *et al.*, 2006).

Moçambique tem uma extensa área costeira, algumas das quais com elevado potencial para a aquacultura. Uma das potencialidades na aquacultura que o país apresenta é a de cultivo de macroalgas marinhas (MIMAIP, 2011), que é pouco explorado. Mas com um grande mercado internacional. Várias tentativas de cultivá-las têm sido implementadas em algumas partes da região Norte de Moçambique, mas ainda há pouca informação documentado sobre o cultivo das macroalgas no país (Nhambe, 2005). Dadas as grandes potencialidades que o país apresenta, há necessidade de se explorar mais áreas, testando os varios fatores que determinam o sucesso do cultivo destes organismos em Moçambique. Dos vários métodos existentes para o cultivo das macroalgas, pode se destacar o uso das balsas flutuantes, pois

estas podem ser usadas em zonas de maiores profundidades, permitindo a maior exploração das áreas do cultivo.

De facto, para realizar o seu cultivo é necessário primeiramente conhecer a biologia da espécie, as condições ambientais que as macroalgas melhor se adaptam e as do local de implementação. É neste contexto surge a seguinte questão de pesquisa: *Qual é o potencial cultivo das macroalgas na Ilha de Inhaca, usando balsas flutuantes.*

1.2. Justificativa

O aumento da demanda mundial por matéria-prima e o esgotamento dos bancos naturais, promoveram grande avanço nas pesquisas científicas relacionadas à aquacultura de macroalgas nos últimos 50 anos, alterando o panorama mundial de colheita em bancos naturais e viabilizando o cultivo comercial de macroalgas (Goes, 2011; Hayashi *et al.*, 2017).

O cultivo de macroalgas marinhas do grupo das euqueumóides pode desempenhar um papel importante nas comunidades costeiras da zona sul de Moçambique, especificamente a Ilha de Inhaca, apoiando a actividade económica, uma vez que esta actividade é uma potencial rentabilidade para a população costeira. A população desta zona costeira depende maioritariamente agricultura, turismo, exploração de recursos florestais e da pesca artesanal o que causa uma exploração de forma descontrolada dos recursos marinhos e costeiros (Pereira e Nascimento, 2016).

Para o sucesso do cultivo de macroalgas é necessários uma melhor tomada de decisão e a definição de estratégias de diversos sectores (Nunes, 2010). Essas decisões devem constituir um meio para o desenvolvimento científico e tecnológico em diversas escalas e são capazes de influenciar a indústria, a economia e a sociedade. A realização da avaliação do potencial cultivo de macroalgas na ilha de Inhaca usando a balsa flutuante é de grande importância, pois, não precisa do uso das estacas, o que não interfere nos substratos e organismos bentónicos, não interfere nos banhistas e usa-se o material plástico. Adicionalmente promove a manutenção da biodiversidade local, pois tem sido usado como berçário, local de refúgio e alimentação de organismos associados, em locais onde esta actividade é implementada.

O cultivo de macroalgas em Moçambique foi introduzido no ano de 2002 em Pemba na província de Cabo delgado e em 2006 foi expandido para a província de Nampula (Msuya *et al.*, 2014). No entanto não há histórico do cultivo das macroalgas no Sul de Moçambique. Este estudo ira trazer informação sobre possivel exploração destes recursos na região sul.

1.3. Hipóteses

A avaliação do potencial cultivo das macroalgas envolve uma série de hipoteses e aspectos a serem considerados. As condições ambientais adequadas para o crescimento como a salinidade, temperatura, transparência da água, oxigénio dissolvido, a disponibilidade dos nutrientes, a presença de espécies de macroalgas, assim como os métodos de cultivo podem afectar o sucesso do cultivo.

A avaliação destas hipóteses ajuda a identificar e avaliar os factores que influenciam o sucesso do cultivo das macroalgas. Neste contexto, este estudo pretende testar as seguintes hipóteses:

H₀ - A Ilha de Inhaca apresenta potencial para o cultivo das macroalgas marinhas *Eucheuma denticulatum* e *Kappaphycus alvarezii* em sistemas de balsas flutuantes

H₁ - A Ilha de Inhaca não apresenta potencial cultivo das macroalgas marinhas *Eucheuma denticulatum* e *Kappaphycus alvarezii* em sistemas de balsas flutuantes.

1.4. Objectivos

1.4.1. Geral

Avaliar o potencial cultivo de macroalgas *Kappaphycus alvarezii* e *Eucheuma denticulatum*, usando a balsas flutuantes, na Ilha de Inhaca.

1.4.2. Específicos

- Determinar os parâmetros de crescimento das macroalgas durante o cultivo (taxa de crescimento, biomassa, taxa de crescimento relativo).
- Comparar a eficiência das duas técnicas de cultivo *tie-tie* e redes tubulares para crescimento das macroalgas cultivadas em balsas flutuantes.
- Analisar a qualidade morfológica das macroalgas cultivadas nas duas técnicas de cultivo (técnicas de *tie-tie* e redes tubulares).
- Identificar a macrofauna associada ao cultivo das macroalgas.
- Monitorar os parâmetros ambientais de cultivo das macroalgas (Salinidade, pH, Temperatura, Oxigênio Dissolvido, e Nutrientes).

2. REVISÃO DA LITERATURA

2.1. Macroalgas

As macroalgas marinhas são organismos fotossintetizantes desprovidos de vasos condutores, possuem fundamental importância, seja pelo seu valor econômico (utilização direta pelo homem), seja pelo importante papel que desempenha no manejo dos ambientes onde ocorre, interações bióticas e abióticas (Pereira, 2020).

As macroalgas são organismos macroscópicas, encontrados em ambientes aquáticos marinhos e continentais (Cullen-unsworth e Unsworth, 2016), crescem fixas a substratos que recebam a radiação solar, mesmo com o movimento natural da água provocado por ondas e correntes (Herrera, 2023). As macroalgas podem ser organismos simples de corpo chamado acelular, ou podem ser constituídas por várias células agregadas, que formam estruturas consideradas tecidos simples. É importante notar que as macroalgas compreendem três das seis linhagens eucarióticas que desenvolveram multicelularidade complexa de maneira independente na história evolutiva (Nauer e filho, 2017).

As macroalgas são classificadas em três grandes grupos de acordo com a coloração do talo: macroalgas vermelhas (Rhodophyta), macroalgas verdes (Chlorophyta) e macroalgas castanhas (Phaeophyta). No entanto, outros aspectos contribuem para as diferenças entre esses grupos, entre os quais é possível citar concentração de pigmentos, substâncias de reserva, composição da parede celular, presença ou ausência de flagelos, ultra-estrutura da mitose, conexões entre células adjacentes e ultra-estrutura dos cloroplastos (Nauer e filho, 2017).

No ambiente marinho, as macroalgas crescem fixas a substratos que recebam a radiação solar, mesmo com o movimento natural da água provocado por ondas e correntes. São mais abundantes na região costeira, ocorrendo em zonas rochosas, lajes submersas, cascos de embarcações e outros substratos construídos pelo Homem (Gundersen *et al.*, 2017).

2.1.1. Ocorrência das macroalgas a nível mundial

Existem cerca de 11500 espécies de macroalgas descritas no mundo todo, sendo 6215 macroalgas vermelhas, 1792 macroalgas castanhas e 3491 macroalgas verdes (Guiry, 2012).

A nível mundial, não se observa um padrão de diversidade de macroalgas em relação à latitude, a riqueza pode aumentar ou diminuir em direção ao Equador, ou mesmo alcançar níveis máximos em latitudes intermediárias. Dessa forma, várias regiões temperadas apresentam diversidade de algas superior a algumas regiões tropicais. A ausência de padrão pode ser explicada pela influência de factores locais, como pressão de herbivoria, ausência de substrato, turbidez da água e correntes marítimas (Nauer e filho, 2017).

As macroalgas ocorrem na natureza tanto em ambientes tropicais quanto temperados, e são os principais componentes das comunidades de meso e infralitoral (Fourqurean *et al.*, 2012). As macroalgas ocorrem em diversos tipos de habitat, tais como zonas rochosas, mangais, lagunas costeiras de água salobra, atóis, bancos arenosos, bancos de rodólitos, bancos de fanerógamas, recifes de coral, recifes de arenito, estuários e substratos artificiais (Nauer e filho, 2017; Fourqurean *et al.*, 2012). A ocorrência das algas é determinada por alguns factores como físicos (disponibilidade e tipo de substrato, temperatura, luminosidade, variação de marés e intensidade de ondas) (Smale *et al.* 2016), químicos (salinidade, disponibilidade de nutrientes e pH), biológicos (herbívora, competição, epifitismo, parasitismo, biota associada e doenças) e os factores artificiais (coleta para fins comerciais, colecta para fins científicos, pisoteio, contaminação por efluentes) (Guiry 2012).

2.1.2. Ocorrência das macroalgas em Moçambique

O estudo das macroalgas em Moçambique é de extrema importância, pois o país possui uma longa linha costeira em África com 2800 km (António e Bandeira, 2002).

Em Moçambique as macroalgas ocorrem na região da zona sul especificamente na Ponta do Ouro, Costa do Sol, Ilha de Inhaca, praia de Xai Xai e Chongoene (Bandeira *et al.*, 1997) e na região da zona norte, em Mecúfi e na província de Nampula, na Ilha de Moçambique (Bandeira & Massingue, 2005), nas zonas subtidal no sul do arquipelago das Quirimbas Archipelago, nomeadamente: Ibo, Quirimba, Sencar, Quilaluia, Mefunvo, Quisiva e Quipaco (António e Bandeira, 2002)

2.1.3. Importância das macroalgas

As macroalgas desempenham um papel ecológico importante no funcionamento dos ecossistemas costeiros, actuando como produtores primários na base da cadeia trófica, fornecendo alimento para inúmeros organismos. Servem como local de desova e berçário para invertebrados e peixes, incluindo espécies comerciais, e atuam como uma cobertura natural contra a erosão costeira, participando na formação dos recifes (Marinho-Soriano *et al.*, 2008). As macroalgas marinhas estão incluídas nos recursos marinhos com grande potencial para exploração econômica, tanto através do cultivo quanto do manejo de seus bancos naturais, que podem ser utilizadas diretamente na alimentação humana, na fabricação de ração animal, de fertilizantes agrícolas, assim como na extração de ficocolóides de grande interesse econômico (Góes, 2011).

Na indústria farmacêutica, várias espécies das macroalgas são utilizadas para o isolamento de macromoléculas que possuem comprovados efeitos antivirais, antibacterianas, antimicóticos. Contudo se estima que este conhecimento ainda é incipiente, e que muitas outras aplicações neste sentido podem ser alcançadas com o aumento de pesquisas e conhecimento sobre as mais diversas espécies de algas (Santana, 2017).

No sector de Cosméticos, algumas macroalgas ricas em polissacarídeos e minerais como manganês, zinco, cálcio e magnésio que possuem acção hidratante, condicionante, calmante e cicatrizante, são usados para produção de extractos para o tratamento de pele, e outras cujos extratos podem ser usados para reduzir e melhorar a aparência de olheiras, e estimular a produção de colagénio, reduzindo rugas e linhas de expressão. Algas castanhas por exemplo, possuem muitas vitaminas, minerais e ácidos graxos essenciais, incluindo ômega 3 e 6, conhecidos por auxiliar na regeneração e saúde da pele (Figueira e Martins, 2018).

Na agricultura, as macroalgas marinhas são amplamente utilizadas como fertilizantes, fontes de minerais e até de hormônios para as mais diversas culturas agrícolas. As algas calcárias formam a principal reserva de carbonato de cálcio do planeta Terra, este componente é amplamente utilizado para a correção do pH de solos agricultáveis (Nedumaran, 2017). Algumas espécies de macroalgas são utilizadas como fontes de nutrientes e substâncias fungicidas em cultivos agrícolas, o que contribui para o incremento da produção. As algas

calcárias, por apresentarem carbonato de cálcio em sua estrutura, também são utilizadas na agricultura para correção de solos ácidos (Nauer e filho, 2017).

Hidrocolóide são chamados de ficocolóides e os principais são o alginato, obtido de algas castanhas, e a carragena e o agar, obtidos de algas vermelhas. A principal aplicação destas substâncias está no mercado alimentício (cárneo e lácteo), onde as carragenas ocupam lugar de destaque, contudo também são utilizados em fármacos, na indústria têxtil e para uma variada gama de aplicações que passam desde a semeadura hidráulica até a imobilização celular, alimentação (Santana, 2017).

Produção de ração - Algumas macroalgas marinhas possuem elevados teores proteicos, indicando excelente potencial de substituição parcial à farinha de peixe ou para a produção de concentrados proteicos (Kumar *et al.*, 2014). A presença de diversos compostos com funções bioativas, como minerais, polissacarídeos não amiláceos, vitaminas e ácidos graxos essenciais, faz com que as macroalgas marinhas possam ser consideradas um ingrediente nutracêutico (Kumar *et al.*, 2008; Holdt e Kraan 2010; O'sullivan *et al.*, 2010).

2.2. Cultivo das macroalgas marinhas

O cultivo de macroalgas tem um papel fundamental no desenvolvimento da aquacultura mundial, representando uma alternativa para suprir a demanda de mercado, no complemento de renda de diversas comunidades tradicionais e minimiza a sobre-exploração dos bancos naturais. A produção de macroalgas representa um dos principais setores da produção aquícola marinha que mais cresce nos últimos anos sendo os principais produtores a China, Indonésia, Filipinas, Coreia, Japão, Malásia e Tanzânia (Hayashi *et al.*, 2010).

As principais espécies cultivadas são *Kappaphycus alvarezii*, *Euclima sp.*, *Gracilaria sp.*, *Laminaria japonica* Areschoug (Kelps), *Undaria pinnatifida* (Harvey) Suringar, *Porphyra spp.* (*Pyropia spp.*) e *Sargassum fusiforme* (Harvey) Stechell. A produção de algas é basicamente para produção dos hidrocolóides ágar, carragenana e alginato, e consumo humano (Araújo e Nardelli, 2017).

2.2.1. Cultivo das euquemóides

O cultivo comercial de euquemóides começou nas Filipinas por volta de 1960 e continua a aumentar em grande escala e vários países como Índia, Japão, Indonésia, Tanzânia, Fiji, Havaí e África do Sul são grandes produtores (Kasim *et al.*, 2017).

2.2.2. Cultivo das macroalgas *Kappaphycus alvarezii* e *Euclima denticulatum*

A produção de macroalgas marinhas vem crescendo progressivamente nas últimas décadas, registrando 13,5 milhões de toneladas em 2005 para um total de aproximadamente 29 milhões em 2015 (Medeiros, 2020). Actualmente, as principais espécies de macroalgas cultivadas como fonte de carragena são as Rodófitas *Kappaphycus alvarezii* e *Euclima denticulatum*, as quais tem apresentado um aumento expressivo na produção nos últimos anos (Medeiros, 2020).

2.2.3. Importancia das macroalhas *Kappaphycus alvarezii* e *Euclima denticulatum*

As macroalgas *Kappaphycus alvarezii* e *Euclima denticulatum* são apontados como um importante aliado para atender as crescentes demandas por alimentos, rações, matérias-primas para diversas indústrias e como uma atividade capaz de proporcionar o desenvolvimento econômico social das comunidades costeiras (Gelli, 2019). Em respostan da maior utilização das macroalgas euquematoídes nas diferentes indústrias, ocorre um conseqüente aumento na demanda por essa matéria-prima (McHugh, 2003). Embora as macroalgas cultivadas representem um tipo de biomassa relativamente novo na área industrial, as oportunidades de inovação e desenvolvimento de negócios a partir do cultivo e do aproveitamento integral dessa matéria-prima são grandes (Stévant *et al.*, 2017). As macroalgas são consideradas um importante recurso renovável, as quais ofertam diversos produtos à humanidade, por isso o seu cultivo desempenha um papel importante na subsistência, no emprego e no desenvolvimento econômico das comunidades costeiras em muitos países em

desenvolvimento, constituindo-se em alternativa viável para enfrentar os efeitos das mudanças climáticas sobre a produção agrícola e pecuária (Sánchez *et al.*, 2019, FAO, 2020).

2.2.4. Aplicações das macroalgas *Kappaphycus alvarezii* e *Euclidean denticulatum*

A biomassa produzida pelo cultivo de *K. alvarezii* e *E. denticulatum* pode ser utilizada em várias indústrias (Castelar, 2014). A carragena, em virtude de suas propriedades gelificantes, é usada na indústria alimentícia como um emulsificante e espessante em diversos produtos como: Pasta de dente, cosméticos, sorvete, alimentos para animais de estimação, bebidas, farmacêutica, cuidados pessoais e indústria de laticínios, entre outras aplicações (Mantri *et al.*, 2017), em Fármacos: possuem biomoléculas que podem evitar ou combater doenças; Cosméticos: sabonetes, hidratantes, xampus; Extrato ou suco de macroalga, parte líquida: estimulantes vegetais, considerado um biofertilizante foliar agrícola; Biocombustíveis: bioetanol e hidrogênio, produção de energia limpa. Alga desidratada: “sea moss”, a *K. alvarezii* é comestível; Alga fresca: culinária contemporânea (Hayashi e Reis, 2012; Kumar *et al.*, 2014; Reis *et al.*, 2016). Na indústria agrícola seu extrato pode ser utilizado como bioestimulante ou componente de fertilizantes (Zodape *et al.*, 2008; Pramanick *et al.*, 2014).

2.3. *Biologia de Kappaphycus alvarezii* e *Euclidean denticulatum*

As macroalgas *Euclidean denticulatum* e *Kappaphycus alvarezii* são espécies perenes, ou seja, o ciclo de vida é longo (McHugh, 2003), são geralmente consideradas como tendo um ciclo de vida trifásico, e consiste nas fases carposporófito (2n) e gametófito (n). Foram relatadas as estruturas vegetativas e reprodutivas de populações tetraspóricas e gametofíticas e sua ocorrência em locais agrícolas nas Filipinas (Azanza, 2023). A descoberta mais importante durante o desenvolvimento mundial dos cultivos comerciais de *K. alvarezii* e *Euclidean denticulatum* foi a propagação vegetativa: a produção de biomassa sem a necessidade do ciclo sexual da macroalgas ou de esporos, mantendo o crescimento “indefinidamente”. Os cultivos comerciais são baseados nessa propagação vegetativa a partir

de porções do talo das macroalgas, sendo clones de uma planta-mãe (Paula *et al.*, 2002; Neish, 2005). Por tanto, os clones podem apresentar variações de cores resultantes dos pigmentos de clorofila *a*, de clorofila *d* e de ficobilinas, com predominância de ficoeritrina (Lee, 1989). A vantagem desse tipo de cultivo é a produção de biomassa em um curto espaço de tempo; por outro lado, esses clones não possuem variabilidade genética, e com o tempo podem começar a diminuir a produtividade (Hayashi e Santos, 2022).

Atualmente, estas espécies são a principal matéria-prima para a produção de carragena, com a principal fonte de matéria-prima procedente de cultivos nas Filipinas, Indonésia e Tanzânia (o sucesso da maricultura de *Kappaphycus sp* inspirou a propagação para diversas regiões do mundo, como Estados Unidos, Japão, Cuba, Venezuela e Brasil. Este sucesso foi devido principalmente às características das espécies cultivadas, como rápido crescimento e metodologias de cultivo com base na propagação vegetativa, e ao fato da atividade sempre estar atrelada ao grande alavancamento social promovido. Esta espécie possui técnicas de cultivo e ciclos de vida, bem estabelecidos, o que possibilita a implantação de grandes sistemas de cultivo em escala comercial (Góes, 2011).

2.3.1. Classificação taxonómica

As espécies *Kappaphycus alvarezii* (Doty) e *Eucheuma denticulatum* J. Agardh (Figura 1) pertencem ao domínio Eukaryota, reino plantae, à divisão Rhodophyta, à classe Florideophyceae, à ordem Gigartinales e à família Solieriaceae. O gênero *Kappaphycus* foi segregado do gênero *Eucheuma* por Doty, em 1987 (Santos e Hayashi, 2022).

Kappaphycus alvarezii -Doty ex PC Silva

Domínio: Eukaryota
Phylum: Rhodophyta
Classe: Rhodophyceae
Sub Classe: Florideophyceae
Ordem: Gigartinales
Familia: Areschougiaceae
Genero: Kappaphycus

Eucheuma denticulatum - J. Agardh

Domínio: Eukaryota
Phylum: Rhodophyta
Classe: Rhodophyceae
Sub Classe: Florideophyceae
Ordem: Gigartinales
Familia: Solieriaceae
Género: Eucheuma

Espécie: *Kappaphycus alvarezii*

Espécie: *Eucheuma denticulatum*

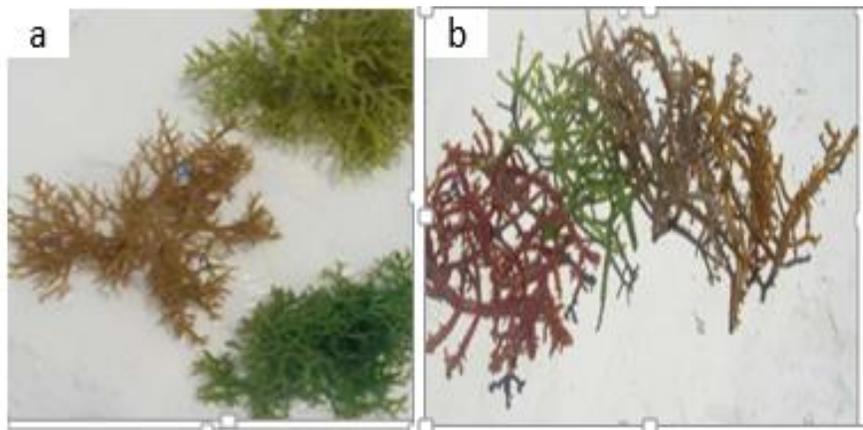


Figure 1. Macroalgas marinhas, a- *Kappaphycus alvarezii* (cottonii), b-*Eucheuma denticulatum* (spinosum): (Fonte: Msuya, 2007).

2.4. Características ambientais de cultivo

Apesar da natureza tropical das macroalgas eucemóides, estão presentes em diversos continentes, abrangendo ecossistemas tropicais e subtropicais, apresentando tolerância a diferentes fatores ambientais, tais como temperatura da água, turbidez, intensidade de corrente, salinidade, nutrientes, entre outros (Ask *et al.*, 2002; Hayashi *et al.*, 2010).

Durante o cultivo, o produtor só observa os danos nas macroalgas causados pela temperatura e pela queda de salinidade 20 à 30 dias depois que ocorrerem. Este comportamento, em muitas ocasiões, dificulta a compreensão e a identificação dos fatores que estão determinando tanto o sucesso quanto o insucesso dos cultivos. Por isso é muito importante o registro diário de temperaturas e salinidades nas áreas de cultivo para o entendimento destas questões, na tentativa de estabelecer o melhor manejo para cada localidade (Santos, 2014).

Os organismos incrustantes podem causar prejuízos durante os ciclos de cultivos mais longos, quando há maior oportunidade de haver incrustação, pois as algas podem permanecer 60 ou 70 dias no mar, ao invés de 35 ou 40 dias, como acontece nos ciclos curtos normais (Santos e Hayashi, 2022).

A herbivoria é outra adversidade a ser considerada, podendo representar perdas de até 80% da biomassa. Sua intensidade varia de acordo com o local de cultivo, a época do ano e o estágio

de desenvolvimento das mudas. Foi observado que os talos jovens, sofrem herbivoria mais intensa provavelmente pelo pequeno tamanho de seus talos, compatíveis com a abertura de boca dos peixes herbívoros. À medida que as algas crescem e seus talos engrossam, a herbivoria diminui e pode não ser mais notada. Esta informação é importante pois demonstra a necessidade de redes de proteção durante a fase do primeiro plantio das algas após o inverno. À medida que crescem, as redes poderão ser removidas, diminuindo o crescente peso sobre as estruturas de cultivo (balsas) que pode acontecer à medida que os organismos incrustantes vão colonizando e crescendo sobre as redes (Santos e Hayashi, 2022).

2.5. Distribuição e dispersão *Kappaphycus sp.* e *Euclidean sp.*

As macroalgas Euclideanoides (*K. alvarezii* e *E. denticulatum*) são espécies nativas das zonas tropicais dos oceanos Índico e Pacífico ocidental e foram introduzidos nas partes mais orientais do Pacífico e no oeste do Oceano Atlântico (Azanza, 2023). Geralmente crescem intercalados com os corais e, na maioria das vezes, podem ser confundidos com corais (Neish, 2008). Estas espécies foram introduzidas com propósitos comerciais em diversas partes do mundo tais como as Filipinas: Fiji (1976 e 1984), Japão (1991), Madagascar (1991 e 1998), Indonésia (1984), Zanzibar (1989), Cuba (1991), Vietnam (1993), Venezuela (1996) e Brasil (1995) (Oliveira *et al.*, 2009).

2.6. Ecofisiologia do *Kappaphycus alvarezii* e *Euclidean denticulatum*

As macroalgas absorvem seus nutrientes a partir da água do mar, absorvendo da luz solar a energia para a realização da fotossíntese. A salinidade, que é a quantidade de sais presentes na água, também é um dos factores importantes para o desenvolvimento das macroalgas. Existem vários factores ambientais bem conhecidos que afectam o crescimento das macroalgas marinhas e que são essenciais por considerar antes da actividade da aquacultura como a temperatura, salinidade, nutrientes. No entanto, a importância relativa e a sua

interação que afecta a sua produção, segue sendo o maior motivo do debate no que concerne a seleção do local do cultivo (Santelices, 1992).

2.7. Produção mundial das macroalgas *Kappaphycus alvarezii* e *Euclidean denticulatum*

A crescente demanda por hidrocolóides importantes, a carragena e o ágar, tem impulsionado o cultivo global de algas vermelhas nas últimas décadas. As algas vermelhas mais comuns cultivadas em todo o mundo são *Kappaphycus sp* e *Euclidean sp*, que são fontes primárias de carragenina, e Gracilária, que são fontes primárias de ágar (Valderrama *et al.*, 2015).

A actividade do cultivo das macroalgas é uma área que movimenta milhões de dólares anualmente, e em 2018, esta actividade atingiu US\$ 13 300 milhões, com a produção mundial de 32,4 milhões de toneladas de macroalgas em peso húmido (FAO, 2020). Em 2019, 34,7 milhões de toneladas de produtos de algas marinhas para utilização alimentar e não alimentar geraram receitas de 14,7 mil milhões de dólares, com as espécies *Kappaphycus sp* e *Euclidean sp* contribuindo com 2,4 mil milhões de dólares e Gracilária contribuindo com aproximadamente 2,0 mil milhões de dólares (Cai *et al.*, 2021).

Com o rápido crescimento do mercado das macroalgas, estima-se que até o ano de 2024 o valor chegue a rondar cerca de 9,98 bilhões de dólares, impulsionado pelo aumento do interesse pelas macroalgas, seus produtos e suas aplicações nas mais variadas indústrias alimentícias, farmacêutica, cosmética. (Leandro *et al.*, 2019),

Entre os anos de 1990 a 2018, a produção mundial de macroalgas tem aumentado de forma significativa, com um crescimento dos 3,8 milhões de toneladas em 1990, para 32,4 milhões de toneladas em 2018. E só nas últimas décadas (2000 e 2018) a produção mundial cresceu de 10,6 milhões de toneladas em 2000 para 32,4 milhões de toneladas em 2018 (FAO, 2020).

O rápido crescimento do cultivo de espécies de algas marinhas como *K. alvarezii* e *Euclidean spp.*, observado nos últimos anos, deve-se, sobretudo, à crescente procura destas algas para extração de carragenina, especialmente na Indonésia. Como tal, é possível observar um aumento substancial do seu cultivo na Indonésia, sendo que, em 2010 foi aproximadamente 4 milhões de toneladas e em 2016 foram produzidas mais de 11 milhões de toneladas (Cardoso, 2019).

O facto de a *Kappaphycus sp.* produzir o gel mais forte/mais espesso kappa carragena com aplicação de produto diversa do que a iota carragenina de *Eucheuma sp* aumentou a preferência do mercado para *Kappaphycus sp*, enquanto o mercado para a *Eucheuma sp* é menos lucrativo (Msuya *et al.*, 2013).

A tolerância à exposição ao ar parece governar os limites de distribuição das principais espécies de algas tropicais, apesar de quanto mais brilhante a luz, mais rápido elas crescem. A tolerância da *E. denticulatum* à exposição ao ar durante os períodos de maré baixa é maior que a de *K. alvarezii* (Leon, 2016).

As macroalgas representaram em 2012 a segunda maior produção dentro da Aquacultura, atingindo 23,8 milhões de toneladas, rendendo US\$ 6,4 bilhões, sendo superadas apenas pelo cultivo de peixes de água doce. A macroalga *Kappaphycus sp*, junto com a *Eucheuma sp* representaram a maior produção de macroalgas (34%), alcançando aproximadamente 8,3 milhões de toneladas. Ambas são importantes comercialmente, pois são a principal matéria-prima para a indústria de carragenana, coloide extraído de algas vermelhas utilizados como agente espessante e estabilizante em diversos ramos da indústria (Santos, 2014).

2.7.1. Cultivo das macroalgas *Kappaphycus alvarezii* e *Eucheuma denticulatum* em Moçambique

O cultivo de macroalgas em Moçambique teve início no ano de 2002, com a introdução das euquematoídes em Pemba, e depois expandido para Nampula, ambos localizados na zona norte do país (Msuya *et al.*, 2014, Hayashi *et al.*, 2017).

Em Moçambique as empresas que desenvolviam o cultivo das macroalgas fecharam devido a maiores perdas provocadas pela ocorrência de epifitismos. Apesar de ser um país com uma boa posição para ser fornecedores de matérias-primas para a indústria de Ficocolóides pois existe um mercado em crescimento. As macroalgas marinhas produzidas em Moçambique foram exportadas para as Filipinas, mas o mercado cessou devido ao fornecimento pouco fiável de Moçambique (Msuya *et al.*, 2013). O cultivo de algas marinhas requer grande mão-de-obra, sendo que o seu custo deverá ser baixo para que o cultivo seja viável. Moçambique ainda não tem uma base sólida de produção de macroalgas marinhas para oferecer ao mercado

(Msuya *et al.*, 2013) e actualmente estão sendo cultivadas na zona norte especificamente nas províncias de Nampula e Cabo Delgado.

2.7.2. Técnicas utilizadas no cultivo das macroalgas *Kappaphycus alvarezii* e *Eucheuma denticulatum*

Devido à alta demanda e rentabilidade dos euqueumóides, novas técnicas de cultivo de macroalgas marinhas têm sido usadas para aumentar a qualidade e a produtividade nos campos de cultivo, incluindo o uso de gaiolas flutuantes no cultivo em mar aberto em vez do método convencional para proteger as macroalgas marinhas de predadores como peixes e tartarugas (Kasim e Mustafá, 2017). Outra nova técnica para o cultivo de algas marinhas é o cultivo em rede tubular (Mantri *et al.*, 2020). Este método tem diversas vantagens, incluindo ser menos afetado pelas ondas propulsoras, levar menos tempo para a replicação, proteger as mudas da deriva e permitir que a profundidade de cultivo seja ajustada com base no local e na estação (Mantri *et al.*, 2017). As projeções econômicas para a receita bruta de quatro colheitas por ano usando este método são de US\$ 5.577, enquanto o investimento necessário para a rede tubular e infraestrutura relacionada é de US\$ 1.797, resultando em um lucro estimado de US\$ 3.780, ou US\$ 11,81 por agricultor por dia. (Mantri *et al.*, 2020). Os países como a Tanzânia, Filipinas e a Indonésia utilizam algumas técnicas simples e artesanais em águas rasas e calmas, locais com fácil acesso para o cultivo (Hayashi *et al.*, 2011; Santos, 2014).

2.7.3. Fixação do fundo

O método de fixação de fundo consiste em estacas de madeira, entre 1,0 a 1,5 metros, cravadas no substrato e entre elas são esticadas as cordas (Figura 2). Estas cordas devem ser alinhadas paralelamente às correntes principais de maré (Lelis, 2006). Neste sistema, os produtores chegam aos cultivos andando. É um sistema de cultivo artesanal, característico de regiões tradicionais de populações ribeirinhas, que explora a mão-de-obra barata e disponível (Santos e Hayashi, 2022).



Figure 2. Sistema de cultivo de macroalgas em fixação do fundo em Zanzibar Figura 1 (fonte: Autor).

2.7.4. Balsa Flutuante

O método da balsa flutuante é feito por vários materiais como tubos de PVC e madeiras duráveis na água do mar e consiste em cultivar as macroalgas em uma estrutura que permanece na superfície do mar por meio de boias e suportada por âncoras (Figura 3), subindo e descendo de acordo com as mudanças da maré (Santos, 2014). A vantagem da balsa flutuante é a possibilidade de ser utilizado tanto em águas rasas como em águas profundas. A sua montagem e a implementação do cultivo podem ser realizadas em terra. A balsa pode ser movimentada de acordo com a necessidade, além de poder ser construída com a madeira ou bambu disponível na região (Foscarini e Prakash, 1990).



Figure 3. Sistema de cultivo de macroalgas em Balsa flutuante, em Santa Catarina (Fonte: Epagri, 2023).

2.7.5. Cultivo em técnica de long-line

O sistema long-line é o método mais comum usado para cultivar as macroalgas marinhas espécies marinhas de grande valor comercial e exploradas economicamente (Lelis, 2006). Este método é semelhante ao método da balsa flutuante, onde as macroalgas são colocadas em uma corda suspensa por bóias (Figura 4). Neste método a corda é mais espessa e é ligada a flutuadores de plástico ou de bambu fixados com intervalos de 4 a 5 metros e ancorada em cada extremidade (Foscarini & Prakash, 1990). Alguns países também desenvolveram um método semelhante, no qual as macroalgas presas crescem na superfície do mar. Uma desvantagem do cultivo em long line tem sido a herbívoro das macroalgas, e as algas euqueumatóides são altamente preferidas pelos herbívoros (Kasim *et al.*, 2017). A vantagem deste sistema é que permite que a luz incidente seja aproveitada ao máximo, além de proporcionar um controle mais fácil do epifitismo (Lelis, 2006), a estrutura pode ser colocada em quase todo lugar e, em caso de necessidade, o cultivo pode ser movimentado (Foscarini e Prakash, 1990).



Figura 4. Sistema de cultivo da macroalga *K. alvarezii* em técnica de long line, no Sul de Sulawesi, Indonesia (Fonte: Tarman *et al.*, 2020).

2.7.6. Gaiola flutuante

A gaiola flutuante é um projeto tecnológico que funciona como ferramenta de cultivo de macroalgas marinhas. Esta ferramenta de cultivo pode proteger as algas marinhas de pragas e, ao mesmo tempo, reduzir o potencial de doenças do branqueamento (Henry *et al.*, 2015; Kasim *et al.*, 2020). Vários tamanhos e formatos foram desenvolvidos como ferramentas que podem ser utilizadas no cultivo de macroalgas marinhas. Os materiais básicos das gaiolas flutuantes incluem tubos de PVC, redes equipadas com bóias como marcadores e pesos fixados na jangada para facilitar a colocação da jangada na área desejada. O formato da ferramenta é desenhado como uma caixa retangular com tamanhos variados. A superfície da jangada é deixada aberta, enquanto o fundo e todas as laterais são cobertas com uma rede multifilamento com malha de 1 cm. O processo de cultivo de algas marinhas em gaiolas flutuantes é feito espalhando as algas diretamente na gaiola flutuante sem amarração (Kasim *et al.*, 2020). No processo de colheita, a gaiola flutuante pode ser puxada diretamente para as partes mais rasas da costa para que o processo de colheita possa ser feito mais facilmente (Figura 5).



Figura 5. Sistema de cultivo das macroalgas usando a gaiola flutuante (Fonte: Kasim *et al.*, 2020).

2.7.7. Técnicas de cultivo

2.7.7.1. Técnica Tie-tie

São empregadas duas técnicas principais de cultivo da alga *Kappaphycus alvarezii* e *Eucheuma denticulatum*: a técnica tie-tie (Figura 6), na qual porções do talo são amarradas com fitas de polietileno em linhas de cultivo (long-lines) mantidas fixas em balsas flutuantes. A técnica *tie-tie* (TT) envolve maior tempo de manuseio e maior emprego de mão de obra

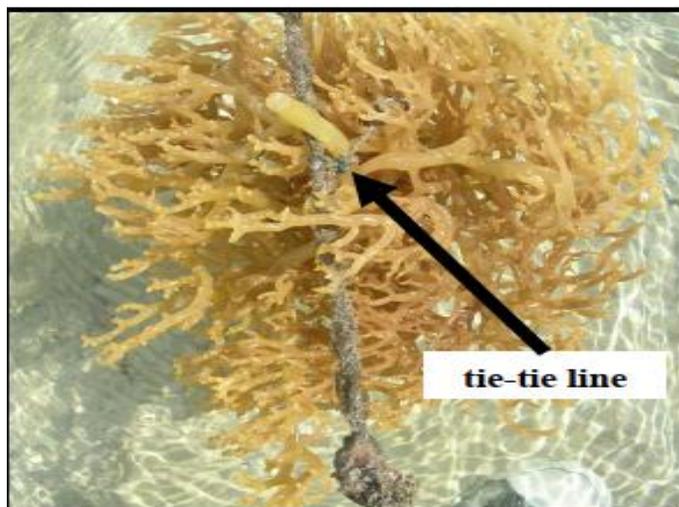


Figura 6. Macroalga marinha da espécie fixa usando a técnica *tie-tie*, que é amarrada uma linha longa, onde geralmente dista as mudas distam 20 cm um do outro (Fonte: Msuya, 2007).

2.7.7.2. Técnica de rede tubular

A técnica rede tubular (Figura 7), na qual, são utilizadas redes de formato tubular e de polietileno, que contém em seu interior as mudas de algas. Em ambas as técnicas de cultivo são mantidas espaçamentos de 10 a 20 cm entre as mudas, de modo a reservar um espaço para o crescimento. A técnica *rede tubular* (RT) envolve redução do tempo de manejo e menor emprego de pessoal.



Figura 7. Técnica do cultivo da macroalga marinha na rede tubular (Santos, 2014).

2.8. Monitoramento dos parâmetros ambientais ao cultivo das macroalgas *Kappaphycus alvarezii* e *Euclima denticulatum*

Existem vários parâmetros importantes a serem observados para o sucesso do cultivo das macroalgas.

2.8.1. Resposta a Luz

A natureza do cultivo de euclimatóides é que as macroalgas sejam mantidas na superfície da água ou perto dela, normalmente estas macroalgas cultivadas podem ser fixadas em superfícies de água a 1–2 m, mesmo na maré baixa (Cole e Sheath, 1990).

A quantidade e a qualidade da luz pode afectar o crescimento nas zonas de cultivo, já que, estas dependem da incidência da luz solar que penetra na água do mar. As alterações climáticas que modificam o movimento da água, a turbidez da água do mar, a profundidade e a densidade, são outros factores que influenciam na optimização da fotossíntese (Cole e Sheath, 1990). Durante neste processo, a luz se transforma em energia química necessária para a síntese da matéria orgânica, pelo que, a profundidade onde se cultiva as macroalgas é

um factor a considerar. Por esta razão as macroalgas marinhas sempre são cultivadas a menos de 0,3 metros da superfície do mar, onde a fotossíntese pode ser inibida e conseqüentemente o seu crescimento. Para o caso das espécies *K. alvarezii* e *E. denticulatum*, estas devem ser cultivadas entre 0,3 a 0,4 m da superfície (Paula *et al.*, 2002) e entre 0,5 a 1,0 m (Batista *et al.*, 2004) para não afectar o seu crescimento. Para a planificação de um bom cultivo se considerar a quantidade das mudas estocadas ao longo das cordas, pois este influencia na penetração da luz e conseqüentemente no crescimento de cada muda estocada (Vega, 2009).

2.8.2. Resposta a Salinidade

A salinidade é um factor importante para o cultivo das macroalgas euquematóides e se estabelece entre os 32 a 36 ppm. Por baixo dos 28 ppm, este inibe o crescimento (de Paula *et al.*, 2001). Em alguns países como o Panamá foram detectados outros variáveis que afectam a concentração da salinidade da água com a quantidade da água doce proveniente da chuva e a quantidade de água proveniente das descargas fluviais que inundam as zonas de cultivo (de Paula *et al.*, 2001).

2.8.3. Resposta ao pH

O pH é influenciado pela concentração de CO₂ que causa uma reacção ácida na água devido à presença de ácidos minerais como nitritos, sulfúricos. Este parâmetro químico geralmente deve variar entre 7 a 9, porém a variação na ordem dos 8 a 8,2 não influenciam tanto no crescimento das macroalgas (Trespöey *et al.*, 2006).

2.8.4. Resposta a temperatura

A temperatura é um dos parâmetros importantes a observar para o crescimento das euquematóides (Tabela 1). Estas espécies precisam de certas condições de temperatura para garantirem a sua sobrevivência, seu crescimento, e a sua qualidade. A qualidade de carragena está directamente ligada com as suas actividades metabólicas que favorecem a síntese de carragena (Glenn, 1990; Akatsuka, 1994; Vega, 2009).

A distribuição do calor no movimento da água do mar certamente determina as zonas áreas mais propícias para o cultivo das macroalgas. No caso particular das euquemoides, a temperatura determina que as zonas de cultivo mais adequadas estariam localizadas nas zonas tropicais e subtropicais, onde a temperatura é fundamental para o crescimento da alga tanto em culturas *in vitro* como no mar (Glenn e Doty 1990).

Tabela 2. Resposta das euquemoides as diferentes faixas de temperature (Glenn, 1990).

Faixa óptima de temperatura (°C)	Impacto sobre <i>K. alvarezii</i> e <i>E. denticulatum</i>
< 18-20	Perda (morte) das macroalgas
20-25	Aclimação das macroalgas
25-30	Ótimo crescimento das macroalgas
30-35	Aclimação das macroalgas e redução da fotossíntese
> 35	Inibição do crescimento e perda (morte) das macroalgas

2.8.5. Direcção e velocidade da corrente

Um outro parâmetro a considerar é a direcção da corrente da água, parâmetro indispensável para o planeamento da instalação do sistema de cultivo. A influência da velocidade da corrente nas zonas de cultivo das macroalgas marinhas é muito conhecida, mas a sua avaliação e o controlo são difíceis de acompanhar porque as correntes podem variar consideravelmente num curto espaço de tempo e de um lugar para outro. A média dos valores para a velocidade de corrente da água do mar não apresenta uma distribuição normal das forças de corrente nas áreas do cultivo, por isso é difícil prever o crescimento em relação as áreas de cultivo (Vega, 2009).

As correntes marítimas variam sob a influência da temperatura da água e dos ventos e podem ser modificadas através da instalação de obstáculos naturais nos locais de cultivo. Segundo

Glenn e Doty (1992) o crescimento linear de *Kappaphycus alvarezii* em correntes varia entre 5-15 cm s⁻¹. O movimento da água do mar torna acessíveis nutrientes (sódio, fosfato, nitrogênio) e gases (dióxido de carbono) e, ao mesmo tempo, pode remover o “lixo” nas plantações.

A Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO) recomenda para avaliação dos locais onde as correntes da água do mar tinham uma velocidade de aproximadamente 20 cm s⁻¹ (McHugh, 2002). No entanto, há zonas com baixas quantidades de nutrientes e velocidades da corrente mais elevadas, como 30 cm s⁻¹, o que pode influenciar nas trocas de nutrientes.

A velocidade da corrente, não pode ser modificada pelo produtor, portanto é fundamental para estabelecer uma estratégia na seleção do local. A previsão dos efeitos da sua interação também não é facilmente interpretável. Porém, segundo Zablackis *et al.* (1991), um modelo que integrasse todas essas variáveis poderia ser o seguinte, de forma que cada variável fosse afetada por muitas outras, gerando assim a verdadeira dimensão dos parâmetros de cultivo. Talvez por causa desta complexidade, o empirismo prevaleça.

2.8.6. Resposta a nutrientes

Alguns estudos realizados em Hawai por Glenn (1990) em relação aos nutrientes, mostraram que o crescimento das euquemoides era eficaz quando atingiam concentrações entre 2-4 mgL⁻¹ de nitrogênio e 0,5 a 1,0 mgL⁻¹ de fosfatos.

A dinâmica dos nutrientes no cultivo das euqueumaóides é influenciada pelas flutuações diurnas e sazonais nos padrões de nutrientes (nitrato, nitrito, amônio, fosfato e fósforo total) e os nutrientes dos sedimentos são muito mais baixos numa área cultivada (utilizado o método *off-bottom*) em relação a uma área não cultivada, podendo ser explicado pelos declínios observados na produção após 2–3 anos de aquacultura (Schramm *et al.*, 1984).

Numa experiência de campo num recife plano no Havai, Glenn e Doty (1992) observaram que o crescimento de *K. alvarezii*, *K. striatum* e *E. denticulatum* estava significativamente correlacionado com o fluxo de água. A resposta do crescimento ao movimento da água por *K. alvarezii* foi maior no verão do que no inverno (Ask e Azanza, 2002).

2.8.7. Branqueamento das macroalgas

O branqueamento refere-se a um fenômeno em que as macroalgas perdem sua cor, geralmente tornando-se brancas ou pálidas. O talo atacado pela doença do branqueamento geralmente perde o seu pigmento, tornando-se branco, apodrecendo e caindo (a morfologia do tecido afetado pelo branqueamento é um resultado secundário). Doty (1987) afirma que o branqueamento das macroalgas é uma condição sazonal associada a mudanças ambientais. Para o Neish (2005), existe uma grande população de bactérias no tecido do talo, uma causa secundária que é atacado por uma doença do branqueamento. Segundo Largo *et al.* (1995) certas bactérias atacam o talo das macroalgas sob estresse (por factores abióticos) e isso pode desencadear um surto de doença, causado pela redução da intensidade da luz solar, à salinidade baixa e à elevada amplitude de temperatura diária. A doença do branqueamento é reportada em alguns estudos porque as condições climáticas no ambiente ao redor do cultivo são instáveis.

2.8.8. Ocorrência de herbivoria nas macroalgas

A herbivoria é uma adversidade a ser considerada, e chega a representar perdas de até 80% da biomassa em algumas áreas. A sua intensidade varia de acordo com o local de cultivo, a época do ano e o estágio de desenvolvimento das mudas. Em talos jovens, (Figura 8) quando acabam de ser multiplicados no mar no início do ciclo de cultivo, sofrem herbivoria mais intensa. Isto acontece provavelmente pelo pequeno tamanho de seus talos, compatíveis com a abertura de boca dos peixes herbívoros (Rasher Hay, 2014; Smale *et al.*, 2016). À medida que as macroalgas crescem e seus talos engrossam, a herbivoria diminui e pode não ser mais notada. Esta informação é importante pois demonstra a necessidade de redes de proteção durante a fase do primeiro plantio das algas após o inverno. À medida que crescem, as redes poderão ser removidas, diminuindo o crescente peso sobre as estruturas de cultivo que pode acontecer à medida que os organismos incrustantes vão colonizando e crescendo sobre os sistemas (Santos e Hayashi, 2022).



Figura 8. Mudanças de macroalgas de *K. alvarezii* em mar aberto sofrendo de herbivoria (Fonte: Kasim *et al.*, 2017).

3. METODOLOGIAS

3.1. Área de estudo

Este estudo foi realizado na ilha de Inhaca, a entrada da baía de Maputo (Figura 9), numa região de transição de temperaturas quentes para um clima tropical, com verões húmidos e invernos frescos. A estação fresca e seca vai de Abril a Setembro e a estação quente e húmida, de Outubro a Março. Os meses de Janeiro e Fevereiro são os mais quentes e chuvosos, com temperaturas médias mensais de 23.3 °C e 26.2 °C e precipitação de 135,9 mm³ e 143,9 mm³, respetivamente. A precipitação mensal mais baixa é de 23,7 mm³ e regista-se durante o mês Agosto, enquanto a temperatura média mensal mais baixa é de 19,6 °C e ocorre em Julho (Pereira & Nascimento, 2016). Existe diferença de salinidade entre o leste da costa da ilha (35.54 ‰) e da baía de Maputo (30-33.5 ‰) que recebe influência de água doce (Critchley *et al.*, 1997).

Em termos de recursos marinhos é caracterizado pelos recifes de corais com alta diversidade de fauna aquática com destaque para peixes, moluscos, crustáceos e mamíferos (Pereira e Nascimento, 2016). A população da Ilha da Inhaca vive da agricultura, exploração de recursos florestais (incluindo dos mangais) da pesca e turismo. As florestas, por exemplo, são usadas como fonte de vários produtos madeireiros e não madeireiros: a população da Inhaca retira das florestas lenha, frutos silvestres, medicamentos, materiais de construção entre outros produtos (Pereira e Nascimento, 2016).

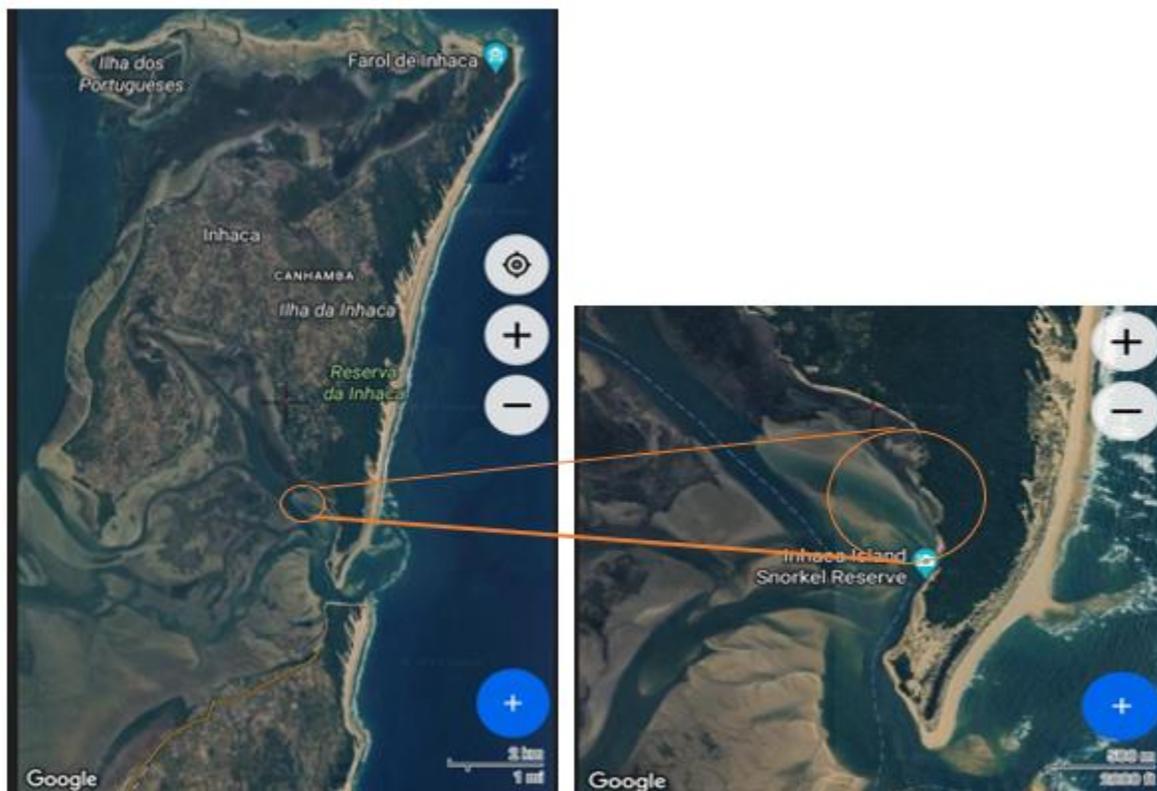


Figura 9. Área de cultivo das macroalgas na ilha de Inhaca, especificamente na zona da Ponta Torres (Fonte: Google Earth).

3.2. Material biológico

As mudas das macroalgas *Kappaphycus alvarezii* e *Eucheuma denticulatum* (Figura 10) para este estudo foram fornecidas pela empresa SJ Chamo, um campo de cultivo de macroalgas euqueumóides sediada na Província de Cabo Delgado, Pemba, Norte de Moçambique. As amostras foram colectadas no campo de cultivo e transportadas via aérea para Maputo e seguidamente levadas a área de estudo na Ilha de Inhaca. Este processo durou cerca de 48 horas.

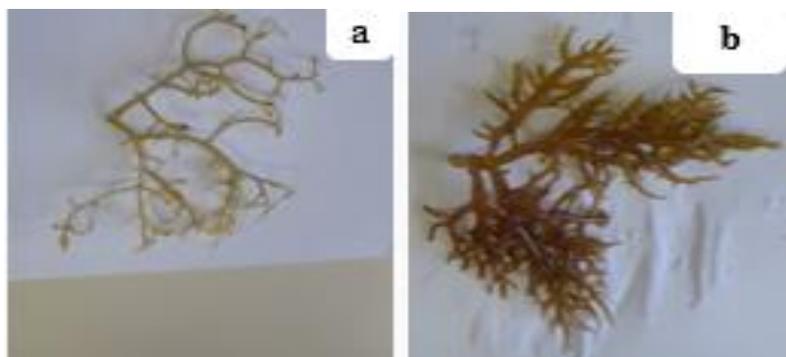


Figura 10. Espécies de macroalgas marinhas utilizadas neste estudo (a) *Euclima denticulatum* e (b) *Kappaphycus alvarezii* (Fonte: Autor)

3.3. Desenho experimental

As duas espécies de macroalgas em pesquisa neste estudo (*E. denticulatum* e *K. Alvarezii*) foram usadas para avaliar o potencial da sua produção na Ilha de Inhaca.

O estudo foi baseado em cultivo de macroalgas em um sistema de cultivo designado balsa flutuante, um método suspenso na superfície da água, geralmente suportado por 4 pesos feitos de sacos de areia. Neste estudo, serão testadas duas técnicas de cultivo:

- a) Técnica de *tie-tie*
- b) Técnica de redes tubulares

Cada uma das técnicas empregues foi testado em 4 réplicas, em dois ciclos (com a duração de 45 dias cada) de produção durante os meses de Maio até Agosto de 2023.

3.3.1. Descrição do sistema de cultivo de macroalgas em balsa flutuante

O sistema de balsa flutuante (Figura 11), foi feito a base de tubos de PVC (Policloreto de Vinilo). As balsas foram construídas com tubos de PVC (110 mm de diâmetro), de 2.5 m de comprimento 2.5 m de largura e fechadas em cada extremidade para permitir a flutuabilidade). O sistema continha quatro âncoras de 50 kg de areia fixas perpendicularmente a corrente da água. O sistema foi instalado numa zona de aproximadamente 1m de profundidade durante o pico da maré viva. Para o cultivo das macroalgas no sistema de balsa

flutuante, foram usadas as técnicas de rede tubular e as técnicas *tie-tie* em dois ciclos com duração de 45 dias cada.



Figura 11. Estrutura do sistema de balsa flutuante, contendo 3 balsas instaladas na zona funda (Fonte: Autor).

a) Descrição da técnica de cultivo de macroalgas em redes tubular

Para esta técnica foram utilizadas quatro redes de 2.5 m de comprimento, colocadas no interior da balsa a uma distância de 50 cm uma da outra. Em cada rede tubular (Figura 12) foram colocadas aproximadamente 1000 g da macroalga *K. alvarezii* e *E. denticulatum* com recurso a um tubo PVC de 50 mm de diâmetro e 2.5 m de comprimento. Este tubo de PVC foi envolvido com a rede tubular, num total de quatro redes sendo que em uma das extremidades do tubo, as mudas foram deslizadas uma a uma horizontalmente até o final da rede tubular. A limpeza e manutenção das redes tubulares foi feita diariamente.



Figura 12. Cultivo das macroalgas cultivadas *E. denticulatum* usando a técnica de Rede tubular (Fonte: Autor)

b) Descrição da técnica de cultivo de macroalgas em *tie-tie*

Nesta técnica foram utilizadas 5 cordas de 2,5 m de comprimento, colocados no interior da balsa a uma distância de 50 cm uma da outra. O peso médio inicial das macroalgas foi de 1000g para *E. denticulatum* e 1000 g de *K. alvarezii* por cada corda. As mudas foram anexadas com a corda de rafia em intervalos de 30 cm ao longo da corda resultando em um total de 11 mudas de macroalgas por cada corda. Diariamente era feita a limpeza das linhas e redes tubulares e a manutenção das balsas (Figura 13).



Figure 13. Macroalgas marinhas cultivadas na ilha de Inhaca, usando a técnica de *tie-tie* (Fonte: Autor)

3.4. Monitoramento de parâmetros ambientais e manutenção do sistema

Durante a realização deste estudo foram monitorados diariamente os seguintes parâmetros ambientais: salinidade (ppt), pH, temperatura (°C) e oxigênio dissolvido (mg/L). A salinidade foi medida com o recurso a um refratômetro portátil manual RHS-10ATC, o pH, temperatura e Oxigênio Dissolvido foram medidos com um instrumento multiparametro *Lovibond 150* (Anexo 1).

Foram coletadas amostras de água para análise laboratorial de fosfato, amônia e nitrito. A amostra de água foi coletada com recurso a recipientes plásticas de 500 ml na zona de cultivo, seguidamente as amostras foram devidamente identificadas (data, local de coleta, nome do coletor e nº da amostra). A colecta foi feita em dois pontos dentro da área de cultivo e num ponto na área adjacente ao cultivo. Após a coleta, as amostras foram conservadas em caixas

térmicas e posteriormente colocadas em frigoríficos para posterior transporte até ao laboratório de Ecologia no DCB, onde foram devidamente analisadas.

3.5. Análises laboratoriais dos nutrientes

As amostras da água foram analisadas no laboratório usando espectrofotómetros manuais HANNA em anexo 2, e usou se os reagentes B (em pó) para Nitrito (NO_2^-) e Amônia (NH_3) e reagente A (solução líquida) e reagente B (em pó) para o fosfato (PO_4^{3-}). Basicamente, as análises foram realizadas usando o seguinte procedimento (de acordo com o manual de instruções):

- a) Para a amônia, foi adicionado 1mL de amostra de água numa coveta e com ajuda de pipeta, foram adicionados 9 mL de reagente B, totalizando 10ml e agitou se para misturar a solução. Posteriormente a amostra foi levado ao espectrofotómetro para a leitura com o comprimento de onda de 340 e 900 nm. Após este processo foram adicionadas 4 gotas de reagente A e agitou se para misturar a solução e por fim submetido ao espectrofotómetro para leitura da amostra.
- b) Para a análise de Nitritos foi adicionada uma amostra de 10ml em cuvete e depois adicionado o reagente B em pó e levado para o espectrofotómetro para a sua leitura.
- c) Para o fosfato 10 gotas de regente A foram adicionadas a cuvetes e depois adicionado mais uma saqueta de reagente B (reagente de aminoácidos) e agitou se para misturar a solução e finalmente fez se a leitura no espectrofotómetro.

3.6. Determinação do crescimento das macroalgas *K. alvarezii* e *E. denticulatum* no sistema de balsa flutuante

3.6.1. Análises de parâmetros de crescimento

O cultivo das macroalgas teve a duração de 45 dias e o peso das cordas foi registado, antes de fixarem-se as macroalgas.

Para análises de parâmetros de crescimento, quinzenalmente foi feita a biometria das macroalgas *K. alvarezii* e *E. denticulatum* para se determinar a biomassa total e a taxa de crescimento relativo (TCR). Para aferir o peso, as macroalgas presas as cordas foram pesadas; o peso total das cordas foi registrado; mais o peso das macroalgas foi registrado no início do cultivo e subtraído ao peso medido a cada 15 dias, afim de calcular a TCR e a biomassa total.

a. Taxa de crescimento relativo

A partir dos valores obtidos, calculou-se as taxas de crescimento relativo (TCR, % dia⁻¹) usando a equação indicado em Dawes (1998) e Yushimira (2006) abaixo apresentado:

$$(TCR, \% \text{ dia}^{-1}) = \frac{\left(\frac{P_f - P_i}{P_i}\right)}{t} \times 100\%$$

Onde:

Pf é peso fresco final (g);

Pi é o peso fresco inicial (g); e

T é o tempo em cultivo (dias)

b. Ganho de Biomassa

O ganho de biomassa (GBm), foi determinado pela diferença da biomassa das macroalgas ao final do cultivo em relação a biomassa inicial segundo indicado por (Hendri *et al*, (2020).

$$GBm = Bm_f - Bm_i$$

Onde:

GBm – Ganho de biomassa

Bm_f - biomassa final

Bm_i - biomassa inicial

Foi comparado o crescimento em duas técnicas (*tie-tie* e rede tubular) usando a balsa flutuante.

3.7. Análise da qualidade morfológica das macroalgas

A análise de qualidade morfológica das macroalgas foi efectuada durante o estudo, usando as amostras coletadas em cada 15 dias de cultivo o cultivo. A cada final do ciclo foram coletadas algumas amostras de mudas das macroalgas. Depois da coleta, as amostras foram acondicionadas em sacos plásticos devidamente etiquetados, colocadas em caixa térmica com gelo para evitar a dissecação e levadas até ao laboratório do DCB onde foi feito a triagem. As mudas foram lavadas com água corrente e foram examinadas qualitativamente quanto ao número dos talos através da análise da morfologia externa e quantitativamente quanto ao grau de desenvolvimento dos talos através de medidas biométricas do comprimento e diâmetro. Para estas análises foram considerados os seguintes parâmetros segundo a metodologia indicado em Fadilah *et al.* (2016):

- i) Comprimento dos talos (talo primário, Talo Secundário, Talo terciário)
- ii) entrenós (primário e secundário),
- iii) diâmetro dos talos (primário, secundário),
- iv) número de talos (I, II, III e IV).

Para este estudo, considerou-se o diâmetro primário o diâmetro do talo principal, diâmetro secundário é o diâmetro do 1º talo, enquanto o diâmetro terciário é o diâmetro dos talos II e III, (Figura 14). A medição do diâmetro de todos os talos foi efectuada com auxílio de um paquímetro.

Foi comparado o tamanho dos talos entre as duas técnicas usadas.



Figura 14. Morfologia das macroalgas cultivadas na Ponta torres a) Talo principal b) talo primario, c) talo terciario, d) entrenós primários.

3.8. Identificação da macrofauna associada ao cultivo das macroalgas

Para a identificação da macrofauna associada ao cultivo das macroalgas, foi feita o monitoramento nas balsas flutuantes e a triagem a olho nú em macroalgas colectadas, onde a fauna era retirada diretamente das macroalgas e conservada em caixas térmicas e devidamente identificada na Estação de Biologia Marítima (EBMI) segundo (Bezerra, 2013). Os organismos encontrados foram agrupados segundo a sua classificação (peixes, moluscos, carangueijos, camarão e outros). As Guias de identificação usadas incluíam manuais para identificação dos peixes, moluscos, crustaceos e bivalves (Richmond, 2011; Bandeira e Paula, 2014). Estas colectas foram efectuadas quinzenalmente, afim de verificar quais organismos associados ao sistema.

3.9. Análise estatística

Os parâmetros testados durante este estudo foram a taxa de crescimento relativo (TCR), biomassa, os parâmetros ambientais (temperatura, salinidade, oxigênio dissolvido, pH e os nutrientes). Foi feita uma Análise de Variância (ANOVA two way) a nível de significância de 5,0% ($p=0,05$) usando utilizando o software past4.04. Os resultados de parâmetros ambientais (temperatura, pH, salinidade e nutrientes) e da análise morfológica foram apresentados usando a estatística descritiva (média e desvio padrão).

4. RESULTADOS

4.1. Crescimento das macroalgas *Kappaphycus alvarezii* e *Euclima denticulatum* cultivados na ilha de Inhaca

Apresentamos na Tabela 2, as taxas de crescimento e biomassa de *K. alvarezii* e *E. denticulatum*. Este estudo documentou três níveis de análise do crescimento com as respectivas comparações (i) entre as técnicas de cultivo destas espécies euclimoides (ii) entre as duas estações e (iii) entre as espécies.

Duas técnicas de cultivo foram testadas a saber: *tie-tie* e rede tubular tendo os resultados variados. Conforme a Tabela 2 em baixo, *K. alvarezii* na estação fria duplicou a sua taxa de crescimento relativa (TCR) em 100% quando comparado com o crescimento na estação quente, indicativo de que esta espécie pode ter o seu potencial de cultivo nas zonas mais frias de Moçambique.

As análises estatísticas mostraram que houveram diferenças significativas ($P < 0.05$) de TCR entre as espécies, técnicas de cultivo e mas não houve diferenças significativas ($P > 0.05$) nas estações de cultivo na *E. denticulatum*.

Tabela 2. Médias da média da TCR e média da Biomassa (média \pm desvio Padrão) obtidos durante o cultivo de *E. denticulatum* e *K. alvarezii* nos períodos quente e frio do cultivo.

Espécies	Técnica	Época	TCR Média (\pm) desvio padrão	Biomassa Média (\pm) desvio padrão
<i>E. denticulatum</i>	<i>tie- tie</i>	Quente	4.8 \pm 2.6 ^{ab}	3977.0 \pm 233.6
		Fria	3.2 \pm 0.4 ^{ab}	1949.33 \pm 34.1
	RT	Quente	5.0 \pm 2.1	2255.7 \pm 458.0
		Fria	3.2 \pm 0.4	2253.3 \pm 453.4
<i>K. alvarezii</i>	<i>tie- tie</i>	Quente	3.0 \pm 1.1	1931.3 \pm 7.3
		Fria	7.3 \pm 4.3	3907.67 \pm 28.9
	RT	Quente	3.4 \pm 0.9	2490.5 \pm 143.1
		Fria	7.5 \pm 3.3	8157.2 \pm 92.5

4.1.1. Taxa de crescimento relativo médio e biomassa

Os resultados obtidos na análise da taxa de crescimento relativo a estas macroalgas eucemoides revelaram variações significativas entre as diferentes técnicas de cultivo. A taxa de crescimento relativo foi medida em termos de incremento percentual da biomassa das macroalgas ao longo do período de cultivo.

A época quente do cultivo (Figura 15), a TCR de *E. denticulatum* cultivada em técnica de *tie-tie* teve maior crescimento na segunda quinzena, tendo 7.1 ± 0.2 % dia⁻¹ e o mínimo de 3.0 ± 0.1 % dia⁻¹ nos primeiros quinze dias. Os resultados nas redes tubulares indicam que a TCR de *E. denticulatum* atingiu o seu pico máximo na primeira quinzena, período este que atingiu valores de 3.4 ± 0.3 % dia⁻¹ e na segunda e última quinzena os a TCR manteve se estável. Os resultados mostraram que há diferenças estatisticamente significativas nas taxas de crescimento ($P < 0.05$).

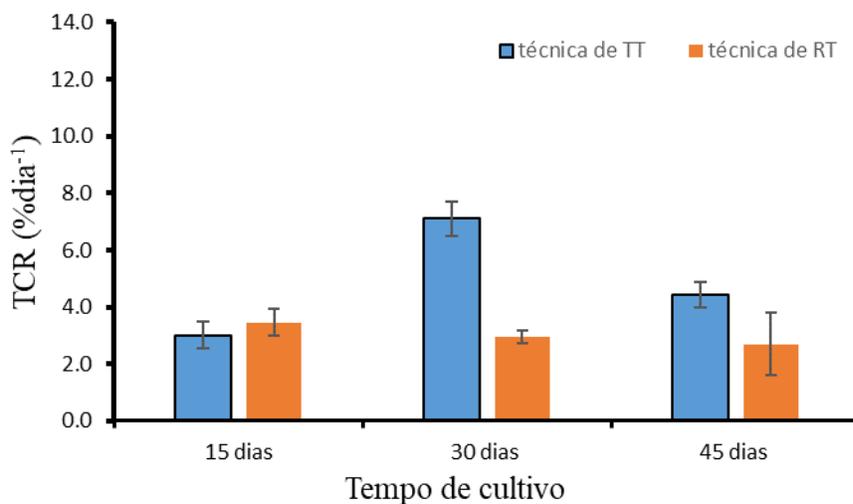


Figure 15. A média da taxa de crescimento relativo da *E. denticulatum* cultivado em balsa flutuante usando as técnicas de *tie-tie* (TT) e redes tubulares (RT) durante 45 dias na época quente, n=4 ($P < 0.05$).

Os resultados nas redes tubulares indicam que a TCR de *E. denticulatum* teve os maiores resultados com um crescimento que variou de 3.7 ± 0.5 % dia⁻¹ nos primeiros 15 dias de cultivo e 3.1 ± 1.0 % dia⁻¹ nos últimos 45 dias. Na técnica de *tie-tie* a TCR foi 6.6 ± 0.1 % dia⁻¹ na primeira quinzena de cultivo e tendo se reduzido para menos de 2.5 % dia⁻¹ na última

quinzena de cultivo. Para a técnica de rede tubular a TCR mínima foi 2.8 % dia⁻¹ na segunda quinzena e nos últimos 45 dias registou um aumento de crescimento para 3.1 % dia⁻¹ (Figura 16). Durante o ciclo *E. denticulatum* não houve diferenças estatisticamente significativas entre as TCR nas duas técnicas de cultivo.

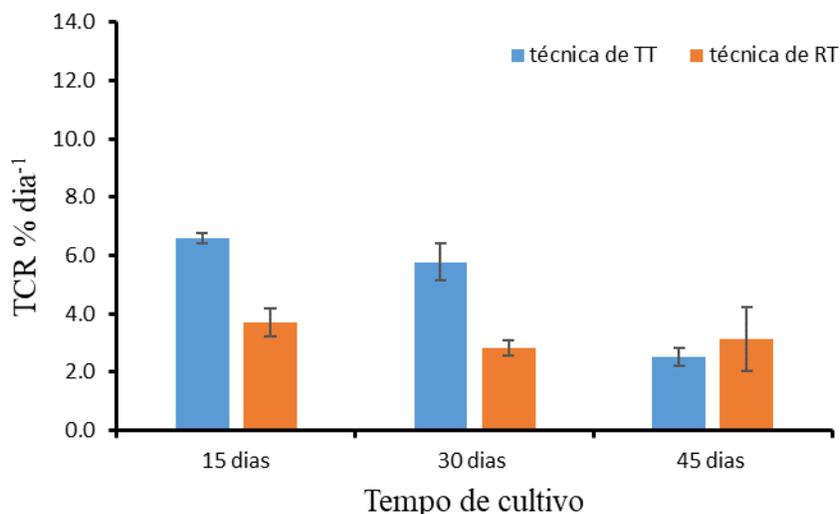


Figura 16. A média da taxa de crescimento relativo da *E. denticulatum* cultivado em balsa flutuante usando as técnicas de *tie-tie* e redes tubulares durante 45 dias da época fria, n=4 (P <0.05).

O *K. alvarezii* em técnica de rede tubular teve na ultima quinzena um crescimento superior de 4.4±0.1 % dia⁻¹ ao passo que na técnica de *tie-tie* a maior TCR foi registado nos últimos 45 dias com valores de 4.3±0.8 % dia⁻¹ tendo reduzido na última quinzena para 2.5±0.8 % dia⁻¹. Os valores mínimos registados verificaram se na primeira quinzena para técnica de *tie-tie* com um registo de 2.2 % dia⁻¹ e a técnica de rede tubular apresentou um crescimento reduzido nos últimos 45 dias com um crescimento de cerca de 2.5 % dia⁻¹. Durante este ciclo de cultivo foi notória a presença do branqueamento e herbívora, na espécie de *K. alvarezii* (Figura 17). A TCR da espécie *K. alvarezii* apresentou diferenças estatisticamente significativas (p>0,05).

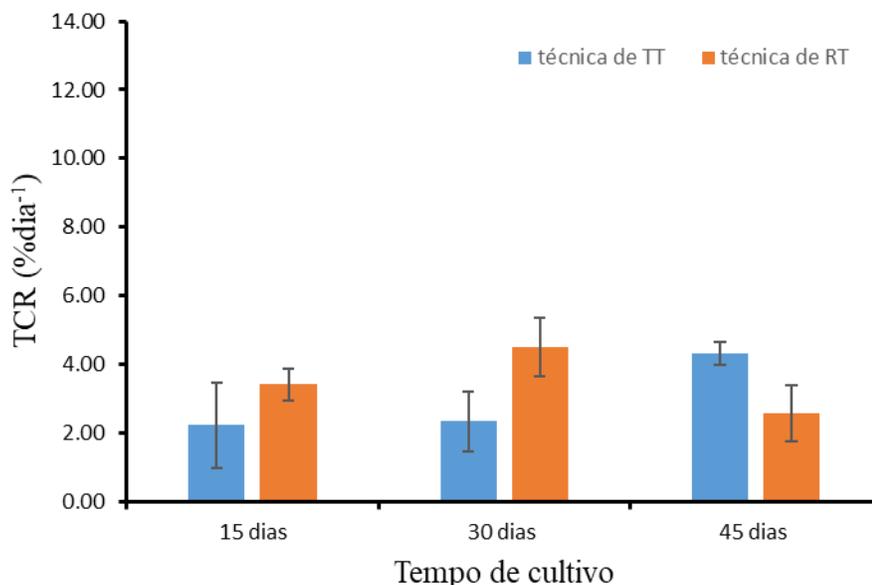


Figura 17. Taxa de crescimento relativo (\pm) de *K. alvarezii* cultivado em técnicas de TT e RT durante 45 dias da época quente, $n=4$ e ($p>0.05$).

O crescimento de *K. alvarezii* ao longo de 45 dias foi muito superior nas duas técnicas, com a técnica de TT a registar o máximo de $12\% \text{ dia}^{-1}$ na segunda quinzena e um mínimo de $4,0\% \text{ dia}^{-1}$ na última quinzena 45 dias de cultivo. A técnica de RT atingiu uma TCR que variou de $7.0 \pm 0.1\% \text{ dia}^{-1}$ nos primeiros 15 dias e $11.1 \pm 0.2\% \text{ dia}^{-1}$ nos últimos 45 dias (Figura 18) e houve diferenças estatisticamente significativas ($p<0.05$) entre as taxas de crescimento nas duas técnicas do cultivo.

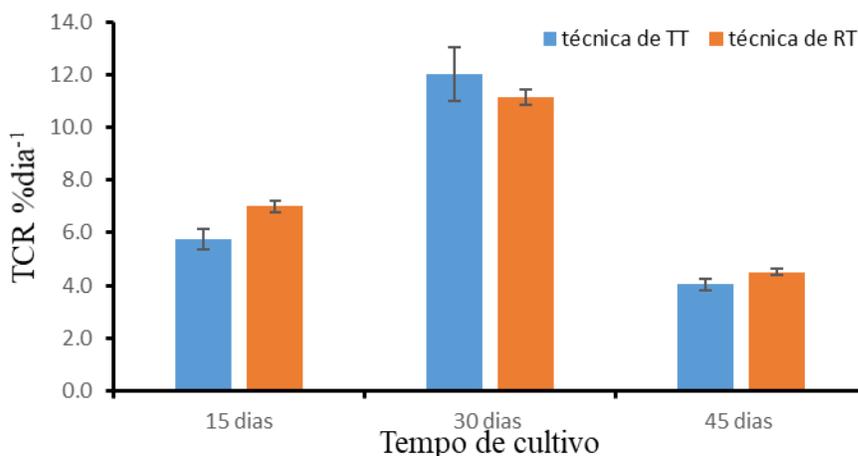


Figura 18. Taxa de crescimento relativo (\pm) de *K. alvarezii* cultivado em técnicas de TT e RT durante 45 dias da época fria. $n=4$ e $p<0.05$.

4.1.2. Biomassa das macroalgas durante o cultivo

O monitoramento e a avaliação da biomassa das macroalgas são essenciais para entender o seu crescimento, produtividade e o impacto ambiental. O presente trabalho visa analisar os diferentes resultados obtidos quanto ao ganho de biomassa das macroalgas usando duas técnicas de cultivo.

Durante as épocas quente e fria no de cultivo da *E. denticulatum* nas duas técnicas, foi observada uma progressão significativa no ganho de biomassa. Inicialmente, no início do ciclo (0 dias) a média da biomassa foi de 1000 g por uma corda de 2.5 m. Na primeira quinzena os ganhos de biomassa foram uniformes para as duas técnicas tendo atingido uma média de mais de 1500 g para as RT e mais de 1400 g para a técnica de TT. Para a técnica de TT a biomassa aumentou para mais de 4000 g na última quinzena, reflectindo um ganho de mais de 3000 g. Para a técnica de RT a biomassa aumentou para mais de 3200 g na última quinzena, o que representa uma média de ganho de biomassa de aproximadamente 1900 g (Figura 19).

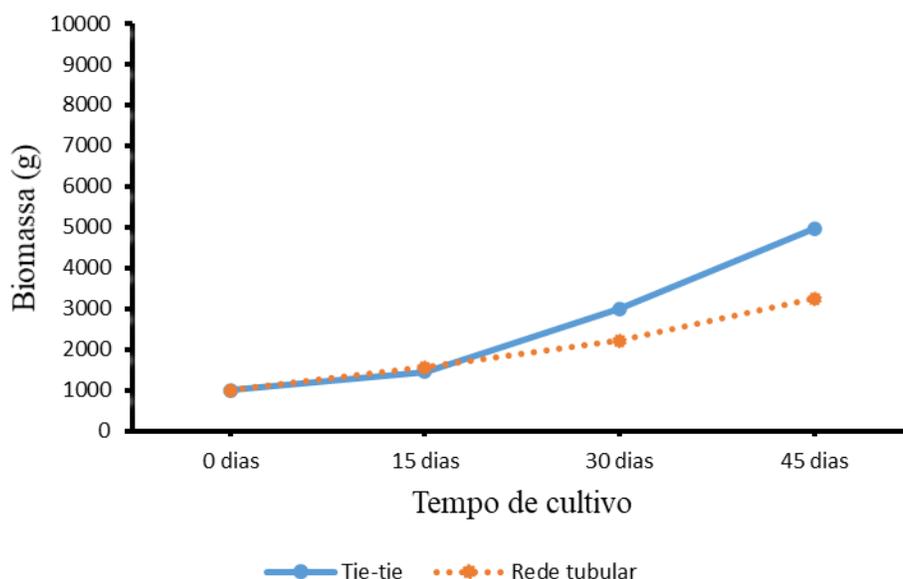


Figura 19. Biomassa da *E. denticulatum* (\pm) cultivada em balsa flutuante em técnica de rede tubular e tie-tie com um peso inicial de 1000 g durante 45 dias na época quente.

Durante esta época fria do cultivo da *E. denticulatum*, a biomassa nas duas técnicas foi similar na primeira quinzena (Figura 20). A partir da segunda quinzena o ganho de biomassa aumentou consideravelmente em comparação a RT. Para a técnica de TT, a biomassa aumentou para mais de 4977 g, reflectindo um ganho de mais de 3000 g. Para a técnica de RT a biomassa aumentou para mais de 3200 g o que representa uma média de ganho de biomassa de mais de 1982.5 g.

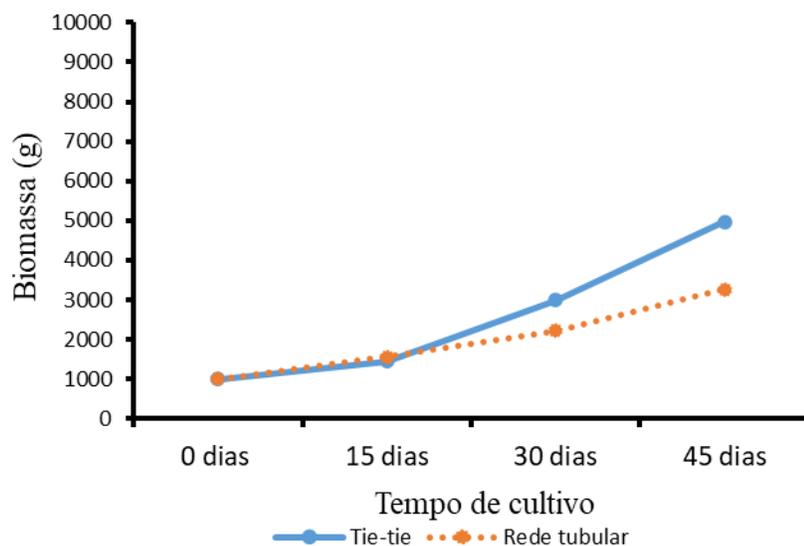


Figura 20. Biomassa da *E. denticulatum* cultivada em balsa flutuante em técnica de rede tubular e *tie-tie* com um peso inicial de 1000 g durante 45 dias na época fria.

A biomassa nas duas técnicas de cultivo durante a primeira quinzena teve um crescimento similar. Na segunda quinzena o ganho de biomassa registado na técnica de RT foi de uma média de 2328 g e a TT registando uma média de 1728 g na segunda quinzena.

Durante este ciclo de cultivo a espécie *K. alvarezii* apresentou maior média na última quinzena (1148.8 ± 54.7 g) na técnica de TT com uma média de biomassa final de 2931 g, um ganho superior quando comparado a técnica de RT que na última quinzena apresentou um decréscimo de 392 g, dos 2328 g para 1936 g de Biomassa final (figura 21).

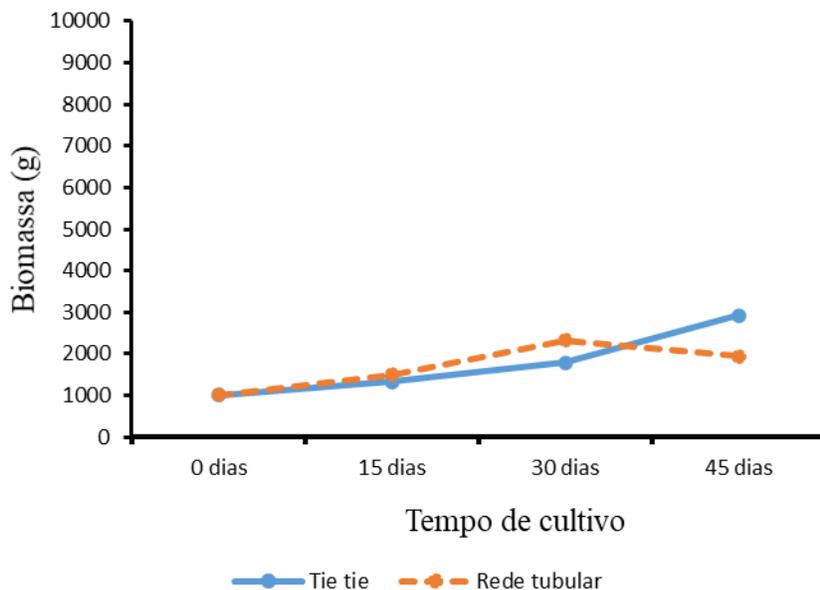


Figura 21. Média (\pm) desvio padrão da biomassa de *K. alvarezii* cultivado em durante 45 dias da época quente,

O *K. alvarezii* na época fria, teve uma biomassa similar na primeira quinzena nas duas técnicas (Figura 22). A Técnica de RT apresentou uma média de 2048 g e a TT apresentou uma média de 1864 g do ganho de biomassa na primeira quinzena.

A técnica de RT registou um Biomassa de *K. alvarezii* que variou da biomassa inicial de 1000 g até uma biomassa final de 9157.25 ± 92.5 g, o que representa um ganho de mais de 8000 g durante todo o segundo ciclo de cultivo e a técnica de TT registou um ganho de biomassa de mais de 7000 g.

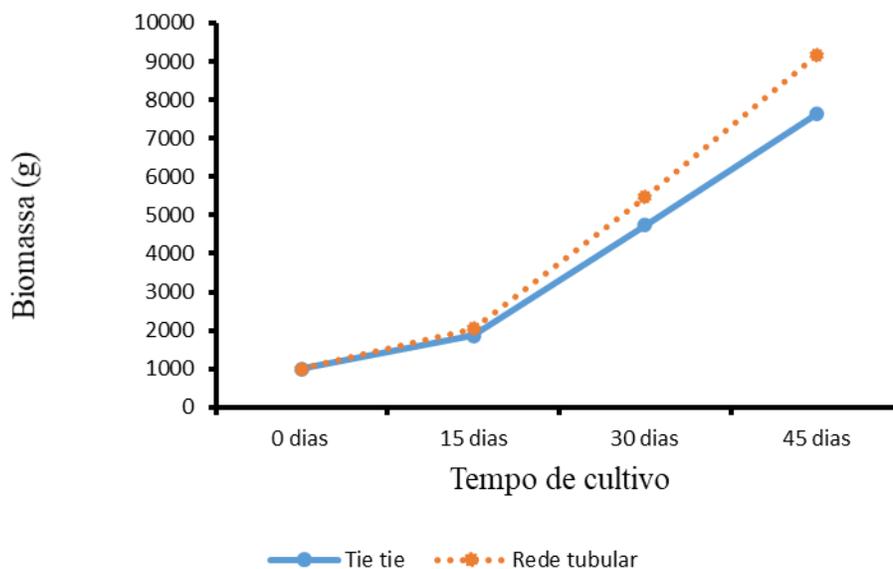


Figura 20. Média (\pm) desvio padrão da biomassa de *K. alvarezii* cultivado em durante 45 dias da época fria

4.2. Herbivoria e doenças - Branqueamento durante o cultivo das echemoides

A presença de herbívora e doenças (branqueamento) das echemoides foi notória durante a época quente e época fria de cultivo. A espécie *K. alvarezii* foi a mais afetada pela herbivoria e branqueamento, sendo a época quente a mais afetada, o que em parte contribuiu para a redução da biomassa. A presença de herbivoria na macroalga *E. denticulatum* não foi muito notória durante as estações do cultivo, sendo o branqueamento o que mais afectou as duas espécies, de tal forma que houve o registo da perda da pigmentação fotossintética. No mesmo período de cultivo, não se verificou a presença de epifitismo nas macroalgas. As echemoides afectadas pela herbivoria apresentavam um franjamento e perda de turgor ou necrose nas áreas atacadas, o que resultava em aparências desfiguradas (Figura 23).



Figura 23. Registo da presença de (a), e a actividade de herbivoria de peixes herbívoros (a) e (b) branqueamento provocado pelo estresse nas eucemoides.

4.3. Análise morfológica das eucemoides cultivadas na Ilha de Inhaca

A forma morfológica das eucemoides refere-se às características físicas e estruturais que elas apresentam. A sua análise é fundamental para entender sua saúde, crescimento e o impacto ecológico. Esta análise inclui examinar as características como a forma, o tamanho, textura e a coloração.

Os resultados de morfologia observadas durante o cultivo para as duas técnicas, mostraram que o *K. alvarezii* apresentou poucos talos, com um formato mais circular e ramificação de forma irregular. A superfície do talo completamente rugosa. A sua coloração era mais um vermelho intenso para a espécie *K. alvarezii*, nas duas técnicas de cultivo, como ilustra a Figura 24a. Os resultados da biometria feita mostraram que o comprimento total médio do *K. alvarezii* foi de 75 ± 7.5 cm sendo o talo primário a que apresentou maior comprimento 32.0 ± 5.5 cm e o talo terciário com o menor comprimento foi 18 ± 0.5 cm. O número total dos talos selecionadas foi de 36.0 ± 3.0 (Tabela 3). Das macroalgas examinadas no local do cultivo, não foram identificadas nenhuma mancha escura, sem presença de revolto, apenas a presença de herbivoria nos dois ciclos de cultivo e em todas as espécies das macroalgas.

Quanto a *E. denticulatum* apresentava uma coloração vermelha acastanhado (figura 24 b). Os talos estavam ligeiramente comprimidos e muito ramificados e apresentavam a coloração vermelho acastanhado. Os tamanhos dos talos com variações diferenciadas. Esta espécie

possui talo primário grande, e a cor do talo era mais escura do que a dos talos secundários. O talo primário com o comprimento de 17 ± 4.5 cm e o talo terciário sendo o mais comprido com 16.3 ± 4.9 cm.



Figura 21. Morfologia das espécies de *K. alvarezii* (a) e *E. denticulatum* (b) cultivadas na praia de Ponta Torres, Ilha de Inhaca.

Tabela 3. Comprimento do talo, número de talos entrenós e o diâmetro das eucemoides selecionadas

Variável	Macroalgas marinhas	
	<i>K. alvarezii</i> n=3	<i>E. denticulatum</i> n=3
Comprimento dos talos (cm)		
Talo I	32±5.5	17±4.5
Talo II	25±1.5	15.16±3.88
Talo III	18±0.5	16.3±4.9
Total	75±7.5	48.46±13,28
Número de talos		
Muda I	15±3.5	22.3±2.5
Muda II	12±1.5	22.33±10.01
Muda III	9±2.5	17.33±5.03
Total	36±3	62±2.88
Diâmetro do talo (cm)		
Primário	0.9±0.1	0.36±0.05
Secundário	0.6±0.1	0.6±0.11

4.4. Macrofauna associada ao cultivo das macroalgas

Dentre os organismos identificados, destacam-se a presença dos chocos e lulas que depositam ovos nas âncoras das balsas, nas macroalgas e nas cordas: *Loligo sp*, *Sepia Sp*. Foram também observados várias espécies como as *Epinephelinae malabaricus*, *Lethrinus lentjan*, *Scarus rubroviolaceus*, presentes no meio das macroalgas, espécies de caranguejo. Os *Notobryion sp* apareciam associados as macroalgas. Os *Goose lepas sp* foram as que mais colonizaram as cordas das macroalgas e a espécie *Octomeris sp* colonizaram os tubos utilizados para montagem das balsas. Algumas espécies de camarão como as *Alpheus lottinui* também foram observados na zona de cultivo. Os peixes, caranguejos, camarões e os gastrópodes apareciam associadas as macroalgas (Figura 25). Foi feito o monitoramento das zonas adjacentes a zona de cultivo e não se verificou possíveis danos negativos causados pelo cultivo das macroalgas.



Figure 22. Macrofauna associada ao cultivo de macroalgas na Ilha de Inhaca (a – c) pequenos peixes, (d) – Juvenis de camarão, (e) – mexilhão, (f) – caranguejo, (g) – ovos de choccos, (h)- ovos de lulas.

4.5. Parâmetros ambientais durante o cultivo das echemoides

O presente estudo foi efectuado em duas épocas de 45 dias cada um. A salinidade nos dois ciclos de cultivo teve uma média de 36 ppt, no entanto, a temperatura, o pH e o oxigénio dissolvido variaram, no entanto, a variação não foi estatisticamente significativa ($p > 0.05$). A concentração dos nutrientes ($p > 0.05$) também não mostrou diferença significativa (Tabela 4).

Tabela 3. Parâmetros ambientais registados durante o cultivo das *euchemoides*

Parâmetros	Épocas		
	Época quente	Época Fria	Faixa óptima
Salinidade (ppt)	36±0.72	36±0.8	28–34 (Aslan, 1998)
Temperatura (°C)	24.19±1.93	23.6±0.51	22.8–29.2 (Neish, 2008)
pH	8.12±0.35	8.18±0.19	7-8.5 (Hendri <i>et al.</i> , 2020)
Oxigénio dissolvido (mg/L)	8.9±2.6	9.8±0.54	>5 (Aslan, 1998)
Fosfato (mg/L)	0.05±0.002	0.05±0.004	0.020 – 1.0 (Aslan, 1998; Fadilah <i>et al.</i> , (2016)
Amónia (mg/L)	0.05±0.01	0.04±0.01	≤ 0.300 (Decreto Ministerial 51/2004)
Nitrito (mg/L)	0.055±0.04	0.06±0.01	≤ 0.060 (CCRM 1987)

5. DISCUSSÃO

Os resultados dos parâmetros de crescimento (TCR e biomassa) das eucemoides foram satisfatórios, apesar da doença do branqueamento e herbívora que se verificou principalmente na época quente do cultivo para a espécie *K. alvarezii*. O cultivo da espécie *E. denticulatum* foi mais eficiente quando se utilizou a técnica de *tie-tie* em comparação as redes tubulares embora os resultados estejam dentro das faixas ótimas de crescimento. Já para o *K. alvarezii*, o crescimento nas duas técnicas foi similar.

As taxas de crescimento relatadas das eucemoides obtidas neste estudo que variavam de 2.8 % dia⁻¹ até 12.0 % dia⁻¹ estão dentro das faixas observados em alguns países como a Brasil que variou entre 3.5-5 % dia⁻¹ (Hayashi *et al.*, 2011), 3.76 % dia⁻¹ (Góes e Reis, 2011), na Tanzânia, 1.5-6.8 % dia⁻¹ (Msuya, 2013), Kenya, 4-6 % dia⁻¹ (Wakibia *et al.*, 2006), Vietnam, 3.16-6.5 % dia⁻¹ (Hung *et al.*, 2008) e estão dentro das faixas ideais para um cultivo comercial que deve estar acima de 3.5 % dia⁻¹ (Glenn e Doty, 1990 citados por Góes e Reis, 2011).

O rendimento de *K. alvarezii* na técnica de *tie-tie* foi de aproximadamente 3.0 ± 1.1 % dia⁻¹ e 7.3% dia⁻¹, valores acima de alguns estudos realizados em países como Brasil que apresentam valores entre 3.4 % dia⁻¹ (Góes e Reis 2011) e 2.14±8.5 % dia⁻¹ (Reis *et al.*, 2014) e para a rede tubular a taxa de crescimento foi 3.4±0.9 % dia⁻¹ e 6.9-13.64 % dia⁻¹ valores ótimos quando comparados com estudos realizados por Reis *et al.* (2014) que obtiveram uma média de 2.90±4.60 % dia⁻¹ e Góes e Reis (2011) com uma média de 3.2±0.5 % dia⁻¹. Este facto segundo Góes e Reis (2011), de a Rede tubular apresentar melhores resultados em comparação a técnica de *tie-tie*, pode estar associado ao facto de que na técnica *tie-tie* as macroalgas sofrerem quebras devido a velocidades da corrente ou aos ventos que se fazem sentir, ao passo que nas redes tubulares as macroalgas são menos suscetíveis a danos causados por correntes e ondas fortes.

A *E. denticulatum* em técnica de *tie-tie* apresentou resultados que chegaram a atingir os que 9.2±0.2 % dia⁻¹ e nas redes tubulares 4.19±0.19 % dia⁻¹. Estes resultados estão acima, em relação aos outros estudos que obtiveram resultados que variavam entre 1.22 ± 0.73 % dia⁻¹ e 3.12±0.12 % dia⁻¹ (Melendres e Largo, 2021). Comparando as duas técnicas, o facto de a rede tubular apresentar baixo crescimento das macroalgas pode estar associado ao facto destas

estarem enredados (facto observado no local do cultivo) que diminui o fluxo de água e a penetração da luz na posição vertical das redes tubulares. Estudos similares foram observados também em algumas espécies como o de *Hypnea musciformis* (Reis *et al.*, 2006) e *K. alvarezii* (Góes e Reis, 2011).

No estudo sobre cultivo de macroalgas, realizado por Oliveira (2021) usando a técnica de rede tubular, com uma biomassa inicial de 600g obteve um ganho de biomassa de 630 g, o que representa um ganho de quase 105 % numa zona de abastecimento de água, um ganho de biomassa de 88.33 % em viveiro e 86.67 % em drenagem. Estes resultados estão abaixo dos encontrados neste trabalho, que usando a mesma técnica durante um período de 45 dias de cultivo em meio aberto, com uma biomassa inicial de 1000 g, obteve um ganho que representa um acréscimo de mais de 200 % e 800 % (nos dois ciclos realizados) para a espécie *K. alvarezii*, e 200 % nos dois ciclos de produção para a espécie *E. denticulatum*. No estudo realizado por Ndobe *et al.*, (2020), em Silampayang num período de 45 dias de cultivo, obtiveram um ganho de sete vezes maior para *E. denticulatum* do que para *K. alvarezii*. Estes resultados se assemelham aos obtidos neste estudo em termos do ganho de biomassa, embora o *K. alvarezii* tenha obtido maior ganho de biomassa comparado a *E. denticulatum*.

Os resultados dos parâmetros ambientais verificados nesta experiência com a temperatura de 24,19 °C e 23,6°C, pH de 8,12 e 8,18, salinidade de 36 ppt, Oxigénio dissolvido de 8,9 mgL⁻¹ e 9,8 mgL⁻¹, fosfato de 0,05 mgL⁻¹, amónia de 0,05 mgL⁻¹ e 0,04 mgL⁻¹ e o valor de nitrito variando de 0,05 mgL⁻¹ e 0,06 mgL⁻¹) estão dentro das faixas ideais aconselhados para o cultivo das euqueumóides. As condições ideais de crescimento da maioria das espécies estão entre 22 °C e 28 °C (Oliveira 1997), 22.8 °C e 29.2 °C (Neish, 2008) e salinidade variando entre 28 ppt e 36 ppt (Oliveira 1997) e 28 ppt e 34 ppt (Aslan, 1998). A temperatura é considerada um dos principais fatores ambientais que mais influenciam a taxa de crescimento diário das macroalgas. No estudo feito por Hayashi *et al.*, (2011), verificou-se que a temperatura de superfície do mar era o factor que mostra uma óptima aptidão para implantação dos cultivos das espécies das euqueumóides. Num outro estudo realizado por Ask e Azanza (2001) sobre os avanços e tecnologia no cultivo das euquemóides notou que a temperatura ideal estava entre 25–28 °C, diminuindo acima de 30°C e abaixo de 20°C. Paula *et al.* (2002) observaram que no cultivo da macroalga *K. alvarezii* as taxas de crescimento

variavam de 3.6 a 8.9 % .dia⁻¹, correlacionados principalmente com a temperatura da água do mar, com valores médios mensais de 19.9 °C a 29.0 °C. De facto, as temperaturas observadas neste trabalho foram de 23.6 °C e 24.19 °C e as taxas de crescimento das macroalgas estavam na ordem dos 4.8±2.6 % dia⁻¹ e 5.0±2.1 % dia⁻¹ para a *E. denticulatum* usando a técnica de *tie-tie* e 3,2±0,4 usando a técnica de rede tubular. A espécie *K. alvarezii* registou uma taxa de crescimento de 3,0±1,1 % dia⁻¹ e 7,3±4,3 % dia⁻¹ usando a técnica de *tie-tie* e 3,4±0,9 % dia⁻¹ e 7,5±3,3 % dia⁻¹ usando a técnica de rede tubular, respectivamente. Durante a época quente, foi notória as variações bruscas da temperatura ocasionadas pelas fortes chuvas e tempestade ocorridas na zona de cultivo, o que pode ter causado maior estresse na macroalgas.

Neste trabalho de pesquisa foram observados alguns danos nas macroalgas em cultivo, causados pela herbivoria e pelo branqueamento. Foi notória a perda de algumas mudas devido a herbivoria, embora a causa maior da redução no crescimento tenha sido devido ao branqueamento ocorrido provavelmente pelo estresse de irradiação.

A doença do branqueamento e a herbivoria podem ter sido determinantes no crescimento das macroalgas, pois foi possível verificar algumas macroalgas perdendo a pigmentação e ficando esbranquiçadas e outras afetados pela herbivoria. A presença de branqueamento em macroalgas pode propiciar o surto de doenças como é o caso de um estudo realizado nas Filipinas, onde as macroalgas foram afetadas pelo branqueamento, resultado da redução da intensidade da luz solar, da redução da salinidade abaixo de 28 ‰ e à elevada amplitude de temperatura diária (Satriani, 2022).

Em termos de dimensão das macroalgas, as mudas que foram examinadas apresentaram talos muito aglomerados, pouco número de talos e os entrenós muito curtos. O diâmetro dos talos foram menos grossos comparado ao estudo realizado por de Kumari e Solanki (2022), que tiveram resultados de 1 a 2 cm de macroalgas, mas com resultado quase similares ao estudo realizado por Fadilah *et al*, (2016) que tiveram resultados que variavam de 0.66-0.74cm para o talo primário e 0.41-0.47cm para o talo secundário, talos longo, maior número de ramos, e entrenós mais curtos e estas diferenças podem ser resultado dos efeitos das condições ambientais na zona do cultivo, com variações das formas pontiagudas com poucos galhos nas zonas rasas, tal como se verificou neste estudo. Estes resultados sugerem que a qualidade na

coloração das macroalgas pode ser um bom indicador para a determinação da capacidade fotossintética, influenciando o crescimento e a adaptação das macroalgas, a espessura pode ter maior resistência a herbívoros e condições ambientais adversas e as ramificações das macroalgas podem ter sido o factor chave para a absorção dos nutrientes.

O cultivo de macroalgas em balsas flutuante ocorre na região do um pouco profunda por isso estas permanecem submersa mesmo nos períodos de maré vazante. Isso pode atenuar de forma permanente como local para a alimentação, berçário e habitat para as várias espécies de fauna marinha (Cascon e Lotufo, 2006).

O cultivo de macroalgas, além de seus benefícios económicos e ambientais directos, tem um impacto positivo na biodiversidade marinha ao fornecer habitats e recursos essenciais para diversas espécies de macrofauna. Essa interação complexa ressalta a importância do cultivo das macroalgas como uma prática sustentável que promove a saúde dos ecossistemas marinhos. A macrofauna associada ao cultivo das macroalgas, identificada neste trabalho, apresenta a maioria dos organismos que tem como as macroalgas, o berçário e outras espécies que tendem a colonizar a área, assim como para refúgio, reprodução e alimentação. O resultado da macrofauna associada ao cultivo das macroalgas mostrou se importante, pois estes evidenciaram servir de berçário para os mexilhões, ostras e os caramujos que frequentemente tem-se fixado nas estruturas do cultivo, provavelmente beneficiando se do ambiente enriquecido em nutrientes. A presença das espécies de caranguejos, camarão verificadas durante o cultivo pode estar associado ao facto deste grupo ser composto por animais que não dependem de substrato fixo (Barnes, 1996). A presença dos ovos depositados pelos moluscos (*Loligo sp*, *Sepia Sp.*) registados frequentemente associados as macroalgas, nas âncoras e nas cordas provavelmente podem estar associados ao facto destas espécies terem preferência deste ambiente para usar como substrato para depósito dos ovos.

6. CONCLUSÃO

Após a realização deste estudo na Ilha de Inhaca, especificamente a praia de Ponta Torres pode concluir-se que: os parâmetros de crescimento das macroalgas durante o cultivo (taxa de crescimento, biomassa, taxa de crescimento relativo) estão dentro do recomendado para o cultivo das espécies de macroalgas do grupo eucheumóides, especificamente *Kappaphycus alvarezii* e *Eucheuma denticulatum*.

- As técnicas de cultivo *tie-tie* e redes tubulares testadas para crescimento das macroalgas cultivadas em balsa flutuante mostraram se eficientes, sendo a espécie *Kappaphycus alvarezii* a que apresentou melhores taxa de crescimento de 3 % dia⁻¹ na época quente, a 7.3 % dia⁻¹ na época fria usando a técnica de rede *tie-tie* e 3.4 % dia⁻¹ na época quente a 7.5 % dia⁻¹ na época fria usando a técnica de rede tubular.
- A espécie *K. alvarezii* apresentou o maior ganho de biomassa de mais de 800% durante a época fria e *E. denticulatum* apresentou o maior ganho de biomassa de mais de 400% na época quente.
- Os parâmetros ambientais de cultivo das macroalgas, Salinidade (36ppt), pH 8.12-8.18), temperatura (23 °C a 24 °C), oxigénio dissolvido (8.9 a 9.8 mg. L⁻¹) são favoráveis para o cultivo das macroalgas *Kappaphycus alvarezii* e *Eucheuma denticulatum*.
- As mudas de *Kappaphycus alvarezii* e *Eucheuma denticulatum* apresentam uma boa qualidade morfológica nas duas técnicas de cultivo com uma boa coloração, boa espessura e com ótimas ramificações o que determina a capacidade fotossintética e influenciando o crescimento.

- Cultivo de macroalgas apresenta uma maior diversidade de macrofauna associada ao sistema. *Loligo sp*, *Sepia Sp*, *Epinephelinae malabaricus*, *Lethrinus lentjan*, *Scarus rubroviolaceus*, *Notobryion sp*, *lepas sp*, *Octomeris sp*, *Alpheus lottinui*.
- A interação entre a macrofauna e as eucemoides é importante para a ecologia dos ecossistemas costeiros, pois ajuda na manutenção da biodiversidade e na estabilidade das cadeias alimentares marinhas. Pode se concluir que a Ilha de Inhaca, e especificamente a praia de Ponta Torres apresenta um potencial para o cultivo de macroalgas *Kappaphycus alvarezii* e *Eucheuma denticulatum*.

Constrangimentos

Para esta zona de cultivo especificamente, o grande constrangimento foi a manutenção das balsas devido a qualidade do material usado para montagem das balsas, o que pode ter afetado o crescimento das macroalgas.

Recomendações

- Recomenda-se que se faça uma pesquisa sobre a viabilidade económica do cultivo sustentável, incluindo custos, receitas e incentivos para práticas que promovam a conservação.
- Que se faça um estudo que permita a possibilidade de integração do cultivo de macroalgas com outras actividades de aquacultura para a criação de sistemas mais produtivos e equilibrados.
- Que se faça a promoção de programas de educação para a comunidade local sobre as práticas sustentáveis e os benefícios do cultivo das macroalgas.
- Que se use o material resistente e duradouro.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Akatsuka, I. 1994. **Biology of economic algae**. The Hague: *SPB Academic Publishing* by: 1-545.
- António, C. M.; Bandeira, S. O. (2002). **Seaweed flora of Quirimbas Archipelago, northern Mozambique**.
- Araújo, P. G. (2013). **Avaliação do potencial invasor de *Kappaphycus alvarezii* (Rhodophyta, Gigartinales) no litoral da Paraíba, Brasi**. Tese apresentada ao Programa de PósGraduação em Oceanografia da Universidade Federal de Pernambuco.
- Areces, A. J. (1995). **Cultivo comercial de carragenofitas del gênero *Kappaphycus* Doty**. In: Alveal, K.; Ferrario, E.; Oliveira, E.C.; Sar, E. (Eds.). Manual de métodos ficológicos. Universidad de Concepción, Concepción,. p.529-550
- Ask, E.I., Azanza R.V. (2002) **Advances in cultivation technology of commercial eucheumatoid species: a review with suggestions for future research**, *Aquaculture* 206, 257– 27. PII: S0044-8486(01)00724- 4
- Aslan, L.M. (1998). **Budidaya rumput laut**. Kanisius, Yogyakarta. p. 97
- Bandeira, S., Paula, J. (2014). **The Maputo bay ecosystem**. WIOMSA, Zanzibar Town, pp 427. ISBN 978-9987-9559-3-0
- Bandeira, S.O. (1997) **Seagrasses**. In: **Richmond, M.D. (ed) A guide to the seashores of eastern Africa and the western Indian Ocean Islands**. Sida. pp. 64-67.
- Bandeira, S.O. and Massingue, A.O. (2005). **Distribution of Seagrasses common Seaweeds around Nampula province (northern Mozambique) with emphasis on Mozambique Island**. *Western indian ocean J. mar. sci.* vol.4, Nr 2, pp. 175-183.
- Batista de Vega, G., Shields, C., Trespoey, A., Bleicher-Lhonneur, G., Critchley, A.T. and Lao, S. (2004). **Cultivation of red algae near the Caribbean entrance of the Panama Canal**. *En: Programme & Abstracts of XVIII International Seaweed Symposium*. Bergen, Norway. p.151

- Belforti M, Gai F, Lussiana C, Renna M, Malfatto V, Rotolo L. (2015). **Tenebrio molitor meal in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) diets: Effects on animal performance, nutrient digestibility and chemical composition of fillets.** Italian Journal of Animal Science. 14(4):4170
- Cai, J., Lovatelli, A., Aguilar-Manjarrez, J., Cornish, L., Dabbadie, L., Desrochers, A., Diffey, S., Garrido Gamarro, E., Geehan, J., Hurtado, A., Lucente, D., Mair, G., Miao, W., Potin, P., Przybyla, C., Reantaso, M., Roubach, R., Tauati, M. & Yuan, X. (2021). **Seaweeds and microalgae: an overview for unlocking their potential in global aquaculture development.** FAO Fisheries and Aquaculture Circular, No. 1229. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, 48 pp.
- Cardoso, P.S.; (2020). **Cultivo e utilização de macroalgas em alimentos funcionais para a aquicultura.** faculdade de Ciências, Universidade de Porto
- Castelar B. (2014). **Algicultura de espécies nativas: alternativas ao uso da espécie exótica *Kappaphycus alvarezii* (Doty) Doty ex P. C. Silva (Rhodophyta, Solieriaceae) em áreas de alto risco de invasão no Brasil.** Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Escola Nacional de Botânica Tropical. (Dissertação de doutorado).
- Chavez, E.G.; Cedeno, F.R.; Oliveira, L.; Gelli, V.C.; Monti, R.; Oliveira, S.; Masarin, F. 2019. **Evaluation of the *Kappaphycus alvarezii* growth under different environmental conditions and efficiency of the enzymatic hydrolysis of the residue generated in the carrageenan processing.** Biomass and Bioenergy, 127: 105254. <http://dx.doi.org/10.1016/j.biombioe.2019.105254>.
- Cole, K. M. and Sheath, R.G. (1990). **Biology of the red algae.** Cambridge University press. p 15- 517
- Costa, M. A.; Alves, H. J.; Alab, J. C.; Albrecht, L. P.; Albrecht, A. J. P.; Marra, B.M.; (2017). ***Kappaphycus alvarezii* extract used for the seed treatment of soybean culture.** African Journal of Agricultural Research, Vol. 12 (12), pp. 1054-1058, DOI: 10.5897/AJAR2016.11629.
- Cullen-Unsworth, L. C., Unsworth R. K. F. **Strategies to enhance the resilience of the world's seagrass meadows.** Journal of Applied Ecology. 53. 967-972.
- Dawes, C.P. (1998). **Suspended cultivation of *Gracilaria* in the sea.** J. App. Phycology. 7. Pp 303-313

- De Paula, E. J., Erbert, C. and Pereira, T.L. (2001). **Growth rate of the carrageenophyte *Kappaphycus alvarezii* (Rhodophyta, Gigartinales) in vitro.** *Phycological Res.* 49: 155- 161.
- De Paula, E. J., Pereira, T.L. and Ohno, M. (2002). **Growth rate of the carrageenophytes *Kappaphycus alvarezii* (Rhodophyta, Gigartinales), introduced subtropical waters of Sao Paulo, State Brazil.** *Phycological Res.* 50: 1-9.
- Doty M. S., (1987). **The production and uses of *Euclidean*.** Case studies of seven commercial seaweed resources. FAO Fish Technology, Rome, p.281
- Fadilah, S., Alimuddin., Pong-Masak, P. R., Santoso, J., Parenrengi, A. (2016). **Growth, Morphology and Growth Related Hormone Level in *Kappaphycus alvarezii* Produced by Mass Selection in Gorontalo Q6 Waters, Indonesia.** HAYATI Journal of Biosciences. <http://dx.doi.org/10.1016/j.hjb.2015.09.004>
- FAO (2020). **El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2020.**
- Ferreira, A. B. G.; (2020). **Macroalgas Marinhas: Conhecimentos tradicionais e servicoes ecossistêmicos, Programa Regional de Pós-graduação em Desenvolvimento e meio ambiente,** Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal
- Fonseca, B.C.; Dalbello, G.; Gelli, V.C.; Carli, S.; Meleiro, L.P.; Zimbardi, A.L.R.L.; Furriel, R.P.M.; Tapia, D.R.; Reginatto, V. (2018) **Use of Algae Biomass Obtained by Single-Step Mild Acid Hydrolysis in Hydrogen Production by the β -Glucosidase-Producing *Clostridium beijerinckii* Br21.** Waste and Biomass Valorization, 11: 1393-1402. <http://dx.doi.org/10.1007/s12649-018-0430-7>.
- Foscarini, R.; Prakash, J. (1990). **Handbook on *Euclidean* seaweed cultivation in Fiji.** Suva: South Pacific Aquaculture Development Project.
- Fourqurean, J. W., Duarte, C. M., Kennedy, H., Marba N., Holmer M., Mateo, M.A., Apostolaki. E. T., Kendrick G.A. (2012). **Seagrass ecosystems as a globally significant carbon stock.** *Nature Geoscience* 5: 505-509.
- Gasco L, Henry M, Piccolo G, Marono S, Gai F, Renna M. (2016). **Tenebrio molitor meal in diets for European sea bass (*Dicentrarchus labrax* L.) juveniles: Growth performance, whole body composition and in vivo apparent digestibility.** *Animal Feed Science and Technology.* 220:34-45

- Gelli, V. C. (2019). **Desenvolvimento ordenado e potencial da produção da macroalga *Kappaphycus alvarezii* no estado de São Paulo para extração de biofertilizante.** UNICAMP.
- Gelli, V.C.; Patino, M.T.O.; Rocha, J.V.; Barbieri, E.; Filho, K.C.M. (2020). **Production of the *kappaphycus alvarezii* extract as a leaf biofertilizer: technical and economic.** Boletim do Instituto de Pesca, <http://dx.doi.org/DOI: 10.20950/1678-2305.2020.46.2.568>
- Glenn E. P, Doty M. S. (1990). **Growth of the seaweeds *Kappaphycus alvarezii*, *K. striatum* and *Euclima denticulatum* as affected by environment in Hawaii.** Aquaculture 84:245–255
- Glenn, E. P. and Doty, M.S. (1992). **Water motion affects the growth rates of *Kappaphycus alvarezii* and related Seaweed.** *Aquaculture*, 108: 233-246.
- Gloria Batista de Vega, G. B., (2009). **Cultivo ecosostenible de *kappaphycus alvarezii* en Panamá.** Las Palmas de Gran Canaria.
- Goes, H.; (2011). **Manual para o cultivo de Caragenofitas no Brasil,** Ondas Biomar. Edição.
- Guiry, M.D. (2012). **The seaweed site: information on marine algae** (Online).
- Hayashi, L. *et al.* (2010). **A review of *Kappaphycus* farming: prospects and constraints (including climate change).** In: Alvaro, I.; Rachel, E. & Seckbach, J. (Orgs.). Role of seaweeds in globally changing environments: role of seaweeds in globally changing environments. 1ed. Berlin: Springer, v. 15, p. 255–283.
- Hayashi, L., Santos, A.A., Nunes, B.G., Souza, M.S., Fonseca, A.L.D., Barreto, P.L.M., Oliveira, E.C., Bouzon, Z.L. (2011). ***Kappaphycus alvarezii* (Rhodophyta, Areschougiaceae) cultivated in subtropical waters in Southern Brasil.** Journal of Applied Phycology. 23, 337-343
- Hayashi, L.; Reis, R.P. (2012). **Cultivation of the red algae *Kappaphycus alvarezii* in Brazil and its pharmacological potential.** Revista Brasileira de Farmacognosia, 22(4):748-752. <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-695X2012005000055>
- Hayashi, L.; Santos, A.A (2017). **Sugestão de critérios para o monitoramento ambiental de macroalgas.** In: Sampaio, F.G.; Silva, C.M.; Torigoi, R.H.; Mignani, I.; Packer,

- A.N.C.; Manzatto, C.C.; Silva, J.L. Estratégias de monitoramento ambiental da aquicultura. São Paulo. 85-86, 54.
- Hayashi, L.; Santos, A.A. (2010). **Sugestão de critérios para o monitoramento ambiental de macroalgas**. In: Sampaio, F.G.; Silva, C.M.; TorigoI, R.H.; Mignani, L.; Packer, A.N.C.; Manzatto, C.V.; SILVA, J.L. Estratégias de monitoramento ambiental da aquicultura. São Paulo. 85-86, 54p.
- Henry M, Gasco L, Piccolo G, Fountoulaki E. (2015). **Review on the use of insects in the diet of farmed fish: Past and future**. Animal Feed Science and Technology. **203**:1-22
- Herrera, L. A. (2023). **Algicultura**. Intituto de Pesquisas Ambientais.
- Holdt, S. L.; Kraan, S. (2011). **Bioactive compounds in seaweed: functional food applications and legislation**. Journal of Applied Phycology, v. 23, n.3, p.543-597.
- INAQUA. (2011). **Estudo de mercado, estratégia de adição de valor e comercialização de algas marinhas**.
- Jiksing, C., Ongkudon, Mc, M., Thien, V, Y., Rodrigues, K, F., Wilson Thau Lym Yong, W, T, L. (2022). **Recent advances in seaweed seedling production: a review of euclimatoids and other valuable seaweeds**. Algae 37(2): 105-121. <https://doi.org/10.4490/algae.2022.37.5.11>
- Kasim, M., Balubi, A. M., Mustafa, A., Nurdin, R., Patadjai, R. S. S., Jalil, W. (2020). **Floating Cage: A New Innovation of Seaweed Culture. Emerging Technologies, Environment and Research for Sustainable Aquaculture**. DOI: <http://dx.doi.org/10.5772/intechopen.90035>
- Kasim, M.; Mustafa, A.; (2017). **Comparison growth of Kappaphycus alvarezii (Rhodophyta, Solieriaceae) cultivation in floating cage and longline in Indonesia**, Elsevier, *Aquaculture Reports* 6 49–55, <http://dx.doi.org/10.1016/j.aqrep.2017.03.004>
- Kasim, M.; Mustafa, A.; Male, I.; Muzuni; Jalil, w.; (2017). **New Methods on Cultivation of Euclima denticulatum and Kappahycus alvarezii in Indonesia**. J. Fish. Aquat. Sci., 12: 207-217. ISSN 1816-4927 DOI: 10.3923
- Kumar, C.S.; Ganesan, P.; Suresh, P.V. & Bhaskar, N. (2008) **Seaweeds as a source of nutritionally beneficial compounds - A Review**. Journal of Food Science and Technology. v.45, n.1, p.1-13.

- Kumar, K. S.; Ganesan, K.; Selvaraj, K.; Rao, P.S. (2014). **Studies on the functional properties of protein concentrate of *Kappaphycus alvarezii* (Doty) Doty—An edible seaweed.** *Food chemistry*, v.153, p.353-360.
- Largo D. B., Fukami K., Nishijima T., (1995). **Occasional pathogenic bacteria promoting ice disease in the carrageenan-producing red algae *Kappaphycus alvarezii* and *Euclima denticulatum* (Solieriaceae, Gigartinales, Rhodophyta).** *Journal of Applied Phycology* 7:545-554
- Leandro, A.; Pereira, L.; Gonçalves, A. M. M. (2019). **Diverse Applications of Marine Macroalgae.** *Marine Drugs*, v. 18, n. 1, p. 17.
- Lee, R. E. (1989). **Phycology**, 2nd Edition, Cambridge University Press, New York. 645p.
- Lelis, F. C. L. (2006). **Avaliação do crescimento da alga marinha *Gracilaria birdiae* (*Gracilariales, Rhodophyta*), cultivada em estrutura *long-line*.** Dissertação (Mestrado em Engenharia da Pesca) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza
- Mantri, V. A., Shah, Y., Thirupathi, S. (2020). **Feasibility of farming the agarose-yielding red alga *Gracilaria dura* using tube-net cultivation in the open sea along the Gujarat coast of NW India.** *Appl. Phycol.* 1:12–19.
- Mantri. *et al.* (2017). **An appraisal on commercial farming of *Kappaphycus alvarezii* in India: success in diversification of livelihood and prospects.** *Journal of Applied Phycology*. V29, n.1, p, 335-357
- Marinho-Soriano, E.; Carneiro, M. A. A.; Soriano, J-P. (2008). **Manual de identificação das Macroralgas marinhas do litoral do Rio Grande do Norte.** Natal, RN: Edufrn, , p.120
- McHugh, D. J. (2002). **Perspectivas para la producción de algas marinas en los países en desarrollo.** **FAO Circulares de Pesca - C968.** pp. 1-30.
<http://www.fao.org/docrep/004/y3550s/y3550s00.htm>
- McHugh, D. J. (2003). **A guide to the seaweed industry.** Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- McHugh, D.J. (2003). **A guide to the seaweed industry.** FAO Fisheries Technical Paper. 105p.
- MD consultores. 2011. **Estudo de mercado, estratégia de adição de valor e comercialização de algas marinhas.** Instituto Nacional de Aquicultura

- Medeiros, G. L. S. (2020). **Análise ergonômica da atividade do cultivo da macroalga *kappaphycus alvarezii* na técnica de rede tubular na baía da Ilha Grande.** Universidade Federal do Rio de Janeiro, Centro de Tecnologia.
- Melendres Jr, A. R., Largo, D. B., (2021). **Integrated culture of *Euclima denticulatum*, *Perna viridis*, and *Crassostrea* sp. in Carcar Bay, Cebu, Philippines,** Aquaculture Reports 100683, <https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2021.100683>
- Ministerio das Pescas (2011). **Actualização de Zonas Potenciais para Aquacultura Marinha em Moçambique**
- Msuya, F.E., M.S. Shali, K. Sullivan, B. Crawford, J. Tobey and A.J. Mmochi. (2007). **A Comparative Economic Analysis of Two Seaweed Farming Methods in Tanzania. The Sustainable Coastal Communities and Ecosystems Program.** Coastal Resources Center, University of Rhode Island and the Western Indian Ocean Marine Science Association. 27p.
- Msuya, F.E.; Buriy, A.; Omar, I.; Pascal, B.; Narrain, K.; Ravina, J.J.M.; Mrabu, E.; Wakibia, J.G.; (2013). **Cultivation and utilisation of red seaweeds in the Western Indian Ocean (WIO) Region.** J Appl Phycol (2014) 26:699–705. DOI 10.1007/s10811-013-0086-4
- Nauer, F. Filho, E A. P. L. (2017). **Biodiversidade e Ecologia de Macroalgas Marinhas Brasileiras** pp. 15-24.
- Ndobe, S.; Yasir I.; Salanggon, A.M.; Wahyudi, D.; , Muslihudin E.; S. Adel Y.S.; Abigail M.; (2020). **Euclimatoid seaweed farming under global change - Tomini Bay seaweed trial indicates *Euclima denticulatum* (spinosum) could contribute to climate adaptation,** AACL Bioflux, 2020, Volume 13, Issue 5. <http://www.bioflux.com.ro/aac>
- Nedumaran, T. (2017). **Seaweed: A Fertilizer for Sustainable Agriculture.** In: **Dhanarajan, A.** (ed.) Sustainable Agriculture towards Food Security. Singapore: Springer. Chap. 9, p. 159-174

- Neish I. C., (2005). **Agronomy, biology, and cultivation system. The *Euclima* seaplant: Predators, diseases, weeds and other issues.** Technical Monograph No. 0505-10A, IFC-PENSA, 44 p.
- Neish, I.C. (2005). **The *Euclima* seaplant handbook, Volume 1: Agronomics, biology and crop systems.** Seaplant.net Foundation. Makassar. Technical Monograph N° 0505 – 10A.
- Nunes, B.G. (2010). **Monitoramento do ambiente do cultivo experimental da alga *Kappaphycus alvarezii* na praia de Sambaqui, Florianópolis/Sc**
- O'sullivan, L.O.; Murphy, B.; Mcloughlin, P.; Duggan,P.; Lawlor, P.G.; Hughes, H.; Gardiner, G.E. (2010). **Prebiotics from Marine Macroalgae for Human and Animal Health Applications** Marine Drugs, v.8, p. 2038-2064.
- Oliveira, E. C. (1997), **Macroalgas Marinhas de Valor Comercial: Técnicas de cultivo.** Panorama da Aqüicultura, Rio de Janeiro. v. 7, n. 42, p. 42-45.
- Oliveira, E. C., Silva, B.N.T., Amancio, C.E. (2009) **Fitobentos (Macroalgas). In: Lopes, R. M. Informe sobre as espécies invasoras marinhas do Brasil.** Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 107-139, p.440.
- Paula, E. J. de; Erbert, C.; Pereira, R. T. L. (2001). **Growth rate of the carrageenophyte *Kappaphycus alvarezii* (Rhodophyta, Gigartinales) in vitro.** Phycological Research, v. 49, n.3, p. 155–161.
- Paula, E.J., Pereira, R.T.L., Ostini, S. (1998). **Introdução de espécies exóticas de *Euclima* e *Kappaphycus* (Gigartinales, Rhodophyta) para fins de maricultura no litoral brasileiro: abordagem teórica e experimental.** In: Paula, E. J.; Cordeiro-Marinho, M.; Santos, D. P., FUJII, M.; PLASTINO, E. M.; Yokoya, N. (Eds.). Anais do IV Congresso Latino-Americano de Ficologia, II Reunião IberoAmericana de Ficologia e VII Reunião Brasileira de Ficologia. Caxambú, MG., p.340-357
- Paula, E.J.; Pereira, R.T.L.; Ohno, (2002). **Growth rate of the carrageenophyta *Kappaphycus alvarezii* (Rhodophyta Gigartinales) introduced in subtropical waters of São Paulo State, Brazil.** Journal of Applied Phycology. 50, 1-9,

- Pereira I. J. J. F. e Nascimento, F. R. (2016). **Evaluation of natural resources in the Inhaca Island (Indian Ocean, Mozambique): first approach.** ISSN: 1984-8501 Bol. Goia. Geogr. (Online). Goiânia, v. 36, n. 2, p. 307-325.
- Pereira, L., Filho, W., Azul, A. M., Brandli, L., Langi, S. (2020). **Macroalgae: Diversity and conservation. In life below water. 1st ed.: Leal Eds.: Enciclopedia of the UN sustainable Development Goals;** Cham., Switzerland; pp. 1-13
- Pereira. I. J. J. F., Nascimento. F. R. (2016). **Evaluation of natural resources in the Inhaca island (Indian ocean, Mozambique): first approach.** ISSN: 1984-8501 Bol. Goia. Geogr. (Online). Goiânia, v. 36, n. 2, p. 307-325
- Pickering, T. (2006). **Advances in Seaweed Aquaculture Among Pacific Island Countries.** Journal of Applied Phycology, v. 18, n. 3–5, p. 227–234,
- Pramanick, B.; Brahmachari, K.; Ghoshi, A.; Zodape, S. (2014). **Effect of seaweed SAPs on growth and yield improvement of transplanted rice in old alluvial soil of West Bengal Bangladesh.** Journal of Botany, 43(1): 53-58.
- Qadri, S.S.N.; Biswas, A.; Mandal, A.B.; Kumawat, M.; Saxena, R.; Nasir, A.M. (2019). **Production performance, immune response and carcass traits of broiler chickens fed diet incorporated with *Kappaphycus alvarezii*.** Journal of Applied Phycology, 31: 753-760. <http://dx.doi.org/10.1007/s10811-018-1498-y>.
- Rasher, D. B. (2014). **Competition induces allelopathy but suppresses growth and anti-herbivore defense in a chemically rich seaweed.** Proceedings of Royal society.
- Reis R. P, Caldeira A. Q, Miranda A. P. S. M, Barros-Barreto M. B (2006). **Potencial para maricultura da carragenófita *Hypnea musciformis* (Wulfen) J. V. Lamour.** (Gigartinales - Rhodophyta) na Ilha da Marambaia, Rio de Janeiro, Brasil. Acta Bot Brasil 20:763–769
- Rhein-Knudsen, N.; Ale, M. T.; Meyer, A. S. (2015). **Seaweed hydrocolloid production: An update on enzyme assisted extraction and modification technologies.** Marine Drugs, v. 13, n. 6, p. 3340- 3359.

- Richmond, M.D., (2011). **A Field guide to the seashores of Eastern Africa and Western Indian Ocean Islands**. Sida/WIOMSA. 464pp. ISBN 9987-8977-9-7.
- Romero, R. R.; Jiménez, P. G.; de Veja, G. B.; (2008). **Cultivo ecosostenible de algas marinas (Seaweed ecofriendly aquaculture. Seapanamá)**. Memoria PCI C5054/06, Manuales de laboratorio.
- Sánchez, J.; CURT, M. D.; Robert, N.; Fernández, J. (2019). **Biomass Resources. The Role of Bioenergy in the Bioeconomy**. P.25–111. elsevier.com/retrieve/pii/B9780128130568000029
- Santana, M.W.; (2017). **Prospecção de áreas propícias para o cultivo de macroalgas na região da costa negra, Ceará, Brasil**, Universidade Federal do Ceará, Instituto de Ciências do Mar, Programa de Pós-graduação em Ciências Marinhas Tropicais
- Santelices, B. 1990. **Managing the wild crops, propagating and cultivating seaweeds in Chile**. In: Oliveira & Kautsky (eds.) **Cultivation of Seaweeds in Latin America. Proc. of a Workshop**. International Foundation for Science-University of São Paulo. pp. 27-34
- Santos, A. A.; Hayashi, L. (2022). **Sistema de cultivo da macroalga *Kappaphycus alvarezii* em Santa Catarina**. Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina Florianópolis
- Santos, A.A.; (2014). **Potencial de cultivo da macroalga *kappaphycus alvarezii* no litoral de santa catarina**. Universidade Federal de Santa Catarina, Tese apresentada como requisito a obtenção do título de doutor em Aquicultura, Centro de Ciências Agrárias
- Santos, A.A.; Hayashi, L. (2022). **Sistema de cultivo da macroalga *Kappaphycus alvarezii* em Santa Catarina**. Florianópolis, SC: Epagri. 56p. (Epagri. Sistemas de Produção, 55).
- Satriani, G. I., Soelistyowati, D. T., Alimuddin, A., Arfah, H., Effendi, I. (2022) **Growth and adaptability of *Kappaphycus alvarezii* from different genetic sources in an indoor cultivation system**. AACL Bioflux, Volume 15, Issue 4. <http://www.bioflux.com.ro/aac>

- Smale, D. A.; Burrows, M. T.; Evans, A. J.; King, N. G.; Sayer, M. D.; Yunnice, A.; Moore, P. J. (2016). **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.
- Stévant, P.; Rebours, C.; Chapman, A. (2017). **Seaweed aquaculture in Norway: recent industrial developments and future perspectives**. Aquaculture International, v. 25, n. 4, p. 1373–1390.
- Suresh Kumar, K.; Ganesan, K.; Subba Rao, P.V. 2015. **Seasonal variation in nutritional composition of Kappaphycus alvarezii (Doty) Doty-an edible seaweed**. Journal of Food Science and Technology, 52: 27512760. <http://dx.doi.org/10.1007/s13197-014-1372-0>.
- Tarman, K., Sadi, U., Santoso, J., Hardjito, L. (2020). **Carrageenan and its Enzymatic Extraction**. Encyclopedia of Marine Biotechnology: Five Volume Set, First Edition.
- ThÀnh, T. T. T.; Yasunaga, H.; Takano, R.; Urakawa H.; Kajiwara K. (2001). **Molecular characteristics and gelling properties of carrageenan family 2. Tri-sulfated and tetra-sulfated carrageenans**. Polymer Bulletin, v. 47, p. 305–312.
- Trespoe, A., Daessle, J., Batista, G., Bleicher-Lhoneur G. and Crithley, A. T. (2006). **Preliminary Analysis of the impact of cultivation conditions on carrageenan yield and Quality from a newly established Farming area in Panama**. DVD ETI Seaweed Resources of the Amsterdam (Eds).
- Valderrama, D., Cai, J., Hishamunda, N., Ridler, N., Neish, I. C., Hurtado, A. Q., Msuya, F. E., Krishnan, M., (2015). **Naray and morphogenesis in tissue culture of Chondracanthus chamissoi (Gigartinales, Rhodophyta)**. J. Appl. Phycol. 26:819–823.
- White, W. L. Z.; (n.d). **Environmental Impacts of Seaweed Farming in the Tropics**. Report commissioned by Conservation International.
- Yoshimura, C.Y.; Cunha, S.R.; Oliveira, E.C.; (2006). **Avaliação da viabilidade de cultivo em campo de Gracilaria domingensis (Gracilariales, Rhodophyta) na Armação do**

Itapocoroy, Penha, SC. Bases ecológicas para um desenvolvimento sustentável: estudos de caso em Penha, SC., p.211-226.

Zabackis, E., Vreeland, V., Debozewski, B. and Laetsctt, M. 1991. **Diferential localization of carrageenan gelling sequences in *Kappaphycus alvarezii* var. Tambalang (Rhodophyta) with FITC- conjugated carrageenan oligosaccharedes.** *Journal of phycology*, 27: 241-248.

Zodape, S.T.; Kawarkhe, V.J.; Patolia, J.S.; Warade, A.D. (2008). **Effect of liquid seaweed fertilizeron yield and quality of okra (*Abelmoschus esculentus* L.).** *Journal of Scientific and Industrial Research*, 67: 1115-1117.

ANEXOS

Lista de anexos

Anexo 1. Instrumentos utilizados para medição dos parâmetros ambientais

Anexo 2. Instrumentos utilizados para análise de nutrientes-Espectrofotômetros manuais

Anexo 3. análise de dados da Anova two way de cultivo de algas *E. denticulatum* em *tie-tie* e Rede tubular no primeiro ciclo.

Anexo 4. análise de dados da Anova two way de cultivo de algas *K. alvarezii* em *tie-tie* e Rede tubular no primeiro ciclo.

Anexo 5. análise de dados da Anova two way de cultivo de algas *E. denticulatum* em *tie-tie* e Rede tubular no primeiro ciclo.

Anexo 6. análise de dados da Anova two way de cultivo de algas *K. alvarezii* em *tie-tie* e Rede tubular no primeiro ciclo.



Anexo 1. Instrumentos utilizados para medição dos parâmetros ambientais (fonte: Autor)



Anexo 2. Instrumentos utilizados para análise de nutrientes-Espectrofotômetros manuais

Anexo 3. Análise de dados da Anova two way de cultivo de algas *E. denticulatum* em *tie-tie* e Rede tubular no primeiro ciclo.

ANOVA

Source of Variation	SS	df	MS	F	P-value	F crit
Sample	32,53793	1	32,53793	111,3623	3,88E-09	4,413873
Columns	125,2587	2	62,62936	214,3513	2,8E-13	3,554557
Interaction	51,90811	2	25,95405	88,82871	4,72E-10	3,554557

Within	5,259257	18	0,292181
Total	214,964	23	

Anexo 4. Análise de dados da Anova two way de cultivo da diferença entre as espécies das eucemoides

ANOVA						
Source of Variation	SS	df	MS	F	P-value	F crit
Sample	32,53793	1	32,53793	111,3623	3,88E-09	4,413873
Columns	125,2587	2	62,62936	214,3513	2,8E-13	3,554557
Interaction	51,90811	2	25,95405	88,82871	4,72E-10	3,554557
Within	5,259257	18	0,292181			
Total	214,964	23				

Anexo 5. Análise de dados da Anova two way de cultivo das eucemoides entre as técnicas usadas.

ANOVA						
Source of Variation	SS	df	MS	F	P-value	F crit
Sample	21,67626	1	21,67626	155,6264	2,69E-10	4,413873419
Columns	27,45217	2	13,72608	98,54745	2,01E-10	3,554557146
Interaction	12,07724	2	6,038622	43,35474	1,31E-07	3,554557146
Within	2,507112	18	0,139284			
Total	63,71279	23				

Anexo 6. análise de dados da Anova two way de cultivo das eucemoides entre as épocas do cultivo.

ANOVA

<i>Source of Variation</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P-value</i>	<i>F crit</i>
Sample	0,069599	1	0,069599	0,312337	0,583137	4,413873
Columns	35,25146	2	17,62573	79,09802	1,21E-09	3,554557
Interaction	36,11106	2	18,05553	81,02681	9,97E-10	3,554557
Within	4,011013	18	0,222834			
Total	75,44314	23				