

Estado da arte sobre estudos de Rodolitos no Brasil

Relatório Final

Dezembro, 2014

Resultado do Acordo de Cooperação Técnica entre o IBP e IBAMA - 2015

IBP – Instituto Brasileiro de
Petróleo, Gás e Biocombustíveis

Ibama – Instituto Brasileiro de Meio
Ambiente e Recursos Naturais
Renováveis

Presidente

Jorge Camargo

Presidente

Volney Zannardi

Secretário Geral

Milton Costa Filho

Diretor de Licenciamento Ambiental

Thomaz Toledo

Secretário Executivo de E&P

Antonio Guimarães

Coordenador-Geral da CGPEG

Vanessa Horta

Gerente Executivo de SMS & Operações

Carlos Henrique Mendes

Analista de SMS & Operações

Maria Augusta Nogueira

Grupo Técnico de Rodolitos

Paulo Henrique Van der Ven - Statoil

Maria Patrícia Curbelo - Petrobras

Hélder Oliveira Ferreira - Anadarko

Andrea Gallo - Petrobras

Alexandre Santos de Souza - Ibama

Autores do Estudo

Marcia A. de O. Figueiredo - JBRJ

Alexandre B. Villas-Bôas - IEAPM

Gilberto T. de M. Dias - UFF

Ricardo Coutinho - IEAPM

SUMÁRIO

SUMÁRIO EXECUTIVO	3
1 INTRODUÇÃO GERAL.....	7
2 BANCOS DE ALGAS CALCÁRIAS (RODOLITOS) DO PONTO DE VISTA GEOLÓGICO.....	9
3 BANCOS DE ALGAS CALCÁRIAS (RODOLITOS) DO PONTO DE VISTA BIOLÓGICO	16
4 DISTRIBUIÇÃO DOS BANCOS DE RODOLITOS E DAS ESPÉCIES DE ALGAS CALCÁRIAS FORMADORAS DE RODOLITOS NO BRASIL.....	21
5 RELEVÂNCIA DAS FORMAS DE RODOLITOS E BANCOS COMO HABITATS E ÁREAS PRIORITÁRIAS PARA CONSERVAÇÃO	31
6 SENSIBILIDADE DOS RODOLITOS E RESTRIÇÕES ÀS ATIVIDADES DE E&P E A OUTRAS ATIVIDADES ECONÔMICAS	39
7 CONCLUSÃO	50
8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	51

SUMÁRIO EXECUTIVO

O presente estudo teve como objetivo agregar informações sobre o Estado da Arte dos Rodolitos no Brasil e levantar questões que ainda faltam ser respondidas para que possamos conciliar o conhecimento científico existente sobre estes organismos com a conservação dos ecossistemas e o interesse da sociedade brasileira. Foram levantados os artigos publicados em revistas especializadas e as dissertações de mestrado e teses de doutorado abrangendo diferentes aspectos sobre rodolitos e bancos de rodolitos no Brasil. As algas calcárias incrustantes exibem uma impressionante variedade morfológica, tanto nas formas de crescimento como nos modos de incrustação. As crostas dessas algas quando crescem totalmente livres (talo não aderido ao substrato consolidado), formam os rodolitos (que rolam sobre o fundo marinho), também denominados maerl. Rodolitos são constituídos por crostas dessas algas calcárias (geralmente >50%) concrecidas com outros organismos, que formam nódulos (esféricos, discóides ou elipsóides) ou são formados inteiramente por apenas uma ou mais espécies de algas calcárias. O termo rodolito é mais usado para uma estrutura individual e banco de rodolitos para o conjunto de rodolitos e a comunidade formada por outros organismos associados. Esses bancos podem cobrir extensas áreas na costa Brasileira e possuem grande relevância ecológica por proporcionarem uma elevada riqueza de espécies. O maior banco de rodolitos do mundo foi mapeado na região da plataforma continental dos Abrolhos, com uma área estimada de 20.000Km², com importância global na produção de carbonato de cálcio, comparável aos recifes coralíneos do Caribe e Grande Barreira de Corais da Austrália. Neste cenário, 32 espécies de algas calcárias foram encontradas formando rodolitos em território nacional, uma maior riqueza do que é atualmente conhecido para o Atlântico Norte ou Indo-Pacífico. Vale ressaltar que as maiores riquezas de espécies podem estar associadas a maiores

esforços amostrais realizados até o momento. No entanto, pouco se conhece sobre os limites de distribuição batimétricos da maioria das espécies e acredita-se que muitos bancos de rodolitos vivos se restringem às águas rasas nos trópicos em oposição aos bancos brasileiros distribuídos principalmente entre 40m até 250m de profundidade. Estes resultados ressaltam a importância da realização de estudos locais, uma vez que a estrutura dos bancos de rodolitos varia de um local pra outro na plataforma continental brasileira. Esses bancos, possuem uma alta biodiversidade e devem ser tratados como áreas prioritárias para a conservação, embora existam regiões do Brasil que praticamente ainda não foram estudadas, como é o caso do Norte e grande parte do Nordeste. De qualquer maneira, dentre os critérios para estabelecer uma área protegida, torna-se necessário o mapeamento do entorno e a determinação da área mínima, uma vez que a localização dos rodolitos oscila em função das correntes de fundo e/ou ondulações. O mapeamento detalhado do fundo serve para definir os limites e a extensão do banco, a caracterização do habitat quanto a sua importância local, regional e global, assim como a raridade, a sensibilidade, a significância ecológica e a análise das ameaças potenciais. Dessa forma, é muito difícil de ser determinado o percentual máximo para a interferência em blocos exploratórios com a presença de rodolitos no fundo marinho, com o atual estágio de conhecimento dos rodolitos no Brasil. A própria sensibilidade dos rodolitos que venham a ser atingidos pela descarga de cascalho ainda é pouco conhecida. Estudos preliminares sobre o efeito do soterramento em algas calcárias formadoras de rodolitos, em condições de laboratório, mostram diferenças entre espécies, sendo umas mais sensíveis que outras. Havendo um impacto sobre essas comunidades as respostas dadas pelas espécies podem ser mensuradas a curto e longo prazo através de estudos, que incluem os diagnósticos ambientais e o monitoramento. Os fundos de algas calcárias são sensíveis pela lenta habilidade de serem recuperados uma vez danificados, devido ao lento crescimento das algas calcárias, como aquelas construtoras de recifes. Neste cenário encontra-se o conceito de resiliência, que caracteriza a velocidade de 'recuperação', ou seja, a habilidade de voltar para uma

determinada dinâmica sem a perda das partes/unidades ou processos ecológicos. Estudos sobre a resiliência dos bancos de rodolitos ainda inexistem. Em outras partes do mundo, se constatou que os bancos de rodolitos podem ser ameaçados por diversas atividades econômicas, quer seja através da extração do calcário, maricultura, produção pesqueira e dragagens de marinas e portos, assim como perfurações para a produção de óleo e gás. Deste modo, existe uma premente necessidade de se conhecer a sensibilidade das comunidades e sua resiliência nos bancos impactados ou ameaçados de serem danificados. Atividades de exploração de óleo e gás em mar profundo tem sido uma preocupação mais recente, uma vez que o descarte no mar do material oriundo da perfuração pode levar ao soterramento das comunidades. Esses descartes quando realizados próximos no fundo persistem devido à baixa dispersão, que caracteriza esses habitats profundos, ao contrário dos descartes feitos na superfície ou coluna d'água, onde o impacto dos contaminantes dispersos é minimizado pela dissolução. Assim, o soterramento e a potencial mortalidade das espécies epibênticas pode ocorrer, pelo efeito cumulativo de material de descarte e poluentes. No caso do óleo, a deposição no fundo ocorre quando as gotas de óleo dispersas interagem com partículas do sedimento fino e matéria orgânica em suspensão, que ao tornarem-se mais pesadas afundam. Óleos que tendem a afundar quando derramados formam pavimentos asfálticos pela fotoxidação da camada superficial do depósito em ambiente de baixa energia. Isso pode ocorrer em bancos de rodolitos tal como em praias de seixos, deste modo o óleo disperso tende a ser retido e persistir por longo tempo neste substrato. Nestes ambientes de baixo hidrodinamismo e alta heterogeneidade de fundo, dificilmente esses poluentes armazenados são resuspensos e dispersados, quer seja por correntes de fundo ou bioturbação. Fatores limitantes de irradiância são pouco conhecidos para espécies formadoras de rodolitos e tem sido demonstrado que muitas espécies conseguem se adaptar às condições de pouca luz, quer seja em relação a uma variação sazonal ou à níveis restritos em maiores profundidades. A sedimentação é um outro fator ambiental que mais afeta a saúde de bancos de rodolitos, uma vez que seu principal

construtor é um organismo fotossintetizante, que pode ser extremamente danificado quando exposto à anoxia em diferentes graus de soterramento. Aportes naturais de sedimentos terrestres carregados por chuvas e desembocados no mar através dos rios já foram apontados como um dos maiores causadores de distúrbios em recifes de coral, e provavelmente aos bancos de rodolitos próximos à costa no nordeste do Brasil. O presente estudo, concluiu que o conhecimento sobre rodolitos que ocorrem na plataforma continental brasileira ainda é incipiente para embasar uma exploração sustentável desses recursos. É necessário que sejam feitos estudos que possam prever a sensibilidade, o impacto, e sua recuperação frente as diversas atividades econômicas que ameaçam as comunidades associadas.

1 INTRODUÇÃO GERAL

Este relatório tem como objetivo principal agregar informações sobre o Estado da Arte dos Rodolitos no Brasil e levantar questões que ainda faltam ser respondidas para que o conhecimento científico existente sobre estes organismos possa contribuir para o melhor entendimento desses ambientes e as pressões que estes sofrem.

Além dos trabalhos primordiais de caráter geológico e exploratório feitos entre as décadas de 1970 e 1990 no Brasil, os estudos sobre rodolitos foram diversificados e se intensificaram nos últimos cinco anos. Em atual levantamento feito na literatura disponível, referente a estudos desenvolvidos no Brasil, foram registrados 41 artigos publicados em revistas especializadas e 16 dissertações de mestrado e teses de doutorado abrangendo diferentes aspectos sobre rodolitos e bancos de rodolitos no Brasil, tais como: taxonomia de algas calcárias formadoras de rodolitos; taxonomia de organismos associados; morfologia dos rodolitos; distribuição nos gradientes de profundidade; datação no tempo geológico; taxas de crescimento atuais; estrutura de comunidades e análises experimentais. Nestes últimos foram testadas respostas dos organismos construtores a estressores ambientais naturais e de natureza antrópica, incluindo as mudanças climáticas. Incluem-se ainda outros aspectos da biologia, ecologia, geologia e paleontologia.

As atividades antrópicas em áreas com presença de rodolitos têm avançado nos últimos anos no Brasil para regiões mais profundas, devido a crescente demanda por recursos e possibilidade de bioprospecção. De forma direta, a extração dos rodolitos ocorre para diversos fins ou de forma indireta, quando se trata de outras atividades como a pesca e a exploração e produção de hidrocarbonetos. Neste sentido, estudos são necessários nas principais áreas do conhecimento para que se tenha uma melhor compreensão em relação a: (1) a dimensão e estrutura dos bancos,

considerando o habitat, diversidade biológica, datação e vitalidade dos organismos construtores e identificação daqueles que desempenham importantes funções ecológicas (2) as interações entre os organismos e o meio nas comunidades, (3) a sensibilidade e resiliência aos distúrbios, (4) os impactos das atividades econômicas e (5) o uso sustentável dos recursos. No presente relatório são apresentadas as conceituações de rodolitos individuais e bancos de algas calcárias do ponto de vista geológico e biológico, assim como são abordadas as restrições para as atividades de exploração e produção de óleo e gás e de outras atividades econômicas em regiões onde os rodolitos estão presentes.

2 BANCOS DE ALGAS CALCÁRIAS (RODOLITOS) DO PONTO DE VISTA GEOLÓGICO

Do ponto de vista geológico, os depósitos de algas calcárias, estão contidos em uma definição mais ampla, que abrange os sedimentos ricos em carbonato, chamados de 'granulados bioclásticos'. Os termos granulados (granulats) ou agregados (aggregates) designam ainda um tipo de mineral industrial. Os 'fundos de algas calcárias' têm sido incluídos em diversas definições, tais como: fundos organogênicos, cascalho, areias biogênicas (ou bioclásticas) e sedimentos carbonáticos. Segundo Dias (2000), no Brasil os depósitos naturais de granulados bioclásticos são formados principalmente por algas calcárias, mas ocorrem também, localmente, depósitos de conchas na plataforma continental Sul, como exemplo, os concheiros de Albardão.

No Brasil, os primeiros estudos que localizaram os fundos de algas calcárias tinham apenas caráter geológico e estavam focados na caracterização dos sedimentos da plataforma continental (Kempff, 1970) e nas perspectivas de potencial exploração comercial deste recurso (Kempff 1974; Milliman & Amaral, 1974), seguidos por estudos voltados para o mapeamento e potencial dos recursos vivos da Zona Econômica Exclusiva (Lavrado, 2006; Dias, 2000). Do Maranhão a Cabo Frio, predominam fundos organogênicos ou areias biogênicas, que se destacam pelo elevado teor em carbonato de cálcio (Kempff, 1970, 1974; Milliman & Amaral, 1974). A existência de sedimentos ricos em carbonato na costa brasileira, em termos de composição foi inicialmente descrita como: (1) primariamente algas calcárias incrustantes ou ramificadas e (2) acúmulo secundário de briozoários, moluscos e foraminíferos (Milliman & Amaral, 1974).

Os rodolitos e seus fragmentos (bioclastos) são tidos como viáveis para a exploração econômica do calcário marinho, pois constituem depósitos sedimentares inconsolidados, facilmente coletados através de dragagens.

Na Baía de Saint Brieuç (França), houve intensa exploração de algas calcárias desde a década de 1970, onde os teores de carbonato nos sedimentos são elevados (>50%). A espessura da camada de sedimentos é pequena, entre 4m e 8m na maior parte do fundo, depositados diretamente sobre rochas. A fração carbonática dos sedimentos é composta por conchas inteiras ou em fragmentos finos, com a presença de rodolitos densamente ramificados (maerl) em jazimentos mais localizados e fragmentos siliciclásticos (quartzo ou siltitos). Este tipo de sedimento extraído (maerl) é constituído por forte concentração de talos fruticosos (arbuscules) de algas calcárias, principalmente do gênero *Lithothamnion* (OSPAR, 2006).

Amaral (1979) descreveu diversas faixas de ocorrências de depósitos de algas calcárias na plataforma continental brasileira:

- **Primeira faixa de ocorrência**

De norte para o sul, se estende sobre a plataforma externa entre 40m e 80m, desde a região ao largo da desembocadura do Amazonas até pouco além do setor Nordeste de São Luis (MA). Na extremidade nordeste desta faixa há uma mancha de rodolitos circundada por recifes algais e para sudeste se alternam recifes algais, maerl e foraminíferos bentônicos.

- **Segunda faixa de ocorrência**

Do rio Parnaíba para o sudeste outra faixa continua se prolonga, também na plataforma externa, até o largo do rio São Francisco. Esta faixa segue comumente em profundidades maiores que 60m. Localmente ocorre em regiões mais rasas (20m), entre o rio Parnaíba e Jericoacoara (CE) onde o maerl é dominante (95%), ao Norte de Itapagé onde ocorrem maerl e a alga verde calcificada *Halimeda*, a oeste de Fortaleza, entre Areia Branca e ponta de Santo Alberto e próximo ao Cabo do Calcanhar (RN) onde predominam areias recifais, maerl e *Halimeda*.

Entre o Cabo Calcanhar e Maceió (AL), a faixa de carbonáticos alarga-se em direção à costa, atingindo profundidades de 5m ou menos.

Ao sul de Maceió a ocorrência afasta-se do litoral sob a influência do rio São Francisco, sendo compostos por maerl, Halimeda, recifes algais e areia recifal.

- **Terceira faixa de ocorrência**

Do rio São Francisco a Itacaré (BA) há uma interrupção na continuidade dos depósitos carbonáticos. Nesta área foram mapeados, entre 30m e 200m de profundidade apenas estreitos depósitos de areia recifal, maerl e Halimeda (sudeste e sul de Aracaju (SE); sul de Salvador (BA) e Norte de Itacaré.

- **Quarta faixa de ocorrência**

De Ilhéus parte outra grande faixa de ocorrência cobrindo praticamente toda a plataforma de Abrolhos (BA) e entre 10m e 200m de profundidade, até o Sul de Guarapari (ES), incluindo o topo dos montes submarinos locais.

- **Quinta faixa de ocorrência**

Entre o rio Paraíba do Sul e Cabo de São Tome (RJ) não foram registrados sedimentos ricos em carbonatos na plataforma interna, porém, mapeamentos posteriores mostraram que os bioclastos são abundantes na plataforma média e externa.

- **Representação em Cartas Sedimentológicas**

Dias e Medeiros (2005) apresentaram a metodologia para elaboração das cartas sedimentológicas da plataforma continental brasileira que foram utilizadas no âmbito do Programa REVIZEE - Programa de Avaliação do Potencial Sustentáveis Recursos Vivos da Zona Econômica Exclusiva. O trabalho objetivou a integração, análise e padronização de conjuntos de informações sedimentológicas provenientes das diferentes fontes, contendo, portanto diferentes níveis de informação. Na época do estudo, foram consideradas 28.000 amostras cadastradas no Banco Nacional de Dados Oceanográficos, da Diretoria de Hidrografia e Navegação (BNDO-DHN), além de dados dos trabalhos de Oceanografia Geológica do Programa REVIZEE, com início em 1995, que consistiram em levantamentos pretéritos e coletas de fundo em expedições específicas. Esta padronização de

informações propiciou uma visão conjunta, em escala regional, da distribuição dos tipos de fundo na plataforma continental brasileira

A grande maioria das amostras cadastradas no BNDO-DHN continha apenas a descrição de 'tenças', termo utilizado pela Marinha do Brasil, descrição visual e expedita de amostras de fundo. Essas informações, vêm sendo coletadas pela Marinha do Brasil, ao longo de muitos anos, e contêm em sua forma original uma grande variedade de termos de descrição. Em um trabalho de interpretação e depuração, as diversas descrições do mesmo tipo de sedimento foram reagrupadas em 10 classes de tipos de fundo: 1-Areia Fina, 2-Areia Média, 3-Areia Grossa, 4-Areia Lamosa, 5-Lama, 6-Cascalho, 7-Cascalho Lamoso, 8-Conchas, 9-Alga Calcária e 10-Recife (Dias 2004).

Utilizando-se esta classificação foram elaboradas 11 cartas representativas das variações dos tipos de 'tenças' na plataforma continental brasileira (Fig. 1)¹. As cartas foram geradas no sistema Oasis 'Montaj/Geosoft', com o aplicativo 'Seafloor Mapping', desenvolvido pela Geosoft, por solicitação dos autores para traçar o contorno dos diferentes tipos de classes. O 'Seafloor' cria polígonos, agrupando códigos estabelecidos, baseando-se em um algoritmo que toma por base os dados de uma vizinhança conhecida (nearest neighbour algorithm). As cartas de 'tenças' apesar de não mostrarem detalhes locais, permitem visualizar regionalmente as áreas de ocorrências das algas calcárias na plataforma continental brasileira, relacionadas principalmente aos "cascalhos", que são inteiramente de natureza carbonática, pois não há ocorrência significativa de cascalho siliciclástico na plataforma brasileira.

Existem basicamente dois tipos de sedimentos carbonáticos, que constituem depósitos volumosos na plataforma continental brasileira: (1) 'concheiros', que ocorrem na plataforma interna e média, entre as cristas de bancos arenosos compostos principalmente por conchas de moluscos,

¹ Disponível em: www.mma.gov.br/port/sqa/projeto/revizee/capa/corpo.html

representativo apenas na região sul-sudeste, (2) carbonático algálico, com ampla ocorrência, podendo aparecer como uma faixa quase contínua na plataforma média externa a partir de Cabo Frio (RJ) em direção norte até o Maranhão.

As algas calcárias incrustantes exibem uma impressionante variedade morfológica, tanto nas formas de crescimento como nos modos de incrustação. As crostas dessas algas podem ser (i) espessas (ii) finas ou (iii) protuberantes e, de acordo com o grau de aderência (iv) foliáceos (margens não aderentes) ou (v) totalmente livres, tais como os rodolitos (que rolam sobre o fundo) e maerl (ou marl) (Steneck 1986).

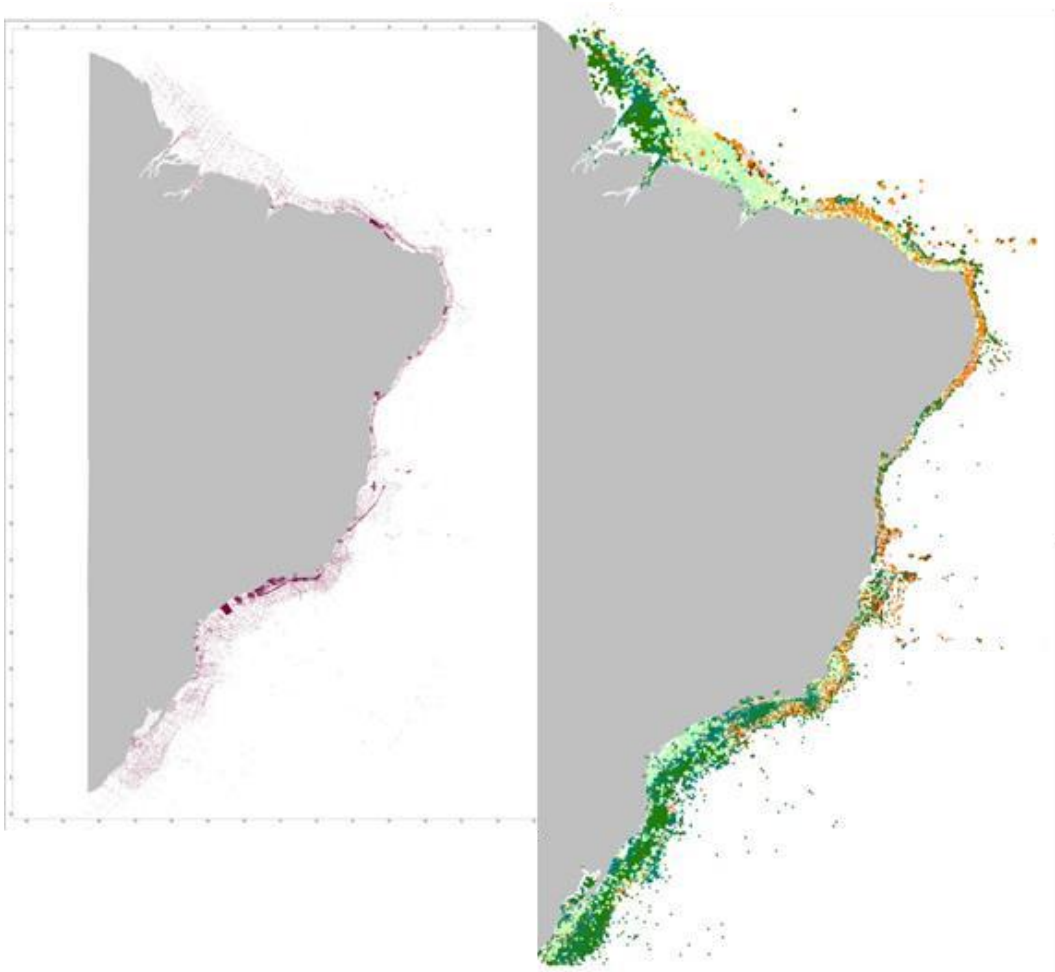


Figura 1. Mapa de distribuição de amostras e tipos de 'tença' na plataforma continental brasileira 'tença'. Em cor laranja estão representados os diversos tipos de cascalho carbonático, relacionados principalmente às ocorrências de algas calcárias (algas vermelhas que formam rodolitos ou *maerls* e algas verdes do

gênero *Halimeda*). A cor rosa refere-se à descrição específica da ocorrência destas algas calcárias. A cor marron refere-se às áreas recifais. As cores: amarelo, verde claro e verde escuro, representam respectivamente areias siliciclásticas médias, areias siliciclásticas finas e lamas, todas de origem terrígena.

Rodolitos são constituídos por crostas dessas algas calcárias (geralmente >50% da estrutura), que formam nódulos (esféricos, discóides ou elipsóides) e podem ser formados inteiramente por apenas uma ou mais espécies de algas calcárias vermelhas (Foster, 2001). O termo 'rodolito' é usado para uma estrutura isolada e o 'banco de rodolitos' para o conjunto de rodolitos e a comunidade formada por outros organismos associados. O termo 'banco de rodolitos' (*rhodolith bank* em inglês ou *banc de maerl* em francês) pode ser mal empregado por ter uma conotação de 'banco' no sentido fisiográfico, indicando áreas de relevo proeminente, o que nem sempre é o caso. Na região próxima à costa, os rodolitos são encontrados agregados no topo de bancos recifais, na margem dos recifes, em bancos de fanerógamas marinhas e em depósitos isolados no fundo não consolidado, variando de 10-26 cm podendo alcançar até 1 m de espessura (Testa 1997; Leão et al. 2003; Paula et al. 2003; Gherardi, 2004; Figueiredo et al. 2006, 2007, 2008).

A organização estrutural de um banco varia de muito densa (uma camada ou mais que três estratos com 100 % de cobertura) a rodolitos espaçadamente distribuídos (Foster et al., 1997). São encontrados registros de rodolitos até 268m de profundidade nas Bahamas (Littler et al., 1991). Em águas brasileiras ocorrem até 250m de profundidade (Henriques et al., 2014). Estudos relatam bancos de rodolitos esparsos a densamente distribuídos (30-450 indivíduos /m²) nos fundos não consolidados entre 4 a 100m de profundidade no sul do Estado do Espírito Santo, Banco dos Abrolhos e Arquipélagos de Fernando de Noronha (Amado et al. 2007, 2010, 2012 a, b). Fortes ondulações sazonais podem movimentar os depósitos da plataforma (Dias e Villaça 2012) e as correntes de marés permitem movimentos mais frequentes na plataforma interna (Testa & Bosence, 1999).

Devido à impregnação por carbonato de cálcio nas paredes celulares do talo (Cabioch & Giraud 1986) as algas calcárias participam ativamente como construtores primários dos bancos calcários ou como construtores secundários ao preencherem os espaços entre outros organismos de esqueleto rígido, tais como os corais, entre outros invertebrados marinhos nos recifes (Leão 1982; Kikuchi & Leão 1997; Testa 1997; Gherardi & Bosence, 2001). A cobertura de rodolitos sobre o fundo é muito variável e ainda não foram definidos parâmetros para quantificar esse processo. Amplas áreas mapeadas como essencialmente arenosas podem estar cobertas por rodolitos, anos depois. Obstáculos no fundo podem interromper o deslocamento dos rodolitos, conforme foi verificado no banco das Caladas, na região de Abrolhos onde estão aprisionados e imóveis dentro de cavidades existentes nos lajedos carbonáticos de pequeno relevo (G. Dias, dados não publicados).

Os rodolitos quando apresentam a crosta externa viva, que realiza a fotossíntese, ocorrem apenas sobre a superfície do fundo marinho, onde sofrem deslocamento com determinada frequência. Estudos locais em águas rasas brasileiras (< 20m de profundidade) registraram cerca de 20% do depósito superficial com rodolitos vivos (Figueiredo *et al.*, 2007), podendo a cobertura viva do rodolito (vitalidade) decrescer com a profundidade (Bahia *et al.*, 2010). A maior vitalidade, em média de 33 a 96% dos rodolitos entre 20 e 100m de profundidade, foi associada à baixa turbidez das águas, como o registrado para os montes marinhos da Cadeia Vitória-Trindade e no entorno da ilha oceânica de Fernando de Noronha (Amado *et al.*, 2012 a, b; Pereira Filho *et al.*, 2012). No entanto, a proporção entre rodolitos vivos e mortos pode variar no espaço dentro de um único banco, como demonstrado para uma área de 20 km² entre 50m e 90m de profundidade no Mediterrâneo, onde 20-40% dos rodolitos vivos estão no centro dos bancos e menos que 20% nas suas margens (Sciberras *et al.* 2009).

As algas calcárias ao construírem os rodolitos podem modificar fisicamente o ambiente (Bruno & Bertness, 2001), pois são capazes de transformar o sedimento de fundo não consolidado em substrato duro e heterogêneo.

Essas estruturas quando produzidas por cimentação da superfície do sedimento bioclastico, e na agregação com outros fragmentos (corais, conchas etc..) são denominadas 'boxwork' (Basso *et al.*, 2007). Constituem assim os platôs recifais do Mediterrâneo, descritos por Laborel (1969) como *coralligène de plateau*. Na plataforma do Espírito Santo, Basso (2012) descreveram a ocorrência dessas estruturas, produzidas por fusão de espécies de *Mesophyllum* e *Titanoderma*, curiosamente os mesmos gêneros que formam os análogos mediterrâneos.

3 BANCOS DE ALGAS CALCÁRIAS (RODOLITOS) DO PONTO DE VISTA BIOLÓGICO

Assim como já mencionado no capítulo anterior, um dos termos mais antigos usados para essas estruturas de vida livre é 'maerl'. Este termo foi utilizado para descrever as estruturas de pequeno tamanho, muito ramificadas formadas por uma única espécie de alga calcárias incrustantes e que tem inclusive o núcleo composto por estas algas (Hall-Spencer, 1998). Posteriormente, propôs-se o termo 'rhodolite', adaptado para 'rhodolith', que em português traduz-se como 'rodolito', aos nódulos e formas com ramificações de vida livre, compostos principalmente por algas calcárias (Bosence 1983b). Sendo rodolito o termo mais usado para uma estrutura individual e 'banco de rodolitos' para o conjunto de rodolitos e a comunidade formada por outros organismos associados (Foster *et al.* 2013).

Os rodolitos são formados por uma ou mais espécies de algas calcárias, que podem estar entremeadas em camadas com outros organismos incrustantes em ampla variedade de formas ramificadas, maciças ou em concreções (Steneck, 1986; Foster, 2001) e tamanhos que variam de milímetros a centímetros na plataforma brasileira (Figueiredo *et al.* 2007; Amado-Filho *et al.* 2007, 2012a; Bahia *et al.* 2010; Villas-Boas *et al.* 2014a). A estrutura de um rodolito individual, pode variar de composta apenas por uma única espécie de alga calcária (Riosmena-Rodriguez *et al.* 1999; Steller *et al.*

2003) até uma estrutura com múltiplas espécies de organismos incrustantes tipo 'boxwork' (Bosence 1983a; Basso 1998; Basso *et al.* 2012). Esta estrutura pode ser resultado da cimentação de fragmentos de corais, rochas e conchas por algas calcárias (Bosence 1983 a, b, 1985; Piller & Rasser, 1996; Basso, 1998). Na literatura brasileira, pouco se conhece da composição e estrutura interna dos rodolitos, como descrito para os Estados do Espírito Santo e Banco dos Abrolhos na Bahia (Berlandi *et al.* 2012; Villas-Boas *et al.* 2014a).

Os rodolitos podem ser classificados de diferentes formas, dependendo dependendo do local e do propósito do estudo. Os rodolitos podem ser classificados pelos seguintes critérios: (1) morfótipos e/ou formas de crescimento; (2) nucleados ou não por material biogênico ou inorgânico; (3) classes de esfericidade; (4) classes de tamanho (diâmetro, volume); (5) uni ou multiespecíficos em algas calcárias e outros organismos que os compõem ou que se abrigam em sua estrutura (Figs. 2 a 5).

Na maioria dos estudos brasileiros foram descritas as formas de rodolitos esféricos, que são as formas dominantes (Amado Filho *et al.* 2007; Figueiredo *et al.* 2007; Bahia *et al.* 2010), e as formas foliáceas presentes em grandes profundidades ou em bancos de rodolitos densos e rasos na região de Cabo Frio e Estado do Espírito Santo (Figueiredo *et al.* 2012; Villas-Bôas *et al.* 2014a). Em um estudo realizado no Mediterrâneo, distinguiram-se seis morfótipos de rodolitos, baseados na esfericidade e na sua estrutura interna por serem nucleados ou não, na presença de outros materiais diferentes de algas calcárias (Sciberras *et al.* 2009).

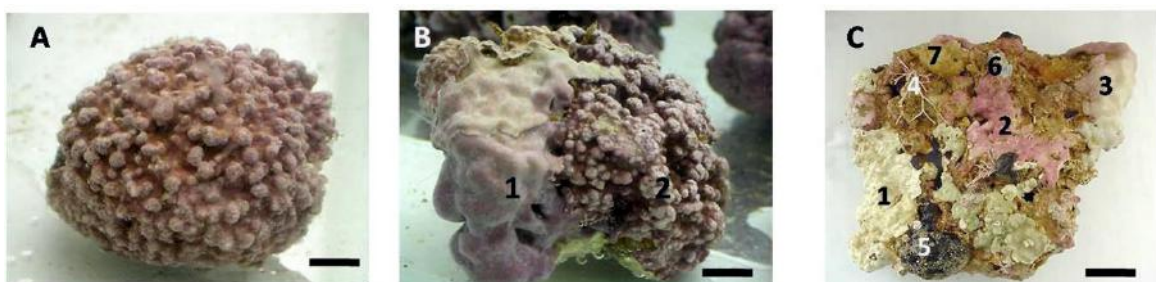


Figura 2. Exemplos de rodolitos encontrados no sul do Estado do Espírito Santo: A) rodolito esférico e monoespecífico de *Lithothamnion* sp. com única forma de crescimento fruticosa; B) rodolito esférico e multiespecífico composto por (1)

Lithophyllum sp. na forma de crescimento incrustante e (2) Lithothamnion sp. na forma de crescimento fruticosa; C) rodolito foliáceo (ou discóide) multiespecífico tipo 'boxwork' composto pelas algas calcárias de 1) Spongites sp. na forma de crescimento verrucosa, (2) Lithothamnion sp. na forma de crescimento verrucosa e (3) Lithophyllum sp. na forma de crescimento incrustante e outros organismos incrustantes: (4) algas calcárias articuladas, (5) Ascidiacea, (6) Crustacea e (7) Porífera. Escala = 3 cm. Villas-Boas (2008).

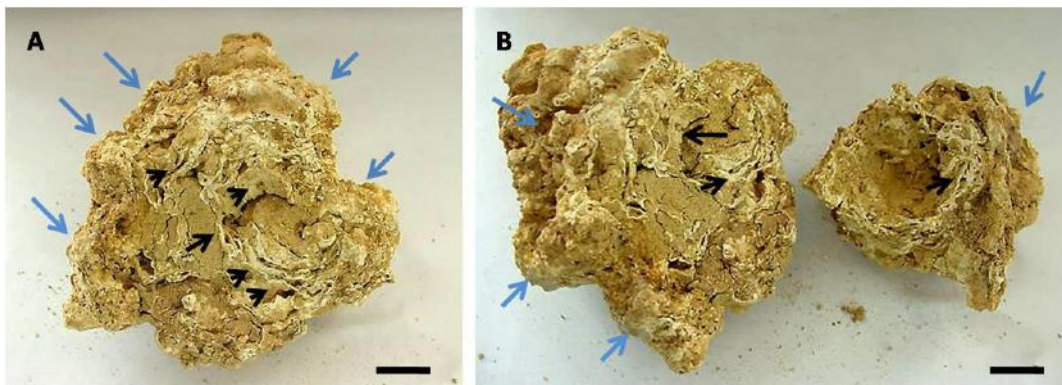


Figura 3. Núcleos de rodolitos tipo 'boxwork' composto por esqueletos de algas calcárias, corais, briozoários e material inorgânico. Setas pretas indicam camadas de algas calcárias e setas azuis a camada externa dos rodolitos. Escala = 2 cm. Villas-Boas (2008).

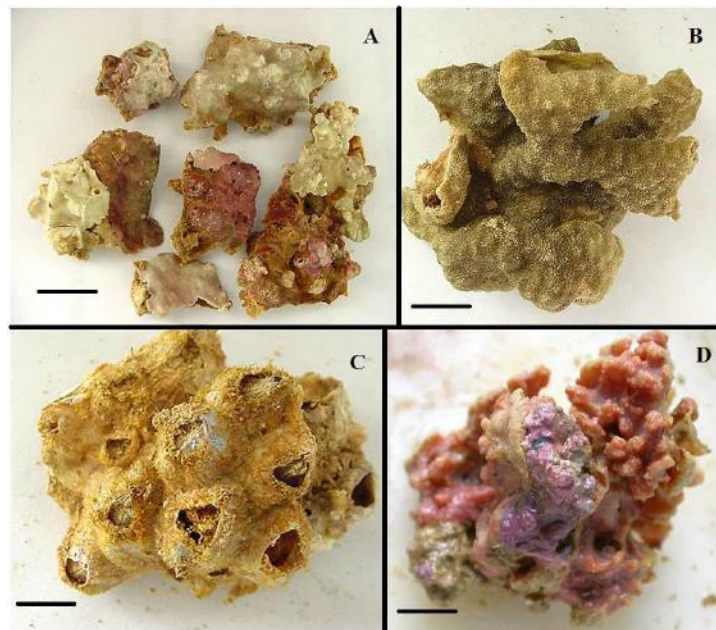


Figura 4. Principais organismos incrustantes construtores de rodolitos no sul do Estado do Espírito Santo. Por ordem de maior abundância: (A) algas calcárias incrustantes (escala = 1 cm), (B) briozoários (escala = 1,6 cm), (C) cirripédios (escala = 0,6 cm) e (D) poríferos (escala = 0,8 cm) Villas-Boas (2008).



Figura 5. Exemplos de organismos da infauna, vágeis, crípticos ou perfurantes, que podem ser encontrados associados a rodolitos no sul do Estado do Espírito Santo: (A) caranguejos (escala = 0,7 cm), (B) poliquetas (escala = 2,1 cm), (C) ofiuróides (escala = 2,4 cm) e (D) anfípodas (escala = 0,2 cm) Villas-Boas (2008).

Deste modo, o tipo esférico dos rodolitos representa um substrato instável e o tipo foliáceo (ou discóide) um substrato mais estável e favorável a servir de abrigo e/ou refúgio para diversas espécies da fauna e flora. Conseqüentemente, uma ou mais espécies de organismos incrustantes podem se tornar parte de um rodolito individual (Bossellini & Ginsburg 1971; Bosence 1983 a, b, c; Reyes-Bonilla et al. 1997; James et al 2006, Villas-Boas et al. 2014a). A estabilidade do substrato, portanto, pode ser uma das principais forças que impulsionam a composição das comunidades, como demonstrado para outros ambientes por Littler & Littler (1984).

Em qualquer situação, a parte viva é a camada pigmentada superficial do rodolito (Steller *et al.*, 2003), sobre a qual, o assentamento e a sobrevivência dos organismos competidores (epibiontes) podem ser limitados quando a alga calcária que o compõe esteja viva (Figueiredo *et al.*, 1997; Villas-Boas & Figueiredo, 2004).

Dependendo da estrutura dos rodolitos pode-se encontrar uma dominância de infauna ou epifauna, havendo diferenças significativas na composição das espécies a estes associadas, como observado para rodolitos em águas rasas brasileiras assim como no Pacífico tropical (Steller et al. 2003; Berlandi et al. 2012). Analisando-se os poliquetas associados aos rodolitos, observou-se uma variação na dominância de poliquetos detritívoros em rodolitos tipo 'boxwork' e poliquetos herbívoro-carnívoros em rodolitos 100% compostos por algas calcárias incrustantes (Berlandi et al. 2012). A composição da fauna, ainda pode variar conforme a complexidade dos rodolitos, dada pelo grau de ramificação das algas calcárias que o compõem. Estruturas complexas favorecem uma maior densidade de anfípodas (crustáceos) em relação a poliquetas (anelídeos), como foi demonstrado para um banco de rodolitos no Arquipélago dos Abrolhos (Figueiredo et al. 2007). Os bancos de rodolitos no Brasil, portanto, tem uma elevada importância ecológica por proporcionarem as condições para a ocorrência de uma elevada riqueza de espécies e ainda maior abundância do que, aparentemente, as encontradas nos fundos não consolidados.

4 DISTRIBUIÇÃO DOS BANCOS DE RODOLITOS E DAS ESPÉCIES DE ALGAS CALCÁRIAS FORMADORAS DE RODOLITOS NO BRASIL

A distribuição mundial dos bancos de algas calcárias (rodolitos) foi sumarizada por Foster (2001), a partir da atualização do levantamento de Bosence (1983a), indicando uma ampla distribuição, desde regiões polares até os trópicos. A maior extensão destes bancos no mundo ocorre na plataforma continental brasileira de 2° N a 25° S, em cerca de 4.000 km, do Estado do Maranhão ao Estado do Rio de Janeiro, sem descontinuidade relevante (Kempf 1970, Foster 2001). O maior banco de rodolitos do mundo foi mapeado na região da plataforma continental de Abrolhos, com uma área estimada de 20.000Km², e importância global na produção de carbonato de cálcio, comparável aos recifes coralíneos do Caribe e Grande Barreira de Corais da Austrália (Amado Filho *et al.* 2012a, Moura *et al.* 2013). Esses bancos são um dos principais habitats das plataformas insulares das ilhas oceânicas brasileiras (com exceção de São Pedro e São Paulo que praticamente não apresenta plataforma insular), cobrindo também a maior parte dos topos de montes submarinos brasileiros situados na zona mesofótica (Pereira-Filho *et al.* 2011, 2012; Amado-Filho *et al.* 2012b). Em contraste, na grande extensão do litoral brasileiro, existem bancos isolados como o pequeno banco na Ilha do Arvoredo, Estado de Santa Catarina, entre 5 a 20m de profundidades (Gherardi 2004, Rocha *et al.* 2006).

Em três décadas de estudo, apenas oito espécies de algas calcárias não geniculadas haviam sido identificadas na composição de rodolitos para o Brasil, nos poucos trabalhos realizados até a virada do século (Taylor 1960; Joly 1965; Tomita 1976; Oliveira-Filho 1977; Horta 2000). Nos últimos anos, esforço para se identificar e descrever as espécies formadoras de rodolitos se intensificaram em várias regiões do Brasil, apresentando uma abordagem moderna, seguindo a literatura especializada e em colaboração

com botânicos taxonomistas de outros países. Assim, 24 espécies identificadas foram registradas por 26 trabalhos publicados em revistas especializadas e em Dissertações de Mestrado e Teses de Doutorado durante esse período, representando um aumento no conhecimento de 75% do total de espécies. Até o momento, 32 espécies de algas calcárias encontradas em rodolitos vivos foram identificadas em publicações para o Brasil. Considera-se este número bastante elevado em relação a cerca de 70 espécies de algas calcárias incrustantes listadas para o Brasil (Creed *et al.*, 2010), entre as reconhecidas com nomes válidos e sinônimos, incluindo-se as que compõem rodolitos.

No atual levantamento só foram considerados os táxons com as espécies determinadas e descritas segundo nomenclatura atualizada (Tabela 1), procedentes de 26 publicações, a saber: Farias 2008; Nunes *et al.* 2008; Villas-Boas 2008, Marins 2009; Villas-Boas *et al.* 2009; Bahia *et al.* 2010; Farias *et al.* 2010; Burgos 2011, Horta *et al.* 2011; Pinto 2011; Figueiredo *et al.* 2012; Kader 2012; Amado-filho *et al.* 2012 a,b, Henriques *et al.* 2012; Costa 2013; Crespo 2013; Pascelli *et al.* 2013; Tâmega *et al.* 2013; Bahia *et al.* 2014 a, b; Costa *et al.* 2014; Henriques *et al.* 2014a,b; Villas-Boas *et al.* 2014 a, c.

A identificação de espécies formadoras de rodolitos encontra-se na literatura para diversas regiões do norte ao sul do Brasil, desde a Foz do Rio Amazonas (PA) com a primeira espécie identificada para esta região do país, *Sporolithon ptychoides* (Bahia 2014), até um banco isolado no extremo da distribuição, o banco do Arvoredo no Estado de Santa Catarina (Pascelli *et al.*, 2013), abrangendo toda extensão onde foram encontrados os rodolitos no Brasil.

A maior riqueza de espécies está localizada entre os Estados do Espírito Santo e Bahia, incluindo a Cadeia Vitória Trindade e Abrolhos, sendo ao todo 26 espécies. As ilhas oceânicas (Fernando de Noronha, Atol das Rocas e São Pedro São Paulo) apresentam um elevado número de espécies, total de 12, enquanto que a menor diversidade está no nordeste (PE, CE, RN e

AL), onde ao todo foram identificadas seis espécies. O número de espécies tem aumentado bastante com os estudos na plataforma continental do Estado do Rio de Janeiro e, atualmente, existe um total de oito espécies listadas, devido à descoberta de bancos rasos e profundos na altura dos municípios de Arraial do Cabo, Cabo Frio e Armação dos Búzios (Khader 2012; Figueiredo *et al.* 2012; Tâmega *et al.* 2013; Henriques *et al.* 2014 a,b). A região do Estado de São Paulo merece uma atenção especial para trabalhos futuros no que diz respeito a uma melhor descrição da existência de bancos de rodolitos, uma vez que esta região se localiza no limite sul da faixa onde predominam os depósitos bioclásticos (sedimentos alto teor de carbonatos, cerca de 70%) na plataforma continental brasileira. Seria importante uma revisão taxonômica das quatro espécies formadoras de rodolitos descritas para esta região: *Titanoderma pustulatum*; *Neogoniolithon fosliei*; *Phymatolithon calcareum* e *Lithothamnion brasiliense* (Taylor 1960; Joly 1965; Oliveira Filho 1977, Horta 2000), pois, dentre estas referências, apenas Horta (2000) apresenta conceitos modernos de taxonomia.

Tabela 1: Lista das espécies de algas calcárias incrustantes formadoras de rodolitos no Brasil, incluindo grupo taxonômico (família e subfamília), distribuição geográfica e bibliografia. CVT = Cadeia Vitória Trindade; AR = Atol das Rocas; FN = Fernando de Noronha; SPSP = Arquipélago São Pedro São Paulo; AMZ = Foz do Amazonas (PA). Adaptado de Villas-Boas (2008).

Grupo taxonomico		Distribuição	Bibliografia	
Corallinaceae				
Lithophylloideae				
	<i>Lithophyllum</i>	<i>corallinae</i>	RJ, ES, BA, FN	Villas-Boas (2008), Villas-Boas <i>et al.</i> (2009), Kader (2012), Amado-filho <i>et al.</i> (2012b), Bahia (2014), Henriques <i>et al.</i> (2014b)
		<i>depressum</i>	ES	Villas-Boas <i>et al.</i> (2009)
		<i>johansenii</i>	ES	Villas-Boas <i>et al.</i> (2009)
		<i>margaritae</i>	SC	Horta (2000), Pinto (2011)
		<i>rugosum</i>	SC	Pascelli <i>et al.</i> (2013)
		<i>stictaeforme</i>	SC; RJ, ES, BA, PE	Villas-Boas <i>et al.</i> (2009), Burgos (2011), Kader (2012), Amado-Filho <i>et al.</i> (2012a), Pascelli <i>et al.</i> (2013), Bahia (2014), Henriques <i>et al.</i> (2014b)
	<i>Titanodema</i>	<i>prototypum</i>	CVT, BA	Pereira Filho <i>et al.</i> (2012), Bahia (2014)
		<i>pustulatum</i>	SP, ES, BA, SPSP	Horta (2000), Crespo (2013), Bahia (2014), Henriques <i>et al.</i> (2014b)
Mastophoroideae				
	<i>Hydrolithon</i>	<i>rupestre</i>	ES, CVT, BA, AR, FN, SPSP	Villas-Boas (2008), Amado-Filho <i>et al.</i> (2012 a,b), Crespo (2013), Bahia (2014), Villas-Boas <i>et al.</i> (2014 c)
		<i>breviclavum</i>	CVT	Henriques <i>et al.</i> (2014b)
		<i>onkodes</i>	CVT	Henriques <i>et al.</i> (2014b)
	<i>Neogoniolithon</i>	<i>brassica-florida</i>	BA, ES	Villas-Boas (2008), Amado-Filho <i>et al.</i> (2012 a), Villas-Boas <i>et al.</i> (2014)
		<i>fosliei</i>	SP, BA	Joly (1965), Bahia (2014)
	<i>Pneophyllum</i>	<i>fragile</i>	do NE ao S do Brasil	Bahia (2014)
	<i>Spongites</i>	<i>fruticulosa</i>	ES, CVT, SPSP	Crespo (2013), Bahia (2014), Henriques <i>et al.</i> (2014b)
		<i>yendoii</i>	ES, BA	Villas-Boas (2008), Marins (2009), Henriques <i>et al.</i> (2012), Costa <i>et al.</i> (2014)

Continuação da Tabela 1:

Grupo taxonômico	Locais de coleta		Bibliografia	
Hapalidiaceae				
Melobesioideae				
<i>Lithothamnion</i>	<i>brasiliense</i>	SP, BA	Oliveira Filho (1977), Horta (2000), Bahia <i>et al.</i> (2010)	
	<i>crispatum</i>	SC, RJ, ES, CVT, BA, RN, FN, AR	Farias <i>et al.</i> (2010, como <i>L. superpositum</i>), Bahia <i>et al.</i> (2010), Kader (2012) Amado-Filho <i>et al.</i> (2012a), Bahia (2014)	
	<i>glaciale</i>	ES	Henriques <i>et al.</i> (2012)	
	<i>muelleri</i>	RJ, ES, BA	Amado-Filho <i>et al.</i> (2012a), Henriques <i>et al.</i> (2012) Kader (2012), Bahia (2014)	
	<i>Mesophyllum</i>	<i>erubescens</i>	SC, ES, BA, FN	Taylor (1960), Figueiredo & Steneck (2002), Rocha <i>et al.</i> (2006), Figueiredo <i>et al.</i> (2007), Nunes <i>et al.</i> (2008), Bahia <i>et al.</i> (2010), Burgos (2011) Horta <i>et al.</i> (2011), Bahia (2014)
		<i>engelhartii</i>	SC, RJ, ES, BA, FN	Farias (2008), Marins (2009), Kader (2012), Figueiredo <i>et al.</i> (2012), Amado-Filho <i>et al.</i> (2012a,b), Tâmega <i>et al.</i> (2013), Bahia (2014)
	<i>Phymatolithon</i>	<i>calcareum</i>	SP, SC	Taylor (1960), Horta (2000)
	Sporolithaceae			
<i>Sporolithon</i>	<i>australasicum</i>	ES	Tomita (1976)	
	<i>elevatum</i>	RJ	Henriques <i>et al.</i> (2014a)	
	<i>episedion</i>	CVT	Henriques <i>et al.</i> (2014a)	
	<i>episporum</i>	CE, BA, FN	Tomita (1976); Nunes <i>et al.</i> (2008); Bahia <i>et al.</i> (2010), Burgos (2011), Amado Filho <i>et al.</i> (2012 b), Costa (2013)	
	<i>erythraeum</i>	PE	Tomita (1976)	
	<i>molle</i>	CVT	Bahia <i>et al.</i> (2014b)	
	<i>pacificum</i>	ES, PE	Tomita (1976)	
	<i>ptychoides</i>	ES, RJ, CVT, BA, FN, AR, AMZ,	Tomita (1976 como <i>S. mediterraneum</i>), Bahia <i>et al.</i> (2011), Pereira Filho <i>et al.</i> (2012), Amado Filho <i>et al.</i> (2012b), Bahia (2014), Henriques <i>et al.</i> (2014a)	
	<i>tenuis</i>	BA, AL	Tomita (1976, como <i>S. africanum</i>) Bahia <i>et al.</i> (2014a)	

O banco de rodolitos mais isolado, denominado Arvoredo, situado no Estado de Santa Catarina, já foi bem descrito e apresenta uma grande diversidade de algas calcárias nos rodolitos, sendo sete espécies identificadas pra região (Horta 2000; Rocha *et al.* 2006; Farias 2008; Farias *et al.* 2010; Horta *et al.* 2011; Pinto 2011; Pascelli *et al.* 2013).

Vale ressaltar que as maiores riquezas de espécies podem estar atribuídas a maiores esforços amostrais e aonde se concentraram o maior número de trabalhos já realizados até o momento, como é o caso da região dos Abrolhos no Estado da Bahia e o sul do Estado do Espírito Santo, já o norte-nordeste brasileiro ainda foi muito pouco estudado (Tabela 1; Fig. 6).



Figura 6. Distribuição das 32 espécies de algas calcárias formadoras de rodolitos no Brasil. CVT = Cadeia Vitória Trindade; AR = Atol das Rocas; FN = Fernando de Noronha; SPSP = Arquipélago São Pedro São Paulo; AMZ = Foz do Amazonas (PA). (Imagem salva e adaptada do Google Earth 2015).

Sporolithon é o gênero mais representativo com nove espécies identificadas para o litoral brasileiro; dentre suas espécies *S. ptychoides* é a de maior distribuição, estando presente em sete regiões do Brasil, do Rio de Janeiro à Foz do Rio Amazonas (PA) (Tomita 1976, Figueiredo & Steneck, 2002; Nunes *et al.* 2008; Bahia *et al.* 2010; Bahia *et al.* 2011; Burgos 2011; Amado Filho *et al.* 2012 b; Pereira Filho *et al.* 2012; Costa 2013; Bahia 2014; Bahia *et al.* 2014 a,b; Henriques *et al.* 2014a). *Lithophyllum* é o segundo gênero mais representativo com seis espécies identificadas, dentre estas *L. corallinae* e *L. stictaeforme* são as espécies com maior distribuição. *L. corallinae* está presente do Rio de Janeiro a Fernando de Noronha e *L. stictaeforme* de Santa Catarina a Pernambuco (Horta 2000, Villas-Boas 2008, Villas-Boas *et al.* 2009, Burgos 2011; Pinto 2011; Khader 2012; Amado-filho *et al.* 2012 a,b; Pascelli *et al.* 2013; Bahia 2014, Henriques *et al.* 2014 b).

Dentre as espécies identificadas ao largo do litoral brasileiro, três espécies são novas para a ciência: *L. depressum* Villas-Boas, Figueiredo & Riosmena-Rodriguez (Villas-Boas *et al.* 2009); *S. elevatum* Henriques et Riosmena-Rodriguez (Henriques *et al.* 2014 a) e *S. tenue* Bahia, Amado-Filho, Maneveldt et W.H. Adey (Bahia 2014a). *L. depressum* foi descrito pela primeira vez formando rodolitos a 18m de profundidade na plataforma continental do Estado do Espírito Santo (Villas-Boas *et al.* 2009) e, posteriormente, foi descrito a um metro de profundidade para o litoral da Armação dos Búzios, no Estado do Rio de Janeiro (Khader, 2012). *S. elevatum* foi descrito para águas profundas da plataforma continental do Rio de Janeiro, coletado entre 109m e 133m de profundidade, e permanece endêmico nesta região (Henriques *et al.* 2014 a). *S. tenue* foi primeiramente descrito como *S. africanum* para o estado de Alagoas (Tomita, 1976), a partir de pequenos rodolitos coletados a 75m de profundidade e, posteriormente, redefinido como uma espécie nova pra ciência, sendo re-nomeado como *S. tenue*, a partir de análises moleculares de espécimes coletados a 25m de profundidade em Salvador, assim como a

40m no Banco dos Abrolhos, ambos no Estado da Bahia (Bahia *et al.*, 2014a).

Muitas destas espécies ainda não foram devidamente descritas segundo os conceitos modernos utilizados na taxonomia de algas calcárias incrustantes e, com o avanço da biologia molecular, todas as espécies estão sendo revistas de modo a serem definidas pelo seu código genético. No Brasil, a diversidade morfológica e molecular das espécies tem sido estudada para determinados grupos de espécies de algas calcárias (Vieira-Pinto, 2011; Sissini, 2013). A exemplo, Bahia (2014) descreveram uma espécie nova para a ciência formadora de rodolitos, *Sporolithon tenue*, com abordagens morfoanatômicas e moleculares. Do mesmo modo, a classificação do grupo como um todo tem sido revista. As algas calcárias incrustantes eram reconhecidas como pertencentes à apenas uma ordem, Corallinales, representada por três famílias: Coralinaceae, Hapalidiaceae e Sporolithaceae, e através de análise filogenética elevaram-se a família Sporolithaceae para uma nova ordem, Sporolithales (Le Gall *et al.*, 2010). Hoje, portanto, as algas calcárias incrustantes são representadas por duas ordens: Corallinales e Sporolithales.

No Brasil, é comum encontrar-se até quatro espécies de algas calcárias incrustantes na superfície externa de apenas um único rodolito, como é o caso de rodolitos que apresentam a forma tipo foliácea típica de uma área na plataforma continental do Espírito Santo (Villas-Boas *et al.* 2014a). Fato semelhante foi observado em rodolitos uni a multiespecíficos da Cadeia Vitória-Trindade e na plataforma continental dos Abrolhos (Bahia 2014). A maioria dos bancos de rodolitos do mundo é também formada por 1-4 espécies de algas calcárias incrustantes (Konar *et al.* 2006; Harvey & Bird 2008; Avila & Riosmena-Rodriguez 2010). Em exceção ao padrão, em um único banco de rodolitos, a cerca de 20 m de profundidade, foram registradas sete espécies de algas calcárias no sul do Estado do Espírito Santo (Villas-Boas, 2008). Em estudo sobre os Recursos Vivos da Zona Econômica Exclusiva (REVIZEE) da plataforma continental brasileira, um total de 12 espécies de algas calcárias formadoras de rodolitos foram

descritas, entre 50 a 250 m de profundidade para três grandes regiões: (1) Delta do Rio Paraíba até Vitória, (2) Banco dos Abrolhos e (3) Cadeia Vitória-Trindade (Henriques, 2010). Em um estudo mais amplo, realizado de 4 a 110 m de profundidade em sete grandes regiões da plataforma continental, do norte-nordeste, sudeste e ilhas oceânicas brasileiras, identificou-se 20 espécies de algas calcárias nos bancos de rodolitos (Bahia, 2014).

Neste cenário, 32 espécies de algas calcárias incrustantes foram encontradas formando rodolitos em território nacional, uma riqueza maior do que o atualmente conhecido para o Atlântico Norte ou Indo-Pacífico, mostrando a importância desse grupo para a costa brasileira (Tabela 2).

Tabela 2: Riqueza de espécies de algas calcárias incrustantes formadoras de rodolitos em diferentes regiões do planeta onde esta flora já foi inventariada. Modificado de Bahia (2014).

Local	Riqueza de Espécies	Referências
Brasil	32	Presente estudo
Europa e Açores	12	Peña & Barbara (2008); Peña et al. (2011)
Austrália e Nova Zelândia	7	Harvey & Bird (2008); Nelson et al. (2012)
Golfo da Califórnia	4	Avila & Riosmena-Rodriguez (2010)
Alaska	1	Konar et al. (2006)
Canadá	1	Gagnon et al. (2012)

A maioria das grandes áreas estudadas apresentam pelo menos 30% de similaridade em relação aos táxons de algas calcárias incrustantes encontradas, o que indica que existiu ou ainda existe conectividade entre estas regiões em termos de dispersão de espécies (Bahia, 2014). Em relação às ilhas oceânicas, apesar da grande distância da costa (> 1000Km no caso das Ilhas de Trindade e Martim Vaz) e isolamento geográfico, não foi encontrada nenhuma espécie endêmica de algas calcárias. Considerando a ocorrência de espécies comuns entre as ilhas oceânicas e a plataforma continental brasileira, acredita-se que a dispersão deva ser favorecida pela

presença dos montes submarinos da Cadeia Vitória-Trindade e pela Cadeia de Fernando de Noronha (Amado-Filho *et al.* 2012b; Bahia 2014).

5 RELEVÂNCIA DAS FORMAS DE RODOLITOS E BANCOS COMO HABITATS E ÁREAS PRIORITÁRIAS PARA CONSERVAÇÃO

Estudos tem revelado para o Brasil, o que já é conhecido no mundo, em termos dos bancos de rodolitos serem considerados ambientes de elevada diversidade (Nelson, 2009; Foster *et al.*, 2013) e habitats prioritários para a conservação (Hall-Spencer 1998; Grall & Hall-Spencer, 2003, Nelson, 2009). Levando em consideração somente a riqueza de espécies de algas calcárias que os compõem, os bancos de rodolitos da plataforma continental nas regiões do Estado do Espírito Santo e Bahia podem ser considerados locais de alta biodiversidade comparados às outras regiões no mundo (vide capítulo anterior). Porém, para se entender melhor um habitat e o seu real potencial em termos de biodiversidade temos que entender melhor a estrutura dessas comunidades.

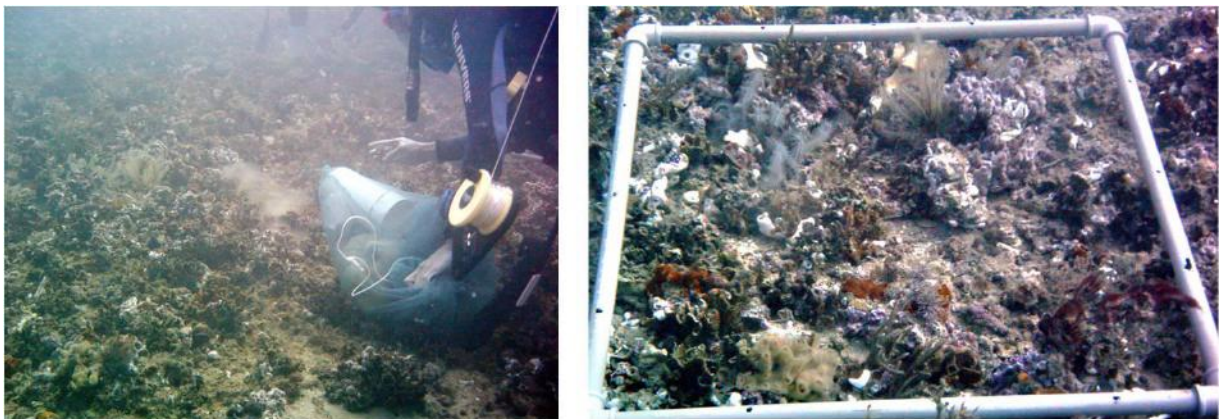


Figura 7. Aspécto geral de um banco de rodolitos e espécies associadas a 20m de profundidade Estado do Espírito Santo. (Foto: Villas-Boas, A.B., arquivo pessoal).

Rodolitos individuais podem formar estruturas ramificadas, e grandes agregações de rodolitos formam bancos, matrizes biogênicas complexas que criam inúmeros espaços intersticiais (Jones *et al.*, 1994). Os bancos de rodolitos normalmente formam uma camada viva sobre outro tipo de sedimento e suportam um conjunto diverso e muitas vezes único de

espécies associadas (Peña & Barbara 2008; Foster *et al.* 2013). Macroalgas são encontradas fixas nas superfícies de rodolitos e invertebrados são encontrados entre ou dentro dos ramos de rodolitos (criptofauna), movendo-se sobre e entre os rodolitos (infauna), ou se abrigam em sedimentos subjacentes (Bordegore *et al.*, 2003; Steller *et al.*, 2003; Figueiredo *et al.*, 2007; Harvey & Bird, 2008; Peña & Barbara 2008; Sciberras *et al.*, 2009). Os bancos de rodolitos, portanto, suportam um complexo de teias alimentares de predadores, suspensívoros, detritívoros e micro-herbívoros (Grall *et al.*, 2006). Deste modo, os bancos de rodolitos são habitats críticos para a conservação das zonas costeiras (Hall-Spencer 1998; Peña & Barbara 2008; Nelson, 2009; Ávila & Riosmena-Rodriguez 2010; Steller *et al.* 2009; Riosmena-Rodriguez *et al.*, 2010) e considerados uma das principais comunidades bentônicas dominadas por macrófitas marinhas (Foster, 2001).

Nos últimos 10 anos, estudos tem revelado a estrutura das comunidades, e a diversidade de macroalgas; invertebrados marinhos e peixes associados, na plataforma continental brasileira (Gherardi 2004; Metri 2006; Rocha *et al.* 2006; Amado-Filho *et al.*, 2007; Figueiredo *et al.*, 2007; Villas-Boas 2008; Riul *et al.* 2009; Amado-Filho *et al.* 2010; Bahia *et al.*, 2010; Dias & Vilaça 2011, Pereira-Filho *et al.* 2011; Berlandi *et al.* 2012; Andrade 2012; Pereira-Filho *et al.* 2012; Marins *et al.* 2012; Pascelli *et al.* 2013; Tâmega *et al.* 2013; Villas-Boas *et al.* 2014a), muitas vezes maior que ambientes adjacentes nos fundos com sedimentos não consolidados (Steller *et al.*, 2003). Em outras regiões no mundo foi identificada uma elevada riqueza de espécies associadas, como nas Ilhas Britânicas (Hall-Spencer 1998), Península Ibérica (Peña & Barbara 2008), Austrália (Harvey & Bird, 2008) e Golfo da Califórnia (Steller *et al.* 2009; Riosmena-Rodriguez *et al.*, 2010).

Em bancos localizados no sul do Estado do Espírito Santo, um total de 167 espécies de macroalgas foram identificadas em profundidades de 4 a 18m, demonstrando que este é um dos locais com maior diversidade de macroalgas associadas a rodolitos no mundo. (Amado-Filho *et al.*, 2010). Diferenças sazonais na composição e abundância de espécies de macroalgas

foram relacionadas às instabilidades sazonais causadas por impactos de tempestades de inverno sobre os bancos de rodolitos. Densas agregações de rodolitos mudam constantemente de posição no fundo, e podem ser arrastadas e removidas dos bancos juntamente com as algas foliáceas como *Sargassum*, *Dictyopteris* e *Zonaria* (Dias e Villaça 2011). De outro modo, mudanças na riqueza e abundância de espécies associadas em um banco de rodolitos na Europa foram relacionadas às diferenças sazonais na temperatura (Peña & Barbara, 2010).



Figura 8. Banco de Sargassum associado a um banco de rodolitos a 7 m de profundidade no Estado do Espírito Santo (Foto: Villas-Boas, A.B., arquivo pessoal).

A dimensão dos rodolitos tende a aumentar com a profundidade e a densidade a diminuir (Amado-Filho et al. 2007, Amado-Filho et al. 2010). Por outro lado, a forma do rodolito aparentemente não depende da profundidade, quando formados apenas por algas calcárias incrustantes. No entanto, em um estudo realizado à poucos quilômetros de distância da costa no Espírito Santo, a maioria dos rodolitos analisados apresentou forma esférica (discoide) e o banco possuía outros organismos incrustados, além de algas calcárias, como briozoários, crustáceos e poríferos, indicando

uma estrutura de comunidade heterogênea (Villas-Boas 2008; Villas-Boas et al. 2014a).

Outra característica relevante dos bancos de rodolitos na plataforma externa do Estado do Espírito Santo é a associação de uma espécie de macroalga foliácea endêmica desta região, a *Laminaria abyssalis*, cuja população é restrita a uma combinação de condições específicas: profundidade entre 40-120 m; temperatura entre 15°C e 19°C; intensidade luminosa muito baixa e substrato formado por rodolitos (Yoneshigue-Valentin 1990; Yoneshigue-Valentin et al. 1995; Marins et al. 2012).

A morfologia dos rodolitos afeta a estrutura da comunidade e uma diferença clara foi vista com espécies, composição de famílias, e formas de alimentação de poliquetas entre as regiões do Espírito Santo e de Abrolhos (BA). No Espírito Santo os bancos de rodolitos são mais diversos em termos de espécies de poliquetas associadas do que os bancos de Abrolhos, fato que provavelmente está relacionado às diferentes formas dos rodolitos presentes nos dois locais (Berlandi et al. 2012). Já em estudo realizado apenas em bancos de rodolitos (tipo maerl) em Abrolhos, foi mostrado que os poliquetas são os organismos dominantes da infauna (41 espécies foram identificadas). Vale destacar também a grande abundância de anfípodos, ofiuróides e moluscos, todavia menos freqüentes. A variação na abundância da infauna está relacionada à heterogeneidade do habitat, devido a mudanças no tamanho e forma de rodolitos resultantes de alterações na turbulência da água (Figueiredo et al. 2007).

Em estudo realizado em profundidades de 5m; 15m e 25 m na plataforma continental próxima a cidade de Salvador, BA, mostrou que a forma de crescimento incrustante e a forma esférica do rodolitos foram predominantes em todas as profundidades, havendo uma redução na dimensão dos rodolitos e um aumento na densidade em função da profundidade. Neste habitat, cinquenta e seis espécies de macroalgas foram encontradas, como flora associada aos rodolitos, sendo que a profundidade mais rasa apresentou os maiores valores de biomassa e número de espécies

de macroalgas (Bahia et al. 2010). Estudo realizado na plataforma continental do município de Camaçari (BA), mostrou o mesmo padrão de estrutura dos bancos de rodolitos em um gradiente de profundidade de 10; 20 e 25m. Neste, um total de 40 espécies de macroalgas foi identificado nos rodolitos (Andrade 2012).

Esses resultados, associados com outras descrições recentes de bancos de rodolitos (Amado-Filho et al. 2007; Riul et al. 2009), indicam que o padrão estrutural desses bancos no Brasil, ao longo de gradientes de profundidade, pode estar relacionado a uma combinação da extensão e da inclinação da plataforma continental (Bahia et al. 2010). O padrão das dimensões e densidade dos rodolitos da Bahia em relação ao gradiente de profundidade foi o oposto ao encontrado por Amado Filho et al. (2007) em bancos de rodolitos localizados no sul do Estado do Espírito Santo. Uma evidente diferença entre os bancos presentes nessas duas regiões pode ser atribuída a diferenças de gradientes da plataforma. O banco de Salvador, com aproximadamente 10 km de extensão, é mais inclinado comparativamente ao banco do Espírito Santo, com aproximadamente 60 km de extensão (Bahia 2010). Em um banco de rodolitos localizado na Paraíba, o qual também se encontra em uma plataforma continental relativamente estreita, (~ 30 km), Riul et al. (2009) observaram uma redução no volume dos rodolitos de 10 para 20 m de profundidade, porém, a densidade foi similar nas diferentes profundidades (10, 14 e 20 m). Sessenta e sete espécies de macroalgas foram identificados, sendo que uma distinta comunidade correspondeu a cada profundidade amostrada, onde a profundidade mais rasa apresentou maior biomassa e diversidade de espécies.

Estes resultados ressaltam a importância da realização de estudos locais uma vez que a estrutura dos bancos de rodolitos varia de um local para outro na plataforma continental brasileira. Em estudo recente realizado em um banco de rodolitos situado a 100 m de profundidade no campo de Peregrino, parte da Bacia de Campos (Bloco BM-C-7), situado a 85 km de Cabo Frio (RJ), 120 táxons de invertebrados marinhos foram identificados, sendo 31 de moluscos; 21 de equinodermas; 20 de briozoários; 17 de crustáceos; 16

de poríferos, 6 de cnidários, 6 de poliquetas, 2 de ascídias e 1 de brachiopoda. Estes resultados mostraram uma alta diversidade de fauna associada a bancos de rodolitos em maiores profundidades, representando um cenário realístico para uma efetiva gestão e monitoramento da exploração e produção de hidrocarbonetos (Tâmega et al. 2013).

Os topos de três montes submarinos da Cadeia Vitória Trindade (Vitória, Davis e Jaseur), das Ilhas Trindade e Martins Vaz e do monte submarino Almirante Saldanha situados em profundidades de 10-110 m foram exploradas por ROV (Remotely Operated Vehicle) e por mergulho técnico e revelaram que, com exceção das Ilhas Martins Vaz, os fundos destes ambientes são densamente povoados por rodolitos esféricos, e associados a estes, 73 espécies de peixes e 51 táxons de bentos foram encontrados. Similarmente às outras ilhas oceânicas brasileiras, o conjunto insular de Trindade e Martins Vaz possui uma pobre assembléia de peixes e bentos (Pereira-Filho et al. 2011). Entretanto, estimativas de produção de carbonato de cálcio provenientes dos bancos de rodolitos dos montes submarinos da Cadeia Vitória Trindade mostram que são responsáveis por 0,3% da produção de carbonato mundial e constituem um ponto de partida para monitorar o estado geral dos bancos carbonáticos do Atlântico Sudoeste constituindo um observatório de significância global para os próximos impactos de mudanças químicas na água do mar. (Pereira-Filho et al. 2012).

O banco de rodolitos do Arvoredo, SC, tem sido bastante estudado nos últimos anos e a grande quantidade de dados tem revelado sua importância ecológica pela elevada diversidade. A começar pelo número de espécies de algas calcárias construtoras de rodolitos identificadas para este pequeno e isolado banco, (sete espécies), equivalente ao número de espécies de toda Austrália e Nova Zelândia (vide Tabelas 1 e 2). Gherardi (2004) mostrou que a maioria dos rodolitos do banco de Arvoredo são esféricos e muito ramificados, entretanto, estudo realizado por Rocha et al. (2006) mostrou que a maioria dos rodolitos possuem uma forma mais achatada e que não houve diferença na densidade de rodolitos do centro para a borda do banco.

Rocha et al. (2006) reforçam a idéia de que as espécie de algas calcárias incrustantes formadoras dos rodolitos são as espécies engenheiras do ecossistema, criando habitat para outros organismos devido sua arquitetura, com suas, fendas e buracos que outras espécies colonizam rapidamente. O baixo teor de carbonato de sedimentos coletados a partir da parte mais profunda do banco sugere baixas taxas de recrutamento e dispersão de algas coralinas via fragmentação de ramos. Entretanto, a produção de carbonato do banco de rodolitos do Arvoredo encontra-se dentro da faixa de produção relatados para outros bancos de rodolitos de ambientes temperados (Gherardi 2004).

Estudo mais detalhado sobre a ecologia dos rodolitos do Arvoredo, Metri (2006) encontrou 168 táxons de invertebrados associados aos rodolitos, sendo que Polychaeta teve a maior riqueza de táxons (37), seguido de Crustacea (35) e Mollusca (31). Trinta espécies de peixes foram também identificadas, sendo que 25 destas são potenciais predadoras dos invertebrados associados ao banco. Em média, cada rodolito continha a impressionante média de 358 indivíduos da macrofauna ou 4.267 ind/L de alga, ocupando uma posição intermediária em termos de densidade total da fauna comparado a outros bancos de rodolitos ao redor do mundo (ex. bancos do Golfo da Califórnia chegam a ter 14.400 ind/L, Steller et al. 2003). Estes dados demonstram que bancos de rodolitos proporcionam habitat que suportam maior densidade de organismos em relação a outros tipos de substrato biogênico. O fato dos bancos de rodolitos no Arvoredo poderem ainda apresentar um papel importante no recrutamento de vários táxons foi evidenciado pela presença de organismos com estruturas reprodutivas na maioria dos taxons, e também pela presença de larvas e juvenis por Metri (2006). Regiões como o sul do estado do Espírito Santo, Bahia e o pequeno banco do Arvoredo em Santa Catarina foram relativamente bem estudadas em termos de diversidade marinha associada aos e rodolitos. Nestas áreas existem unidades de conservação onde mais recentemente foram delimitados um pequeno bancos de rodolitos com 100 Km² na Reserva Biológica Marinha do Arvoredo (SC) (Gherardi, 2004), um

megahabitat de 20.904 km² no Banco dos Abrolhos (BA) (Moura et al., 2013) e uma provável ocorrência de rodolitos em cerca de 150.00 há na Apa Costa das Algas e Refúgio de Vida Silvestre de Santa Cruz (ES).

Os bancos de rodolitos da Plataforma Continental Brasileira constituem habitats heterogêneos, com alta biodiversidade e que devem ser tratados como áreas prioritárias para a conservação, embora existam regiões do Brasil que praticamente ainda não foram estudados, como é o caso do Norte e grande parte do Nordeste. Ações para proteção dos bancos de rodolitos são praticamente inexistentes no Brasil e na maior parte das regiões no mundo. Exemplo singular é dado pelo esforço recente na Europa que resultou na inclusão do habitat formado por rodolitos na lista de prioridades para a conservação, restauração e monitoramento (OSPAR - Convenção de Oslo-Paris) (Nelson, 2009). Como critérios foram usados o declínio, sensibilidade e a significância (função) ecológica, além das ameaças existentes. Outros critérios, no entanto, existem para se estabelecer uma área protegida, sendo a principal deles o mapeamento do entorno e área mínima, uma vez que a localização dos rodolitos oscila em função das correntes de fundo e/ou ondulações.

6 SENSIBILIDADE DOS RODOLITOS E RESTRIÇÕES ÀS ATIVIDADES DE E&P E A OUTRAS ATIVIDADES ECONÔMICAS

Atividades de exploração de óleo e gás em mar profundo tem sido uma preocupação mais recente, uma vez que o descarte no mar do material oriundo da perfuração pode levar ao soterramento das comunidades (Trannum et al. 2010). Outras atividades que são potenciais fontes de sedimentos são a dragagem de canais em marinas e entrada de portos (De Grave & Whitaker 1999) e a dragagem para mineração do calcário marinho (Wilson et al. 2004). Em menor escala existem a turbidez e o soterramento por sedimentos decorrentes da maricultura (Grall & Hall-Spencer 2003) e de distúrbios naturais de sedimentos terrestres carregados por chuvas (Airoldi 2003).

Atualmente, a exploração do fundo marinho ameaça os bancos de rodolitos, quer através da extração do calcário, maricultura, produção pesqueira e dragagens de marinas e portos, assim como perfurações para a produção de óleo e gás (Davies et al. 2007). Os fundos de algas calcárias são sensíveis às várias atividades econômicas pela assumida e lenta habilidade de serem recuperados uma vez danificados. Contudo, existe uma premente necessidade de acessar a sensibilidade das comunidades e resiliências nos bancos impactados ou ameaçados de serem danificados.

Uma das mais danosas atividades atualmente realizadas nos fundo marinhos é o arrasto de pesca. No mundo, alguns estoques de peixes entraram em colapso, principalmente pelo arrasto de pesca, gerando uma disputa internacional quanto à sustentabilidade da pesca em mar profundo, isto é, em profundidades igual ou superiores a 100m (Davies et al. 2007). O arrasto de fundo para a pesca, além de danificar as comunidades bentônicas (Hall-Spencer 1998; Hall-Spencer & Moore 2000), pode ter seu efeito prolongado pelas menores correntes no fundo. Estudos sobre a

viabilidade e uso sustentável de recursos pesqueiros surgiram mais recentemente e são necessários para a exploração e/ou a produção nesses bancos.

A maricultura também impõem danos eliminando espécies das comunidades pela deposição de matéria orgânica em bancos de rodolitos, tal como eutrofização por fertilizantes carregados das plantações para áreas costeiras (Harrington et al. 2005). Ressalta-se ainda a possibilidade de introdução de espécies exóticas competitivas. Na Bretanha, espécies-alvo dos bivalves comercializados ameaçadas são: *Pecten maximus*, *Chlamys varia*, *Aequipecten opercularis*, *Tapes rhomboides*, *Venus verrucosa* e *Spisula subtruncata*. As dragagens e maricultura nestes ambientes reduziram tanto a diversidade quanto a complexidade estrutural dos bancos, levando à morte os rodolitos e causando os impactos de longa duração pelo material descartado nos bancos (Hall-Spencer 1998; De Grave et al. 2000; Foster 2001).

O simples fato de algumas áreas terem sido exploradas para extrair o calcário marinho por centenas de anos levou alguns bancos de algas calcárias vivos a estarem praticamente exauridos. Na Europa, onde houve a exploração, a extração do calcário foi proibida pela destruição do habitat em extensos depósitos, com cerca de 12 milhões de metros cúbicos, nos últimos 30 anos. Esta atividade promoveu o soterramento da biota durante a extração, uma vez que o maerl, tipo de rodolito local, é lavado no mar e finas partículas são liberadas. As comunidades vivas, conseqüentemente, sofrem mudanças bruscas na estrutura e composição passando de altamente diversificada para comunidades empobrecidas e típicas de ambientes areno-lamosos (Grall & Hall-Spencer, 2003).

Há alguns anos, a comercialização de algas marinhas no litoral brasileiro foi regulamentada para exploração dos depósitos calcários vivos no Brasil (IBAMA, Instrução Normativa nº 89, de 02/02/2006). O IBAMA considerou que a exploração dos bancos de algas marinhas pode afetar a biodiversidade ecossistêmica, principalmente nos elos da cadeia trófica.

Nesta Instrução Normativa, para permitir a exploração, a exploração, a comercialização e o transporte de algas marinhas no litoral brasileiro, foram definidos critérios para pessoas físicas, como “pescadores profissionais” devidamente registrados. A coleta manual de algas calcárias tem produção destinada à empresas e somente nas áreas das respectivas licenças ambientais. Em relação às pessoas jurídicas, dependendo do licenciamento ambiental, a coleta manual de algas calcárias deve ser por meio de ‘pescadores profissionais’, em profundidade superior a 1,50 m e a menos de cem metros da praia. A coleta de algas em bancos naturais somente poderá ser feita nas camadas superficiais dos depósitos calcários, compostas predominantemente por organismos vivos somente até o peso úmido máximo de 18 toneladas por empresa ao ano.

No Brasil, as camadas sub-superficiais dos bancos de rodolitos são consideradas como jazidas minerais e a sua exploração deve atender às normas do Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM). Áreas de exclusão visando à preservação das comunidades biológicas devem ser delimitadas e, corresponder a 80% da área licenciada. A retirada e a exploração mecanizada dos bancos localizados a menos de cinco milhas náuticas da costa e de ilhas são proibidas pelo licenciamento ambiental. Em 1972, o Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM) assumiu que os sedimentos de superfície que contem mais que 75 % de carbonato de cálcio estão presentes em 5 m de espessura, portanto, a reserva da plataforma continental brasileira seria de 2×10^{11} toneladas, ou seja, mais que 50 vezes a reserva estimada em terra (Milliman & Amaral, 1974). Recentemente o DNPM publicou um relatório apontando novas fronteiras exploratórias dos recursos minerais, incluindo os bancos de rodolitos, este aponta que as reservas medidas de granulados bioclásticos marinhos aprovadas pelo DNPM são da ordem de 962.330.131 toneladas, distribuídas nos estados do Espírito Santo, Bahia e Maranhão (Cavalcanti, 2011). Entretanto estes dados são baseados em estimativas inconsistentes e por isso existe uma enorme carencia de informações para se tomar decisões que implicam na destruição destes ambientes, uma vez que os bancos de

rodolitos vivos muitas vezes se encontram acima desta reserva teóricamente de rodolitos mortos e ainda, este recurso não é um recurso natural renovável, uma vez que os rodolitos podem levar centenas a milhares de anos para serem formados, cerca de 5000 anos em alguns bancos da Bretanha (Grall & Hall-Spencer 2003).

A lenta recuperação dos bancos de rodolitos pode ser atribuída ao lento crescimento das algas calcárias como aquelas construtoras de recifes. Em estudo realizado nos recife do Atol das Rocas, verificou-se que crostas da alga calcária dominante no recife (*Porolithon pachydermum* Adey), que inclusive formavam rodolitos no local, têm extensão marginal entre 4 a 18mm por ano (Villas-Boas et al. 2005). Em estudo anterior, realizado no mar do Caribe, crostas da mesma espécie de alga calcária apresentaram crescimento entre 11 a 28mm por ano (Adey & Vassar 1975). Entretanto, as taxas de crescimento das algas calcárias formadoras de rodolitos são ainda menores. Foster (2001) afirma que os rodolitos comumente crescem menos que 1mm por ano e que rodolitos com até 15 cm de diâmetro têm em torno de 125 anos, em datação feita com ¹⁴C no Golfo da Califórnia (revisão em Foster 2001). Em estudo recente, Amado-Filho et al. (2012a) estimou entre 1-1,5mm por ano a taxa de crescimento de rodolitos no banco dos Abrolhos, BA, taxas essas similares a de outros estudos ao redor do mundo que estimam entre 0,5-1mm/ano, embora índices entre 0,05-2,7mm/ano tenham sido registrados.

A datação de rodolito em bancos de águas profundas chega a milhares de ano no Brasil (F. T. de S. Tâmega, comunicação pessoal). Amado-Filho et al. (2012a) indica que alguns rodolitos de Abrolhos tem núcleo datando de 8.000 anos e que estes rodolitos não cresceram continuamente desde então, os núcleos representam fragmentos de algas calcárias mais velhos que foram recolonizados por fragmentos mais recentes. Estes núcleos mais velhos indicam, no entanto, que rodolitos estão presentes no Banco dos Abrolhos desde o Médio-Holoceno quando o nível do mar era 60 metros mais baixo do que hoje. Adey & Macintyre (1973) estimaram que um rodolito de 30cm de diâmetro de águas profundas pode ter até 800 anos.

Em geral, cada rodolito individual pode ter uma idade estimada entre 100 a 10.000 anos, dependendo do seu tamanho (Bosence, 1983). Estes resultados mostram que o crescimento das algas calcárias é muito lento e que pode variar entre diferentes ambientes, fato que nos leva a afirmar que se a camada superficial de algas vivas for destruída, levará centenas ou milhares de anos para se recuperar e assim constituir uma comunidade associada ao habitat.

A grande questão dos bancos de algas calcárias (rodolitos) do ponto de vista geológico-biológico continua sendo em relação ao recurso ser vivo ou morto, já que os possíveis efeito-causas e recuperação devem ser registrados numa escala temporal de centenas a milhares de anos. De outro modo, procura-se construir um conhecimento, todavia insipiente para que sejam apoiadas as tomadas de decisões sobre a conservação e o uso sustentável deste recurso natural.

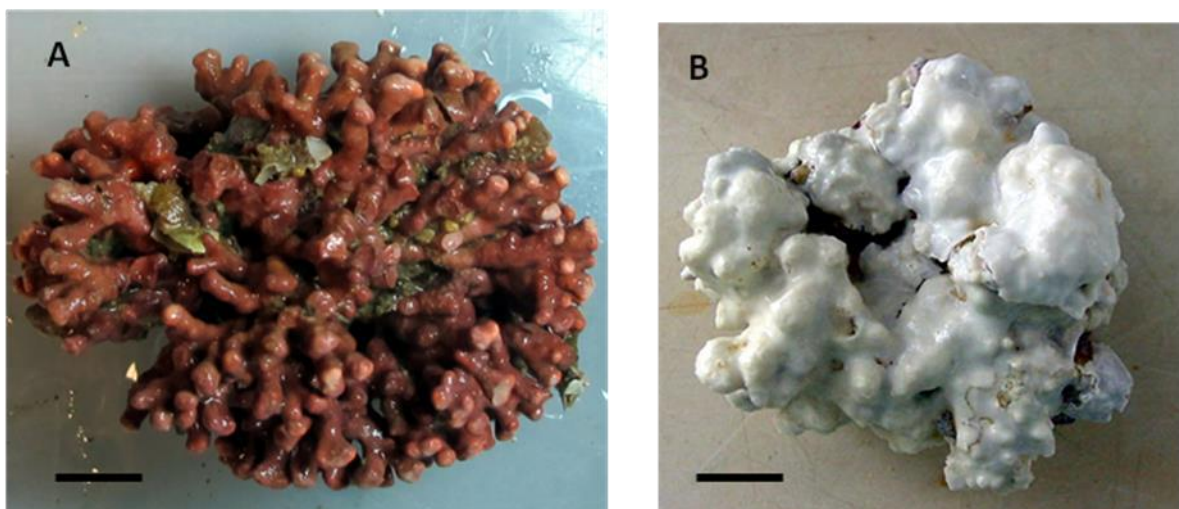


Figura 9. Rodolito vivo pigmentado (A) e rodolito morto sem cor (B) (Foto: Villas-Boas, A.B. arquivo pessoal).

Estudos descritivos sobre o padrão de distribuição de espécies de algas calcárias formadoras de rodolitos, tanto num gradiente batimétrico quanto latitudinal, servem para discernir sobre as relações entre a diversidade e os parâmetros ambientais que melhor explicam os limites biológicos. Em águas rasas e em águas profundas, estudos experimentais são ainda fundamentais

para apontar quais espécies são sensíveis a um ou mais estressores ambientais e determinar os limites para o recrutamento, o crescimento e a sobrevivência das espécies (thresholds). Havendo um impacto sobre essas comunidades as respostas dadas pelas espécies podem ser mensuradas a curto e longo prazo através de estudos, que incluem os diagnósticos ambientais e o monitoramento. Neste cenário encontra-se o conceito de resiliência, que caracteriza a velocidade de 'recuperação', ou seja, a habilidade de voltar para uma determinada dinâmica sem a perda das partes/unidades ou processos ecológicos (revisão em Creed, 2006).

A sensibilidade dos organismos pode ser mensurada indiretamente pela capacidade destes em ocupar amplas regiões ou serem restritos em sua distribuição a uma condição ambiental. Desta forma algumas espécies de algas calcárias demonstram serem mais aptas que muitos outros organismos fotossintetizantes ao ocuparem ambientes menos produtivos, onde a luz é limitada quer seja pelas grandes profundidades (40-250m em águas oceânicas), suspensão e/ou deposição de sedimentos.

Estudos recentes tem ampliado o conhecimento sobre as espécies de algas calcárias formadoras de rodolitos no que diz respeito à distribuição das espécies em gradientes de profundidade ao longo da plataforma continental brasileira. Amostragens feitas através de dragagens e de mergulhos técnicos tem revelado uma rica flora de águas profundas. Espécies antes apenas registradas para águas rasas (até 20m de profundidade) agora são registradas para profundidades de até 250 metros, como é o caso de uma das principais espécies de algas calcárias formadoras de rodolitos no Brasil e no mundo, *Lithophyllum corallinae*, encontrada formando rodolitos a seis metros de profundidade em um pequeno banco localizado na praia de João Fernandes em Búzios, RJ (Khader 2012), em bancos na plataforma continental do Espírito Santo, entre 10 e 25 m (Villas-Boas *et al.* 2009), em Fernando de Noronha a 55m (Amado-Filho *et al.* 2012b, Bahia 2014) e em rodolitos encontrados a 250 metros na plataforma continental do Estado da Bahia, estabelecendo um novo recorde de profundidade para algas em águas brasileiras (Henriques *et al.* 2014b). Outra espécie que forma

rodolitos, *Mesophyllum engelhartii*, tipicamente encontrada em águas rasas (Amado et al., 2010; Khader, 2012) teve o limite de distribuição batimétrica estendido para 50 a 100m de profundidade nos Estados da Bahia, Espírito Santo e Rio de Janeiro (Henriques, 2010; Figueiredo *et al.*, 2012).



Figura 10. Dragagem em um banco de rodolitos a 100 metros de profundidade no campo de Peregrino, Bacia de Campos, RJ (Foto: Villas-Boas, A.B., arquivo pessoal).

Todavia, pouco se conhece sobre os limites de distribuição batimétricos da maioria das espécies e acredita-se que muitos bancos de rodolitos vivos se restringem às águas rasas nos trópicos (Steller et al. 2009), em oposição às maiores extensões de bancos brasileiros distribuídos entre 40 até 250m de profundidade (Henriques, 2010). Fatores limitantes de irradiância são pouco conhecidos para espécies formadoras de rodolitos e tem sido demonstrado que muitas espécies conseguem se adaptar às condições de pouca luz (Wilson *et al.*, 2004), quer seja em relação a uma variação sazonal (Burdet et al., 2012) ou à níveis restritos em maiores profundidades (Littler et al., 1991).

No Brasil, estudos indicaram fotoaclimação em espécies de algas calcárias comumente encontradas em águas rasas, *Mesophyllum engelhartii* junto a *Lithothamnion* sp. apresentaram baixos níveis de saturação fotossintética em 10 a 30 $\mu\text{mol photons m}^{-2} \text{s}^{-1}$, níveis de irradiância mensurados no local de coleta a 100m de profundidade (Figueiredo *et al.*, 2012). A mesma espécie *M. engelhartii*, coletada a 10 m de profundidade, apresentou um melhor rendimento fotossintético quando exposta a 20 $\mu\text{mol photons m}^{-2} \text{s}^{-1}$ do que a 100 $\mu\text{mol photons m}^{-2} \text{s}^{-1}$ (Figueiredo & Coutinho, dados não publicados). Em águas rasas o padrão esperado é de uma maior produtividade nos maiores níveis e irradiância, como o demonstrado para outra espécie de *Lithothamnion*, a qual teve 70% de redução na sua produtividade ao ser submetida a uma redução de 30% na luz incidente, cerca de 30 $\mu\text{mol photons m}^{-2} \text{s}^{-1}$ (Riul, 2008). De fato, outras algas calcárias que formam rodolitos ou cobrem recifes costeiros em águas rasas são mais produtivas em maiores irradiâncias, níveis em torno de 100 $\mu\text{mol photons m}^{-2} \text{s}^{-1}$ (Villas-Boas *et al.*, 2005).

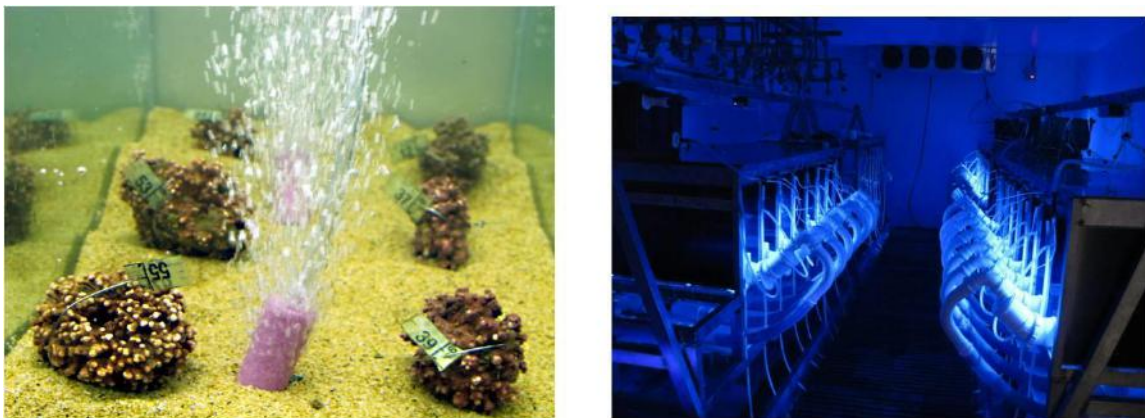


Figura 11. Experimentos de produtividade em rodolitos sendo realizados em laboratório (Foto: Villas-Boas, A.B., arquivo pessoal).

A sedimentação é um dos fatores ambientais que mais afetam a saúde de bancos de rodolitos, uma vez que seu principal construtor é um organismo fotossintetizante, que pode ser extremamente danificado quando exposto à diferentes graus de soterramento (Wilson *et al.* 2004; Harvey & Bird, 2008; Riul *et al.* 2008; Villas-Boas *et al.* 2014 b). Aportes naturais de sedimentos

terrestres carregados por chuvas e desembocados no mar através dos rios já foram apontados como um dos maiores causadores de distúrbios em recifes de coral e bancos de rodolitos no nordeste do Brasil (Leão 2003; Dutra et al., 2004). Dentre as atividades humanas, o descarte de material particulado pela exploração de óleo e gás, dragagens de canais em marinas e entrada de portos e mineração do calcário marinho são os principais causadores de danos aos bancos de rodolitos (Radziejewska & Stoyanova, 2000; Jones et al., 2006; Davies et al. 2007). Entretanto, ainda são poucos os estudos no mundo (Wilson et al. 2004; Harrington et al. 2005) e no Brasil que testaram a sensibilidade de espécies de algas calcárias incrustantes em relação ao stress provocado por diferentes níveis de soterramento (Riul et al. 2008; Villas-Boas et al. 2014 b; Figueiredo et al. 2015).

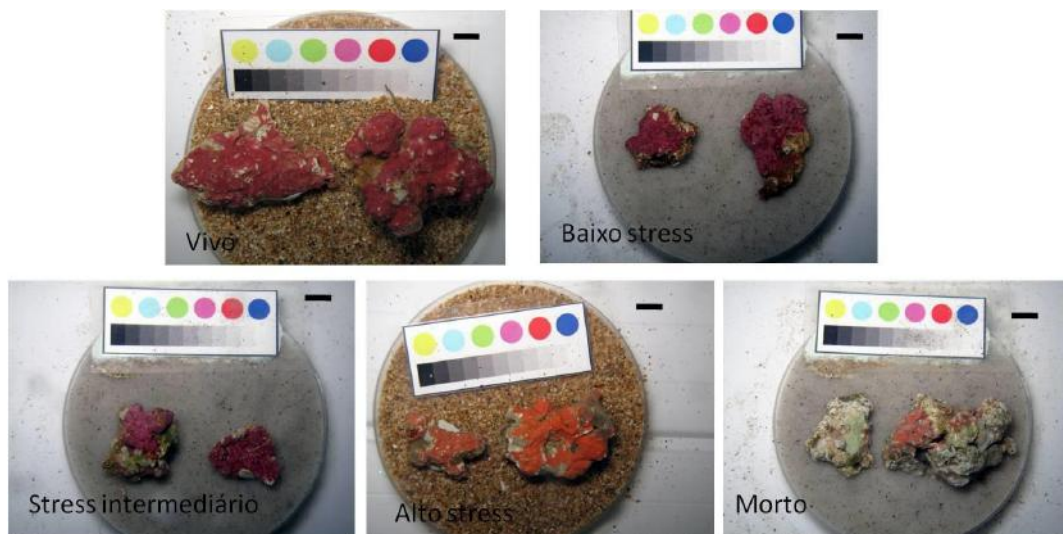


Figura 12. Mudanças na coloração de rodolitos indicando níveis de stress após diferentes níveis de soterramento (escalas = 1cm) (Foto: Villas-Boas, A.B., arquivo pessoal).

Estudos realizados com amostras de rodolitos coletados a 100m de profundidade no banco do Peregrino, Bacia de Campos, mostraram que independente do tamanho da partícula, tanto os sedimentos finos que imitam o material de descarte ("drill-cutting" produto da perfuração de Óleo & Gás) quanto os sedimentos mais grossos naturais do banco, tiveram um

grande impacto sobre *M. engelhartii* e *Lithothamnion* sp., principais espécies formadoras de rodolitos no local. Em experimento de curta duração baseado na máxima eficiência fotoquímica (Fv/Fm), *M. engelhartii* foi mais sensível ao soterramento por sedimentos finos do que *Lithothamnion* sp., porém em experimento de longa duração *Lithothamnion* sp. foi mais sensível ao branqueamento, provocado pelo soterramento (Villas-Boas *et al.* 2014b). Ambas as espécies apresentam talos finos, de acordo com o padrão de espessura de algas crostosas esperado dado a pouca luz no ambiente (Figueiredo & Steneck 2002; Figueiredo *et al.* 2012) e, conseqüentemente, se mostraram adaptadas às baixas intensidades de luz. A espessura do talo de *M. engelhartii* foi significativamente mais fina (48-86µm) do que o que já foi registrado para essa mesma espécie em outras regiões do Brasil em águas rasas (80-500µm para rodolitos coletados de 4-25m de profundidade no Estado do Espírito Santo por e 150-250 µm para rodolitos coletados de 9-28m de profundidade no Estado de Santa Catarina) (Farias 2008; Bahia 2014).

De um modo geral, o regime dos distúrbios por sedimentos seria dado pelas suas características (tamanho, forma, densidade, composição mineral e química), a extensão, grau, local, frequência e duração do soterramento e a movimentação da água, que podem variar em larga escala de: (1) sub-letal e estresse crônico a (2) letal e estresse agudo, o que leva a mudanças estruturais na comunidade ou mesmo ruptura pela remoção dos organismos mais sensíveis ao impacto (Airoldi 1998; 2003). Desse modo, a resiliência deve ser analisada em escalas de tempo curto e longo quando se trata de rodolitos, sabendo-se que espécies de algas calcárias podem ter respostas diferentes e que uma vez cessado o impacto e dependendo da intensidade, duração e frequência do mesmo, a recuperação de um organismo pode ser lenta ou rápida, como demonstrado para algas calcárias sob efeito de branqueamento (Figueiredo *et al.*, 2000).

Dentre todas as atividades econômicas que potencialmente ameaçam a biodiversidade em bancos de rodolitos, destacam-se algumas práticas de atividades de pesca e a mineração do calcário marinho, que em larga escala

danificam o habitat e levam a imediata perda da diversidade (Grall & Hall-Spencer 2003; Davies & Hall-Spencer 2007). Em contraste ao efeito diluído dos sedimentos lamosos que são carregados em uma pluma a longas distâncias, o descarte de material particulado por arrasto de pesca, dragagens e perfuração de poços de petróleo tem um efeito localizado e duradouro quando se trata do cascalho, que dificilmente é deslocado no fundo. As algas calcárias incrustantes são mais sensíveis ao soterramento (Wilson et al. 2004; Villas-Boas et al. 2014b; Reynier et al., no prelo) em comparação à infauna associada, que tende a migrar quando ocorre uma alteração na heterogeneidade do fundo. Por serem organismos com talo calcificado, hábito crostoso e terem um lento crescimento essas algas são tidas como altamente resistentes aos distúrbios naturais (Dethier & Steneck, 2001). Estressores ambientais decorrentes de atividades econômicas nesses habitats quando causam impactos em larga escala, principalmente nas algas calcárias formadoras de rodolitos, tendem a ter efeito duradouro por serem organismos estruturadores dessas comunidades, e assim podem comprometer a sobrevivência de espécies associadas e a manutenção da biodiversidade.

7 CONCLUSÃO

O presente estudo, concluiu que o conhecimento sobre rodolitos que ocorrem na plataforma continental brasileira ainda é incipiente para embasar o licenciamento de atividades de O&G e a exploração sustentável desses recursos. É necessário que sejam realizados mais estudos locais que possam prever a sensibilidade, o impacto, e sua recuperação frente as diversas atividades econômicas que ameaçam as comunidades associadas.

8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADEY, W. H. & VASSAR, J. M. 1975. Colonization, succession and growth rates of tropical crustose coralline alga (Rhodophyta, Cryptonemiales). *Phycologia*. 14:55-69.

ADEY, W.H. & MACINTYRE, I.G., 1973. Crustose coralline algae: A re-evaluation in the geological sciences. *Geological Society American Bulletin*. 84: 883-904.

AIROLDI, L. 1998. Roles of disturbance, sediment stress and substratum retention on spatial dominance in algal turf. *Ecology*. 79:2759-2770.

AIROLDI, L. 2003. The effects of sedimentation on rocky coast assemblages. *Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev.* 41:161-236.

AMADO-FILHO, G., MANEVELDT, G., MARINS, B.V., MANSO, R.C.C., PACHECO, M.R., GUIMARÃES, S.P.B. 2007. Structure of rhodolith beds from a depth gradient of 4 to 55 meters at the south of Espírito Santo State coast, Brazil. *Ciencias Marinas* 33(4): 399-410.

AMADO-FILHO, G., MANEVELDT, G., PEREIRA-FILHO, G.H., MANSO, R.C., BAHIA, R.G., BARRETO, M.B.B. & GUIMARÃES, S.M.P.B. 2010. Seaweed diversity associated with a Brazilian tropical rhodolith bed. *Ciencias Marinas* 36: 371-391.

AMADO-FILHO, G., MOURA, R.L., BASTOS, A.C., SALGADO, L.T., SUMIDA P.Y.G., GUTH, A.Z., FRANCINI-FILHO, R.B., PEREIRA-FILHO, G.H., ABRANTES, D.P., BRASILEIRO, P.S., BAHIA, R.G., LEAL, R.N., KAUFMAN, L., KLEYPAS, J., FARINA, M. & THOMPSON, F.L. 2012a. Rhodolith beds are major CaCO₃ bio-factories in the Tropical South West Atlantic. *Plos One* 7(4): e35171

AMADO-FILHO, G., PEREIRA-FILHO, G.H., BAHIA, R.G., ABRANTES, D.P. VERAS, P.C., MATHEUS, Z. 2012b. Occurrence and distribution of rhodolith beds on the Fernando de Noronha Archipelago of Brazil. *Aquatic Botany* 101: 41-45.

AMARAL, C. A. B., 1979. Depósitos Carbonáticos. Serie Projeto REMAC (Reconhecimento Global da Margem Continental Brasileira). Recursos minerais da Margem continental brasileira e das áreas oceânicas adjacentes. Volume 10: 15-24

ANDRADE, N.A. 2012. O papel da declividade e sedimentologia na composição e estrutura dos bancos de rodólitos do litoral norte da Bahia, Brasil. Dissertação de Mestrado, Biodiversidade Vegetal, Universidade do Estado da Bahia, 103 p.

ÁVILA, E. & RIOSMENA-RODRIGUEZ, R. 2010. Rhodoliths beds as critical habitats for monitoring in marine protected areas in the Gulf of California. In: Polisciano, G. & Farina, O. (Eds.) National Parks, vegetation, wildlife and threats. Nova Science Publishers, New York, p.: 207-214

BAHIA, R.G. 2014. Algas coralináceas formadoras de rodólitos da plataforma continental tropical e ilhas oceânicas do Brasil: levantamento florístico e taxonomia. Tese de Doutorado, Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro / Escola Nacional de Botânica Tropical. 220 p.

BAHIA, R.G., AMADO-FILHO, G.M. & MANEVELDT, G.W. 2014b. *Sporolithon molle* (Heydrich) Heydrich (Sporolithales, Corallinophycidae, Rhodophyta): an addition to the Atlantic flora found on a remote oceanic island. *Cryptogamie Algologie*, 35 (1): 7-14. DOI:/10.7872/crya.v35.iss1.2014.7

BAHIA, R.G., AMADO-FILHO, G.M., MANEVELDT, G.W., ADEY, W.H., JOHNSON, G., MARINS, B.V. & LONGO, L.L. 2014 a. *Sporolithon tenue* sp. nov. (Sporolithales, Corallinophycidae, Rhodophyta): a new rhodolith-forming species from the tropical southwestern Atlantic. *Phycological Research*, 62: 44-54. DOI: <http://dx.doi.org/10.1111/pre.12033>.

BAHIA, R.G., ABRANTES, D.P., BRASILEIRO, P.S., PEREIRA-FILHO, G.H. & AMADO-FILHO, G.M., 2010. Rhodolith bed structure along a depth gradient on the northern coast of Bahia State, Brazil. *Brazilian Journal of Oceanography* 58: 323-337.

BAHIA, R.G., RIOSMENA-RODRIGUEZ, R., MANEVELDT, G.W. & AMADO-FILHO, G.M. 2011. First report of *Sporolithon ptychoides* (Sporolithales, Corallinophycidae, Rhodophyta) for the Atlantic Ocean. *Phycological Research* 59: 64-69.

BASSO, D. 1998. Deep rhodolith distribution in the Pontian Islands, Italy: a model for the paleoecology of a temperate sea. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 137: 173-187.

BASSO, D., DIAS, G.T.M. & HENRIQUES, M.C. 2012. The occurrence of coralligène de plateau in Brazilian coastal waters. IV International Rhodolith Workshop, Granada

BERLANDI, R. M., FIGUEIREDO, M.A. DE O. & PAIVA, P.C. 2012. Rhodolith morphology and the diversity of Polychaetes off the Southeastern Brazilian

Coast. Journal of Coastal Research. (28) 1: 280–287. DOI: 10.2112/11T-00002.1

BORDEHORE, C.; RAMOS-ESPLÁ, A.A.; RIOSMENA-RODRÍGUEZ, R. 2003. Comparative study of two maerl beds with different otter trawling history, southeast Iberian Peninsula. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 13:S43-S54.

BOSENCE, D.W.J., 1983a. Coralline algal reef frameworks. *Journal of Geology Society*, 140: 365-376.

BOSENCE, D.W.J., 1983b. Description and classification of rhodoliths (Rhodoids, Rhodolites). In: Peryt, T.M. ed., *Coated grains*. Berlin, Springer - Verlag Press, 217-224 pp.

BOSENCE, D.W.J., 1983c. The occurrence and ecology of recent rhodoliths - a review. In: Peryt, T.M. ed. *Coated grains*. Berlin, Springer-Verlag Press, 225-242 pp.

BOSENCE, D.W.J., 1985. The morphology and ecology of a mound-building coralline alga (*Neogoniolithon strictum*) from the Florida Keys. *Paleontology*, 28: 189-206.

BOSELLINI, A. & GINSBURG, R.N., 1971. Form and internal structure of recent algal nodules (rhodoliths) from Bermuda: *Journal of Geology*, 79: 669-682.

BURGOS, D.C. 2011. Composição e estrutura das comunidades de macroalgas do infralitoral do Arquipélago de Fernando de Noronha – Brasil, com ênfase nas calcárias incrustantes. Tese de Doutorado, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 95 p.

BRUNO, J.F. & BERTNESS, M.D. 2001. Habitat modifications and facilitation in benthic marine communities. In: Bertness, M.D.; Gaines, S.D. & Hay, M.E. eds., *Marine Community Ecology*. Sinauer, Sunderland, MA: 201-218

BURDETT, H.L.; HENNIGE, S.J.; FRANCIS, F.T.Y. & KAMENOS, N.A. 2012. The photosynthetic characteristics of red coralline algae, determined using pulse amplitude modulation (PAM) fluorometry. *Botanica Marina*: DOI 10.1515/bot-2012-0135

CABIOCH, J. & GIRAUD, G., 1986. Structural aspects of biomineralization in the coralline algae (calcified Rhodophyceae). In: Leadbeater, B.S.C. & Riding, R. eds., *Biomineralization in lower plants and animals*. Oxford, Clarendon Press, 30: 141-156 pp.

- CAVALCANTI, V.M.M. 2011. Plataforma continental: a última fronteira da mineração brasileira. DNPM, Brasília, 104 p.
- COSTA, I.O. 2013. Estudos taxonômicos em algas coralináceas não articuladas no litoral norte da Bahia, Brasil. Dissertação de Mestrado, Biodiversidade Vegetal, Universidade do Estado da Bahia, 99p.
- COSTA, I. O.; HORTA P.A.; NUNES, J . M. C. 2014. Spongites yendoi (Foslie) Chamberlain (Corallinales, Rhodophyta) on the coast of Bahia, Brazil. Brazilian Journal of Botany. DOI 10.1007/s40415-014-0093-y
- CREED, J. 2006. Perturbações em comunidades biológicas. In: Biologia da Conservação. Rima. 183-209.
- CREED, M.; FUJII, M. T.; BARROS BARRETO, M. B; GUIMARAES, S. M. P. B.; CASSANO, V.; PEREIRA, S. M. B.; CARVALHO, M. F. O.; KHADER, S. 2010. Rhodophyceae. In: R. C. Forzza et al. Catálogo de plantas e fungos do Brasil. Vol. 1. Centro Nacional de Conservação da Flora. Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro.
- CRESPO, T.M. 2013. Algas calcárias incrustantes do Arquipélago São Pedro e São Paulo: distribuição específica ao longo de um gradiente de profundidade. Dissertação de Mestrado, Botânica, Escola Nacional de Botânica Tropical, Rio de Janeiro, 80 p.
- DIAS, G.T.M. 2000. Granulados bioclásticos – algas calcárias. Brazilian Journal of Geophysics. 18 (3): 307-318.
- DIAS, G. T. M; MEDEIROS, M. F., 2005. Proposta de metodologia para elaboração de cartas sedimentológicas. Boletim de Resumos, X Congresso ABEQUA.
- DIAS, G.T.M. & VILLAÇA R.C. 2012. Coralline Algae Depositional Environments on the Brazilian Central-South-Eastern Shelf. Journal of Coastal Research 28(1): 270-279
- DAVIES, A. J.; ROBERTS, J. M. & HALL-SPENCER, J. 2007. Preserving deep-sea natural heritage: Emerging issues in offshore conservation and management. Biological Conservation, 138:299-312.
- DE GRAVE, S. & WHITAKER, A. 1999. Benthic community re-adjustment following dredging of a muddy-maerl matrix. Mar. Pollut. Bull., 38(2):102-108.

- DE GRAVE, S.D., FAZAKERLEY, H., KELLY, L., GUIRY, M.D., RYAN, M. & WALSHE, J., 2000. A study of selected maerl beds in Irish Waters and their potential for sustainable extraction. The Marine Institute, Dublin, 44 p.
- DETHIER, M. N. & STENECK, R. S. 2001. Growth and persistence of diverse intertidal crusts: survival of the slow in a fast-paced world. *Mar Ecol Prog Ser.* 223: 89–100.
- DUTRA, L.X.C.; KIKUCHI, R.K.P. & LEÃO, Z.M.A.N. 2004. Effects of sediment accumulation on reef corals from Abrolhos, Bahia, Brazil. *Journal of Coastal Research*, 39.
- FARIAS, J.N. 2008. Aspectos taxonômicos de *Lithothamnion superpositum* e *Mesophyllum engelhartii* (Corallinales; Rhodophyta) – adições para a flora brasileira. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Santa Catarina, 47 p.
- FARIAS, J., RIOSMENA-RODRÍGUEZ, R., BOUZON, Z., OLIVEIRA, E.C. & HORTA, P.A. 2010. *Lithothamnion superpositum* (Corallinales; Rhodophyta): First description for the Western Atlantic or rediscovery of a species? *Phycological Research* 58: 210–216.
- FIGUEIREDO, A.G. & TESSLER M.G., 2004. Topografia e composição do substrato marinho da região Sudeste-Sul do Brasil. In: *Série Documentos – Revizee Score Sul*, Instituto Oceanográfico, São Paulo, 64 pp.
- FIGUEIREDO, M.A.O. 2006. Diversity of macrophytes in the Abrolhos Bank, Brazil. In: G.F. Dutra; G.R. Allen, T. Werner & S.A. McKenna, (eds.), *A Rapid Marine Biodiversity Assessment of the Abrolhos Bank, Bahia, Brazil*. *RAP Bulletin of Biological Assessment*, 38: 67-74.
- FIGUEIREDO, M.A.O. & STENECK, R.S. 2002. Floristic and ecological studies of crustose coralline algae on Brazil's Abrolhos reefs. In: *Proceedings of the 9th International Coral Reef Symposium, Bali*, 1: 493-498.
- FIGUEIREDO, M. A. O., NORTON, T. A. & KAIN (JONES), J. M. 1997. Settlement and survival of epiphytes on two intertidal crustose coralline alga. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 213: 247-260.
- FIGUEIREDO, M.A.O; KAIN, J.M. (JONES) & NORTON, T.A. 2000. Responses of crustose corallines to epiphyte and canopy cover. *Journal of Phycology*, 36:17-24
- FIGUEIREDO, M.A. de O., SANTOS DE MENEZES, K., COSTA-PAIVA, P., PAIVA, P.C. & VENTURA, C.R.R., 2007. Experimental evaluation of

- rhodoliths as living substrata for infauna at the Abrolhos Bank, Brazil. *Ciencias Marinas* 33(4): 427-440.
- FIGUEIREDO, M.A.O.; HORTA, P.A.; PEDRINI, A.G. & NUNES, J.M.C. 2008. Benthic marine algae of the coral reefs of Brazil: a literature revision. *Oecologia Brasiliensis*, 12: 258-269.
- FIGUEIREDO, M. A. O.; COUTINHO, R.; VILLAS-BOAS, A. B.; TÂMEGA, F. T. S. & MARIATH, R. 2012. Deep-water rhodolith productivity and growth in the southwestern Atlantic. *J Appl Phycol.*, 24: 487–493
- FIGUEIREDO, M. A. O; EIDE, I., REYNIER, M.; VILLAS-BÔAS, A. B.; TÂMEGA F. T. S.; FERREIRA, C. G.; NILSSEN, I.; COUTINHO, R., JOHNSEN, S., 2015. The effect of sediment mimicking drill cuttings on deep water rhodoliths in a flow-through system: Experimental work and modeling. *Marine Pollution Bulletin* 95: 81-88.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.marpolbul.2015.04.040>
- FOSTER, M.S. 2001. Rhodoliths: between rocks and soft places. *Journal of Phycology* 37:659-667.
- FOSTER, M.S., RIOSMENA-RODRIGUEZ R., STELLER, D.L. & WOELKERLING, W.J., 1997. Living rhodolith beds in the Gulf of California and their implications for paleoenvironmental interpretation. *Geological Society of America*, 318: 127-139.
- FOSTER, M. S, AMADO FILHO, G. M., KAMENOS, N. A. RIOSMENA-RODRÍGUEZ, R. & STELLER, D. S. 2013. Rhodoliths and rhodolith beds. *Smithsonian Contributions to the Marine Sciences*, 39: 143-155.
- GHERARDI, D.F.M., 2004. Community structure and carbonate production of a temperate rhodolith bank from Arvoredo Island, southern Brazil. *Brazilian Journal of Oceanography*, 52(3/4): 207-224.
- GHERARDI, D.F.M. & BOSENCE, D.W.J., 2001. Composition and community structure of the coralline algal reefs from Atol das Rocas, South Atlantic, Brazil. *Coral Reefs*, 19: 205-220.
- GRALL, J. & HALL-SPENCER, J. M. 2003. Problems facing maerl conservation in Brittany. *Aquatic Conserv: Mar. Freshw. Ecosyst.* 13: S55–S64
- GRALL, J.; LE LOC'H F; GUYONNET, B. & RIERA, P. 2006. Community structure and food web based on stable isotopes ($\delta^{15}\text{N}$ and $\delta^{13}\text{C}$) analysis of a north-eastern Atlantic maerl bed. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 338:1-15.

- HALL-SPENCER, J.M. 1998. Conservation issues relating to maerl beds as habitats for molluscs. *Journal of Conchology Special Publ.* 2: 271-286.
- HALL-SPENCER, J. M. & MOORE, P. G. 2000. Scallop dredging has profound, long-term impacts on maerl habitats. *ICES Journal of Marine Science* 57: 1407-1415.
- HARRINGTON, L., FABRICIUS, K., EAGLESHAM, G. & NEGRI. 2005. Synergistic effects of diuron and sedimentation on photosynthesis and survival of crustose coralline algae. *Marine Pollution Bulletin*, 51: 415-427.
- HARVEY, A.S. & BIRD, F.L. 2008. Community structure of a rhodolith bed from cold-temperate waters (southern Australia). *Australian Journal of Botany*, 56: 437-450.
- HENRIQUES, M. C. 2010. Taxonomia de algas calcárias incrustantes em bancos de profundidade da região central da zona econômica exclusiva brasileira e suas considerações biogeográficas. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio de Janeiro. 86 pp.
- HENRIQUES, M. C., VILLAS-BOAS, A., RIOSMENA-RODRIGUEZ, R. & FIGUEIREDO, M. A. O. 2012. New records of rhodolith-forming species (Corallinales, Rhodophyta) from deep water in Espírito Santo State, Brazil. *Helgoland Marine Research* 66: 219-231. DOI 10.1007/s10152-011-0264
- HENRIQUES, M.C., COUTINHO, L.M., RIOSMENA-RODRIGUEZ, R., BARROS-BARRETO, M. B., KHADER, S., FIGUEIREDO, M.A.O. 2014a. Three deep water species of Sporolithon (Sporolithales, Rhodophyta) from the Brazilian continental shelf, with the description of *Sporolithon elevatum* sp. nov. *Phytotaxa*. No prelo
- HENRIQUES, M. C., RIOSMENA-RODRÍGUEZ, R., COUTINHO, L. M. & FIGUEIREDO, M. A. O. 2014b. Lithophylloideae and Mastophoroideae (Corallinales, Rhodophyta) from the Brazilian continental shelf. *Phytotaxa*, <http://dx.doi.org/10.11646/phytotaxa.00.0.0>
- HORTA, P.A. 2000. Macroalgas do infralitoral do sul e sudeste do Brasil: taxonomia e biogeografia. Tese de Doutorado em Botânica, Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo.
- HORTA, P.A., SCHERNER, F., BOUZON, Z.L., RAFAEL RIOSMENA-RODRÍGUEZ & OLIVEIRA, E.C. 2011. Morphology and reproduction of *Mesophyllum erubescens* (Foslie) Me. Lemoine (Corallinales, Rhodophyta) from Southern Brazil. *Revista Brasil. Bot.* 34(1): 125-134.
- IBAMA, 2006. INSTRUÇÃO NORMATIVA NO 89 de 2 de fevereiro de 2006.

JAMES, D.W., FOSTER, M.S. & SULLIVAN, J.O. 2006. Bryoliths (Bryozoa) in the Gulf of California. *Pacific Science*, 60 (1): 117-124.

JOLY, A.B. 1965. Flora marinha do litoral norte do estado de São Paulo e regiões circunvizinhas. *Bolm Fac. Fil Ciênc. Let. Univ. S. Paulo, Botânica*. 21: 5-393.

JONES, C.G.; LAWTON, J.H.; SHACHAK, M. 1994. Organisms as ecosystem engineers. *Oikos* 69: 373–386.

JONES, D.O.B.; HUDSON, I.R. & BETT, B.J. 2006. Effects of physical disturbance on the cold-water megafaunal communities of the Faroe-Shetland Channel. *Marine Ecology Progress Series*, 319:43-54.

KHADER, S., 2012. Distribuição das algas calcárias não geniculadas em ecossistemas marinhos na região de ressurgência de Cabo Frio. Dissertação (Mestrado) – UFRJ Museu Nacional/FCC / Programa de Pós-graduação em Ciências Biológicas (Botânica). 87 pp.

KEMPF, M., 1970. Notes on the benthic bionomy of the N-NE Brazilian shelf. *Marine Biology*, 5: 213-224.

KEMPF, M. 1974. Perspectives d'exploitation des fonds de Maerl du plateau continental du N-E du Brasil. *Colloque International du Exploitation Oceans*, 2o , Bordeaux.

KIKUCHI, R.K.P. & LEÃO, Z.M.A.N., 1997. Rocas (Southwestern Equatorial Atlantic, Brazil): an atoll built primarily by coralline algae. *8th International Coral Reef Symposium*, 1: 731-736.

KONAR, B., RIOSMENA-RODRIGUEZ, R. & IKEN, K. 2006. Rhodolith bed: a newly discovered habitat in the North Pacific Ocean. *Botanica Marina*, 49: 355–359.

LAVRADO, H. P. 2006. Caracterização do ambiente e da comunidade bentônica. In: Lavrado HP, Ignacio BL (eds.), *Biodiversidade Bentônica da Região Central da Zona Econômica Exclusiva Brasileira*. Museu Nacional, Rio de Janeiro, pp. 19–64.

LE GALL, L., PAYRI, C.E., BITTNER, L. & SAUNDERS, G.W. 2010. Multigene phylogenetic analyses support recognition of the Sporolithales ord. nov. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 54: 302–305.

LEÃO, Z.M.A.N. 1982. Morphology, geology and developmental history of the southernmost coral reefs of western Atlantic, Abrolhos Bank, Brazil.

Tese (Ph.D, Rosenstiel School of Marine and Atmospheric Science)
University of Miami, 218 p.

LEÃO, Z. M. A. N., KIKUCHI, R. K. P. & TESTA, V. 2003. Corals and coral reefs of Brazil. In: Cortés J (ed.), Latin America Coral Reefs. Elsevier Science, Amsterdam, pp. 9–52.

LITTLER, M.M. & LITTLER, D.S. 1984. Relationships between macroalgal functional form groups and substrata stability in a subtropical rocky-intertidal system. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 74: 13-34.

LITTLER, M.M.; LITTLER, D.S. & HANISAK, M.D. 1991. Deep-water rhodolith distribution, productivity, and growth history at sites of formation and subsequent degradation. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 150: 163-182.

MARINS, B.V. 2009. Aspectos biológicos de *Laminaria* spp.: taxonomia, filogenia molecular, parâmetros populacionais, composição química e flora associada. Tese de Doutorado, Escola Nacional de Botânica Tropical, Rio de Janeiro, 122 p.

MARINS, B.V., AMADO-FILHO, G.M., BARRETO, M.B.B. & LONGO, L.L., 2012. Taxonomy of the southwestern Atlantic endemic kelp: *Laminaria abyssalis* and *Laminaria brasiliensis* (Phaeophyceae, Laminariales) are not different species. *Phycological Research* 60: 51–60.

METRI, R. 2006. Ecologia de um banco de algas calcárias da Reserva Biológica Marinha do Arvoredo, SC, Brasil. Tese de Doutorado em Zoologia, Universidade Federal do Paraná, 110 p.

MILLIMAN, J.D. & AMARAL, C.A.B. 1974. Economic potential of Brazilian continental margin sediments. *Anais do XXVIII Congresso Brasileiro de Geologia*. 28: 335-344.

MOURA, R. L., SECCHIN, N. A., AMADO-FILHO, G. M., FRANCINI-FILHO, R. B., FREITAS, M. O., MINTE-VERA, C. V., TEIXEIRA, J. B., THOMPSON, F. L., DUTRA, G. F., SUMIDA, P. Y. G., GUTH, A. Z., LOPES, R. M., BASTOS, A. C. 2013. Spatial patterns of benthic megahabitats and conservation planning in the Abrolhos Bank. *Continental Shelf Research*, <http://dx.doi.org/10.1016/j.csr.2013.04.036>

NELSON, W.A., 2009. Calcified macroalgae – critical to coastal ecosystems and vulnerable to change: a review. *Marine and Freshwater Research*, 60: 787–801

NUNES, J.M.C., GUIMARÃES, S.M.P.B., DONNANGELO, A., FARIAS, J. & HORTA, P.A. 2008. Aspectos taxonômicos de três espécies de coralíneas não geniculadas do litoral do Estado da Bahia, Brasil. *Rodriguesia*, 59 (1): 75-86.

OSPAR. 2006. Case Reports for the Initial List of Threatened and/or declining Species and Habitats in the OSPAR Maritime Area. OSPAR Commission, London.

OLIVEIRA FILHO, E.C. 1977. Algas Marinhas Bentônicas do Brasil. Tese de Livre Docência. Universidade de São Paulo, São Paulo, 407p.

PASCELLI, C., RIUL, P., RIOSMENA-RODRÍGUEZ, R., SCHERNERA, F., NUNES, M., HALL-SPENCER, J.M., OLIVEIRA, E.C. & HORTA, P. 2013. Seasonal and depth-driven changes in rhodolith bed structure and associated macroalgae off Arvoredo island (southeastern Brazil). *Aquatic Botany* 111: 62–65.

PAULA, A. F., FIGUEIREDO, M. A. O. & CREED, J. C. 2003. Structure of the Macroalgal Community Associated with the Seagrass *Halodule wrightii* Ascherson in the Abrolhos Marine National Park, Brazil. *Botanica Marina*, 46: 413–424.

PEÑA, V., & BARBARA, I., 2008. Biological importance of an Atlantic European maerl bed off Benencia Island (northwest Iberian Peninsula). *Botanica Marina*. 51(6): 493-505.

PEÑA, V., ADEY, W.H., RIOSMENA-RODRÍGUEZ, R., JUNG, M.Y., AFONSO-CARRILLO, J., CHOI, H.G. & BÁRBARA, I. 2011. *Mesophyllum sphaericum* sp. nov. (Corallinales, Rhodophyta): a new maerl-forming species from the Northeast Atlantic. *Journal of Phycology* 47: 911–927.

PEREIRA-FILHO, G.H., AMADO-FILHO, G.M., GUIMARÃES, S.M.P.B., MOURA, R.L., SUMIDA, P.Y.G., ABRANTES, D.P., BAHIA, R.G., GUTH, A.Z., JORGE, R. & FRANCINI-FILHO, R. 2011. Reef Fish and Benthic assemblages of the Trindade and Martin Vaz island group, Southwestern Atlantic. *Brazilian Journal of Oceanography* 59: 201-212.

PEREIRA-FILHO, G.H., AMADO-FILHO, G.M., MOURA, R.L., BASTOS, A.C., GUIMARÃES, S.M., SALGADO, L.T., FRANCINI-FILHO, R.B., BAHIA, R.G., ABRANTES, D.P., GUTH, A.Z. & BRASILEIRO, P.S. 2012. Extensive rhodolith beds cover the summits of southwestern Atlantic Ocean seamounts. *Journal of Coastal Research* 28: 261-269.

PINTO, T.V. 2011. Aspectos morfoanatômicos, reprodutivos e moleculares do gênero *Lithophyllum* (Lithophylloideae, Corallinales, Rhodophyta) do sul

do Brasil. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 88p.

PILLER, W.E. & RASSER, M., 1996. Rhodolith formation induced by reef erosion in the Red Sea, Egypt. *Coral Reefs*, 15: 191-198.

RADZIEJEWSKA, T. & STOYANOVA, V. 2000. Abyssal epibenthic megafauna of the Clarion-Clipperton area (NE PaciWc): changes in time and space versus anthropogenic environmental disturbance. *Oceanological Studies Gdansk*, 29: 83-101.

REYNIER, M. V.; TAMEGA, F. T. S.; DAFLON, S. D. A.; SANTOS, M. A. B.; COUTINHO, R. & FIGUEIREDO, M. A. O.. Long and short term effects of smothering and burrial by drill cuttings on calcareous algae in a static renewed-test. *Environmental toxicology and chemistry* (No prelo)

RIOSMENA-RODRIGUEZ, R.; STELLER, D.L.; HINOJOSA-ARANGO, G. & FOSTER, M.S. 2010. Reefs that rock and roll: Biology and conservation of rhodolith beds in the Gulf of California. In: Brusca, R.C. ed. *The Gulf of California: Biodiversity and Conservation*. University of Arizona and Arizona-Sonora Desert Museum Press. 49-71.

RIOSMENA-RODRIGUEZ, R., WOELKERLING, W.J. & FOSTER, M.S., 1999. Taxonomic reassessment of rhodolith forming species of *Lithophyllum* (Corallinales, Rhodophyta) in the Gulf of California, Mexico. *Phycologia*, 38(5): 401-417.

RIUL, P.; TARGINO, C.H.; FARIAS, J.N.B.; VISSCHER, P.T. & HORTA, P.A. 2008. Decrease in *Lithothamnion* sp. (Rhodophyta) primary production due to the deposition of a thin sediment layer. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 88(1):17-19.

RIUL, P., LACOUTH, P., PAGLIOSA, P.R., CHRISTOFFERSEN, M.L. & HORTA, P.A., 2009. Rhodolith beds at the easternmost extreme of South America: Community structure of an endangered environment, *Aquatic Botany*. doi:10.1016/j.aquabot. 2008.12.002

REYES-BONILA, H., RIOSMENA-RODRIGUEZ, R. & FOSTER, M.S., 1997. Hermatypic corals associated with rhodolith beds in the Gulf of California, Mexico. *Pacific Science*, 51, 328-337.

ROCHA, M. R., METRI, R. & OMURO, J.Y., 2006. Spatial distribution and abundance of ascidians in a bank of coralline algae at Porto Norte, Arvoredo Island, Santa Catarina. *Journal of Coastal Research, Special Issue*, 40: 1676-1679.

- SCIBERRAS, M.; RIZZO, M.; MIFSUD, J.R.; CAMILLERI, K.; BORG, J.A.; LANFRANCO, E. & SCHEMBRI, P.J. 2009. Habitat structure and biological characteristics of a maerl bed off the northeastern coast of the Maltese Islands (central Mediterranean). *Marine Biodiversity*, 39: 251-264.
- SISSINI, M. N. 2013. Hapalidiaceae (Corallinophycidae, Rhodophyta) no litoral brasileiro – diversidade e biogeografia. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Santa Catarina. 147 p.
- STELLER, D.L.; FOSTER, M.S. & RIOSMENA-RODRIGUEZ, R. 2009. Living rhodolith bed ecosystems in the Gulf of California. In: Jhonson, M.E. & Ledesma-Vázquez, J. (Eds) *Atlas of Coastal ecosystems in the Gulf of California: Past and Present*. University of Arizona Press, chapter 6.
- STELLER, D.L., RIOSMENA-RODRIGUEZ, R., FOSTER, M.S. & ROBERTS, C., 2003. Rhodolith bed diversity in the Gulf of California: the importance of rhodolith structure and consequences of anthropogenic disturbances. *Aquatic Conservation Marine Freshwater Ecosystems*, 13: 5-20.
- STENECK, R. S. 1986. The ecology of coralline algal crusts: convergent patterns and adaptive strategies. *Annual Review of Ecological Systematics*, 17: 273-303.
- TÂMEGA F.T.S., SPOTORNO-OLIVEIRA P. & FIGUEIREDO M.A.O., 2013. Catalogue of the benthic marine life from Peregrino oil field, Campos Basin, Brazil. Rio de Janeiro, Instituto Biodiversidade Marinha, 140 p.
- TAYLOR, W.R. 1960. Marine algae of the eastern tropical and subtropical coasts of the America. The University of Michigan Press, Ann Arbor, 870 pp.
- TESTA, V., 1997. Calcareous algae and corals in the inner shelf of Rio Grande do Norte, NE, Brazil. 8th International Coral Reef Symposium, 1:737-742.
- TESTA, V. & BOSENCE, D. W. J. 1999. Physical and biological controls on the formation of carbonate and siliciclastic bedforms on the north-east Brazilian shelf. *Sedimentology*, 46: 279-301.
- TOMITA, N.Y. 1976. Contribuição ao conhecimento do gênero *Sporolithon* (Corallinaceae, Cryptonemiales) no Brasil. Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo, São Paulo, pp. 138.
- TRANNUM, H. C.; NILSSON, H. C.; SCHAANNING, M. T. & ØXNEVAD, S. 2010. Effects of sedimentation from water-based drill cuttings and natural sediment on benthic macrofaunal community structure and ecosystem processes. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 383: 111-121.

- VIEIRA-PINTO, T. V. 2011. Aspectos morfoanatômicos, reprodutivos e moleculares do gênero *Lithophyllum* (Lithophylloideae, Corallinales, Rhodophyta) do sul do Brasil. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Santa Catarina, 88p.
- VILLAS-BOAS, A.B. 2008. Comunidades de organismos incrustantes e identificação de algas calcárias em bancos de rodolitos no Estado do Espírito Santo. Tese de Doutorado, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 123 p.
- VILLAS-BOAS, A.B. & FIGUEIREDO, M. A de O. 2004. Are anti-fouling effects in coralline algae species specific? *Brazilian Journal of Oceanography*, 52(1): 11-18.
- VILLAS-BOAS, A.B, FIGUEIREDO, M. A de O. & VILLAÇA, R.C., 2005. Colonization and growth of crustose coralline algae (Corallinales, Rhodophyta) on the Rocas Atoll. *Brazilian Journal of Oceanography*, 53(3/4): 147-156.
- VILLAS-BOAS, A.B., RIOSMENA-RODRIGUEZ, R., AMADO FILHO, G.M., MANEVELDT, G. & FIGUEIREDO, M.A.O. 2009. Rhodolith-forming species of *Lithophyllum* (Corallinales; Rhodophyta) from Espírito Santo State, Brazil, including the description of *L. depressum* sp. nov. *Phycologia*. 48 (4): 237–248. doi/10.7872/crya.v35.iss1.2014.67
- VILLAS-BOAS, A.B., RIOSMENA-RODRIGUEZ, R. & FIGUEIREDO, M. A. DE O. 2014a. Community structure of rhodolith-forming beds on the central Brazilian continental shelf. *Helgoland Marine Research* (2014) 68:27–35. DOI 10.1007/s10152-013-0366-z
- VILLAS-BOAS, A.B, TÂMEGA, F. T. de S., ANDRADE, M., COUTINHO, R. & FIGUEIREDO, M. A. O. 2014b. Experimental effects of sediment burial and light attenuation on two coralline algae of a deep water rhodolith bed in Rio de Janeiro, Brazil. *Cryptogamie, Algologie*, 35 (1): 67-76.
- VILLAS-BOAS, A.B., RIOSMENA-RODRIGUEZ, R., TÂMEGA, F.T.S., AMADO-FILHO, G.M., MANEVELDT, G.W. & FIGUEIREDO, M. A. O. 2014c. Rhodolith-forming species of the subfamilies Neogonolithoideae, and Hydrolithoideae (Rhodophyta, Corallinales) from Espírito Santo State, Brazil. *Phytotaxa*. <http://dx.doi.org/10.11646/phytotaxa.00.0.0>
- WILSON, S.; BLAKE, C.; BERGES, J. A. & MAGGS, C. A. 2004. Environmental tolerances of free-living coralline algae (maerl): implications for European marine conservation. *Biol. Con.*, 120: 283–293.
- YONESHIGUE-VALENTIN, Y. 1990. The life cycle of *Laminaria abyssalis* (Laminariales, Phaeophyta) in culture. *Hydrobiologia*, 204–205: 461–6.

YONESHIGUE-VALENTIN, Y., MITCHELL, G. J. P. AND GURGEL, C. F. D.
1995. Quelques observation préliminaires sur les macroalgues de la plate-
forme continentale du Sud-Est Brésilien. Acta Bot. Gall. 142: 161–5.