



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA
BACHARELADO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

POLLYANNA CAVALCANTI DOS SANTOS DE SOUZA

ESTUDO BIOGEOGRÁFICO DE ESPÉCIES COMUNS DE GORGÔNIAS RECIFAIS
DO ATLÂNTICO OCIDENTAL

Recife

2023

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
BACHARELADO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

POLLYANNA CAVALCANTI DOS SANTOS DE SOUZA

**ESTUDO BIOGEOGRÁFICO DE ESPÉCIES COMUNS DE GORGÔNIAS RECIFAIS
DO ATLÂNTICO OCIDENTAL**

Monografia apresentada ao curso de Bacharelado em Ciências Biológicas da Universidade Federal Rural de Pernambuco como requisito para obtenção do Título de Bacharel em Ciências Biológicas.

Orientador: Prof. Dr. Ralf Tarciso Silva Cordeiro

Recife

2023

POLLYANNA CAVALCANTI DOS SANTOS DE SOUZA

**ESTUDO BIOGEOGRÁFICO DE ESPÉCIES COMUNS DE GORGÔNIAS RECIFAIS
DO ATLÂNTICO OCIDENTAL**

Esta Monografia foi julgada e aprovada para a obtenção do Título de Bacharel em Ciências Biológicas, Universidade Federal Rural de Pernambuco, como parte dos requisitos para a sua conclusão.

Recife, 22 de setembro de 2023.

BANCA EXAMINADORA

Orientador: Prof. Dr. Ralf Tarciso Silva Cordeiro
Universidade Federal Rural de Pernambuco

Prof. Dra. Ana Carla Asfora El-Deir
Universidade Federal Rural de Pernambuco

MSc. Ágatha Nascimento Carpinelli
Universidade Federal de São Paulo

Dr. Felipe Ferreira Campos
UFPE-CAV

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal Rural de Pernambuco
Sistema Integrado de Bibliotecas
Gerada automaticamente, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

S729e DE SOUZA, POLLYANNA CAVALCANTI DOS SANTOS
ESTUDO BIOGEOGRÁFICO DE ESPÉCIES COMUNS DE GORGÔNIAS RECIFAIS DO ATLÂNTICO
OCIDENTAL / POLLYANNA CAVALCANTI DOS SANTOS DE SOUZA. - 2023.
33 f. : il.

Orientador: RALF TARCISO SILVA CORDEIRO.
Inclui referências.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Bacharelado em
Ciências Biológicas, Recife, 2023.

1. Ecossistemas Recifais. 2. Octocorallia. 3. Distribuição geográfica. 4. Oceano Atlântico. 5. Sistemática. I.
CORDEIRO, RALF TARCISO SILVA, orient. II. Título

CDD 574

Dedico este trabalho a todos que me apoiaram e caminharam ao meu lado durante esse sonho, em especial à minha família.

AGRADECIMENTOS

Dedico este trabalho a memória da minha Mãe Maria Clara, que estaria muito feliz de estar comigo nessa etapa da minha vida. Ela sempre respeitou meus desejos profissionais e me deu força pra realiza-los. Em memória dos meus amigos Adelaide Primo que foi uma amiga incrível e sempre me ofereceu um ombro pra minhas dúvidas e sonhos, e Flávio Cristiano que de uma forma mais indireta acompanhou minha trajetória para minha formação sempre arrancando sorrisos com sua alegria.

Agradeço a meu filho Victor Hugo e em especial ao meu marido Marco Antonio, que foi essencial para que meu caminho chegasse até aqui sendo todo tipo de suporte que eu poderia ter. Sempre do meu lado pra apoiar qualquer decisão que escolhesse, seu amor, otimismo e esperança foram essenciais.

A UFRPE pela oportunidade para minha formação e ao LIM (Laboratório de Invertebrados Marinhos) e todos que fazem parte dele, em especial ao meu orientador Ralf Cordeiro, pela paciência, dedicação do seu tempo para explicações e dúvidas e pela confiança pra realizar esse trabalho.

A Goretti Sônia Silva, quem me deu a primeira oportunidade de estudos na área marinha e até hoje sou apaixonada.

Sou grata a minha amiga, irmã que Deus me deu de presente Rafaella Bezerra, pela parceria por mais de 20 anos de amizade. Por ouvir meus desejos e meu momentos ruins, comemorando junto ou me acalmando, mas sempre torcendo por mim.

A Tiago Chaves, meu psicólogo, se não fosse ele eu não teria conseguido. No meio de tanta ansiedade sempre tiveram risadas.

A todas as pessoas que sabem que estiveram me dando apoio mesmo com apenas uma conversa, e as amigadas que fiz ao longo de todo o curso, meu sincero obrigado.

RESUMO

Os recifes de coral são ecossistemas marinhos de importância excepcional, devido à elevada biodiversidade, beleza e produtividade, proporcionando abrigo, alimento, proteção a uma ampla gama de espécies e benefícios significativos às comunidades humanas. O Brasil detém a singularidade de abrigar os únicos recifes de coral verdadeiros no Atlântico Sul. Porém, há uma baixa riqueza de espécies de corais nessa região, mas muitas delas apresentam endemismo, ou seja, são exclusivas do território brasileiro. Buscando uma compreensão do histórico biogeográfico das áreas ocupadas por espécies de octocorais presentes no Brasil e Caribe e sabendo o quanto são escassos estudos da biogeografia do bentos marinho, esse trabalho teve como objetivo avaliar o endemismo da fauna de octocorais de recifes rasos do Brasil, de modo a entender suas relações com unidades biogeográficas adjacentes. Com isso foram gerados mapas de localização com coordenadas geográficas plotados no programa QGIS 3.28.3, baseando-se em estudos anteriores e bases de dados. Foram discutidas as distribuições e relações filogenéticas para os gêneros *Muriceopsis* e *Plexaurella* de águas rasas do Brasil e Caribe. Os resultados mostraram a possibilidade de endemismo dos octocorais no Brasil, no Caribe e na costa africana possivelmente justificada pelas barreiras geográficas: fechamento do Istmo no Panamá, Foz do rio Orinoco e Amazonas, extensão da bacia do Atlântico Sul e a corrente fria de Benguela, que surgiram pós Pangeia. Essas barreiras ou filtro fazem com que algumas espécies sensíveis a elas permaneçam sem migrar para outros locais. Além das coordenadas geográficas, empregamos marcadores moleculares para a elaboração das análises filogenéticas. Utilizou-se o gene mitocondrial Citocromo Oxidase I (*COI*) para investigar o gênero *Muriceopsis* e o gene mitocondrial *mutS* (*mtMutS*) para analisar o gênero *Plexaurella*.

Palavras-chave: Ecossistemas Recifais, Octocorallia, distribuição geográfica, Oceano Atlântico, sistemática.

ABSTRACT

Coral reefs are marine ecosystems of exceptional importance due to their high density of biodiversity, beauty and productivity, providing shelter, food, protection to a wide range of species and significant benefits to human communities. Brazil has the uniqueness of being home to the only true coral reefs in the South Atlantic. However, there is a lack of diversity of coral species in this region, but many of them are endemic, that is, they are exclusive to Brazilian territory. Seeking a phylogenetic understanding of areas occupied by octocoral species present in Brazil and the Caribbean and knowing how few studies on the biogeography of marine benthos are available, this work aims to evaluate the endemism of the octocoral fauna of shallow reefs in Brazil, in order to understand their phylogenetic relationships with adjacent biogeographic units. With this, location maps were generated with geographic coordinates plotted in the QGIS 3.28.3 program. Based on the study by Carpinelli (2021) and other bibliographies from some databases, the distributions and phylogenetic relationships for the genera *Muriceopsis* and *Plexaurella* from shallow waters in Brazil and the Caribbean were discussed. The results showed the possibility of octocoral endemism in Brazil, the Caribbean and the African coast, possibly justified by geographic barriers: closure of the Isthmus in Panama, mouth of the Orinoco River and Amazon, extension of the South Atlantic basin and the cold Benguela current, that emerged after Pangea. These barriers or filters cause some species that are sensitive to them to remain without migrating to other locations. The mitochondrial gene Cytochrome Oxidase I (COI) was used to investigate the genus *Muriceopsis* and the mitochondrial gene *mutS* (mtMutS) was used to analyze the genus *Plexaurella*.

Keywords: Reef Ecosystems, Octocorallia, geographic distribution, Atlantic Ocean, systematics.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1. Planilha do software Excel 2019 preenchida com a quantidade de espécies, o gênero, espécie, as coordenadas geográficas, profundidade, número de registro do banco de dados e a fonte.

Figura 2. Documento de bloco de notas com extração das coordenadas da planilha do Excel e aplicação das colunas "ID", "X" e "Y".

Figura 3. Área de estudo. A - Distribuição geográfica do gênero *Muriceopsis*. B - Distribuição geográfica do gênero *Plexaurella*.

Figura 4. Distribuição das espécies de *Muriceopsis*. Os símbolos e cores representam uma espécie diferente. 1- Costa da África. 2- Caribe. 3- Costa do Brasil.

Figura 5. Distribuição das espécies de *Plexaurella*. Os símbolos e cores representam uma espécie diferente. 1- Caribe. 2- Costa do Brasil.

Figura 6. Reconstrução filogenética do gênero *Muriceopsis*, baseada em marcadores *COI*. Ramos em verde correspondem a espécimes brasileiros. Fonte: Carpinelli (2021).

Figura 7. Reconstrução filogenética do gênero *Muriceopsis*, baseada em marcadores *ITS*. Ramos circulados em verde correspondem a espécimes brasileiros. Fonte: Oliveira (2012).

Figura 8. Reconstrução filogenética do gênero *Plexaurella*, baseada em marcadores *mtMutS*. Ramos em verde correspondem a espécimes brasileiros. AL (Alagoas); BA (Bahia); ES (Espírito Santo); PE (Pernambuco). Fonte: Carpinelli (2021).

Figura 9. Reconstrução filogenética do gênero *Plexaurella*, baseada em marcadores *mtMutS* e sequências disponíveis no GenBank. Espécimes caribenhas. FLO (Flórida); MEX (México); PRICO (Porto Rico). Fonte: Carpinelli (2021).

SUMÁRIO

RESUMO	13
ABSTRACT	14
LISTA DE ILUSTRAÇÕES	15
INTRODUÇÃO	11
1.1 OS RECIFES DE CORAL.....	11
1.2 FAUNA DE GORGÔNIAS DE RECIFES BRASILEIROS	12
1.3 QUAL A ORIGEM DA FAUNA DE GORGÔNIAS RECIFAIS NO BRASIL?	13
1.4 BIOGEOGRAFIA.....	14
OBJETIVOS GERAL E ESPECÍFICOS	16
2.1 GERAL	16
2.2 ESPECÍFICOS.....	16
METODOLOGIA	16
3.1 CONSTRUÇÃO DE MAPAS DE DISTRIBUIÇÃO	16
3.2 ANÁLISES FILOGENÉTICAS.....	18
3.3 HISTÓRICO BIOGEOGRÁFICO DA FAUNA RECIFAL BRASILEIRA.....	18
RESULTADOS E DISCUSSÕES	188
4.1 PADRÕES DE DISTRIBUIÇÃO DOS GÊNEROS ESTUDADOS	188
4.2 O GÊNERO <i>Muriceopsis</i>	222
4.3 O GÊNERO <i>Plexaurella</i>	255
CONCLUSÃO	299
REFERÊNCIAS	30

INTRODUÇÃO

1.1 OS RECIFES DE CORAL

O recife de coral é uma estrutura rígida, que pode ter origem biogênica, a partir de organismos construtores, como corais ou algas ou não biogênica, como recifes de arenito e costões rochosos. Apresentam alto grau de fixação de carbono e oxigênio e a maior produtividade em comparação com outros ecossistemas marinhos costeiros. Os recifes são os ecossistemas mais diversos dos mares, por terem a maior densidade de biodiversidade de todos ecossistemas. Ainda, oferecem habitação para uma enorme variedade de organismos, os quais encontram, além de alimento, abrigo e proteção contra seus predadores. Dentre os animais que habitam no recife, se destacam os vermes endolíticos, os ouriços, as esponjas, as gorgônias, os moluscos, os crustáceos e peixes (SABADINI, 2016; FERREIRA & MAIDA, 2006; LEÃO, OLIVEIRA E KIKUCHI, 2008; PRATES, 2003).

Os recifes de águas quentes são importantes habitats costeiros em áreas tropicais e subtropicais. Muitas comunidades humanas costeiras correspondentes a, no mínimo, 500 milhões de pessoas em todo o mundo, são dependentes dos bens e serviços ecossistêmicos fornecidos por esses ecossistemas (HOLEGH-GULDBERG, PENDLETON AND KAUP, 2019). Essas populações os procuram por serem fontes de alimento, já que parte de toda proteína animal consumida no planeta vem desses ambientes. São importantes também para o turismo, já que a beleza natural dos corais atrai vários setores do turismo e tudo que se relaciona com ele, por exemplo, as operadoras de mergulho, pousadas, restaurantes e o comércio local. Sendo assim, há locais em que estas atividades estão totalmente interligadas à presença desses ecossistemas. Com muitas espécies que habitam os recifes de corais e que produzem substâncias que têm relevância farmacêutica, os recifes apresentam grande valor no ramo biotecnológico e na saúde. Por fim, os recifes oferecem também proteção costeira, uma vez que, sendo uma estrutura geológica submersa, se torna uma barreira rígida que protege a costa de tempestades e erosões (VIANA, 2021; PRATES, 2003)

O Brasil abriga os únicos recifes de coral verdadeiros do Atlântico Sul (FERREIRA & MAIDA, 2006; MARANGONI, 2018). No país, os corais rasos são encontrados desde a Plataforma Continental adjacente à Foz do Rio Amazonas até o litoral de Santa Catarina, incluindo as ilhas oceânicas como Atol das Rocas, Fernando

de Noronha, Arquipélago de São Pedro e São Paulo e Arquipélago de Trindade e Martim Vaz. Os estudos sobre recifes no país tiveram início em 1828 (FERREIRA & MAIDA, 2006). Esses ambientes são caracterizados por possuírem um baixo número de espécies de corais se comparados a outras regiões, mas várias dessas espécies só ocorrem no Brasil, caracterizando, assim, espécies endêmicas. Dentre as 66 espécies de corais encontradas no Brasil (corais verdadeiros, hidrocorais, corais moles, gorgônias e corais negros), 24 (36,4%) são endêmicas do país (NEVES et al., 2006; CASTRO & PIRES, 2001; AMARAL et al., 2008; CASTRO et al., 2010).

Os corais verdadeiros são animais marinhos do Filo Cnidaria, portadores de esqueleto calcário, que se mantém fixos no mesmo local até o fim de suas vidas, formando colônias de grandes dimensões (CASTRO, 2000). Esse processo é o principal responsável pela construção do arcaçouço recifal consolidado. Por outro lado, há outros corais que, embora não produzam esqueletos calcários, podem desempenhar papel de estruturação de comunidades através de agregação de complexidade estrutural aos recifes. Dentre estes, destacam-se as gorgônias (SOARES et al., 2016).

1.2 FAUNA DE GORGÔNIAS DE RECIFES BRASILEIROS

Octocorais estão entre as principais espécies estruturadoras em ambientes recifais no Brasil e Caribe. As origens e relações biogeográficas desses organismos entre essas regiões, porém, ainda são pouco conhecidas (CASTRO et al., 2010). Gorgônias são representantes de diversas famílias da Subclasse Octocorallia (WORMS, 2023), que, normalmente, apresentam uma forma de crescimento arborescente (FABRICIUS & ALDERSLADE, 2001). São um grupo único de cnidários marinhos, que prosperaram em oceanos tropicais a temperados quentes, sendo mais abundantes e diversificados em águas rasas (EPIFÂNIO, MAIA & FENICAL, 2000). No Brasil, especialmente na região Nordeste, a presença de gorgônias como parte da paisagem bentônica é escassa e pouco conhecida, uma vez que os recifes costeiros são dominados por macroalgas e outros componentes (ALBUQUERQUE, 2019). Mesmo com um registro reduzido, ao menos 17 espécies são conhecidas nesses recifes, sendo aproximadamente 65% delas tidas como endêmicas (CASTRO et al., 2010). Além disso, ao menos dois gêneros são exclusivos do país: *Olindagorgia* (Bayer, 1981) e *Phyllogorgia* (Milne Edwards & Haime, 1850).

As gorgônias são animais facilmente notados, que atraem a atenção por sua beleza cênica. Além de ecologicamente importantes em termos de aumento da

biodiversidade, elas também atuam no processo de transferência de energia entre os ambientes pelágicos e bentônicos (RODRIGUES, 2008). Outras importâncias listadas na literatura indicam octocorais de águas rasas tropicais e temperadas como fonte de novas moléculas bioativas. Esses compostos metabólicos funcionam como defesa desses animais marinhos, já que são de fácil acesso e abundantes. Nos estudos da saúde, muitos produtos naturais biologicamente ativos de corais estão envolvidos em estudos aplicados como de ação antimicrobiana, antiviral, anti-inflamatória e possivelmente antitumorais. Apesar da grande diversidade marinha brasileira com potencial de compostos ativos, o foco dos estudos ainda são as esponjas, tunicados e algas marrons. Há poucos estudos com octocorais brasileiros e menos ainda estudados por grupos de pesquisa no país (ALMEIDA *et al.*, 2014).

Ainda que os octocorais brasileiros sejam pouco estudados e com grande potencial farmacológico, lacunas no conhecimento mais basais ainda persistem. Um dos maiores exemplos é o histórico biogeográfico do grupo no Atlântico Sul Ocidental.

1.3 QUAL A ORIGEM DA FAUNA BENTÔNICA RECIFAL NO BRASIL?

Províncias biogeográficas são associações de ecossistemas com capacidade de mudar ao longo do tempo de acordo com que as comunidades subjacentes mudam. Esse conceito foi proposto pela primeira vez por fitogeógrafos (WATLING, 2013) e diz respeito a uma área de ocorrência de espécies com certo nível de endemismo (FLOETER *et al.*, 2008; WATLING, 2013).

A província brasileira, com quase 8.000 quilômetros de costa, compreende uma região delimitada por três barreiras biogeográficas: a Pluma Amazônica, que faz a divisão da biodiversidade marinha do Brasil da Província do Caribe; a Barreira Mesoatlântica, que isola a Província brasileira da África Ocidental; e baixas temperaturas da pluma do rio da Prata que limita a distribuição de organismos marinhos tropicais ao sul (AUED *et al.*, 2018). Existem algumas hipóteses que explicam a diferenciação dessas barreiras a partir de eventos históricos que formaram o padrão geográfico para as espécies do Atlântico: a extensão da Bacia Atlântica entre a América do Sul e África, o fechamento do Mar de Tethys com a elevação da ponte de terra entre o Mar Vermelho, ocasionando o isolamento das faunas tropicais do Oceano Índico, a separação da fauna brasileira e caribenha em resultado do escoamento e grande vazão de água doce dos rios Orinoco e Amazonas, o fechamento do Istmo do Panamá, que separou a fauna caribenha da do Pacífico Oriental Tropical e a corrente fria de Benguela

que separou a fauna recifal tropical do Atlântico em relação a do sul do Índico. A barreira Pluma do Rio Amazonas junto a fatores, como temperatura, salinidade e luminosidade, influenciam na dinâmica dos octocorais que ocorrem em ambientes rasos, podendo explicar a alta taxa de endemismo encontrada na província brasileira (FLOETER et. al, 2009; CARPINELLI, 2021).

1.4 BIOGEOGRAFIA

Alguns questionamentos têm norteado o entendimento da biodiversidade, em suas diversas áreas, quer no âmbito da filosofia ou das ciências naturais como de onde veio toda a diversidade conhecida, como os organismos interagem entre si e com o meio ambiente, como os diferentes grupos se inter-relacionam e como se distribuem na superfície do globo, já que podemos observar áreas com grupos restritos e outras com ampla distribuição de espécies (MIRANDA & DIAS, 2012; GILLUNG, 2011). Cada uma dessas questões é estudada atualmente em profundidade por diferentes campos da das ciências biológicas. Para entender melhor a relação entre áreas e padrões gerais de distribuição da biota surgiu a biogeografia (MIRANDA & DIAS, 2012; ROCHA, 2011). A biogeografia estuda a distribuição dos seres vivos no espaço e no tempo, tentando reconhecer padrões, fornecer hipóteses acerca dos processos que os causaram e propor um sistema de regionalização biótica do planeta (MORRONE, 2004). Alexander von Humboldt (1769-1859) desenvolveu os fundamentos da Biogeografia, no final do século XVIII. Humboldt também foi um dos grandes responsáveis por colocar os conhecimentos biogeográficos numa posição destacada entre as ciências da natureza e da Terra (ROCHA, 2011). A biogeografia passou por dois momentos, o primeiro que se acreditava na estabilidade da terra e no fixismo das espécies, num período de paradigma pré evolutivo. O segundo se acreditava na evolução das espécies e na mudança da Terra a partir das teorias de dispersão das espécies e vicariância (GILLUNG, 2011; SOUZA E MEDEIROS, 2020). A dispersão parte de uma população do centro de origem de uma área. Posteriormente esses organismos ampliaram sua distribuição para outra área, ultrapassando barreiras existentes que influenciam no isolamento desses dois grupos. Com o passar do tempo, acabam se isolando em duas linhagens diferentes (SANMARTÍN, 2012; MIRANDA & MARQUES, 2011). Já a vicariância parte de uma população que ocupa uma determinada área, onde ocorre o surgimento de uma barreira local, fazendo assim a separação dos grupos, formando duas ou mais populações e, conseqüentemente, a diferenciação da espécie (GILLUNG, 2011). Após a aceitação da

teoria da evolução e do conhecimento da mobilidade dos continentes a partir da tectônica das placas, Léon Croizat (1958) desenvolveu a ideia da pan-biogeografia, que envolve os processos de vicariância, que acontece com vários táxons ao mesmo tempo, ao contrário do dispersionismo de Charles Darwin (1809-1882) e Alfred Russel Wallace (1823-1913). Croizat chegou a essa conclusão após análises feitas com múltiplos táxons, percebendo que sobrepondo os mapas de traços individuais dessas diferentes espécies encontrava-se pontos onde suas trilhas se cruzavam e indicava caminhos tomados de espécies antigamente contínuas que foram separadas. Esses traços generalizados em um mapa, teoricamente, poderiam recriar a região de onde a biota haviam se desenvolvido (RAMÍREZ, 2014; MIRANDA & DIAS, 2012; WATERS, 2013). Hennig (1913-1976) estudou a história dos grupos monofiléticos hierárquicos no espaço e no tempo, originando a biogeografia filogenética (MIRANDA & MARQUES, 2011). Baseando-se nessa premissa, de que é possível reconstruir a sequência em que as espécies se separaram através de análises filogenéticas, surgiu a ideia de se reconstruir a sequência em que os continentes se separaram. Desse pensamento, surgiu a biogeografia cladística, a qual relaciona as espécies com suas áreas de distribuição por meio do uso de cladogramas (MORRONE E CRISCI, 1995) buscando, assim, uma compreensão filogenética para as áreas ocupadas pelos táxons. O acúmulo de conhecimentos em biogeografia dos bentos marinho ainda é escasso, havendo ainda uma grande necessidade de estudos taxonômicos e caracterizações de unidades e barreiras biogeográficas antes da realização de análises mais robustas (MIRANDA & MARQUES, 2012).

Sabemos ainda pouco acerca dos possíveis eventos de especiação que podem ocorrer entre as espécies de octocorais presentes tanto no Brasil quanto no Caribe. A maior parte das informações relacionadas a esse tópico encontra-se apenas em estudos não publicados, o que resulta em diversas lacunas que limitam uma compreensão mais aprofundada dos padrões biogeográficos que regem as gorgônias de águas rasas e mesofóticas no Atlântico Ocidental (CARPINELLI, 2021).

Sendo assim, o presente trabalho tem como finalidade discutir e aprimorar o conhecimento acerca da origem de grupos de octocorais recifais do Brasil, através de suas relações evolutivas e inferir relações biogeográficas com faunas de áreas adjacentes.

OBJETIVOS GERAL E ESPECÍFICOS

2.1 GERAL

Avaliar o endemismo da fauna de octocorais de recifes rasos do Brasil, de modo a entender suas relações filogenéticas com unidades biográficas adjacentes.

2.2 ESPECÍFICOS

- Coletar dados de ocorrência dos octocorais de águas rasas no Brasil e Caribe;
- Plotar a distribuição dos táxons *Plexaurella* spp. e *Muriceopsis* spp. em mapas na busca por traços generalizados;
- Identificar áreas de endemismo nas regiões estudadas;
- Discutir as relações filogenéticas existentes entre os organismos estudados;
- Sugerir potenciais históricos biogeográficos da fauna de gorgônias recifais do Brasil com base nos dois gêneros estudados.

METODOLOGIA

3.1 CONSTRUÇÃO DE MAPAS DE DISTRIBUIÇÃO

A matriz de distribuição das espécies foi obtida através da revisão dos registros das coleções de octocorais do Museu Nacional (MNRJ), do National Museum of Natural History (NMNH) e por bibliografias contendo registros de espécies da fauna de octocorais de águas rasas. Os dados de distribuição (coordenadas geográficas e profundidade) foram organizados numa planilha do programa software Microsoft Excel 2019 (Figura 1). Para gerar uma matriz de pontos de distribuição dessas espécies plotados em mapas através do programa QGIS 3.28.3(Sistema de Informações Geográficas de Código Aberto), foi necessário realizar a exportação dos dados de distribuição contidos em uma planilha do Excel para um programa de edição de texto no formato de blocos de notas. Nesse processo, procedeu-se à organização dos dados em três colunas distintas, separadas por vírgula e espaço, uma da outra. A primeira coluna, denominada "ID", foi preenchida com a numeração correspondente às regiões registradas na planilha do Excel. A segunda coluna, intitulada "X", acomodou as primeiras coordenadas, enquanto a

terceira coluna, chamada "Y", abrigou as segundas coordenadas. A disposição de vírgula e espaço foi mantida consistentemente entre os valores (Figura 2).

Número	Gênero	Epíteto	Lat°	Long°	Profundidade	Registro	Fonte
81	Muriceopsis	sp	17.5717	-82.9817	29-26	126319	MARU
82	Muriceopsis	sulphurea	17.72	-86.86		7341	MARU
83	Muriceopsis	sulphurea	17.72	-86.86		126888	MARU
84	Muriceopsis	sulphurea	17.72	-86.86		126887	MARU
85	Muriceopsis	sulphurea	17.72	-86.86		126888	MARU
86	Muriceopsis	venusta	5.4917	-4.1	29	85257	MARU
87	Muriceopsis	venusta	4.5	-4.15	33	85258	MARU
88	Muriceopsis	venusta	4.8	-4.2	33	85259	MARU
89	Muriceopsis	venusta	5.5833	0.9867	42-48	85260	MARU
70	Muriceopsis	venusta	5.4167	-0.0167	51	85261	MARU
71	Muriceopsis	venusta	5.987	-0.4167	43	85262	MARU
72	Muriceopsis	sp	6.8917	-34.7833	37	70113	MARU
73	Pinnacella	granifera	17.5722222	-82.2190887		451	MARU
74	Pinnacella	granifera	19.8555556	-80.1349887		431	MARU
75	Pinnacella	granifera	25.8361111	-80.4399887		432	MARU
76	Pinnacella	granifera	25.6727778	-80.4963889	7	433	MARU
77	Pinnacella	regia	17.8642222	-80.4758333	3	434	MARU
78	Pinnacella	granifera	17.7	-80.9600887	7	435	MARU
79	Pinnacella	granifera	17.8588889	-80.445	7	436	MARU
80	Pinnacella	granifera	20.8727778	-80.4963889	7	437	MARU
82	Pinnacella	granifera	30.8198887	-80.3785556	7	438	MARU
83	Pinnacella	regia	20.8366667	-80.4670	7	439	MARU
84	Pinnacella	granifera	17.7038887	-80.9027778	7	440	MARU
85	Pinnacella	granifera	20.8361111	-80.4399887	7	441	MARU

Figura 1. Planilha do software Excel 2019 preenchida com a quantidade de espécies, o gênero, espécie, as coordenadas geográficas, profundidade, número de registro do banco de dados e a fonte.

```

4, 95.388, -78.8123
24, 28.872, -79.8417
25, 23.1847, -78.73
29, 18.8, -80.08
32, 18.8, -80.08
29, 17.7247, -79.83
29, 17.37, -80.91
189, -8.88422222, -82.8842222
187, -2.15, -38.15
227, 23.74666667, -78.33
536, 24.284149, -75.418983
537, 24.835526, -76.278983
538, 18.187436, -71.758127
  
```

Figura 2. Documento de bloco de notas com extração das coordenadas da planilha do Excel e aplicação das colunas "ID", "X" e "Y" para a espécie *Muriceopsis petila*.

Posteriormente, para cada espécie distinta, foram gerados documentos individuais no formato de blocos de notas. No ambiente do software QGIS, efetuou-se o download de um mapa que representa os continentes envolvidos no estudo, permitindo a identificação das delimitações entre os continentes e os oceanos.

Em seguida, realizou-se o processo de cópia do conteúdo de cada bloco de notas e sua aplicação no QGIS. Esse procedimento tem o propósito de representar a distribuição

das espécies por meio da criação de pontos no mapa. Para melhor distinção entre as diversas espécies, foram aplicadas modificações na forma e no cor dos pontos, de forma a evitar possíveis confusões entre as diferentes espécies.

3.2 ANÁLISES FILOGENÉTICAS

As análises filogenéticas discutidas neste estudo são baseadas nos estudos de Carpinelli (2021). Nele, foram geradas 36 sequências do marcador mitocondrial *mtMutS* para o gênero *Plexaurella* (atualmente disponíveis no GenBank). Para o gênero *Muriceopsis*, foram analisadas 10 sequências do gene mitocondrial Citocromo Oxidase I (*COI*). As reconstruções filogenéticas foram obtidas a partir de análises de Máxima Verossimilhança e Inferência Bayesiana.

3.3 HISTÓRICO BIOGEOGRÁFICO DA FAUNA RECIFAL BRASILEIRA

Realizou-se revisão bibliográfica utilizando bases de dados, Google Scholar, Portal de Periódicos da Capes, Scopus e Scielo. Para abranger a maior quantidade de estudos possíveis foram empregadas as palavras-chave: biogeografia, filogeografia, brazilian reefs, benthic, sessile e octocorais. Após o levantamento bibliográfico, foi realizada uma leitura prévia dos resumos para avaliar a relevância do estudo para a revisão. Os artigos que não tinham como objeto de estudo central biogeografia e octocoral foram excluídos, exceto aqueles que puderam contribuir de forma indireta.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Com o objetivo de aprofundar a compreensão das possíveis origens biogeográficas da fauna de octocorais recifais na região brasileira, este trabalho analisou as linhagens evolutivas dos gêneros *Plexaurella* e *Muriceopsis* que são compartilhadas com áreas geograficamente próximas.

4.1 PADRÕES DE DISTRIBUIÇÃO DOS GÊNEROS ESTUDADOS

A partir das matrizes de registros construídas, foram gerados mapas de distribuição, que são apresentados nas figuras 3 (A e B), 4 e 5.

Os octocorais pertencentes ao gênero *Muriceopsis*, são conhecidos por serem habitantes nos recifes localizados no Caribe, no Brasil e na costa da África Ocidental (Fig. 3A). Este gênero compreende um total de seis espécies, das quais cinco estão documentadas no Atlântico Ocidental, com exceção de apenas *M. tuberculata* na África. No Brasil, são registradas as espécies *M. sulphurea*, *M. petila* e *M. metaclados*. *M. flavida* e *M. bayeriana* são encontradas no Caribe (Fig.4). É importante mencionar que existe uma complexidade na taxonomia envolvendo as espécies *M. sulphurea* e *M. bayeriana*, e alguns especialistas citam essas espécies como uma sinonímia por mostrarem semelhanças morfológicas (OLIVEIRA, 2012).

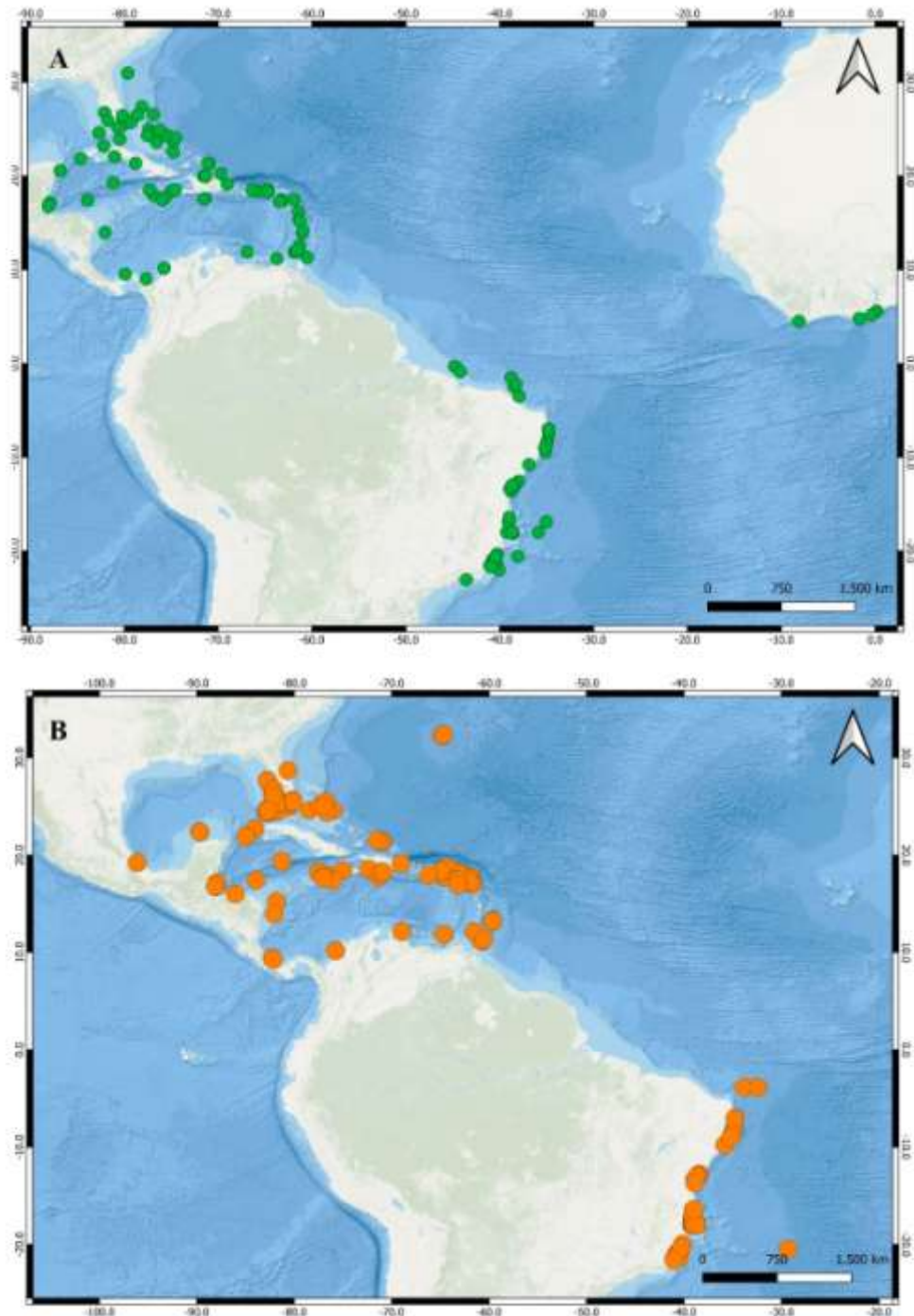


Figura 3. Área de estudo. A - Distribuição geográfica do gênero *Muriceopsis*. B - Distribuição geográfica do gênero *Plexaurella*.

O gênero *Plexaurella* não apresenta sobreposição das linhagens entre as duas províncias. Único membro da família Plexaurellidae, é encontrado exclusivamente no Atlântico Ocidental, ocorrendo desde Bermuda até o Estado do Rio de Janeiro e compreende oito espécies distintas. Três delas, *P. grandiflora*, *P. obesa* e *P. regia*,

estão restritas à costa brasileira, enquanto *P. grisea*, *P. teres*, *P. nutans*, *P. dichotoma* e *P. rastrea* ocorrem no Caribe (CASTRO *et al.* 2010) (Fig.5).

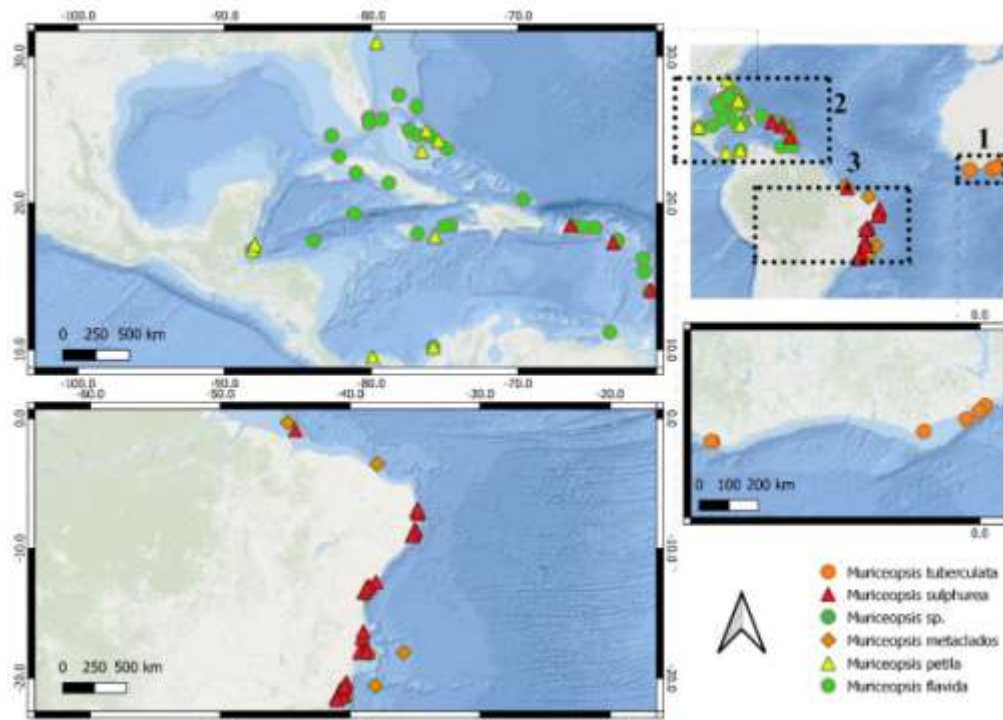


Figura 4. Distribuição das espécies de *Muriceopsis*. Os símbolos e cores representam uma espécie diferente. 1- Costa da África. 2- Caribe. 3- Costa do Brasil.

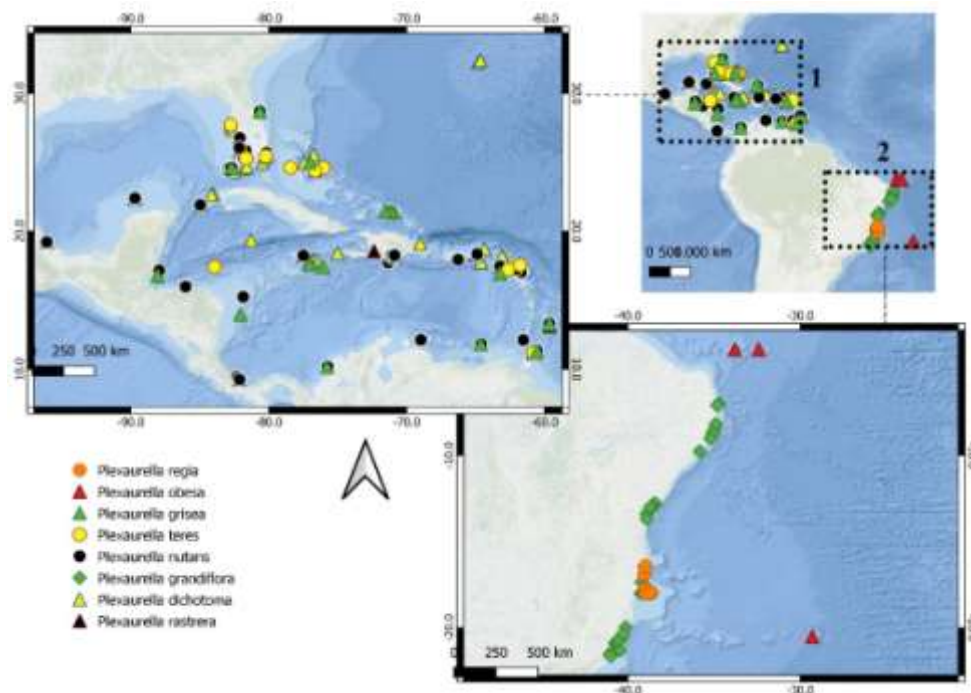


Figura 5. Distribuição das espécies de *Plexaurella*. Os símbolos e cores representam espécies diferentes. 1- Caribe. 2- Costa do Brasil.

4.2 O GÊNERO *Muriceopsis*

A análise filogenética de Carpinelli (2021) recuperou três linhagens filogenéticas independentes, nomeadas *Muriceopsis tuberculata*, *Muriceopsis flavida* e *Muriceopsis bayeriana*. Esta última, aparecendo em uma politomia, juntamente com espécimes brasileiros, previamente identificados como *M. sulphurea*. Sánchez (2001) estudou o gênero no Caribe e designou uma nova espécie, *Muriceopsis bayeriana*. Castro et al. (2010), após analisarem uma grande série de espécimes, decidiram por manter *M. sulphurea* e *M. bayeriana* sob um único nome de “Complexo *Muriceopsis sulphurea*”. Posteriormente, Oliveira (2012), através de análises do marcador ITS, encontrou uma distinção entre as linhagens das populações brasileira e caribenha. Isso concordaria com os padrões já encontrados para outros grupos de vertebrados e invertebrados compartilhados entre as duas regiões (e.g. Cordeiro et al., 2021). Também é sabido que o marcador *COI* não demonstra eficiência na distinção entre espécies de octocorais de um mesmo gênero (McFadden, 2011), no entanto, os dados disponíveis para este gênero foram obtidos por meio deste marcador (CARPINELLI, 2021). Assim, embora ainda morfologicamente indistintas, é necessário acessar um conjunto de dados mais robusto, a fim de determinar o isolamento ou não entre essas duas linhagens. Por essas razões, optou-se, por ora, tratar as linhagens como distintas, com base em outros históricos biogeográficos e nos estudos de Oliveira (2012).

A linhagem recente mais antiga, de acordo com as filogenias de Carpinelli (2021), corresponde à da espécie *M. tuberculata*, que tem distribuição restrita ao Atlântico Oriental, apenas na costa africana (SÁNCHEZ, 2001; CASTRO et al. 2010; PÉREZ et al. 2011). Essa diferenciação de linhagem provavelmente aconteceu pela separação completa entre a África e a América do Sul. O processo de deriva tectônica e separação dos continentes pode ser identificado como um dos principais fatores responsáveis pela interrupção do fluxo gênico conforme indicado por Poliseño et al. (2017). Esse fenômeno resultou em especiação alopátrica, ou seja, a barreira geográfica formada devido à expansão da bacia oceânica do Atlântico mostrou-se mais ampla do que a capacidade de dispersão das larvas ou dos gametas dessa espécie (CARPINELLI, 2021).

As linhagens mais próximas de *M. tuberculata* provavelmente são *M. flavida* (Fig.6) e *M. petila* pela proximidade do Norte da África com o Caribe quando os

continentes ainda estavam juntos (SÁNCHEZ, 2001). Nenhum trabalho de biologia molecular foi encontrado envolvendo espécimes da costa brasileira (OLIVEIRA, 2012), porém sabe-se até o momento que *Muriceopsis metaclados* tem a possibilidade de ser endêmica na costa brasileira (CASTRO et al. 2010), porém , não há dados moleculares para a afirmação dessa hipótese.



Figura 6. Reconstrução filogenética do gênero *Muriceopsis*, baseada em marcadores *COI*. Ramos em verde correspondem a espécimes brasileiros. Fonte: Carpinelli (2021).

No Caribe e na costa brasileira, há espécies separadas por barreiras geográficas como os rios Orinoco (Venezuela) e Amazonas (Brasil). Esse isolamento geográfico pode levar a eventos de especiação, embora não necessariamente cause mudanças

morfológicas visíveis. Assim, a geografia é um fator importante que limita as áreas de ocorrência das espécies ao Caribe e ao Brasil.

Na região nordeste da costa sul-americana, a foz dos rios Orinoco e Amazonas se estende por 2.300 km, separando habitats recifais brasileiros e caribenhos (FLOETER, 2007), apresentando substratos instáveis e águas turvas, sendo também palco do maior fluxo de água doce do mundo. Essa área é amplamente reconhecida como uma barreira à dispersão de algumas espécies de corais. O elevado índice de endemismo entre corais, hidrozoários e moluscos ao longo da costa brasileira resulta da distinção biogeográfica entre o Brasil e suas ilhas oceânicas em relação ao Caribe (OLIVEIRA, 2012; CARPINELLI, 2021). A Corrente de Benguela é uma das principais correntes do Atlântico Sul. Atua como barreira entre o sul da América do Sul e o Oceano Índico. Ela se forma a partir de uma parte da Corrente do Atlântico Sul e dos giros da Corrente das Agulhas mantendo constância ao longo de praticamente todo o ano, transportando uma vazão em direção ao sudoeste do Atlântico. Esse fluxo facilita a transferência de uma porção das águas quentes e mais salinas do Oceano Índico para o Atlântico Sul, podendo até mesmo alcançar a Corrente do Brasil (SEIXAS, 2013).

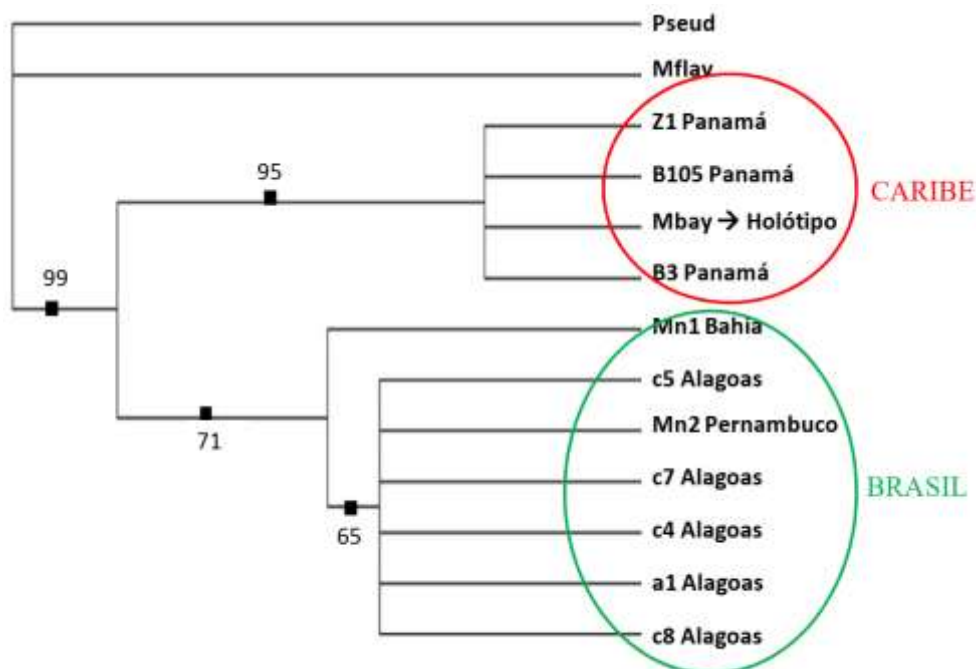


Figura 7. Reconstrução filogenética do gênero *Muriceopsis*, baseada em marcadores *ITS*. Ramos circulosados em verde correspondem a espécimes brasileiros. Fonte: Oliveira (2012).

A insuficiência de sequências moleculares adicionais e estudos publicados para algumas das espécies abordadas limita a capacidade de oferecer uma análise mais detalhada sobre a diversificação das linhagens caribenhas e brasileiras.

4.3 O GÊNERO *Plexaurella*

As reconstruções evolutivas de Carpinelli (2021) baseadas no sequenciamento do marcador *mtMutS* das amostras de *Plexaurella* identificaram dois principais clados que distinguem a linhagem brasileira da caribenha. No primeiro clado, *Plexaurella regia* foi posicionada mais primitivamente em relação as outras espécies. De maneira geral, este clado mantém uma relação evolutiva próxima ao grupo de *P. grandiflora*. O último agrupamento, composto por espécimes brasileiros, é representado por três sequências de *P. obesa* (Fig.8).

Análises moleculares ressaltam o isolamento geográfico, indicando que a influência da pluma do rio Amazonas resultou na separação das comunidades bentônicas de águas rasas. O ciclo intermitente do rio Amazonas desempenha um papel crucial, podendo interromper o fluxo genético entre populações de águas rasas, seja estabelecendo isolamento ou promovendo conexões conforme os níveis do mar variam. Essa dinâmica amplia a pressão seletiva e intensifica a diferenciação entre comunidades, um cenário que afeta as espécies de *Plexaurella*, adaptadas exclusivamente a ambientes de águas rasas (CARPINELLI, 2021).

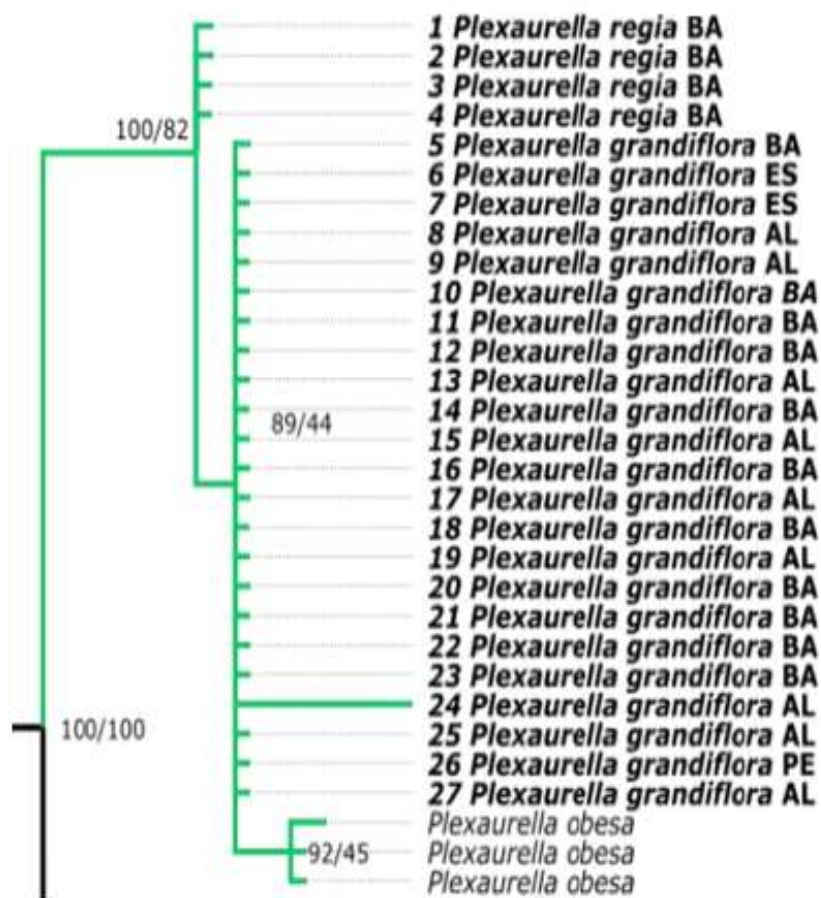


Figura 8. Reconstrução filogenética do gênero *Plexaurella*, baseada em marcadores *mtMutS*. Ramos em verde correspondem a espécimes brasileiros. AL (Alagoas); BA (Bahia); ES (Espírito Santo); PE (Pernambuco). Fonte: Carpinelli (2021).

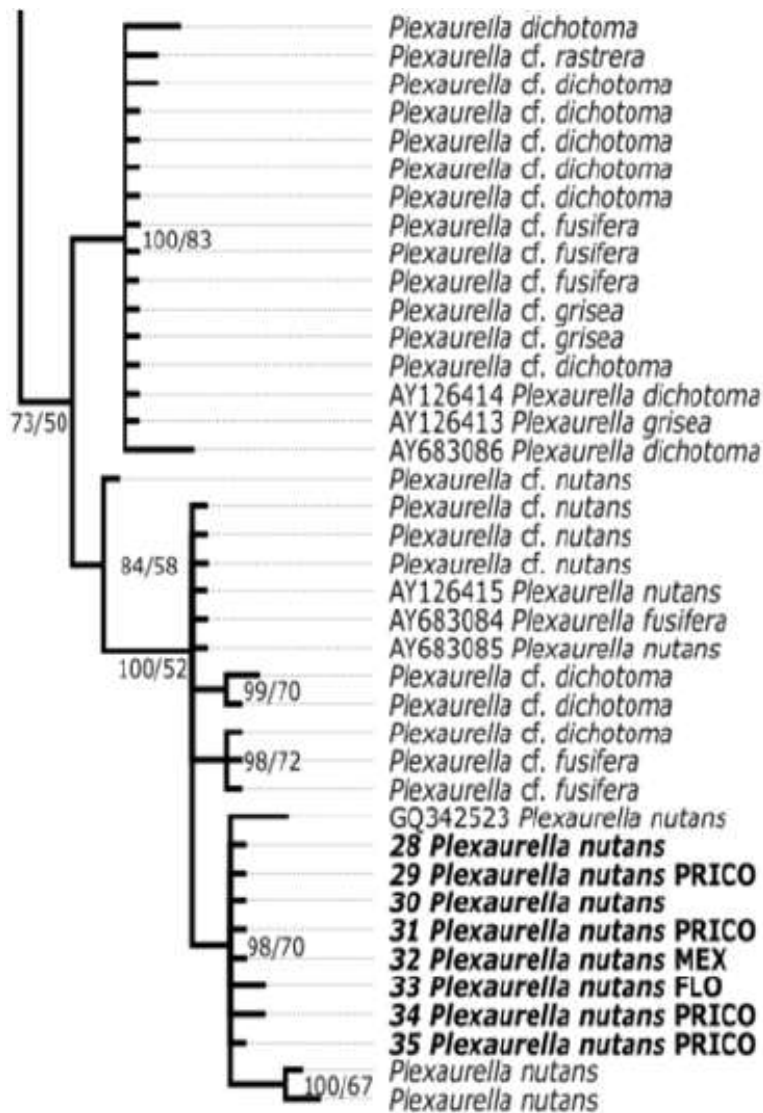


Figura 9. Reconstrução filogenética do gênero *Plexaurella*, baseada em marcadores *mtMutS* e sequências disponíveis no GenBank. Espécimes caribenhas. FLO (Flórida); MEX (México); PRICO (Porto Rico). Fonte: CARPINELLI, 2021.

Além da barreira geográfica Caribe-Brasil ocorreu o fechamento definitivo do Istmo do Panamá que separou o Caribe do Pacífico Tropical Oriental fazendo com que as espécies sensíveis a barreira Amazonas e Orinoco permanecessem no mar caribenho (FLOETER, 2007). Esse processo constituiu uma barreira geográfica que possibilitou a especificação entre populações ao longo de aproximadamente 15 milhões de anos (POLISENO, 2017).

A resiliência das populações de octocorais está ligada à dispersão de larvas, que promove a troca genética e a capacidade de enfrentar desafios ambientais. A reprodução sexual é comum em gorgônias do Caribe, como *M. flavida* e *P. nutans*, que liberam gametas, aumentando a diversidade genética e a conectividade entre

populações. No entanto, o entendimento da reprodução de octocorais ainda é limitado. A conectividade genética e a dispersão larval são cruciais nos ciclos reprodutivos dessas espécies. O isolamento e a conectividade entre *Plexaurella* e *Muriceopsis* podem contribuir para uma divergência parapátrica, resultando em uma separação parcial entre as populações e um fluxo gênico limitado. Além disso, as diferenças nos habitats e as pressões seletivas podem também desempenhar um papel importante na promoção da divergência parapátrica, influenciando a divisão das linhagens de *Plexaurella*. (CARPINELLI, 2021).

CONCLUSÃO

O marcador *COI*, utilizado como base para as análises filogenéticas do gênero *Muriceopsis*, contribuiu para a formulação da hipótese de que *M. tuberculata*, possivelmente a espécie mais ancestral do gênero, não se encontra no Oceano Atlântico Ocidental, sendo potencialmente endêmica da costa africana. Além disso, *M. flavida* e *M. petila*, exclusivas do Caribe, demonstraram proximidade filogenética com *M. tuberculata*. A análise filogenética revelou similaridades entre *M. bayeriana* e *M. sulphurea*, gerando incertezas quanto à sua distinção taxonômica. Enquanto alguns pesquisadores optaram por manter a nomenclatura 'Complexo *Muriceopsis sulphurea*', outros, devido à escassez de dados científicos, trataram essas espécies de forma separada. Com base em dados geográficos, a espécie *M. metaclados* parece ser endêmica no Brasil, embora não existam dados moleculares para respaldar essa afirmação.

O marcador *mtMutS* foi empregado como base de dados moleculares na análise filogenética do gênero *Plexaurella*, o que resultou na identificação de dois clados distintos: o Caribe, com cinco espécies endêmicas, e o Brasil, com três exemplares encontrados exclusivamente em suas costas, nomeadamente *P. regia*, *P. grandiflora* e *P. obesa*.

As diferenças na distribuição geográfica das espécies podem ser explicadas pela presença de barreiras que se desenvolveram ao longo da separação continental. O Istmo do Panamá, por exemplo, atua como uma barreira eficaz que impede a dispersão da fauna marinha do Caribe para o Oceano Pacífico. Adicionalmente, a foz dos rios Orinoco e Amazonas separa as espécies caribenhas das brasileiras em ambos os gêneros estudados. A corrente de Benguela também exerce um papel crucial como barreira geográfica, separando a fauna recifal do Atlântico Sul daquela presente no Sul do Oceano Índico. Por fim, a extensão do Oceano Atlântico após a fragmentação da Pangeia estabeleceu uma barreira geográfica entre as costas brasileira e africana, contribuindo para a diferenciação das linhagens de *Muriceopsis*.

REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, k. B. **Estrutura populacional de plexaurella grandiflora (cnidaria: octocorallia) e suas interações com a fauna associada.** Universidade estadual da Paraíba - Centro de ciências biológicas e da saúde. Campina grande, PB 2019.

ALMEIDA, M.T.R. et al. / **Rev Bras Farmacogn** 24: 446-467, 2014.

AMARAL, FERNANDA MD et al. **An overview of the shallow-water calcified hydroids from Brazil (Hydrozoa: Cnidaria), including the description of a new species.** *Zootaxa*, 2008.

AUED, A.W., SMITH, F., QUIMBAYO, J.P., CÂNDIDO, D.V., LONGO, G.O., FERREIRA, C.E.L., et al. **Large-scale patterns of benthic marine communities in the Brazilian Province**, 2018. PLoS ONE 13(6): e0198452. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0198452>.

CARPINELLI, Ágatha Nascimento. **Sistemática dos Alcyonacea (Cnidaria; Anthozoa) de águas rasas do Brasil.** 132 f. Dissertação (Mestrado em Biodiversidade Marinha e Costeira) - Instituto do Mar, Universidade Federal de São Paulo, Santos, 2021

CASTRO, C.B. **Recife de Coral.** Avaliação e ações prioritárias para a conservação da biodiversidade de zona costeira e marinha. Museu Nacional, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2000.

CASTRO, C.B. Medeiros, M.S. & Loiola, L.L. **Octocorallia (Cnidaria: Anthozoa) from Brazilian reefs**, *Journal of Natural History*, 44:13-14, 763-827, 2010.

CASTRO, Clovis B.; PIRES, Débora O. **Brazilian coral reefs: what we already know and what is still missing.** *Bulletin of Marine Science*, v. 69, n. 2, p. 357-371, 2001.

CORDEIRO, R. T. S. et al. **Revision of the genus Plexaurella Kölliker, 1865 (Anthozoa: Octocorallia) and resurrection of Plexaurellidae Verrill, 1912 new rank.** *Invertebrate Systematics*, v. 35, n. 8, p. 892-921, 2021.

CROIZAT, L. **Panbiogeografia**, Vols 1 e 2. Publicado pelo autor, Caracas, 1958.

EPIF NIO, Rosângela de A.; MAIA, Lenize F.; FENICAL, Guilherme. **Chemical Defenses of the Endemic Brazilian Gorgonian Lophogorgia violacea Pallas (Octocorallia, Gorgonacea).** *Revista da Sociedade Brasileira de Química*, v. 11, p. 584-591, 2000.

ESPER, E.J.C. **Die Pflanzthiere in Abbildungen nach der Natur mit Farben erleuchtet nest Beschreibungen.** Nurnberg, in der Raspischen Buchhandlung, 1788–1830.

FABRICIUS, K.; ALDERSLADE, P. **Soft corals and sea fans: A comprehensive guide to the tropical shallow-water genera of the Central-West Pacific, the Indian Ocean and the Red Sea.** Australia: Australian Institute of Marine Science, 2001, 264 p.

FERREIRA, Beatrice Padovani; MAIDA, Mauro. **Monitoramento dos recifes de coral do Brasil. Brasília, DF:** MMA, Secretaria de Biodiversidade e Florestas, 2006.

FLOETER, Sérgio Ricardo et al. **Atlantic reef fish biogeography and evolution.** *Journal of Biogeography*, v. 35, n. 1, p. 22-47, 2008.

FLOETER, Sergio R.; SOARES-GOMES, Abílio; HAJDU, Eduardo. **Biogeografia marinha.** *Biologia Marinha*. Rio de Janeiro: Interciência, p. 421-441, 2009.

GILLUNG, J.P. **Biogeography: the history of life on Earth.** *Revista da Biologia*. Vol. Esp. Biogeografia: 1-5, 2011.

GOLDANI, A. **Aplicabilidades e Estudo Comparativo da Biogeografia Histórica na Região Neotropical como Ferramentas para Conservação: Os Métodos "Análise De Parcimônia De Endemismo" E "Panbiogeografia".** Tese doutorado, Pontifícia Universidade Católica Do Rio Grande Do Sul, 2010.

HOLEGH-GULDBERG, O.; Pendleton, L. and Kaup, A. **Regional Studies in Marine Science** 30, 2019.

LEÃO, Z. M. A. N.; OLIVEIRA, Marília de Dirceu Machado; KIKUCHI, Ruy Kenji Papa. **Os recifes de coral da APA Ponta da Baleia, Bahia.** *OLAM Ciência & Tecnologia*, v. 8, p. 287, 2008.

MARANGONI, L. F. B. **Ecofisiologia em recifes de coral: impactos climáticos e locais em corais e hidrocorais do Atlântico Sul.** In: Graduate Program in Biological Oceanography. Federal University of Rio Grande–FURG Rio Grande RS, Brazil, 2018.

MILNE-EDWARDS, H. Haime, J. **Histoire naturelle des coralliaires ou polypes proprement dits. Paris: a la Librairie Encyclopédique de Roret,** 1857.

MIRANDA, G.S & Dias, P.H.S. **Biogeografia de vicariância: histórico e perspectivas da disciplina que lançou um novo olhar sobre a diversidade na Terra.** Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2012.

MIRANDA, T.P & Marques, A.C. **Abordagens atuais em biogeografia marinha.** *Revista da Biologia*, Vol. Esp. Biogeografia: pag.41-48, 2011.

MORRONE, Juan J. **Panbiogeografia, componentes bióticos y zonas de transición.** *Revista Brasileira de Entomologia*, 2004.

MORRONE, Juan J.; CRISCI, Jorge V. **Historical biogeography: introduction to methods.** *Annual Review of Ecology and Systematics*, 1995.

MORRONE, Juan J. **Rastreie a análise além da panbiogeografia**. Journal of Biogeography, 2005.

NEVES, Elizabeth et al. **The occurrence of Scolymia cubensis in Brazil: revising the problem of the Caribbean solitary mussids**. Zootaxa, v. 1366, n. 1, p. 45–54-45–54, 2006.

OLIVEIRA, David Henrique Rodrigues de. **Revisão morfológica e molecular do gênero Muriceopsis aurivillius, 1931 (Cnidaria: Octocorallia) no Oceano Atlântico Ocidental**. 2012. Dissertação de Mestrado.

PALLAS, P.S. **Elenchus zoophytorum sistens generum adumbrationes generaliores et specierum cognitarum succinctas descriptiones cum selectis auctorum synonymis (Hagae Comitum)**, 1766.

PÉREZ, Carlos D.; NEVES, Bárbara M.; OLIVEIRA, David HR. **New records of octocorals (Cnidaria: Anthozoa) from the Brazilian coast**. Aquatic Biology, v. 13, n. 3, p. 203-214, 2011.

POLISENO, Angelo et al. **Comparative mitogenomics, phylogeny and evolutionary history of Leptogorgia (Gorgoniidae)**. Molecular Phylogenetics and Evolution, v. 115, p. 181-189, 2017.

PRATES, Ana Paula Leite. **Recifes de Coral e Unidades de Conservação Costeiras e Marinhas no Brasil: uma análise da representatividade e eficiência na conservação da biodiversidade**. 2003.

RAMÍREZ, A.P., GOYENECHEA, I. CERÓN, J.M.C. **Panbiogeography of the Santa María Amajac area, Hidalgo, Mexico**. Revista Mexicana de Biodiversidad 85: 1228-1234, 2014

Rocha, L.A. **Padrões de distribuição e processos de especiação em peixes recifais brasileiros**. Journal of Biogeography, 30(8), 1161–1171, 2003.

ROCHA, Y.T. **Técnicas Em Estudos Biogeográficos**. Departamento de Geografia – UFPR, RA E GA 23, p. 398-427, 2011.

RODRIGUES, S.C.M. **Dados ecológicos de gorgônias (Octocorallia: Alcyonaces) contributo para conservação e gestão de actividades subaquáticas no parque marinho Professor Luiz Saldanha (Portugal)**. Universidade de Lisboa, 2008.

SANMARTÍN, I. **Historical Biogeography: Evolution in Time and Space**. Evo Edu Outreach 5, 555–568 (2012). <https://doi.org/10.1007/s12052-012-0421-2>

SABADINI, S.C. **Determinação de áreas de endemismo de corais escleractíneos e hidrocorais no atlântico sul ocidental**. Cadernos do LESTE, v. 16, n. 16 de 2016.

SEIXAS, V.C. **Conectividade genética de duas espécies de poliqueta, Hermodice carunculata e Timarete punctata, ao longo do Atlântico Sul Ocidental e Mar do**

Caribe. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Biologia Evolutiva. Rio de Janeiro, 2013.

SILVESTRI, Samantha et al. **Mitogenomic phylogenetic analyses of *Leptogorgia virgulata* and *Leptogorgia hebes* (Anthozoa: Octocorallia) from the Gulf of Mexico provides insight on Gorgoniidae divergence between Pacific and Atlantic lineages.** Ecology and evolution, v. 9, n. 24, p. 14114-14129, 2019.

SOARES, M.O. et al. (2016). **Brazilian Marine Animal Forests: A New World to Discover in the Southwestern Atlantic.** In: Rossi, S., Bramanti, L., Gori, A., Orejas Saco del Valle, C. (eds) Marine Animal Forests. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-17001-5_51-2.

SOUZA, L.G.R. E MEDEIROS, H.B. **Biogeografia Histórica.** I Simpósio Brasileiro de Biogeografia. ISBN 978-65-86753-06-6, 2020.

VARGAS, S. et al. **Padrões de distribuição do gênero *Pacifigorgia* (Octocorallia: Gorgoniidae): análise de compatibilidade de faixas e análise parcimoniosa de endemidade.** Journal of Biogeography 35, 241-247, 2008.

VIANA, D.L. et al. **Ciências do mar: dos oceanos do mundo ao nordeste do Brasil.** Via Design Publicações, Vol. 1, p.9, 2021.

WATERS, Jonathan M. et al. **Biogeography off the tracks.** Systematic Biology, v. 62, n. 3, p. 494-498, 2013.

WATLING, L. et al. **A proposed biogeography of the deep ocean floor.** Progress in Oceanography, v. 111, p. 91-112, 2013.

WoRMS Editorial Board. **World Register of Marine Species.** Disponível em <https://www.marinespecies.org> em VLIZ, 2023.