



Faculdade de Ciências

Departamento de Ciências Biológicas

Biologia Aplicada

Culminação de estudos II

Variante: Investigação

**Análise fitoquímica de espécies de macroalgas do género *Codium* que ocorrem na
Praia de Xai-Xai.**

Autora: Sheila Da Rosa Mário Timane

Maputo, Março de 2025



Faculdade de Ciências

Departamento de Ciências Biológicas

Biologia Aplicada

Culminação de Estudos II

Variante: Investigação

**Análise fitoquímica de espécies de macroalgas do género *Codium* que ocorrem na
Praia de Xai-Xai.**

Autora:

Sheila Da Rosa Mário Timane

Supervisora:

Prof. Doutora. Valera Dias

Maputo, Março de 2025

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, agradecer a Deus todo-poderoso pelo dom da vida, por sua presença e proteção em todos momentos da minha vida e por me ter dado forças em momentos de fraqueza durante a elaboração deste trabalho.

A minha supervisora Dra. Valera Lucena Dias, pela paciência, compreensão e por ter confiado em mim, pela preciosa orientação e dedicação e sobre tudo, pelos conhecimentos transmitidos ao longo da elaboração deste trabalho, por ajudar-me a ultrapassar qualquer dificuldade e pelo dinamismo no trabalho.

Ao departamento de ciências biológicas e todos os docentes que lecionaram o curso de Biologia Aplicada, ao departamento de química em especial a Dra. Amélia, Dra. Atifa e Dr. Silvério por ter concedido o laboratório para o processamento das algas e pelo conhecimento transmitido durante o processo de obtenção de extratos das algas, a todos os técnicos de laboratório o meu muito obrigada.

O maior agradecimento é dirigido aos meus queridos pais, Mário Eduardo Timane e Sandra Afonso Soto, pelo apoio incondicional durante a minha formação, por sempre acreditarem em mim até em momentos que eu pensava não ser capaz, por estarem sempre do meu lado dando-me forças e transmitindo-me confiança e carinho que tem por mim.

A minha avó Lúcia José Muchanga, pelas orações de proteção espiritual e pela força.

Aos meus irmãos e noivo, pelo apoio, amizade e companheirismo durante o período da formação.

Aos meus colegas em especial Juanilda e Emerson e Agnesia pelo apoio durante o período da amostragem e análise de dados, pelo carinho e paciência, o apoio foi muito importante para chegar até aqui.

A todos que de forma directa ou indirectamente, contribuíram para o desenvolvimento e conclusão deste trabalho.

DECLARAÇÃO DE HONRA

Eu, **Sheila Da Rosa Mário Timane**, declaro por minha honra que o presente trabalho de investigação é de minha inteira autoria e que os dados usados para a realização do mesmo para a obtenção do grau de Licenciatura em Biologia Aplicada foram por mim obtidos mediante a realização de experiências laboratoriais.

Declaro ainda que o conteúdo da pesquisa é original e todas as fontes consultadas estão devidamente mencionadas no texto e nas referências bibliográficas, estando isento de plágio.

Juro ainda pela minha integridade moral e psíquica que este trabalho final de curso, não foi apresentado em nenhuma instituição para obtenção de qualquer grau académico.

Autora

(Sheila Da Rosa Mário Timane)

Maputo, Outubro de 2024

DEDICATORIA

Aos meus pais, Mario Eduardo Timane e Sandra Afonso Soto, a minha avo, Lidia Jose Muchanga e aos meus irmaos, por sempre terem acreditado em mim.

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E ACRÓNIMOS

ANOVA	Análise de Variância;
DCB	Departamento de Ciências Biológicas;
FAO	Food and Agriculture Organization;
GC-MS	Cromatografia Gasosa Acoplada a Espectrometria De Massa;
h	Horas;
ICP	Inductively Coupled Plasma (Plasma por Acoplamento Indutivo);
ml	Mililitro;
mm	Milímetro;
rpm	Rotações por minuto;
UEM	Universidade Eduardo Mondlane;

RESUMO

A procura por biocompostos biologicamente activos tem levado a busca de novos nichos ecológicos visando o conhecimento da diversidade de espécies, a sua constituição química e potencial biotecnológico, de forma a responder a pressão exercida pelos consumidores nas indústrias farmacêuticas, alimentares e cosméticas. As algas verdes são fontes importantes de novos compostos bioactivos com potencial interesse para as indústrias e com diversas actividades biológicas. Deste modo, este trabalho tem como objectivo analisar a composição química das diferentes espécies de *Codium* que ocorrem na Praia de Xai-Xai.

Realizou-se uma prospecção fitoquímica qualitativa usando o método colorimétrico padrão e usou-se a técnica de cromatografia gasosa acoplada a espectrometria de massa (GC-MS) para a identificação dos constituintes químicos, determinou-se a concentração dos elementos químicos usando a análise ICP e a capacidade antioxidante usando o método de inibição da formação do complexo fosfomolibdênio.

Na prospecção fitoquímica, verificou-se similaridades nos extratos metanólicos *Codium prostratum*, *Codium duthieae* e *Codium lucasii* na presença de Taninos, Saponinas, Flavonóis e Alcalóides, e uma diferenciação em relação a outros fitoquímicos analisados. Através da análise GC-MC foram identificadas 14 fitocompostos, como Neophytadiene, 3,7,11,15-Tetramethyl-2-hexadecen-1-ol e (2-(1,3-Dioxolan-2-yl) ethyl) triphenylphosphonium bromide que foram comum nas algas em estudo.

A análise de elementos químicos revelou uma variedade de elementos químicos, cujas concentrações elevadas foram observadas nos elementos Na, K, Ca e Al nas algas em estudo. Através do método de inibição da formação do complexo fosfomolibdênio, foi observado que extratos metanólicos *Codium prostratum*, *Codium duthieae* e *Codium lucasii* apresentam capacidade antioxidante. Este estudo mostrou que as algas *Codium prostratum*, *Codium duthieae* e *Codium lucasii* são uma potencial fonte de compostos bioactivos com propriedades farmacológicas e antioxidante.

Palavras-chave: Composição fitoquímica, *Codium prostratum*, *Codium duthieae* e *Codium lucasii*

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Morfologia da macroalga <i>Codium prostratum</i>	7
Figura 2: Morfologia da macroalga <i>Codium duthieae</i>	8
Figura 3: Morfologia da macroalga <i>Codium lucasii</i>	8
Figura 4: Localização geográfica da Praia de Xai-Xai.....	12
Figura 5: Curva padrão da actividade antioxidante do ácido ascórbico pelo método de inibição da formação do complexo fosfomolibdênio.	23
Figura 6: Actividade antioxidante avaliada pelo método de inibição da formação do complexo de fosfomolibdênio nas algas <i>Codium prostratum</i> , <i>Codim duthieae</i> e <i>Codium lucasii</i>	24

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1: Fitocompostos presentes nos extratos metanólicos das macroalgas <i>Codium prostratum</i> , <i>Codium duthieae</i> e <i>Codium lucasii</i>	18
Tabela 2: Descrição qualitativa de fitocompostos presentes nos extratos metanólicos das macroalgas <i>Codium prostratum</i> , <i>Codium duthieae</i> e <i>Codium lucasii</i>	19
Tabela 3: Composição química dos extratos metanólicos das algas <i>Codium prostratum</i> , <i>Codium duthieae</i> e <i>Codium lucasii</i> analisados em GC-MS.	20
Figura 4: Concentração de elementos químicos presentes em amostras secas das macroalga <i>Codium prostratum</i> , <i>Codium duthieae</i> e <i>Codium lucassi</i>	22

Índice

AGRADECIMENTOS	i
DECLARAÇÃO DE HONRA.....	ii
DEDICATORIA	iii
LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E ACRÓNIMOS.....	iv
RESUMO	v
ÍNDICE DE FIGURAS.....	vi
ÍNDICE DE TABELAS.....	vi
1.INTRODUÇÃO	1
1.1.PROBLEMA	2
1.2.JUSTIFICATIVA.....	3
1.3.OBJECTIVOS	4
1.3.1. Geral	4
1.3.2.Específicos	4
1.4.HIPÓTESES	5
1.4.1.Hipótese Nula:	5
1.4.2.Hipótese Alternativa:	5
2.REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	6
2.1.Algas Marinhas	6
2.1.1.Filo Chlorophyta.....	6
2.1.2.Composição química das algas.....	9
2.1.3.Funções bioativas dos compostos de algas.....	9
2.1.4. Capacidade antioxidante.....	10
3.ÁREA DE ESTUDO.....	12
3.1.Praia de Xai-Xai	12

4.MATERIAL	13
4.1.Materiais	13
4.2. Equipamentos laboratoriais	13
4.3. Soluções	13
4.4. Material biológico	13
5.METODOLOGIA	14
5.1.Análise qualitativa de fitocompostos em extratos metanólicos de macroalgas	14
5.1.1. Teste de Cumarinas (Teste de NaOH)	15
5.1.2. Teste de Taninos (Teste FeCl ₃)	15
5.1.3. Teste de Flavonóides	15
5.1.4. Teste de Saponina (Teste de Espuma)	16
5.1.5. Teste de Alcalóides (Teste de Mayer)	16
5.1.6. Teste de Esteróide (Teste de Liebermann-Burchard)	16
5.2.Análise de antioxidante	16
5.3.Análise e Tratamento de dados	17
6.RESULTADOS.....	18
6.1. Descrição qualitativa de fitocompostos em extratos metanólicos de macroalgas.....	18
6.2.Cromatografia gasosa de espectro de massa (GC-MS) dos extratos metanólicos de algas verdes	19
6.3. Concentração de elementos químicos em amostras secas de macroalgas.....	21
6.4.Análise de Antioxidante	23
7.DISSCUSSÃO	25
7.1. Descrição qualitativa de fitocompostos em extratos metanólicos de macroalgas.....	25
7.2.Cromatografia gasosa de espectro de massa (GC-MS) dos extratos metanólicos de algas verdes	26
7.3.Concentração de elementos químicos em amostras secas de macroalgas.....	26

7.4.Análise de Antioxidante	28
8.CONCLUSÃO	29
9.RECOMENDAÇÕES	30
10.REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	31

1.INTRODUÇÃO

As algas são organismos fotossintetizantes aquáticos que podem ocupar ambientes com luz e humidade, são geralmente encontrados em águas doces ou salgadas, sobre solos húmidos ou sobre a neve (Silva, 2017), englobando seres microscópicos (microalgas) e macroscópicos (macroalgas) (Andrade & Filho, 2014).

No geral, as macroalgas são organismos eucariontes, pluricelulares e fotoautotróficos (Fonseca, 2016; Barsanti *et al.*, 2008), com ampla diversidade morfofisiológica e genética (Andrade & Filho, 2014).

As algas são a base da cadeia alimentar nos oceanos, uma vez que outros organismos marinhos dependem das algas para a obtenção de energia (Samarakoon & Jeon, 2012 citado por Holanda, 2016). Além da grande importância ecológica, muitas espécies de macroalgas marinhas são utilizadas para a alimentação humana, como fertilizantes, como fonte de biomassa para a produção de biocombustíveis e ainda, como insumos para a extração de metabólitos secundários e ficocolóides que possuem uma vasta aplicação nas indústrias alimentícia, farmacêutica e química (Holanda, 2016).

As macroalgas são classificadas principalmente nos filos *Rodophyta* (Algas vermelhas), *Phaeophyta* (Algas pardas) e *Chlorophyta* (Algas verdes) (Marmitti *et al.*, 2015). As macroalgas verdes são predominantes em águas continentais, porém podem ocorrer em ambiente marinho, também podem habitar em solos, em trocos de árvores ou em simbiose com fungos (Líquens), protozoários e outros animais (Marmitti *et al.*, 2015).

As algas verdes compõem diversos géneros, conhecidos por produzirem uma grande diversidade de compostos químicos como Terpenóides (Blunt *et al.*, 2005), Clorofilas *a* e *b*, Carotenos (principalmente, o β -caroteno e Xantofilas (principalmente, a Luteína)) (Naguib, 2000). As algas são responsáveis pela produção de metabólitos secundários com uma elevada diversidade estrutural, que são usados comumente para a sua adaptação ao meio ambiente, como estratégia de defesa química e para a sua sobrevivência (Sudatti, 2010; Rocha & Debonisi, 2007). Estes metabólitos secundários possuem elevada actividade biológica e são de grande interesse para as indústrias de alimentos, cosméticos e farmacêutica (Raven *et al.*, 2007), dentre elas encontram-se as algas do género *Codium* (Machado *et al.*, 2011; Kolanjinathan *et al.*, 2014).

O género *Codium* é um dos géneros mais comuns e de ampla distribuição entre as algas marinhas no mundo, crescem em habitats rochosos, em águas tropicais ou temperadas (Pedroche *et al.*, 2002). Em Moçambique as espécies de algas mais comuns ocorrem nas zonas entre marés do sul e na zona norte do país, existem cerca de 11 espécies do género *Codium* que ocorrem na zona sul de Moçambique, como o *Codium capitatum*, *Codium cicatrix*, *Codium duthieae*, *Codium lucasii*, *Codium megalophysum*, *Codium mozembiquense*, *Codium platylobium*, *Codium pocockiae*, *Codiumprostratum* e *Codium spongiosum* (Bandeira, 1996).

Nas algas do género *Codium* foram isolados compostos como polissacarídeos sulfatados com elevado potencial antioxidante e antibacteriano (Kallswari *et al.*, 2016). Este género, possui uma grande importância económica devido aos seus diversificados fins, nomeadamente na indústria cosmética, na alimentação animal, alimentação humana pois são uma fonte importante de colesterol, na indústria farmacológica pois fornecem compostos bioactivos com potencial anticancerígeno, antifúngico, anticoagulante, antiangiogénico, imunestimulatório, antiviral e antibiótico (Kallswari *et al.*, 2016).

A exploração da actividade biológica dos metabólitos secundários produzidos pelas algas pode se tornar uma fonte alternativa para a obtenção de novos compostos bioactivos com elevado potencial para as indústrias farmacêuticas, cosméticas e alimentar (Tuney *et al.*, 2006), deste modo, o presente trabalho, tem como objectivo analisar a composição química das diferentes espécies de *Codium* que ocorrem na Praia de Xai-Xai.

1.1.PROBLEMA

Nos últimos anos, tem-se verificado, o surgimento de novas doenças e problemas de insegurança alimentar (FAO, 2020), impulsionando a procura, por parte dos consumidores de uma alimentação benéfica para a saúde, produtos para o cuidado do corpo desde medicamentos mais eficazes, exercendo pressão para as indústrias alimentares, farmacêuticas e cosméticas.

Particularmente nas indústrias alimentares, com a descoberta dos alimentos funcionais e dos nutracêuticos, as algas começaram a despertar a atenção como novas fontes de ingredientes funcionais, tendo sido alvo de vários estudos de investigação, como é o caso das algas do género *Codium* (Pereira, 2014). Para além disto, o aumento dos custos dos

cuidados de saúde e da esperança média de vida, assim como a preocupação da população com uma melhor qualidade de vida, impulsionam as indústrias na procura de novas fontes de compostos bioactivos e alimentos de baixo custo que promovam a saúde (Plaza *et al.*, 2009).

As algas começaram a despertar a atenção dos pesquisadores como novas fontes de biocompostos e para as áreas de aplicação biotecnologia, mas apesar da existência de pesquisas nesta área, ainda existem poucas informações sobre as biomoléculas das algas (Silva, 2017).

Moçambique faz parte dos países, em vias de desenvolvimento que ainda acarreta défices na produção de seus próprios produtos, devido aos elevados custos das matérias assim como as próprias técnicas. No entanto, em Moçambique, apesar de haver mais de 150 espécies de macroalgas identificadas, não há registos sobre o seu uso directo, na indústria biotecnológica ou farmacológica (Bandeira, 1998; Dias *et al.*, 2020), além de não haver estudos sobre o potencial biotecnológico das macroalgas.

Diante do exposto, surge a questão, será que a composição fitoquímica das algas do género *Codium* podem ser usados como base para o desenvolvimento de novos fármacos, cosméticos e alimentos?

1.2.JUSTIFICATIVA

A procura por novas estruturas químicas biologicamente activas tem levado a busca de novos nichos ecológicos pouco explorados visando o conhecimento da sua diversidade de espécies, constituição química e potencial biotecnológico (Erbert, 2011). As algas destacam-se como alternativas promissoras pois apresentam uma grande biodiversidade e variabilidade na composição química, constituindo uma fonte potencial de substâncias bioactivas que podem ser convertidas em bases para as indústrias (Erbert, 2011).

Além da sua abundância nos oceanos, as algas são uma potencial fonte de obtenção de variados compostos biologicamente activos, tais como carotenóides, ácidos gordos, vitaminas, polissacáridos (Fonseca, 2016), compostos bioactivos pertencentes às classes de lectinas, terpenos, compostos fenólicos e polissacarídeos sulfatados (Silva, 2017), proteínas, vitaminas, macro e microelementos (Magura, 2015).Esses compostos bioactivos são usados com vários

propósitos que incluem: bioestimulantes, fertilizantes, controle de pragas e microrganismos patogênicos e alguns polissacarídeos têm importante aplicação na indústria farmacêutica, alimentícia e biotecnológica, dentre outras aplicações (Dapper *et al.*, 2014; Vasconcelos *et al.*, 2015).

As algas têm eficácia superior à verificada pelas culturas vegetais terrestres, podendo estes ser empregues no desenvolvimento de alimentos funcionais, aumentando o interesse comercial das algas (Fonseca, 2016). As propriedades naturais das algas permitem a extração de composto com actividade antibacteriana, antitumoral, antifúngica e antiviral, compostos estes difíceis de sintetizar, permitindo assim maior eficiência no desenvolvimento de fármacos (Fonseca, 2016). Para além disso, existem actualmente no mercado diversos cosméticos, direccionados para o tratamento cutâneo e para a proteção solar que contêm extratos de algas na sua composição (Fonseca, 2016),

Este trabalho, visa trazer contribuições e informações novas a respeito da composição química das algas do género *Codium* que ocorrem na Praia de Xai-Xai, para além de aumentar o acesso à informação sobre a existência de algas marinhas em Moçambique com possíveis actividades. Portanto, este estudo é de extrema importância para as próximas pesquisas em Moçambique envolvendo macroalgas verdes do género *Codium*, como possíveis fontes de compostos bioactivos para as indústrias, disponibilizando informação científica para o uso pelas comunidades Moçambicanas.

1.3.OBJECTIVOS

1.3.1. Geral

- Analisar a composição química dos extratos metanólicos das macroalgas *Codium prostratum*, *Codium duthieae* e *Codium lucasii*.

1.3.2.Específicos

- Identificar os componentes químicos dos extratos metanólicos das macroalgas *Codium prostratum*, *Codium duthieae* e *Codium lucasii*;
- Quantificar os elementos químicos presentes nas macroalgas *Codium prostratum*, *Codium duthieae* e *Codium lucasii*;

- Determinar a capacidade antioxidante dos extratos metanólicos de macroalgas *Codium prostratum*, *Codium duthieae* e *Codium lucasii*.

1.4.HIPÓTESES

1.4.1.Hipótese Nula:

- Não existem diferenças na composição fitoquímica das macroalgas do género *Codium* que ocorrem na Praia de Xai-Xai.

1.4.2.Hipótese Alternativa:

- Existem diferenças na composição fitoquímica das macroalgas do género *Codium* que ocorrem na Praia de Xai-Xai.

2.REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1.Algas Marinhas

As algas são organismos fotossintetizantes (Vidotti & Rollemberg, 2004), com ampla diversidade de formas, funções e estratégias de sobrevivência (Pereira *et al.*, 2012). Relativamente à morfologia, as algas podem ser classificadas em organismos unicelulares, microscópicos, denominados microalgas (podendo formar colônias ou isolados) ou pluricelulares, macroscópicas, denominados macroalgas (Raven, 2007).

No geral, as macroalgas são autótrofas, eucariontes e pluricelulares, com base nas suas principais características são diferenciadas quanto à morfologia, estrutura funcional e aspectos citológicos (Barsanti *et al.*, 2008), nos filos *Rodophyta* (algas vermelhas), *Phaeophyta* (algas pardas) e *Chlorophyta* (algas verdes) (Marmitti *et al.*, 2015).

2.1.1.Filo *Chlorophyta*

As algas verdes são membros do filo *Chlorophyta* (Silva, 2017), apresentam cromatóforos verdes contendo clorofila a, pouca clorofila b, xantofilas, alfa e beta-caroteno (Guiloviça, 2007). Apresentam células unicelulares ou multicelulares, amido como reserva fotossintética e a parede celular é primariamente composta de celulose (Guiloviça, 2007).

As células das algas verdes podem ser móveis ou sem motilidade, a sua reprodução ocorre de forma assexuada (por simples fragmentação), podendo originar a zooporogénese em células vegetativas quando ocorre uma mudança no habitat da alga ou de forma sexuada que ocorre através do desenvolvimento de gâmetas (Silva, 2017).

Em Moçambique, as espécies de algas verdes predominantes ocorrem nas zonas entre marés do sul e na zona norte do país, existem cerca de 11 espécies do género *Codium*, como o *Codium prostratum*, *Codium duthieae* e *Codium lucasii*, (Bandeira, 1996).

2.1.1.1. Gênero *Codium*

O gênero *Codium* pertence a família *Codiaceae* que inclui cerca 150 espécies (Cordeiro, 2013), é exclusivamente marinho (Pedroche, 2001) e se encontra distribuído em todos os mares com exceção das regiões polares (Pedroche *et al.*, 2002). Também são encontradas no oceano Índico na região Ocidental (Moçambique, Quênia, Maurícias, Tanzânia e África do Sul) (Silva *et al.*, 1996, Guiry & Guiry, 2020).

Este gênero é caracterizado por apresentar um talo verde-escuro, rastejante, (Anderson *et al.*, 2016) e multiaxial, seus filamentos cenocíticos formam um corpo vegetal macroscópico de forma definida por meio do seu entrelaçamento (Carvalho, 2008) e podem possuir um hábito erecto ou prostrado (Carvalho, 2008). Podem ser encontrados no gênero *Codium spp*, compostos como polissacarídeos que conferem actividades farmacológicas, como anticoagulante, antioxidante, anti-inflamatório, antiviral, antibacteriano, antiproliferativo, antitumoral e antiadesivo (Kallswari *et al.*, 2016).

2.1.1.1.1. *Codium prostratum*

Segundo Guiloviça (2007), quanto a morfologia a alga *Codium prostratum* possui uma coloração verde-escura, apresenta um talo quase sempre prostrado, raramente erecto (juvenis), com ramos cilíndricos, com ápices descendentes encurvados e encontra-se preso no substrato por um grupo de rizoides (Figura 1). Esta espécie de alga, geralmente encontra-se localizada em poças na zona medio litoral das plataformas rochosas.



Figura 1: Morfologia da macroalga *Codium prostratum*. **Fonte:** Autora

2.1.1.1.2. *Codium duthieae*

Segundo Edgar (2008), quanto a morfologia, a alga *Codium duthieae* possui uma coloração verde-escura, apresentam ramos cilíndricos e planos (Figura 2). Esta espécie de alga, geralmente encontra-se fixa em rochas.



Figura 2: Morfologia da macroalga *Codium duthieae*. **Fonte:** Autora

2.1.1.1.3. *Codium lucasii*

Segundo Guiloviça (2007), quanto a morfologia a alga *Codium lucasii* possui uma coloração verde-escura, apresenta talos irregulares, intimamente ligados ao substrato e somente livre nas margens, com forma funcional corticata (Figura 3). Esta espécie de alga geralmente encontra-se fixa em rochas, na zona mediolitoral.



Figura 3: Morfologia da macroalga *Codium lucasii*. **Fonte:** Autora

2.1.2.Composição química das algas

Com base no processo adaptativo e a capacidade de habitar em diferentes ambientes, as algas produzem uma grande diversidade estrutural de substâncias (Cardozo *et al.*, 2007) que estão directamente envolvidos em processos para a protecção contra predadores (Sudatti, 2010).

As algas fornecem uma grande quantidade de vitaminas (complexo B e C, provitamina A, K, D e E) e fibras (Rocha, 2001), são fontes de proteínas, carboidratos, ricas em ácidos graxos poli-insaturados e minerais como Ca, P, Na, Fe, Mg, I e K (Dhargalkar & Verlencar, 2009; Fonseca, 2016). São constituídas de ácidos, amins, lipídios, esteróis, esteróides, compostos fenólicos, fitocromos, pigmentos, açúcar e álcool que resultam do metabolismo secundário em resposta aos estímulos ambientais (Simões *et al.*, 2007).

Segundo Simões *et al.* (2007) os metabólitos secundários têm origem a partir do metabolismo da glicose por intermédio do ácido chiquímico e o acetato, sendo que o primeiro dá origem a compostos com um anel aromático (taninos hidrolisáveis, cumarinas, alcalóides derivados dos aminoácidos aromáticos e fenilpropanóides) e o metabolismo do acetato origina os aminoácidos alifáticos, alcalóides e seus derivados, terpenóides (mono e sesquiterpenos), xantofilas, polifenóis como catequinas, galocatequina, epicatequina e galato de catequina, compostos halogenados, micosporinas, glicosídeos, flavonóides que são integrantes do grupo dos polifenóis e incluem flavonas e flavonóis, ficobilinas, ficocianinas, triglicerídeos e terpenóides.

2.1.3.Funções bioativas dos compostos de algas

Devido a presença de metabolitos secundários estruturalmente diversificados e diferentes das encontradas em plantas terrestres, com novos esqueletos carbónicos e com combinações de grupos funcionais pouco comuns, as algas tem despertado o interesse como fontes de novos compostos bioactivos (Silva, 2009).

Os mecanismos de adaptação das algas as diversas condições ambientais (alta intensidade luminosa, raios ultravioletas, poluentes, patogénos e temperaturas extremas), originam uma grande diversidade estrutural de metabólitos secundários, com funções ecológicas diversas (Mayer & Hamann, 2005). Além disso, as algas permitem a obtenção dos compostos bioactivos com maior facilidade comparativamente aos outros organismos marinhos (Silva, 2009).

Os compostos produzidos pelas algas apresentam uma diversidade de acções biologicamente activas como: actividade antimicrobiana, antiinflamatória, anticoagulante, antioxidante, antiviral e anticancerígenas (Mayer & Hamann, 2005).

A alga *Codium tomentosum* pode ser incluída na dieta humana para a resolução de problemas associados à deficiência de minerais, como Ca, K, Mg e Fe, contribuindo para a satisfação das necessidades diárias, com consequente melhoria das condições de saúde (Fonseca, 2016). E ainda, a alga *Codium tomentosum* apresenta um potencial antioxidante, antitumorigénico e hipoglicémico (Valentão *et al.*, 2010), a alga *Codium fragile* apresenta potencial anticoagulante e anti-hepatotóxico, a alga *Codium latum* apresenta um potencial antiviral e a alga *Codium cillindricum* apresenta um potencial antiangiogénico (Cordeiro, 2013).

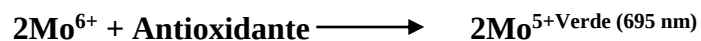
2.1.4. Capacidade antioxidante

Os Antioxidantes são compostos capazes de atrasar ou inibir os processos de oxidação que ocorrem sob a influência do oxigénio atmosférico ou espécies reactivas, principalmente os radicais livres (Pisoschi & Negulescu, 2011). Os radicais livres são moléculas com electrões desemparelhados que são altamente instáveis e activos para reacções químicas com outras moléculas e são produzidos naturalmente como metabolismo nas mitocôndrias, através da cadeia respiratória, processos inflamatórios e fagocitose. Estes podem derivar do oxigénio, nitrogénio e enxofre, criando assim espécies reactivas de oxigénio (ROS ou ERO), espécies reactivas de nitrogénio (RNS) e espécies reactivas de enxofre (RSS), respectivamente (Matsinhe, 2020).

Existem vários métodos usados para determinar a capacidade antioxidante dos quais se destacam captura do radical livre DPPH, ensaio de poder de redução do ião férrico e método de redução do complexo fosfomolibdénio (Pisoschi & Negulescu, 2011).

2.1.4.1.Redução do complexo fosfomolibdénio

O teste de capacidade antioxidante total é um método espectroscópico cujo princípio é baseado na formação do complexo de fosfomolibdénio, onde o ião (Mo^{6+}) é reduzido para (Mo^{5+}) pela amostra formando um complexo de fosfato de Mo^{5+} verde a um pH ácido (Alam *et al.*, 2013).



Equação da redução do ião molibdénio.

Segundo Caroch & Ferreira (2013), entre os agentes antioxidantes mais conhecidos destaca-se o ácido ascórbico (vitamina C) que pode ser encontrado sob duas iso-formas com potente actividade antioxidante: ácido L-ascórbico e ácido L-dihidroascórbico. O ácido ascórbico é eficaz na eliminação de anião radical superóxido, peróxido de hidrogénio, radical hidroxilo, oxigénio atómico e óxido de azoto (Caroch & Ferreira, 2013).

3.ÁREA DE ESTUDO

Para este estudo as amostras de macroalgas foram colhidas na Praia de Xai-Xai, província de Gaza. Os ensaios experimentais foram realizados no laboratório do Departamento de Ciências Biológicas (DCB) e no laboratório do Departamento de Química na Universidade Eduardo Mondlane (UEM), localizado no Campus Universitário, na Cidade de Maputo.

3.1.Praia de Xai-Xai

O distrito de Xai-Xai fica situado no extremo sul de Moçambique, é limitado a sul pelo Oceano Índico, a norte pelo distrito de Chibuto (posto administrativo de Malehice e chókwe), a este pelo distrito de Bilene e oeste pelo distrito de Mandjakazi (Ministério da administração Estatal, 2005).

A Praia de Xai-Xai localiza-se na Província de Gaza a 10 km da cidade de Xai-Xai, conforme ilustrado na Figura 4. Esta Praia é composta por bancos de areia fina e branca, acumulada por acção das ondas, dunas altas e com vegetação (Siteo, 2004 citado por CDS Zonas Costeiras, 2012). Predomina um clima tropical húmido influenciado pelos anti-ciclones do Atlântico e do Índico pela época fresca e época quente (CDS Zonas Costeiras, 2012).

A Praia de Xai-Xai não contém mangais pois é influenciada por uma grande acção das ondas do mar e sua inclinação, assim como o solo que não permite a retenção da água por um longo período de tempo (CDS Zonas Costeiras, 2012).



Figura 4: Localização geográfica da Praia de Xai-Xai. **Fonte:** Maptons

4.MATERIAL

No presente estudo, foram usados os materiais e equipamentos disponibilizados pelo Departamento de Ciências Biológicas e pelo Departamento de Química, UEM que se encontram alistados abaixo. Foram usadas amostras de três macroalgas verdes colhidas na Praia de Xai-Xai.

4.1.Materiais

- Copos Becker;
- Balões de Erlenmeyer;
- Luvas;
- Papel de *Whatman*;
- Placas de Petri.
- Papel de alumínio;
- Folhas A4;
- Balão volumétrico;
- Proveta graduada;
- Espátulas;

4.2. Equipamentos laboratoriais

- Balança analítica;
- Frigorífico – 20°;
- Furador de papel;
- Rota-evaporador;
- Moínho;

4.3. Soluções

- Metanol à 90%;
- Hipoclorito de sódio (3.5%);
- Água destilada.

4.4. Material biológico

- *Codium prostratum*, *Codium duthiae* e *Codium lucasi*.

5.METODOLOGIA

A amostragem das algas marinhas foi realizada em Novembro de 2020 na praia de Xai-Xai, na zona entre marés, durante a maré baixa. Foram colhidas manualmente com recurso a uma faca aproximadamente 300g das macroalgas marinhas, *Codium prostratum*, *Codium duthieae* e *Codium Lucasii*. As amostras de macroalgas foram lavadas no local da colheita com água do mar, conservadas em recipiente isotérmico com acumuladores de gelo e transportados para o laboratório B4 do DCB-UEM, onde foram cuidadosamente lavadas com água corrente, seguidamente com uma solução de Hipoclorito de sódio (3.5%), para retirada de detritos.

Depois de limpas, a identificação das amostras foi confirmada com o auxílio do técnico de taxonomia e usando manuais de identificação de macroalgas (De Clerck *et al.*, 2005). De seguida, as macroalgas previamente identificadas foram colocadas separadamente em papel absorvente e papel de alumínio, e foram submetidas a secagem em uma estufa durante 72 horas na estufa a 43°C. Após a secagem, foram pesadas cada espécie de macroalgas usando uma balança analítica.

Com o auxílio de uma tesoura, as amostras de macroalgas devidamente secas, foram cortadas em pequenos fragmentos de modo a facilitar a passagem pelo moinho. De seguida, os pequenos fragmentos das algas secas foram triturados com o auxílio de um moinho, no Departamento de Química-UEM, para a obtenção de um pó de massa homogênea. O pó obtido após a pesagem foi posteriormente usado para a obtenção dos extratos das macroalgas.

5.1.Análise qualitativa de fitocompostos em extratos metanólicos de macroalgas

Para a identificação dos fitocompostos presentes nas macroalgas, foi usado o método colorimétrico padrão, onde os extratos metanólicos foram preparados para cada amostra de alga usando três réplicas para cada análise. Com o auxílio de uma balança analítica, pesou-se 10g do pó da alga seca e misturou-se com 100 ml de Metanol a 90%. A mistura foi incubada por 24 horas, de seguida fez-se a maceração durante 6 horas em um agitador a 120 rpm.

O resíduo aquoso foi filtrado em papel de filtro *Whatman* e evaporou-se o Metanol usando um manto de aquecimento até 10 ml a 60°C. De seguida, colocou-se as soluções em tubos de ensaios previamente esterilizados e rotulados (Dias *et al.*, 2020).

De seguida foi realizada uma triagem fitoquímica para a identificação dos principais grupos químicos naturais, como Cumarinas, Taninos, Flavonóides, Flavonóis, Flavononas, Saponinas, Alcalóides e Esteróides.

5.1.1. Teste de Cumarinas (Teste de NaOH)

Em um tubo de ensaio contendo 1 ml do extrato metanólico foi adicionado 1mL de Hidróxido de sódio (NaOH) 10% e o surgimento da coloração amarela indicou a presença de Cumarinas (Deyab *et al.*, 2016 citado por Dias *et al.*, 2020).

5.1.2. Teste de Taninos (Teste FeCl₃)

Em um tubo de ensaio contendo 1 ml do extrato metanólico foi adicionado 1 mL de Cloreto férrico (FeCl₃) a 5% e o surgimento da coloração azul indicou a presença de Taninos hidrolisáveis e o surgimento da coloração verde indicou a presença de Taninos condensados (Deyab *et al.*, 2016 citado por Dias *et al.*, 2020).

5.1.3. Teste de Flavonóides

Em um tubo de ensaio contendo 1 ml do extrato metanólico foi adicionado 1mL de clorofórmio, seguido da adição de 1mL de Hidróxido de amônio (NH₄OH) 1%, e o surgimento da coloração amarela na camada de amônia indicou a presença de flavonóides (Deyab *et al.*, 2016 citado por Dias *et al.*, 2020). As subclasses de flavonóides foram identificadas como:

- **Flavonóis (Teste de Shinoda)**

Em um tubo de ensaio contendo 1 ml do extrato metanólico foi adicionado um pedaço de fita de magnésio (cerca de 1 cm) e seguido da adição de 2 à 3 gotas de ácido clorídrico (HCl) a 32%. O surgimento da coloração laranja indicou a presença de flavonas e o surgimento da coloração vermelha indicou presença de flavonóis (Deyab *et al.*, 2016 citado por Dias *et al.*, 2020).

- **Flavononas (Teste de NaOH)**

Em um tubo de ensaio contendo 1 ml do extrato metanólico foi adicionado 1mL de Hidróxido de sódio (NaOH) a 10% e surgimento da coloração amarela a laranja indicou a presença de flavononas (Deyab *et al.*, 2016 citado por Dias *et al.*, 2020).

5.1.4. Teste de Saponina (Teste de Espuma)

Em um tubo de ensaio contendo 1 ml do extrato metanólico foi adicionado 1 mL de água destilada e agitou-se permanentemente por 3 minutos. A formação de espuma persistente por mais de 5 minutos indicou a presença de saponinas (Deyab *et al.*, 2016 citado por Dias *et al.*, 2020).

5.1.5. Teste de Alcalóides (Teste de Mayer)

Em um tubo de ensaio contendo 1 ml do extrato metanólico foi adicionado 6 à 12 gotas de ácido clorídrico (HCl) a 2%, de seguida filtrou-se a solução. Ao filtrado foram adicionadas 2 à 3 gotas do reagente de Mayer e surgimento de um precipitado amarelo indicou a presença de alcalóides (Deyab *etal.*, 2016 citado por Dias *et al.*, 2020).

5.1.6. Teste de Esteróide (Teste de Liebermann-Burchard)

Em um tubo de ensaio contendo 1 ml do extrato metanólico foi adicionado 10 gotas de ácido acético anidro, de seguida foram adicionadas 2-3 gotas de ácido sulfúrico concentrado. A mudança de coloração de azul para verde indicou a presença de esteróides (Deyab *et al.*, 2016 citado por Dias *et al.*, 2020).

5.2. Análise de antioxidante

A análise de antioxidante foi realizada com base no método de redução do complexo fosfomolibdênio. Foi feita a medição do volume do extrato obtido da evaporação para determinar a concentração da amostra. A partir do extrato padrão foram preparadas as concentrações sequenciais de 0,1; 0,3 e 0,6 g/ml do extrato metanólico das algas verdes.

Com auxílio de uma micropipeta mediu-se 300 uL do extrato metanólico das macroalgas verdes, depositando-as no tubo de ensaio e foram adicionados 3 mL do reagente de

fosfomolibdenio. De seguida, foram levados os tubos para ao banho-maria por 90 minutos a uma temperatura de 95° C.

Passado os 90 minutos e após o arrefecimento das amostras, foram feitas a leitura das absorvâncias no espectrofotómetro. Fez-se individualmente a leitura das absorvâncias em branco e das absorvâncias da solução da amostra usando 695 nm de comprimento de onda. De seguida, foi calculado a percentagem de capacidade total.

$$\% \text{ de capacidade total} = \frac{\text{absorbancia da amostra} - \text{absorbancia em branco}}{\text{absorbancia da amostra}} \times 100.$$

5.3. Análise e Tratamento de dados

Todas as análises foram realizadas em triplicata. Os resultados expressos sob a forma de Gráficos e Tabelas. Também foram calculadas a Média e Desvio padrão de cada ensaio (estatística descritiva).

A estatística inferencial foi feita utilizando o teste ANOVA One-Way através do pacote estatístico SPSS Statistics 17.0 a um nível de significância de $p < 0.05$.

6.RESULTADOS

6.1. Descrição qualitativa de fitocompostos em extratos metanólicos de macroalgas

Os testes fitoquímicos realizados nos extratos metanólicos das algas *Codium prostratum*, *Codium duthiaeae* e *Codium lucasii* usando métodos colorimétricos revelaram a presença de vários fitocompostos que incluem Cumarinas, Taninos, Flavonóides, Flavonóis, Flavononas, Saponinas e Alcalóides (Tabela 1), através de reacções químicas que resultaram no desenvolvimento de uma coloração ou a formação de um precipitado característico para cada classe de substâncias.

Tabela 1: Fitocompostos presentes nos extratos metanólicos das macroalgas *Codium prostratum*, *Codium duthiaeae* e *Codium lucasii*. Onde o primeiro tubo de ensaio representa o extrato metanólico bruto e o segundo tubo de ensaio indica o teste fitoquímico.

Macroalgas	Cumarinas	Taninos	Flavonóides	Flavonóis	Flavononas	Saponinas	Alcalóides	Esteróides
<i>Codium duthiaeae</i>								
<i>Codium prostratum</i>								
<i>Codium lucasii</i>								

A espécie *Codium prostratum* possuem altas proporções de Saponinas e proporções moderadas de Taninos, Flavonóis, Flavononas e Alcalóides. Por outro lado, os extratos metanólicos da alga *Codium prostratum* não apresentou Cumarinas, Flavonóides e Esteróides (Tabela 2).

A espécie *Codium duthieae* apresentou grandes proporções de Flavononas e Saponinas, proporções moderadas de Taninos e baixas proporções de Flavonóis e Alcalóides. Por conseguinte, não foi detetada a presença de Cumarinas, Flavonóides e Esteróides nos extratos metanólicos da alga *Codium duthieae*.

A espécie *Codium lucasii* possui altas proporções de Taninos, Flavonóis e Saponinas, e baixas proporções de Cumarinas, Flavonóides e Alcalóides. Não foi detetada a presença de Flavononas e Esteróides nos extratos metanólicos da alga *Codium lucasii*. (Tabela 2)

Tabela 2: Descrição qualitativa de fitocompostos presentes nos extratos metanólicos das macroalgas *Codium prostratum*, *Codium duthieae* e *Codium lucasii*. Onde: (+++) - Intensidade elevada; (++) - Intensidade moderada; (+) – Intensidade reduzida; (-) – Não foi detetado.

Fitocompostos	Extrato metanólico de macroalga		
	<i>Codium prostratum</i>	<i>Codium duthieae</i>	<i>Codium lucasii</i>
Cumarinas	-	-	+
Taninos	++	++	+++
Flavonóides	-	-	+
Flavonóis	++	+	+++
Flavononas	++	+++	-
Saponinas	+++	+++	+++
Alcalóides	++	+	+
Esteróides	-	-	-

6.2.Cromatografia gasosa de espectro de massa (GC-MS) dos extratos metanólicos de algas verdes

Os extratos metanólicos das macroalgas, *Codium prostratum*, *Codium duthieae* e *Codium lucasii* foram submetidas a testes qualitativos para a identificação dos compostos fitoquímicos através da técnica de cromatografia gasosa acoplada a espectrometria de massa (GC-MS). Os Resultados desta análise revelaram que os extratos metanólicos das macroalga em estudo, contêm vários fitocompostos que incluem os hidrocarbonetos, esteres, éteres e ácidos carboxílicos.

A alga *Codium lucasii* apresentou maior diversidade de fitocompostos com um total de 9 fitocompostos, seguido da alga *Codium prostratum* com 8 fitocompostos e *Codium duthieae* com 6 fitocompostos.

As algas, *Codium prostratum*, *Codium duthieae* e *Codium lucasii* apresentam similaridades quanto a presença de fitocompostos como: Neophytadiene, 3,7,11,15-Tetramethyl-2-hexadecen-1-ol, (2-(1,3-Dioxolan-2-yl)ethyl) triphenylphosphonium bromide, e uma diferenciação em relação a outros fitocompostos apresentados (Tabela-3).

Tabela 3: Composição química dos extratos metanólicos das algas *Codium prostratum*, *Codium duthieae* e *Codium lucasii* analisados em GC-MS.

Nº	Nome do fitocomposto	Fórmula química	Macroalga		
			<i>Codium prostratum</i>	<i>Codium duthieae</i>	<i>Codium lucasii</i>
1	Acetaldehyde	C ₂ H ₄ O	-	X	X
2	Neophytadiene	C ₂₀ H ₃₈	X	X	X
3	3,7,11,15-Tetramethyl-2-hexadecen-1-ol	C ₂₀ H ₄₀ O	X	X	X
4	Oxirane, tetradecyl	C ₁₆ H ₃₂ O	X	X	-
5	(2-(1,3-Dioxolan-2-yl)ethyl) triphenylphosphonium bromide	C ₂₃ H ₂₄ BrO ₂ P	X	X	X
6	Stigmastan-3,5,22-trien	C ₂₉ H ₄₆	-	X	-
7	1,14-Tetradecanediol	C ₁₄ H ₃₀ O ₂	X	-	-
8	n-Hexadecanoic acid	C ₁₆ H ₃₂ O ₂	X	-	-
9	Phytol	C ₂₀ H ₄₀ O	X	-	X
10	Stigmasterol	C ₂₉ H ₄₈ O	X	-	-
11	DL-2,3-Butanediol	C ₄ H ₁₀ O ₂	-	-	X
12	Hexadecanoic acid, methyl ester	C ₁₇ H ₃₄ O ₂	-	-	X
13	n-Hexadecanoic acid	C ₁₆ H ₃₂ O ₂	-	-	X

14	Stigmasta-5,22-dien-3-ol, acetate, (3.beta.)-	C ₃₁ H ₅₀ O ₂	-	-	X
----	---	--	---	---	---

6.3. Concentração de elementos químicos em amostras secas de macroalgas

A análise de elementos químicos realizados nas amostras da macroalga *Codium prostratum*, *Codium duthieae* e *Codium lucasii*, revelaram a presença de vários elementos químicos que incluem Ag, Al, Ca, entre outros (Tabela 4 em anexo). Com base nas diferentes concentrações dos elementos químicos, considerou-se uma concentração elevada quando $X > 1000 \mu\text{g/g}$, concentração moderada quando $100 < X < 1000$ e concentração baixa quando $X < 100 \mu\text{g/g}$.

A alga *Codium prostratum* revelou apresentar em média uma concentração elevada de K, Ca, Na, Al, Ti, Li, U, As, Fe e Se (23454-1048 $\mu\text{g/g}$), concentrações moderadas de Pb, Cu, Sr, Zn, Ag, Cd e Ni (691.9-100.6 $\mu\text{g/g}$), e concentrações baixas de Mn, Cr, Ba, Co e V (80.8-55 $\mu\text{g/g}$).

A espécie *Codium duthieae* revelou apresentar em média uma concentração elevada de K, Ca, Al, Ti, Fe e Li (26249-1825.3 $\mu\text{g/g}$), concentrações moderadas de U, Se, As, Pb, Cu, Cd, Zn, Ag e Sr (901.9-101.6 $\mu\text{g/g}$), e concentrações baixas de Ni, Cr, Ba, Co, V, Mn (78.6-44 $\mu\text{g/g}$).

A espécie *Codium lucasii* revelou possuir em média uma concentração elevada de K, Ca, Al, Ti, Li, U, Na e Fe (11559-1090.7 $\mu\text{g/g}$), concentrações moderadas de As, Se, Mn, Cu, Zn, Cd e Ag (855.1-116.2 $\mu\text{g/g}$) e baixas concentrações de Ni, Cr, Mn, Co, Ba e V (91.3-45.8 $\mu\text{g/g}$).

De um modo geral, a concentração dos elementos químicos variou em cada uma das três macroalgas.

Comparativamente, a alga *Codium duthieae*, apresentou concentração elevada de Na em relação as algas *Codium prostratum* e *Codium lucasii*, enquanto que a alga *Codium prostratum* apresentou concentrações elevadas de K, Ca e Al em relação as algas *Codium duthieae* e *Codium lucasii*, ilustrado na Tabela 4.

Tabela 4: Concentração de elementos químicos presentes em amostras secas da macroalga *Codium prostratum*, *Codium duthieae* e *Codium lucasii*.

Análise de elementos químicos					
Elemento	Símbolo	Wavelength	<i>C. prostratum</i> [µg/g]	<i>C. duthieae</i> [[µg/g]	<i>C. lucasii</i> [µg/g]
Prata	Ag	328.2	137.2	107.4	116.2
Alumínio	Al	167.0	4537.3	2894.7	3512.0
Arsênio	As	189.0	1128.7	682.1	855.1
Bário	Ba	233.5	59.7	56.8	54.6
Cálcio	Ca	220.8	17771.3	5600.7	10728.0
Cádmio	Cd	226.5	134.3	128.8	116.3
Cobalto	Co	228.6	59.5	51.1	51.3
Cromo	Cr	267.7	67.6	61.8	69.7
Cobre	Cu	213.5	388.9	327.8	320.7
Ferro	Fe	259.9	1069.0	1986.0	1090.7
Potássio	K	769.8	23454.0	17060.7	11559.0
Lítio	Li	323.2	2202.3	1825.3	1887.0
Manganês	Mn	259.3	80.8	44.0	59.3
Sódio	Na	330.2	12431.0	26249.0	11449.0
Níquel	Ni	231.6	100.6	78.6	91.3
Chumbo	Pb	216.9	691.9	557.5	572.5
Selênio	Se	203.9	1048.0	705.4	824.8
Estrôncio	Sr	421.5	382.9	101.6	288.0
Titânio	Ti	276.7	2845.3	2612.0	2424.0
Urânio	U	367.0	1445.9	901.9	1162.5
Vanádio	V	292.4	55.0	45.3	45.8
Zinco	Zn	202.5	139.8	120.1	131.0

6.4. Análise de Antioxidante

A partir da regressão linear obteve-se a curva analítica do padrão ácido ascórbico ($y = 5.53063x - 0,322$, $r = 0,9969$).

Em relação as análises de antioxidantes, constatou-se que o percentual antioxidante é directamente proporcional com a concentração do ácido ascórbico (Figura 5)

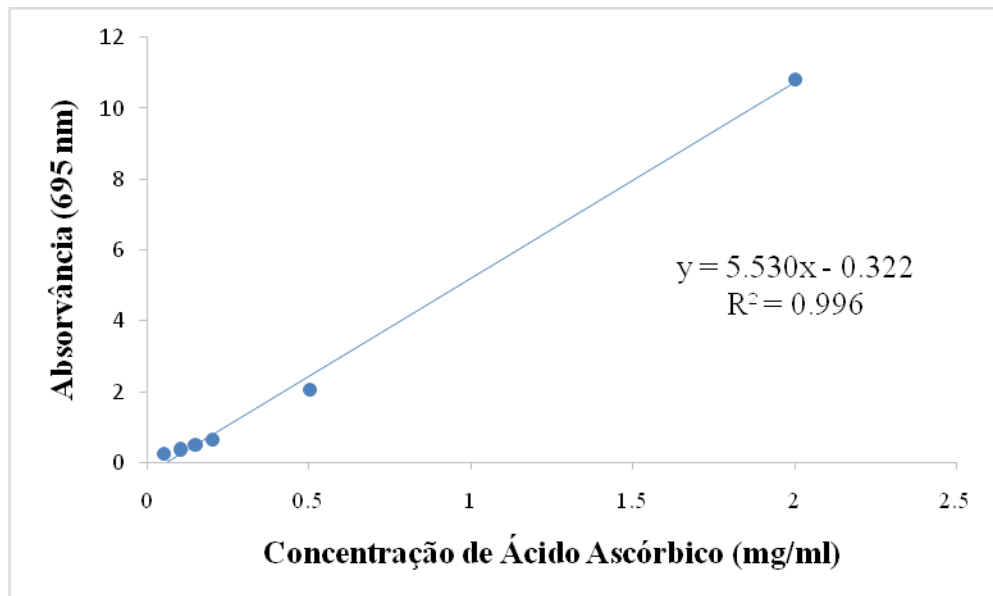


Figura 5: Curva padrão da actividade antioxidante do ácido ascórbico pelo método de inibição da formação do complexo fosfomolibdênio.

A partir da equação, podemos correlacionar o quanto a concentração do ácido ascórbico nos extratos metanólicos das algas em estudo é equivalente ao padrão e com os resultados obtidos. Foi constatado que no método do complexo de fosfomolibdênio, a concentração do ácido ascórbico é superior a concentração do ácido ascórbico nos extratos metanólicos das algas em estudo, o que significa que os extratos são antioxidantes mais fracos que o ácido ascórbico.

As análises de antioxidante, revelaram que o extrato metanólico da alga *Codium prostratum* é o antioxidante mais forte, com uma concentração igual 0.85mg/g de ácido ascórbico comparativamente aos extratos metanólicos das outras algas analisadas. Por outro lado, as algas *Codium duthieae* e *Codium lucasii* apresentaram uma concentração de ácido ascórbico igual a 0.29 (mg/g), ilustrado na figura 6.

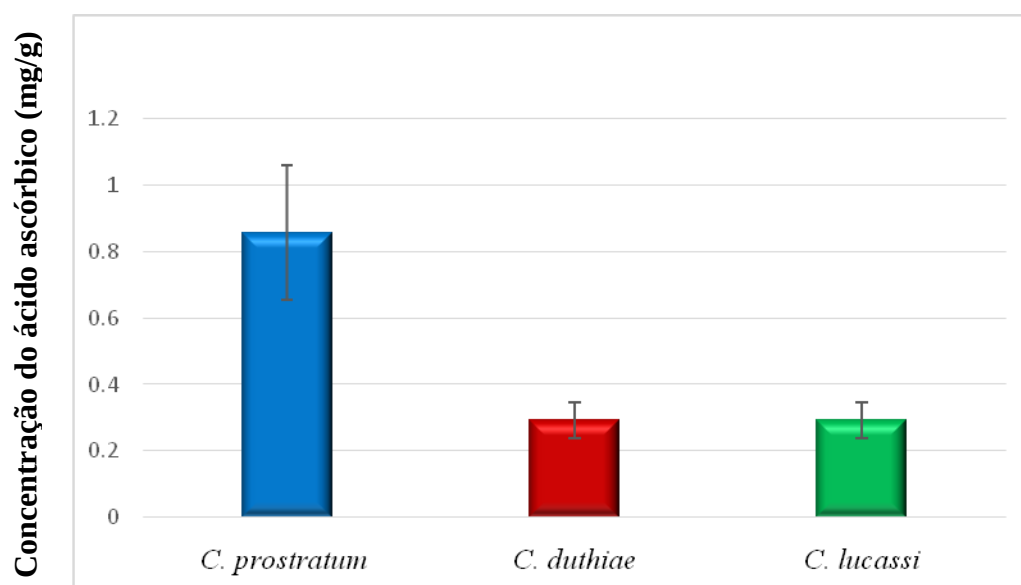


Figura 6: Actividade antioxidante avaliada pelo método de inibição da formação do complexo de fosfomolibdênio nas algas *Codium prostratum*, *Codium duthieae* e *Codium lucasii*.

7.DISCUSSÃO

7.1. Descrição qualitativa de fitocompostos em extratos metanólicos de macroalgas

Neste estudo as análises colorimétricas realizadas nos extratos metanólicos das algas verdes revelaram que as algas *Codium prostratum* e *Codium duthieae* apresentam Taninos, Saponinas, Flavonóis, Flavononas e Alcalóides, com a ausência de Cumarinas, Flavonóides e Esteróides. Por outro lado, a alga *Codium lucasii* revelou a presença de Taninos, Saponinas, Flavonóis, Cumarinas, Flavonóides e Alcalóides, com a ausência de Flavononas e Esteróides.

Comparativamente com o estudo de Rengasamy *et al.* (2014), os extratos das algas do género *Codium* revelaram a presença de Taninos e Flavonóides. A presença e/ou ausência de compostos fenólicos nas algas pode provavelmente sofrer influência do ambiente em que a espécie de alga foi coletada (Simões *et al.*, 2010).

Os fitocompostos produzidos pelas algas apresentam uma diversidade de acções biologicamente activas (Mayer & Hamann, 2005). Os Taninos que também foram identificados, apresentam actividade fungicida, antioxidante e sequestradora de radicais livres (Mello & Santos, 2001), por outro lado, as saponinas que também foram identificados, apresentam propriedades emulsificantes, propriedades farmacológicas e medicinais, fortes propriedades hemolíticas, bem como actividade antimicrobiana, insecticida e moluscicida (João, 2015).

Os Flavonóides têm sido referidos com variadas propriedades biológicas, incluindo a actividade anti-inflamatória, estrogénica, antimicrobiana, anti-alérgica, antioxidante, vascular e citotóxico (Barros, 2012).

Os alcalóides apresentam actividade anti-cancerígenas, analgésicas, narcóticas, estimulantes, anti-asmáticas, expectorantes, anti-hipertensivas, relaxantes musculares, citotóxicas e antimicrobianas (Souza, 2008), e as Cumarinas apresentam actividade antioxidante, anti-inflamatória e antimicrobianas comprovadas (Torres *et al.*, 2006; Kalkhambkar *et al.*, 2008; Menghini *et al.*, 2010).

Mediante estas afirmações é possível perceber que, os fitocompostos identificados apresentam potencial biológico significativo, incluindo actividades antioxidantes, antimicrobianas, anti-inflamatórias e farmacológicas diversas. A presença de Taninos e Flavonóides, de acordo com

estudos anteriores, reforça a relevância dessas macroalgas como fontes relevantes de biomoléculas bioativas.

7.2.Cromatografia gasosa de espectro de massa (GC-MS) dos extratos metanólicos de algas verdes

Foram identificados nos testes GC-MS um total 14 fitocompostos diferentes nos extratos metanólicos das algas em estudo. Dos quais 09 foram identificados em extratos metanólicos da macroalga *Codium lucasii*, 08 fitocompostos em extratos metanólicos do *Codium prostratum* e 06 fitocompostos em extratos metanólicos da macroalga *Codium duthieae*.

Os fitocompostos Neophytadiene, 3,7,11,15-Tetramethyl-2-hexadecen-1-ol, (2-(1,3-Dioxolan-2-yl) ethyl) triphenylphosphonium bromide foram comuns nas três algas em estudo. Os fitocompostos 3,7,11,15-Tetramethyl-2-hexadecen-1-ol, éster metílico, ácido hexadecanóico e óxido de etileno (oxirano) são relatados como detentores de actividades biológicas como anti-cancerígenas, anti-tumorais, anti-inflamatória, antioxidante, actividade antimicrobiana antiviral (Armine *et al.*, 1950; Contelles *et al.*, 2004; Misra *et al.*, 2008; Ramya *et al.*, 2015; Mustapha *et al.*, 2016; El-fayoumy *et al.*, 2021).

De acordo com as afirmações pode se concluir que, entre os compostos identificados, Neophytadiene, 3,7,11,15-Tetramethyl-2-hexadecen-1-ol e (2-(1,3-Dioxolan-2-yl) ethyl) triphenylphosphonium bromide, foram comuns às três espécies, sugerindo uma assinatura química compartilhada. Fora isso compostos como 3,7,11,15-Tetramethyl-2-hexadecen-1-ol éster metílico, ácido hexadecanóico e óxido de etileno (oxirano) são reconhecidos por suas propriedades bioativas, incluindo actividades anticancerígena, anti-inflamatória, antioxidante e antimicrobiana. Os resultados reforçam o potencial das macroalgas do gênero *Codium* como fontes naturais de biomoléculas com relevância farmacológica e biotecnológica, destacando a importância de estudos futuros para explorar suas aplicações terapêuticas e industriais.

7.3.Concentração de elementos químicos em amostras secas de macroalgas

As análises de elementos químicos, revelaram uma grande diversidade e variação nas concentrações dos elementos químicos nas algas *Codium prostratum*, *Codium duthieae* e *Codium lucasii*. A concentração dos elementos químicos nas algas, depende da espécie de alga, local de

amostragem, dos factores bióticos e abióticos pois afectam o acúmulo dos elementos, incluindo a abundância destes na água circulante (Sánchez-Rodríguez *et al.*, 2001 citado por Rodríguez-Castañeda *et al.*, 2006; Brito *et al.*, 2012).

A alga *Codium prostratum* apresentou em média uma concentração elevada de K, Ca, Na, Al, Ti, Li, U, As, Fe e Se, e concentrações baixas de Mn, Cr, Ba, Co e V. A espécie *Codium duthieae* revelou apresentar em média uma concentração elevada de K, Ca, Al, Ti, Fe e Li, e concentrações baixas de Ni, Cr, Ba, Co, V, Mn. A espécie *Codium lucasii* apresentou em média uma concentração elevada de K, Ca, Al, Ti, Li, U, Na e Fe, e baixas concentrações de Ni, Cr, Mn, Co, Ba e V.

Comparativamente ao estudo de Sánchez-Rodríguez *et al.* (2001), que apresentou uma concentração elevada de Ca, e concentrações baixas de Fe, Zn e Ni na alga do género *Codium* proveniente do México. Por sua vez, o estudo de Rodríguez-Castañeda *et al.* (2006), apresentou concentrações elevadas de Sr As, Zn e Cr, e baixas concentrações de Na, Ca, K, Se e Fe na alga do género *Codium* proveniente do México.

Nas algas em estudo, foi verificado que as maiores concentrações de minerais foram observadas para o Sódio (Na), Potássio (K), Cálcio (Ca) e alumínio (Al). Em geral, são encontrados altas concentrações de minerais em todas as algas marinhas, (Fonseca, 2016; Oliveira, 2015) e está directamente relacionado com a sua capacidade de retenção de substâncias inorgânicas devido à troca iônica entre a superfície da alga e o meio (Rodrigues, 2015). Dos minerais geralmente encontrados em elevada concentração nas algas marinhas destacam-se: potássio, sódio, cálcio, magnésio, zinco, cobre, enxofre, vanádio, cobalto, manganês, selênio, bromo, ferro, iodo, e flúor (Júnior, 2018).

A análise das concentrações de elementos químicos nas macroalgas *Codium prostratum*, *Codium duthieae* e *Codium lucasii* revelou uma ampla diversidade e variação na composição mineral, influenciada por fatores ambientais e biológicos. As espécies apresentaram concentrações elevadas de potássio (K), cálcio (Ca), alumínio (Al) e ferro (Fe), enquanto elementos como níquel (Ni), cromo (Cr), bário (Ba), cobalto (Co) e vanádio (V) foram detectados em menores quantidades.

7.4. Análise de Antioxidante

Os extratos metanólicos das algas *Codium prostratum*, *Codium duthieae* e *Codium lucasii* apresentam acção antioxidante na sua composição. Diversos estudos, têm revelado que todas as classes de algas produzem compostos com actividade antioxidante (Devi *et al.*, 2008; Wang *et al.*, 2008; Valentão *et al.*, 2010; Yuan e Walsh, 2006). Existem outros estudos que indicam que a composição em compostos antioxidantes pode variar com base nas diferenças genéticas da população e com o ciclo de vida de cada espécie (Marinho-Soriano *et al.*, 2006; Culioli *et al.*, 2002; Murakami *et al.*, 2011).

Foi constatado que no método do complexo de fosfomolibdénio, os extratos metanólicos das algas *Codium prostratum*, *Codium duthieae* e *Codium lucasii* são antioxidantes mais fracos que o ácido ascórbico. Segundo Santos-Sánchez *et al.* (2019) e Choirunnisa *et al.* (2016), o extrato pode apresentar maior ou menor capacidade antioxidante que o ácido ascórbico, e pode estar directamente relacionado com aos mecanismos de reacção envolvidos na capacidade antioxidante dos diferentes grupos de compostos, a estrutura química desses compostos, o potencial de redução, bem como, a reactividade e estrutura química dos radicais.

Pinteus (2011), observou em seu estudo que a alga do género *Codium*, demonstrou uma fraca capacidade antioxidante, possivelmente estas algas possuem outros mecanismos de defesas, como proteínas, alcalóides, clorofilas e derivados, aminoácidos, outros pigmentos fotossintéticos ou outros mecanismos antioxidantes que não são detectadas no método do complexo de fosfomolibdénio, visto que todas as algas possuem um sistema de defesa antioxidante.

De acordo com estes resultados conclui-se que a análise antioxidante dos extratos metanólicos de *Codium prostratum*, *Codium duthieae* e *Codium lucasii* confirmou a presença de atividade antioxidante, embora com menor eficácia em comparação ao ácido ascórbico no método do complexo de fosfomolibdênio. Estudos anteriores indicam que algas do género *Codium* podem possuir mecanismos de defesa alternativos, como proteínas, alcaloides, clorofilas e outros pigmentos fotossintéticos. Dessa forma, apesar da atividade antioxidante relativamente baixa nos testes realizados, essas macroalgas podem desempenhar funções antioxidantes importantes por meio de mecanismos não detectados pelo método utilizado.

8.CONCLUSÃO

- As análises fitoquímicas dos extratos das algas do género *Codium*, a *Codium prostratum*, *Codiumduthieae* e *Codium lucasii* revelaram a presença de Taninos e Flavonóides. A composição fitoquímica dos extratos metanólicos do *Codium prostratum*, *Codiumduthieae* e *Codium lucasii* demonstraram similaridades quanto a presença de Neophytadiene, 3,7,11,15-Tetramethyl-2-hexadecen-1-ol e (2-(1,3-Dioxolan-2-yl) ethyl) triphenylphosphonium bromide e uma diferenciação em relação aos outros fitocompostos encontrados.
- A análise de elementos químicos nos extratos metanólicos do *Codium prostratum*, *Codiumduthieae* e *Codium lucasii* revelaram uma variedade de elementos químicos de concentrações variadas entre as espécies, entretanto as concentrações elevadas foram observadas nos elementos Na, K, Ca e Al.
- Os extratos metanólicos do *Codium prostratum*, *Codiumduthieae* e *Codium lucasii* demonstraram capacidade antioxidante com diferenças significativas entre si. A maior capacidade antioxidante foi observada no extrato metanólico do *Codium prostratum* que foi de igual 0.85mg/g.

9.RECOMENDAÇÕES

Com base nos resultados obtidos neste trabalho, recomenda-se:

1. A extracção dos compostos bioactivos das algas *Codium prostratum*, *Codium duthieae* e *Codium lucasii* com base em outras técnicas de extracção como Soxhlet para garantir eficiência, sustentabilidades e preservação dos compostos bioactivos;
2. A extracção dos compostos bioactivos das algas *Codium prostratum*, *Codium duthieae* e *Codium lucasii* com base em outros solventes orgânicos diferentes do Metanol por causa da toxicidade e a sustentabilidade;
3. A realização de mais estudos com estas algas, a fim de se isolar, quantificar e identificar os fitocompostos presentes.

10.REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Alam, N., N. J. Bristi & M. Rafiquzzaman (2013). **Review on in vivo and in vitro methods evaluation of antioxidant activity.***Saudi Pharmaceutical Journal*, 21(2):143–152.
2. Anderson, R. J., Stegenga & H. Bolton J. J. (2016). **Seaweeds of the South African South Coast.**
3. Andrade, D. S & A. C. Filho. (2014). **Microalgas de águas continentais.** Volume 1, 349 pp. Londrina, Instituto Agronômico do Paraná.
4. Armine, T. Wilson., Pauline, Bruno. (1950). **The Sterilization of bacteriological media and other fluids with ethylene oxide.** *J. Exp Med*, 91 (5): 449–458.
5. Bandeira, S. Dias, D., P. Scarlette, J. Hatton e A. Macia. (1996). **Investigação sobre ervas marinhas e macroalgas em Moçambique.** O papel de investigação na gestão da zona costeira Departamento de Ciências Biológicas - Universidade Eduardo Mondlane. 71pp
6. Bandeira, S. O. (1998). **Seaweed resources of Mozambique.** In: The Seaweed Resources of the World, Critchley A. T., Ohno, M. (Eds), Japan International Cooperation Agency (JICA), 403–408 pp.
7. Barros, M. C. (2012). **Preparação de novos derivados flavonóides com potencial actividade biológica.** Dissertação de Mestrado. 78 pp. Universidade de Coimbra, Coimbra.
8. Barsanti, L., P. Coltelli., V. Evangelista., A. M. Frassanito., V. Passarelli., N. Vesentini. & P. Gualtier. (2008). **The world of algae.** *Springer Science*. 1-15.
9. Blunt, J., B. R. Copp., M. H. G. Munro., P. T. Northcote & M. R. Prinsep. (2005). **Marine natural products.** *Nat Prod Rep*, 22: 15-61.
10. Brito, G. B., T. L. De Souza., F. C. Bressy., C. W.N. Moura & M. G. A. Korn. (2012). **Levels and spatial distribution of trace elements in macroalgae species from the Todos os Santos Bay, Bahia, Brazil.** *Marine Pollution Bulletin*, 64:2238–2244.

11. Cardozo, K. H. M., T. Guratini., M. P. Barros., V. R. Falcão., A. P. Tonon., N. P. Lopes., S. Campos., M. A. Torres., A.O. Souza., P. Colepicolo & E. Pinto. (2007). **Metabolites from algae with economical impact.***Comparative Biochemistry and Physiology*,146:60–78.
12. Caroch, M., e Ferreira, I. C. (2013). **A Review on Antioxidants, Prooxidants and Related Controversy: Natural and Synthetic Compounds, Screening and Analysis Methodologies and Future Perspectives.***Food and Chemical Toxicology*, 51, 15-25.
13. Carvalho, M. F. O. (2008). **Taxonomia, distribuição geográfica e filogenia do género *Codium stackhouse* (Briopsidades-Clhorophyta) no Litoral Brasileiro.** Tese de pós-graduação. 131pp. Recife, Universidade Federal Rural De Pernambuco.
14. CDS Zonas Costeiras. (2012). **Estudo da Morfodinâmica da Praia de Xai-Xai e Suas Implicações no Surgimento de Zonas de Risco para Banhistas.** MICOA/CDS Zonas Costeiras
15. Choirunnisa, A. R., Fidrianny, I. e Ruslan, K. (2016). **Comparison of Five Antioxidant Assays for Estimating Antioxidant Capacity from Three Solanum SP. Extracts.** *Asian Journal of Pharmaceutical and Clinical Research*, 9: 123–128.
16. Contelles, M. J., Molina, M. T., Anjum, S. (2004). **Naturally occurring cyclohexane epoxides: sources, biological activities, and synthesis.** *Chem. Rev*, 104 (6): 2857–2899.
17. Cordeiro, S. L. (2013). **Actividade antinociceptiva e anti-inflamatória de uma fracção rica em heterogalactana sulfatada extraída da alga *Codium isthmocladum* (Vickers 1905).**Tese de Pós-graduação. 87pp. Natal, Universidade Federal do Rio Grande do Norte.
18. Cordeiro, S. L. (2013). **Actividade antinociceptiva e anti-inflamatória de uma fracção rica em heterogalactana sulfatada extraída da alga *Codium isthmocladum* (Vickers 1905).**Tese de Pós-graduação. 87pp. Natal, Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

19. Culioli, G., Ortalo-Magné, A., Richou, M., Valls, R., Pioveti, L. 2002. **Seasonal variations in the chemical composition of *Bifurcaria bifurcata* (Cystoseiraceae).***Biochemical Systematics and Ecology.* 30:61-64.
20. Dapper, T. B.; Pujarra, S.; Oliveira, A. J.; Oliveira, F. G.; Paulert, R. (2014).**Potencialidades das macroalgas marinhas na agricultura: revisão.** Revista em agronegócios e meio ambiente, v.7, n.2, p. 295-313.
21. De Clerck, O., J. J. Bolton., R. J. Anderson & E. Coppejans. (2005). **Guide to the seaweeds of Kwazulu-Natal.** Volume 33, 294pp. Belgica, CIP Royal library Albert 1.
22. Devi, K. P., Suganthi, N., Ksesika, P., Pandian, S., K. (2008). **Bioprotective properties of seaweeds: In vitro evaluation of antioxidant activity and antimicrobial activity against food borne bacteria in relation to polyphenolic content.** *BMC Complementary and Alternative Medicine.* 8:38.
23. Deyab, M., T. Elkatony. & F. Ward. (2016). **Qualitative and quantitative analysis of phytochemical studies on brown seaweed, *Dictyota dichotoma*.** *International Journal of Engineering Development and Research,* 4:674-678.
24. Dhargalkar, V.K; Verlecar, X.C. (2009). **Southern ocean seaweeds a resource for exploration in food and drugs.** *Aquaculture* 1: 229-242.
25. Dias, V., Bandeira, S., Chúque, E., Lipassula, M., Mussagy, A. (2020). **Evaluation of phytocompounds and Chemical elements present in selected species of seaweeds, to sustain future quantitative analysis for bioactive compounds.** *Journal of Drug Delivery and Therapeutics.* 10(5):233.
26. Edgar, G (2008) in **Australian Marine Life (2nd ed.)** “Algae Revealed” R N Baldock, S Australian State Herbarium, September 2003.
27. El-fayoumy, E. A., Shanab, S. M. M., Gaballa, A. S., Tantawy, M. A., Shalaby, E. A. (2021). **Evaluation of antioxidant and different fractions of *Chlorella vulgaris* axenic culture grown under various concentrations of copper ions.** *BMC Complementary Medicine and Therapies.* 21:51. 9-10.

28. Erbert. C. (2011). **Estudos químicos e biológicos de algas marinhas do género *Bostrychia montagne* (Rhodomelaceae, Rhodophyta) e fungos endofíticos associados.** Tese de doutoramento. 49pp. Ribeirão preto, Universidade de São Paulo.
29. FAO (Food and Agriculture Organization). (2020). **Food safety and quality: World Antimicrobial Awareness Week.**
30. Fonseca, J. A. (2016). **Aplicação de algas na indústria alimentar e farmacêutica.** Tese de Pós-Graduação. 75pp. Porto, Universidade Fernando Pessoa.
31. Guilovica, V. E. (2007). **Estudo sobre a diversidade de macroalgas, sua caracterização, ilustração taxonómica e descrição dos seus habitats nas zonas norte e sul de Moçambique.** Tese de licenciatura. 70pp. Maputo, Universidade Eduardo Mondlane
32. Guiry, M. D., Guiry, G. M. (2020). **AlgaeBase** . Publicação electrónica mundial, National University of Ireland, Galway. <http://www.algaebase.org>; Acessado em 14/09/2022.
33. Holanda, T. D. B. L. (2016). **Obtenção De Biomassa Da Macroalga Agarófita *Gracilaria birdiae* (Plastino & Oliveira) Através Da Germinação De Esporos Em Condições De Laboratório.** Tese De Pós-Graduação. 92pp. Fortaleza, Universidade Federal Do Ceará.
34. João, A. A. (2015). **Avaliação da actividade antimicrobiana das raízes de *Asparagus plumosus baker* e *Asparagus africanus*.** Tese de Licenciatura. 75pp. Maputo, Universidade Eduardo Mondlane.
35. Junior, W. P. (2018). **Avaliação da composição mineral de alimentos funcionais (algas e fungos) por fluorescência de Raios-X.** Tese de Mestrado. 13pp. Lisboa. Universidade de Lisboa.
36. Kalkhambkar, R.G., G.M. Kulkarni., C. M. Kamanavalli., N. Premkumar. (2008). **Synthesis and biological activities of some new fluorinated coumarins and 1-azacoumarins.** *European Journal of Medicinal Chemistry* 43(10):2178-2188.

37. Kallswari, G., S. Mahendran., P. Subalakshmi., T. Shankar & P. Ponmanickam. (2016). **Purification, characterization and antioxidant activity of green seaweed *Codium* sp.** *Advances in Pharmacology and Pharmacy*, 4(2): 16-21.
38. Kolanjinathan, K., P. Ganesh & P. Saranraj. (2014). **Pharmacological Importance of Seaweeds: A Review.** *World Journal of Fish and Marine Sciences*, 6(1): 01-15.
39. Maptons. Disponível: <https://mz.maptons.com/2137697-2137627>. Acessado em 17/03/2025
40. Machado, L. P., W. M. S. Bispo., S. T. Matsumoto., F. O. Reis., R. B. Dos Santos & L. F. G. Oliveira. (2011). **Screening of seaweeds with antifungal activity in vitro in control of Papaya (*Carica papaya*) Anthracnose.** *Bras. Agrociência. Pelotas*, 17(4) :463-467.
41. Magura, J. (2015). **Analytical and biochemical studies of selected seaweeds obtained from the eastern coast of South Africa's Indian Ocean in KwaZulu-Natal. Mather thesis.** 94- 95pp. Durban, University of KwaZulu-Natal.
42. Ministério da Administração Estatal. (2005). **Perfil do distrito de Xai-Xai província de Gaza. Ed: perfis distritais.** 2pp.
43. Marinho-Soriano, E., Fonseca, P.C., Carneiro, M.A.A., Moreira, W.S.C. 2006. **Seasonal variation in the chemical composition of two tropical seaweeds.** *Bioresource Technology*. 97:2402-2406.
44. Marmitti, D. J., E. M. De Freitas., F. Marczinski., A. Flesh & É. A. R. Blasi. (2015). **Avaliação quali-quantitativa de algas marinhas macrófitas ocorrentes na Praia da Vigia, Garopaba/SC.** *Revista CEPSUL - Biodiversidade e Conservação Marinha*, 4(1): 5-15.
45. Matsinhe, A. L. (2020). **Estudo fitoquímico e avaliação das actividades antioxidante e antimicrobiana do extracto hidroetanólico das folhas da *Salacia kraussii*.** Tese de licenciatura. 85pp. Maputo, Universidade Eduardo Mondlane.
46. Mayer, a. M. s. & M. T. Hamann. (2005). **Marine compounds with anthelmintic, antibacterial, antidiabetic, antifungal, anti-inflammatory, antimalarial, antiplatelet,**

- antiprotozoal, antituberculosis and antiviral activities. Comp biochem phys C.** 140:265-286.
47. Mello, J. C. P & S. C. Santos. (2001). **Taninos. Farmacognosia: da planta ao medicamento.** *Rev.Bras.Farmac.* 24: 5175-43.
 48. Menghini, L., F. Epifano., S. Genovese., M. C. Marcotullio & S. Sosa. (2010). **Antiinflammatory activity of coumarins from *Ligusticum lucidum* Mill. subsp. *cuneifolium* (Guss.) Tammaro (Apiaceae).** *Phytotherapy Research.* 24(11):1697-1699.
 49. Misra, Laxminarain., Payarelal, N., D, Chaurasia., Rajender, S. Sangwan., Sudhir, Sinha., Rakesh, Tuli. (2008). **Selective reactivity of 2-mercaptoethanol with 5 β , 6 β -epoxide in steroids from *Withania somnifera*.** *Journal e books*, 73 (3): 245-251.
 50. Murakami, K., Yamaguchi, Y., Noda, K., Fujii, T., Shinohara, N., Ushirokawa, T., SugawaKatayama, Y., Katayama, M. 2011. **Seasonal variation in the chemical composition of a marine brown alga, *Sargassum horneri* (Turner) C. Agardh.** *Journal of Food Composition and Analysis.* 24:231-236.
 51. Mustapha, N. Abubakar., Runner, R. T. Majinda. (2016). **GC-MS Analysis and Preliminary Antimicrobial Activity of *Albizia adianthifolia* (Schumach) and *Pterocarpus angolensis* (DC).** *Medicines*, 3 (3).
 52. Naguib, Y. M. A. (2000). **Antioxidant activities of Astaxanthin and related Carotenoids.** *J Agric Food Chem*, 48:1150-1154
 53. Oliveira, C. S. D. (2015). **Prospecção de compostos bioativos nas macroalgas *Himanthalia elongata*, *Laminaria ochroleuca* e *Undaria pinnatifida*.** Tese de Mestrado. 9pp. Aveiro. Universidade de Aveiro
 54. Pedroche, F. F. (2001). **Estudios filogenéticos del género *Codium* (Chlorophyta) en el Pacífico mexicano.** Uso de ADNr mitochondrial. *An. Esc. Ciênc. Biolq. Mex*, 47(1):109-123.
 55. Pedroche, F. F., P.C. Silva & M. Chacana. (2002). **EL género *Codium* (Codiaceae-Chlorophyta) en el Pacífico de México.** *Monografías Ficologicas*, 11-74.

56. Pereira H, Barreira L, Figueiredo F. (2012). **Ácidos graxos poliinsaturados de macroalgas marinhas: potencial para aplicações nutricionais e farmacêuticas.** *Marine Drugs*, 10: 1920-1935.
57. Pereira, J. R. C. (2014). **Codium tomentosum: Avaliação do seu potencial de cultivo num sistema IMTA e do seu potencial biotecnológico.** Tese de disseracao. 126pp. Portugal, Universidade de Coimbra.
58. Pinteus, S. F. G. (2011). **Avaliação da capacidade antioxidante e antimicrobiana em algas da costa de Peniche (Portugal): identificação de compostos bioactivos com elevado potencial biotecnológico.** Dissertação de Mestrado. 86PP. Peniche, Escola Superior de Turismo e Tecnologia do Mar.
59. Pisoschi, A. M. e Negulescu, G. P. (2011). **Methods for total antioxidant activity determination : A review.** *Biochemistry & Analytical Biochemistry*, 1 (1): 1–10.
60. Plaza, M.,N. Abubakar., & R. T. Majinda. (2009). **Innovative Natural Functional Ingredients from Microalgae.** *J. Agric. Food. Chem.*, 57, pp. 7159–7170.
61. Ramya, B., Malarvili, T., Velavan S. (2015). **GC-MS Analysis of Bioactive Compounds In Bryonopsis Laciniosa Fruit Extract.** *Int J. Pharm Sci Res*, 6(8): 3375-79.
62. Raven, P. H., R. F. Evert & S. E. Eichhorn. (2007). **Biologia Vegetal.** 7ª Edição. 830pp. Rio de Janeiro, Editora Guanabara Koogan.
63. Rengasamy, K. R. R., S. O. Amoo., A. O. Aremu., W. A. Stirk., J. Gruz., M. Šubrtová., K. Doležal & J. Van Staden. (2014). **Phenolic profiles, antioxidant capacity, and acetylcholinesterase inhibitory activity of eight South African seaweeds.** *J Appl Phycol*.
64. Rocha, I.P. 2001. **Aquicultura: um excelente negócio.** *Revista Brasileira de Agropecuária* 11: 6-12.
65. Rocha, O. P & R. P. Debonsi. (2007). **Actividade fungicida de extratos da alga marinha *Centroceras clavulatum* (Ceramiaceae, Rhodophyta).** 15°

66. Rodrigues, M. S. (2015). **Caracterização da composição nutricional da macroalga *Fucus vesiculosus* e alteração dos compostos bioativos nos diferentes métodos de secagem**. Tese de Mestrado. 12pp. Bragança. Escola Superior Agrária de Bragança.
67. Rodríguez-Castañeda, A. P., I. Sánchez-Rodríguez, E. N. Shumilin & D. Sapozhnikov. (2006). **Element concentrations in some species of seaweeds from La Paz Bay and La Paz Lagoon, south-western Baja California, Mexico**. *Journal of Applied Phycology*, 18: 399–408.
68. Samarakoon, K.; Jeon, Y. J. **Bio-functionalities of proteins derived from marine algae – A review**. *Food Res. Int.*, v. 48, p. 948–960, 2012.
69. Sánchez-Rodríguez, I., M. A. Huerta-Díaz., E. Choumiline., O. Holguín-Quinones & J. A. Zertuche-González. (2001). **Elemental concentrations in different species of seaweeds from Loreto Bay, Baja California Sur, Mexico: implications for the geochemical control of metals in algal tissue**. *Env. Pollut*, 114: 146–160.
70. Santos-Sánchez, N. F., Salas-coronado, R., Villanueva-Cañongo, C. e Hernández-Carlos, B. (2019). **Antioxidant Compounds and their antioxidant mechanism**. In Intechopen (Ed.), *Antioxidant* (pp. 1-29). Mexico.
71. Silva, G. S. (2017). **Extratos bioativos de algas marinhas da costa do Ceará: determinação de actividade contra o vírus da dengue e bactérias patogênicas resistentes a múltiplos antimicrobianos**. Tese de doutoramento. 91pp. Fortaleza, Universidade Federal do Ceará.
72. Silva, P. C., Basson, P. W., Moe, R. L. (1996). **Catálogo das algas Marinhas bentônicas do Oceano Índico**. *Publicações da Universidade da Califórnia em Botânica*, 9: 1-1259.
73. Silva, P. M. (2009). **Actividades biológicas de extratos de algas marinhas brasileiras**. Tese de dissertação. 91pp. São paulo, universidade de são paulo.

74. Simões C. M. O.; Schenkel, E. P.; Gosman, G.; Mello, J. C. P.; Mentz, L. A.; Petrovick, P. R.(2007). **Farmacognosia: da planta ao medicamento**. UFRGS; Florianópolis: UFSC, 1102
75. Simões, C.; Schenkel, E. P.; Gosmann, G.; Mello, J. C. P.; Mentz, L.A.; Petrovick, P. R. (2010). **Farmacognosia da planta ao medicamento. 6ª ed.** Porto Alegre/Florianópolis: Editora UFRS/ UFS.
76. Siteo, A. F. (2004). **Estudo das Ondas Oceânicas na Praia de Xai-Xai**. Tese de Licenciatura, Maputo, Universidade Eduardo Mondlane
77. Souza, W. M. (2008). **Estudo químico e das atividades biológicas dos alcalóides indólicos de *himatanthus lancifolius***.114pp. Universidade federal do Paraná. Paraná.
78. Sudatti, D. B. (2010). **Influência de factores abióticos e bióticos na química defensiva da macroalga marinha *Laurencia dendroidea* J. Agardh (*Ceramiales: Rhodophyta*)**.Tese de Mestrado.85pp. Brasil, Universidade Fluminense
79. Torres, R., F. Faini., B. Modak., F. Urbina & C. Labbe. (2006). **Antioxidant activity of coumarins and flavonols from the resinous exudante of *Haplopappus multifolius***. *Phytochemistry*. 67(10): 984-987.
80. Tuney I., B. H. Cadirci., D. Unal & A. Sukatar. (2006). **Antimicrobial activities of the extracts of marine algae from the Coast of Urla (Uzmir, Turkey)**. *Turk J Biol*, 30:171.
81. Valentão, P., P. Trindade., D. Gomes., P. G. De Pinho, T. Mouga & P. B. Andrade. (2010). ***Codium tomentosum* and *Plocamium cartilagineum*: Chemistry and antioxidant potential**. *Food Chemistry*, 119:1359–1368.
82. Vasconcelos, A. G.; Araújo, K. V.; Santana, L. A. B. **Polissacarídeos Extraídos De Algas Marinhas E Suas Aplicações Biotecnológicas: Uma Revisão**. Revista Brasileira de Inovação Tecnológica em Saúde, v. 5, n. 3, p. 27- 51, 2015.
83. Vidotti, E. C. & M. C. E. Rollemberg. (2004). **Algas: da economia nos ambientes aquáticos à biorremediação e à química analítica**. *Química Nova*, 27(1):139-145.

84. Wang, T., Jónsdóttir, R., Ólafsdóttir, G. 2009. **Total phenolic compounds, radical scavenging and metal chelation of extracts from Icelandic seaweeds.** Food Chemistry. 116: 240-248.
85. Yuan, Y.V., Walsh, N.A. 2006. **Antioxidant and antiproliferative activities of extracts from a variety of edible seaweeds.** Food and Chemical Toxicology. 44:1144-1150.