

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA  
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DA NATUREZA  
CURSO DE BACHARELADO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

**PROCESSOS DE COLONIZAÇÃO E SUCESSÃO DA COMUNIDADE DE  
MACROALGAS BÊNÉTICAS NOS RECIFES COSTEIROS DO LITORAL  
PARAIBANO - CONSTRUINDO MODELOS PARA RECUPERAÇÃO AMBIENTAL  
EM AMBIENTES RECIFAIS**

NATÁLIA CÂNDIDO PEREIRA

Orientador: Prof. Dr. George Emmanuel Cavalcanti de Miranda

João Pessoa - 2015

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA  
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DA NATUREZA  
CURSO DE BACHARELADO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

Processos de colonização e sucessão da comunidade de macroalgas bênticas nos recifes costeiros do litoral paraibano - construindo modelos para recuperação ambiental em ambientes recifais

Natália Cândido Pereira

Prof. Dr. George Emmanuel Cavalcanti de Miranda

Trabalho - Monografia apresentada ao Curso de Ciências Biológicas (Trabalho Acadêmico de conclusão de Curso), como requisito parcial à obtenção do grau de Bacharel em Ciências Biológicas.

Catálogo na publicação  
Universidade Federal da Paraíba  
Biblioteca Setorial do CCEN  
Maria Teresa Macau - CRB 15/176

P436p Pereira, Natália Cândido.  
Processos de colonização e sucessão da comunidade de  
macroalgas bênticas nos recifes costeiros do litoral paraibano-  
construindo modelos para recuperação ambiental em ambientes  
recifais / Natália Cândido Pereira. – João Pessoa, 2015.  
39p. : il.-  
  
Monografia (Bacharelado em Ciências Biológicas) –  
Universidade Federal da Paraíba.  
Orientador: Profº Drº George Emmanuel C. de Miranda.  
  
1. Alga. 2. Colonização. 3. Substratos artificiais. I. Título.

UFPB/BS-CCEN

CDU 582.27(043.2)

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA  
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DA NATUREZA  
CURSO DE BACHARELADO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

**Natália Cândido Pereira**

**Processos de colonização e sucessão da comunidade de macroalgas bênticas nos recifes costeiros do litoral paraibano - construindo modelos para recuperação ambiental em ambientes recifais**

Trabalho – Monografia apresentada ao Curso de Ciências Biológicas, como requisito parcial à obtenção do grau de Bacharel em Ciências Biológicas.

Data: 17/09/2015

Resultado: 9,7

**BANCA EXAMINADORA:**

---

Prof. Dr. George Emmanuel Cavalcanti de Miranda

Orientador

UFPB/CCEN/DSE

---

Prof<sup>a</sup>. Dra. Amélia Iaecca Kanagawa

UFPB/CCEN/DSE

---

Prof. Dr. Miodeli Nogueira Júnior

UFPB/CCEN/DSE

*Dedico este trabalho aos meus pais que sempre lutaram arduamente para me dar o melhor, na medida do possível. Amo vocês!*

## AGRADECIMENTOS

Antes de qualquer agradecimento direcionado as pessoas que amo e as que contribuíram de forma direta ou indireta para realização deste trabalho. Agradeço Àquele que é a razão do meu existir. Àquele que me deu o fôlego de vida e que tem me sustentado a cada novo dia, demonstrando o seu amor inigualável e constrangedor, muito obrigada meu Deus!!!

Agradeço aos meus pais (Verônica e Lenilson) por todo amor, dedicação, orações, educação, ensinamentos os quais levarei comigo até a morte, enfim, sou imensamente grata pelo apoio em todos os sentidos. Aos meus irmãos (Leidiane e Esdras) por deixar vida mais colorida. Não sei o que seria de mim sem vocês, palavras são insuficientes para expressar todo o amor que sinto por vocês.

Quero agradecer ao meu futuro esposo (Rafael), por todo incentivo, amor, dedicação, por toda paciência nos meus momentos de estresses e por sempre me acalmar com suas sábias palavras, inspiradas pelo Altíssimo e Soberano Deus! Amo-te amor!

As minhas companheiras de Ap (Carol, Márcia e Alane) muito obrigada pela companhia, conversas agradáveis e descontraídas que me fizeram rir em momentos de turbulência.

A minha amiga, irmã, companheira de curso, da vida, Angélica, muito obrigada por contribuir também com minha formação profissional. Sou grata por todos os conselhos, por sempre me ouvir, por todo incentivo ao longo do curso, por sempre ter palavras e atitudes que me fizeram crescer como ser humano. Sem você amiga, pode ter certeza que minha caminhada teria sido muito mais espinhosa.

Agradeço muito ao professor Dr. George Emmanuel Cavalcanti de Miranda, pela orientação, por ter me inserido na pesquisa científica e por ter me dado a oportunidade de trabalhar no ambiente mais fascinante que existe: o MAR. Obrigada por todo o conhecimento compartilhado, por todo apoio dado nas coletas, pela contribuição indispensável na realização deste trabalho.

Aos colegas do Laboratório de Algas Marinhas (LAM), ao Daniel, Leandro, Irajá, a Varínia, Raquel, Rayanny, em especial a Êmille, sem a qual a realização deste trabalho não teria tido êxito. Muito obrigada Êmille, por toda sua disponibilidade durante as coletas, pela ajuda no laboratório, no CPCE, rrsrrsrrs... Valeu mesmo!!!

Agradeço a professora Dra. Amélia Kanagawa, por ter me recomendado ao professor Dr. George Miranda, pela ajuda durante a identificação de algumas espécies de algas, por todo apoio e o conhecimento transmitido ao longo do curso. Muito obrigada professora!!!

Minha sincera gratidão também ao professor Dr. Luiz Carlos Serrano Lopez pelo auxílio com as análises estatísticas. Muito obrigado por ser tão solícito comigo.

Agradeço a Universidade Federal da Paraíba a qual aprendi a amar como uma segunda casa. Ao CNPQ, pela bolsa de estudo ao longo de dois anos e meio que passei como IC.

Obrigada a banca examinadora por ter aceitado fazer parte da mesma, já sou grata também por todas as contribuições que darão para o aprimoramento deste trabalho.

*“Pois quando a sabedoria entrar no teu coração, e o conhecimento for agradável à tua alma, o bom siso te guardará e a inteligência te conservará”.*

(Provérbios de Salomão, cp. 2: 10 e 11)

## RESUMO

A implantação de substratos artificiais em ambiente recifal tem sido adotada para diversas finalidades, uma delas é o estudo de comunidades de macroalgas bentônicas. Dentro deste contexto está inserido o processo de colonização e sucessão, que varia consideravelmente no espaço e no tempo dependendo de diferentes regimes de perturbações, das interações ecológicas existentes, da história de vida das espécies envolvidas, como também de seus graus de vulnerabilidade. Este trabalho teve por objetivo avaliar variações temporais no processo de colonização e sucessão na comunidade das macroalgas em substratos artificiais, em ambiente recifal costeiro. O estudo foi desenvolvido no infralitoral (raso) em um ambiente recifal no município de Cabedelo (PB) (6°59'04.00"S; 34°48'57.79"W). Os substratos artificiais, preparados em molde de areia, a partir de nódulos de algas calcárias, foram implantados ao curso de um ano, com intervalos de dois meses entre as implantações, totalizando 60 substratos divididos em seis implantações ou tratamentos (T1, T2, T3, T4, T5 e T6) com  $n=10$ . O acompanhamento ocorreu mensalmente, através do método fotográfico, durante um ano. As fotos foram analisadas no programa *Point Count with Excel extensions (CPCe)*, de modo a identificar a ocorrência das espécies de macroalgas, e a cobertura relativa de cada uma dessas espécies. A cobertura total das espécies verificada nos tratamentos (T1 a T6) demonstrou um padrão com aumento gradativo, tendo sido observado a substituição de espécies com o passar dos meses. De um total de 23 espécies/*taxa* que colonizaram os nódulos, algumas podem ser consideradas pioneiras por estarem presentes nos substratos implantados independente do tratamento. Entre elas podemos destacar: *Peyssonnelia* sp, *Ulva* sp além das diatomáceas. Estas espécies desapareceram ou reduziram sua frequência com o amadurecimento do sistema. A riqueza apresentou um padrão de aumento gradual e estabilidade entre o sexto e oitavo mês após a implantação dos substratos. Em todos os tratamentos, a diversidade apresentou um padrão similar ao da riqueza. Conclui-se que existe um padrão determinado nos processos estudados, sobretudo nos descritores riqueza, diversidade, cobertura e espécies colonizadoras iniciais. Por outro lado diferenças na velocidade do processo de sucessão parecem estar associadas ao período de início do processo.

Palavras Chave: Colonização; Macroalgas; Substratos artificiais; Sucessão

## ABSTRACT

The implantation of artificial substrates a reef environment has been adopted for several purposes, one of which is the study of benthic macroalgae communities, regarding the recovery, conservation and management of marine environments. Within this context, there is the colonization and succession process, which varies considerably in space and time depending on different regimes of disturbances, the existing ecological interactions, life history of the species involved as well as their degree of vulnerability. This work aimed to evaluate temporal variations in the colonization and succession process in the community of macroalgae on artificial substrates in coastal reef environment. The study was developed in subtidal (shallow) in a reef environment in the municipality of Cabedelo (PB) (6°59'04.00"S; 34°48'57.79"W). The artificial substrates, which were prepared in sand mold from the nodules of calcareous algae were implanted in the course of one year with intervals of two months between deployments, totaling 60 substrates divided into six deployments or treatments (T1, T2, T3, T4, T5 e T6) with  $n = 10$ . Monitoring occurred monthly, by photographic method, for an year. The photos were analyzed in the *Count with Excel extensions (CPCe)* program to check for the occurrence of species of macroalgae, and the relative coverage of each of these species. Full coverage of the species observed in the treatments (T1 to T6) showed a pattern of gradual increase has been noted the replacement of species over the months. Of a total of 23 *species / taxa* that colonized the nodes, some may be considered pioneering or initial colonizers for being present in the substrate deployed independently of the treatment, among them we can highlight: *Peyssonellia* sp, diatomáceas, *Ulva* sp, these species have disappeared or reduced their frequency of the system matures. Richness showed a pattern of gradual increase and stability between the sixth and eighth month after implantation of substrates, in all treatments, diversity showed a similar pattern to the richness. The conclusion is that there is a particular pattern in the processes studied, especially in the descriptors: richness, diversity, coverage and colonizing species. However, differences in the sequence of process speed associated to the beginning of the processing period.

Keywords: artificial substrates; Colonization; Macroalgae; Succession

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Localização da área de estudo.....	21
Figura 2- Nódulo com a marcação correspondente ao período de sua implantação.....	22
Figura 3- Fotos ilustrativas dos nódulos instalados na região do experimento (Infralitoral).....	23
Figura 4- Registro fotográfico (em campo) dos substratos artificiais colonizados por macroalgas.....	24
Figura 5- Fotos ilustrativas do processo de análise dos nódulos através do programa <i>CPCe</i> .....	25
Figura 6- Gráfico da cobertura (média) do tratamento T1, nódulos artificiais implantados em abril/2013.....	30
Figura 7- Gráfico da cobertura (média) do tratamento T2, nódulos artificiais implantados em junho/2013.....	30
Figura 8- Gráfico da cobertura (média) do tratamento T3, nódulos artificiais implantados em setembro/2013.....	31
Figura 9- Gráfico da cobertura (média) do tratamento T4, nódulos artificiais implantados em novembro/2013.....	31
Figura 10- Gráfico da cobertura (média) do tratamento T5, nódulos artificiais implantados em janeiro/2014.....	32
Figura 11- Gráfico da cobertura (média) do tratamento T6, nódulos artificiais implantados em março/2014.....	32
Figura 12- Gráfico da cobertura total (média) nos tratamentos (T1, T2, T3, T4, T5 e T6) no primeiro mês após implantação dos substratos artificiais.....	33
Figura 13- Gráfico da cobertura total (média) nos tratamentos (T1, T2, T3, T4, T5 e T6) seis meses após implantação dos experimentos.....	34

Figura 14- Gráfico da cobertura total (média) nos tratamentos (T1, T2, T3, T4, T5 e T6) após 12 meses de introdução dos substratos artificiais.....	35
Figura 15- Gráfico da riqueza (média) no tratamento T1, nódulos implantados em abril/2013.....	36
Figura 16- Gráfico da riqueza (média) do tratamento T2, nódulos artificiais implantados em junho/2013.....	36
Figura 17- Gráfico da riqueza (média) do tratamento T3, nódulos artificiais implantados em setembro/2013.....	37
Figura 18- Gráfico da riqueza (média) do tratamento T4, nódulos artificiais implantados em novembro/2013.....	37
Figura 19- Gráfico da riqueza (média) do tratamento T5, nódulos artificiais implantados em janeiro/2014.....	38
Figura 20- Gráfico da riqueza (média) do tratamento T6, nódulos artificiais implantados em março/2014.....	38
Figura 21- Gráfico da riqueza (média) nos tratamentos (T1, T2, T3, T4, T5 e T6) após o primeiro mês de introdução dos substratos artificiais.....	39
Figura 22- Gráfico da riqueza (média) nos tratamentos (T1, T2, T3, T4, T5 e T6) após seis meses de introdução dos substratos artificiais.....	40
Figura 23- Gráfico da riqueza (média) nos tratamentos (T1, T2, T3, T4, T5 e T6) após 12 meses de introdução dos substratos artificiais.....	41
Figura 24- Gráfico da diversidade de Shannon-Wiener (média) do tratamento T1 (abril/13).....	42
Figura 25- Gráfico da diversidade (média) do tratamento T2, nódulos artificiais implantados em junho/2013.....	42
Figura 26- Gráfico da diversidade (média) do tratamento T3, nódulos artificiais implantados em setembro/2013.....	43

Figura 27- Gráfico da diversidade (média) do tratamento T4, nódulos artificiais implantados em novembro/2013.....	43
Figura 28- Gráfico da diversidade (média) do tratamento T5, nódulos artificiais implantados em janeiro/2013.....	44
Figura 29- Gráfico da diversidade (média) do tratamento T6, nódulos artificiais implantados em abril/2013.....	44
Figura 30- Gráfico da diversidade de Shannon-Wiener nos tratamentos (T1, T2, T3, T4, T5 e T6) após um mês de introdução dos substratos artificiais.....	45
Figura 31- Gráfico da diversidade de Shannon-Wiener nos tratamentos (T1, T2, T3, T4, T5 e T6) após seis meses de introdução dos substratos artificiais.....	46
Figura 32- Gráfico da diversidade de Shannon-Wiener nos tratamentos (T1, T2, T3, T4, T5 e T6) após 12 meses de introdução dos substratos artificiais.....	47

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Período de implantação dos tratamentos.....	23
Tabela 2- Lista das espécies identificadas nos substratos artificiais ao longo do processo de colonização e sucessão.....	27
Tabela 3- Lista das espécies distribuídas nos grupos em função do processo de colonização.....	29

## SUMÁRIO

<b>1- INTRODUÇÃO.....</b>	<b>15</b>
<b>2- FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....</b>	<b>16</b>
<b>3- OBJETIVOS.....</b>	<b>20</b>
<b>3.1- OBJETIVO GERAL.....</b>	<b>20</b>
<b>3.2- OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....</b>	<b>20</b>
<b>4- MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>21</b>
<b>4.1-Área de estudo.....</b>	<b>21</b>
<b>4.2-Avaliação temporal do processo de colonização e sucessão em substratos artificiais.....</b>	<b>22</b>
<b>4.3- Monitoramento dos processos de colonização e sucessão.....</b>	<b>23</b>
<b>4.4- Monitoramento dos processos de colonização e sucessão: análise quali quantitativa da Cobertura.....</b>	<b>25</b>
<b>4.5-Monitoramento dos processos de colonização e sucessão: Análise da Riqueza.....</b>	<b>25</b>
<b>4.6-Monitoramento dos processos de colonização e sucessão: análise da diversidade de Shannon-Weaner.....</b>	<b>26</b>
<b>4.7- Análise dos dados.....</b>	<b>26</b>
<b>5- RESULTADOS.....</b>	<b>27</b>
<b>5.1- Taxa identificado ao nível de gênero/espécie.....</b>	<b>27</b>
<b>5.2- Composição da comunidade de macroalgas presentes nos substratos implantados ao longo de um ano de monitoramento.....</b>	<b>28</b>
<b>5.3-Processo de colonização e sucessão: cobertura.....</b>	<b>30</b>
<b>5.4-Processo de colonização e sucessão: riqueza.....</b>	<b>35</b>
<b>5.5-Processo de colonização e sucessão: diversidade.....</b>	<b>41</b>
<b>6- DISCUSSÃO.....</b>	<b>48</b>
<b>6.1-Processo de colonização e sucessão: cobertura.....</b>	<b>48</b>
<b>6.2-Processo de colonização e sucessão: riqueza e diversidade.....</b>	<b>50</b>
<b>7- CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>52</b>
<b>8- REFERÊNCIAS</b>	

## 1. INTRODUÇÃO

Dentro do contexto ambiental e sócio-econômico, observa-se que o interesse direcionado para a questão da conservação de sistemas biológicos tem se tornado cada vez mais evidente. Dentro deste aspecto estão inseridos os ambientes recifais, ecossistemas marinhos encontrados em regiões de águas claras e quentes, em regiões tropicais rasas, onde os organismos como corais, algas e moluscos depositam carbonato de cálcio de uma forma mais rápida do que os fatores físicos, químicos e biológicos consigam dissolver esse precipitado (VILLAÇA, 2009). Os ambientes recifais são considerados, juntamente com as florestas tropicais, uma das mais diversas comunidades naturais do planeta. (MMA, 2012). Os recifes do Brasil podem se apresentar de dois tipos no que se refere a sua origem e formação: recifes de arenito e de formação coralínea. Os bancos de arenitos verdadeiros são considerados vestígios de paleopraias, sendo resultantes da consolidação de antigas praias, durante os eventos de avanço e recuo do nível do mar ao longo do tempo geológico (GUERRA *et al.*, 2005; GUERRA; MANSO, 2004). Quanto aos recifes de formações coralíneas são resultantes do acúmulo de carapaças de certos animais marinhos associado a crostas de algas calcárias (CORREIA, 2011). As algas desempenham um importante papel ecológico na manutenção desses ecossistemas, pois formam um grupo bastante diversificado, que aliado a outros organismos marinhos fotossintetizantes, constitui a base de sustentação da vida nos mares e oceanos (OLIVEIRA *et al.*, 1999).

Os ambientes recifais ocupam uma área extensa no Brasil, eles distribuem-se por cerca de 3000 km da costa e as formações mais representativas estão localizadas na região do nordeste do país (FERREIRA; MAIDA, 2006). “*No Estado da Paraíba, eles ocorrem no litoral norte, nas proximidades da desembocadura do rio Mamanguape e próximo à cidade da Baía da Traição, e ao sul do estuário do rio Paraíba até os limites com o vizinho Estado de Pernambuco*” (COSTA *et al.*, 2007).

## 2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Os recifes são um dos mais ricos habitats marinhos do mundo, sendo um banco genético de vital importância para atuais e futuras gerações (VILLAÇA, 2009) e representando fonte de alimento e renda para muitas comunidades tradicionais (SALEM, 2005; PRATES, 2006). Em detrimento da alta produtividade, esses ambientes têm sido alvo de diversos tipos de exploração, fundamentada quase que exclusivamente em interesse econômico, causando a sua degradação (PADILHA; HENKS, 2012).

Muitos dos impactos que ocorrem nesses ecossistemas marinhos são resultantes de diversas interferências antrópicas, sejam elas diretas e/ou indiretas. Os impactos diretos causados pelo turismo nos recifes são decorrentes principalmente do pisoteio durante as caminhadas, ancoragem de barcos e lanchas, mergulho livre e autônomo sem orientação (DEBEUS, 2008). Os impactos indiretos são os que se sobressaem, caracterizados pelo desmatamento das matas ciliares, descarga de agrotóxicos advindos da agricultura, construções de condomínios e estabelecimentos comerciais na linha de praia causando a degradação ambiental através do despejo de efluentes e resíduos sem tratamento, contribuindo assim com o processo de eutrofização, tendo uma participação marcante na alteração da estrutura das comunidades recifais (CORREIA; SOVIERZOSKI, 2008; COSTA *et al.*, 2007; MELO *et al.*, 2014).

Segundo Lobban e Harrison (1997), em geral um ambiente exposto a cargas excessivas de poluentes responde com alterações e, frequentemente, simplificação da estrutura das comunidades biológicas, em especial sobre as comunidades bentônicas. Esta simplificação pode ser explicada pela redução do número de espécies e abundância de produtores primários que por sua vez, conduz a um eventual aumento na abundância de espécies oportunistas com elevada capacidade reprodutiva (MARTINS *et al.*, 2012).

Estudos realizados em recifes paraibanos relatam que esses ecossistemas são tradicionalmente explorados pelo turismo, pesca artesanal, coletas de algas marinhas comercialmente importantes (SOUZA *et al.*, 2007; MELO *et al.*, 2014; MIRANDA, 2010). Os efeitos antropogênicos em sinergia causaram e ainda vem causando impactos sobre ambientes recifais paraibanos, sobretudo sobre as comunidades bentônicas, que são geralmente sésseis, a exemplo das macroalgas.

Diante do crescente impacto, seja de ordem direta e/ou indireta, a utilização de recifes artificiais surge como uma ferramenta para o manejo sustentável desse tão importante ecossistema, que abriga uma vasta diversidade de espécies. Segundo Seaman e Jensen (2000),

recifes artificiais são estruturas rígidas, de pequeno ou grande porte, normalmente constituídas de concreto ou restos de materiais sem uso. Estas estruturas ao serem colocados em contato com o fundo marinho resultam em substratos para o desenvolvimento e abrigo de diversas espécies da fauna e da flora, típicas de ambientes rochosos, de grande importância econômica e ecológica, se tornando assim um ambiente artificial similar a um recife natural (SALEM, 2005; PIZZATO, 2004; JENSEN, 1997).

A utilização dos recifes artificiais em ambiente marinho surgiu no final do século XVIII e início do século XIX, onde foi observado que através da instalação dos substratos artificiais em determinada área do ambiente marinho ocorria uma maior aglomeração de peixes (INO, 1974; SANTOS; PASSAVANTE, 2007). Isto fez com que a motivação primária para a utilização dos recifes artificiais estivesse voltada para o incremento da produtividade pesqueira (FAGUNDES; ZALMON, 2011; SANTOS *et al.*, 2010; QUINTERO, 2009; ISLAM *et al.*, 2014).

Além do enfoque dado à produtividade pesqueira, os recifes artificiais vêm sendo utilizados em vários países do mundo visando à recuperação de áreas degradadas na zona costeira, o incremento do turismo subaquático como também têm sido instrumentos para a formulação de novos objetivos de pesquisas (FABI *et al.*, 2011; SANTOS; PASSAVANTE, 2007; PONTI *et al.*, 2015; SANTOS, 2012; FAGUNDES, 2010). Assim, a restauração ecológica surge como um processo de apoio à recuperação natural de um ecossistema que foi degradado, danificado ou destruído. A assistência na recuperação natural pode ser tanto na forma de medidas passivas x indiretas, ou na forma de intervenções ativas x diretas. A prática de transplante de corais e outros organismos da biota de áreas degradadas constituem um exemplo de restauração física ativa e / ou restauração de cunho biológico (EDWARDS; GOMEZ, 2007).

Várias pesquisas têm feito uso de substratos artificiais em estudos de estrutura de comunidades bentônicas, revelando-se um excelente instrumento no manejo, conservação e restauração de ambientes degradados (MIRANDA 2010; SANTOS, 2012; CARTER; PREKEL, 2008; TERAWAKI *et al.*, 2003). Apesar do uso de recifes artificiais constituírem um amplo campo para manipulação/experimentação a respeito da restauração ecológica, esta prática precisa ser considerada com cuidado e de forma crítica em termos de necessidade, impacto ecológico, relação custo-eficácia e estética (EDWARDS; GOMEZ, 2007).

A recuperação ambiental ainda é considerada um processo contemporâneo, carecendo de um conjunto de informações e estudos aplicados acerca da dinâmica dos processos biológicos. Porém, alguns estudos já destacam a importância da compreensão dos

mecanismos de sucessão ecológica para prever os padrões de recuperação e restauração dos habitats marinhos cada vez mais perturbados (ANTONIADOU *et al.*, 2011; SPAGNOLO *et al.*, 2014).

De acordo com a literatura tanto o processo de colonização como o de sucessão são destacados como sendo de suma importância dentro do estudo das comunidades de macroalgas bentônicas, uma vez que são responsáveis por determinar ou influenciar fortemente a estrutura das comunidades recifais. (CONNELL; SLATYER, 1977; MCCLANAHAN, 1997).

A sucessão ecológica é um termo bastante antigo e de fundamental importância dentro da ecologia e que tem atravessado diversos períodos sendo alvo de estudos dentro da ecologia, gerando assim diversas modificações referentes ao seu conceito (JOHNSON, 1977).

A sucessão ecológica pode ser caracterizada como sendo um processo natural, que acontece ao longo do tempo, devido alterações verificadas nos ecossistemas após a destruição de uma comunidade, promovendo assim modificações significativas na sua função e estrutura (SAUER-MACHADO *et al.*, 1992; ANTONIADOU *et al.*, 2011).

Clements (1916 apud MIRANDA, 2009) foi um dos primeiros especialistas no estudo das sucessões. Segundo ele, as sucessões teriam um estágio de equilíbrio e que em uma determinada região haveria somente uma verdadeira comunidade clímax, o ponto final de todas as sucessões.

A sucessão é controlada pela comunidade, muito embora o ambiente físico determine o padrão e a velocidade da mudança, muitas vezes limitando também a extensão do desenvolvimento (ODUM, 1993), para tanto é imprescindível o entendimento da dinâmica sucessional no estudo de comunidades.

Segundo Connel e Slatyer (1977), a complexidade do habitat biológico é um fator importante referente ao assentamento larval e composição de espécies; assim, só depois de uma mudança temporal na comunidade que determinadas espécies têm a oportunidade de se estabelecer em habitat adequado. Alguns estudos têm mostrado que o processo de colonização e sucessão em comunidades varia consideravelmente no espaço e no tempo dependendo de diferentes regimes de perturbações, das interações ecológicas existentes, da história de vida das espécies envolvidas como também dos seus graus de vulnerabilidade (SOUSA, 1979; FOSTER, 1975; BENEDETTI-CECCHI; CINELLI, 1993). Os fatores ecológicos e/ou ambientais que influenciam na estrutura das comunidades têm sido estudados já há bastante tempo no ambiente terrestre, porém os estudos direcionados para as comunidades aquáticas ainda são considerados recentes e ainda incipientes (BENEDETTI-CECCHI *et al.*, 2005).

Diante do exposto surge a problemática do presente trabalho indagando como as diferenças temporais podem influenciar os processos de colonização e sucessão das comunidades de macroalgas em ambientes recifais, e quais os fatores atrelados às possíveis mudanças? As seguintes premissas foram tomadas como hipóteses do trabalho:

H0= Os processos de colonização e sucessão inicial das macroalgas é estocástico, o período de implantação dos substratos artificiais não têm influência no curso sucessional.

H1= Os processos de colonização e sucessão inicial das macroalgas não é estocástico, o curso da sucessão será diferenciada em função do período de implantação dos substratos artificiais.

### **3. OBJETIVOS**

#### **3.1 Objetivo geral:**

Avaliar variações temporais no processo de colonização e sucessão na comunidade das macroalgas em substratos artificiais, em ambiente recifal costeiro.

#### **3.2 Objetivos Específicos:**

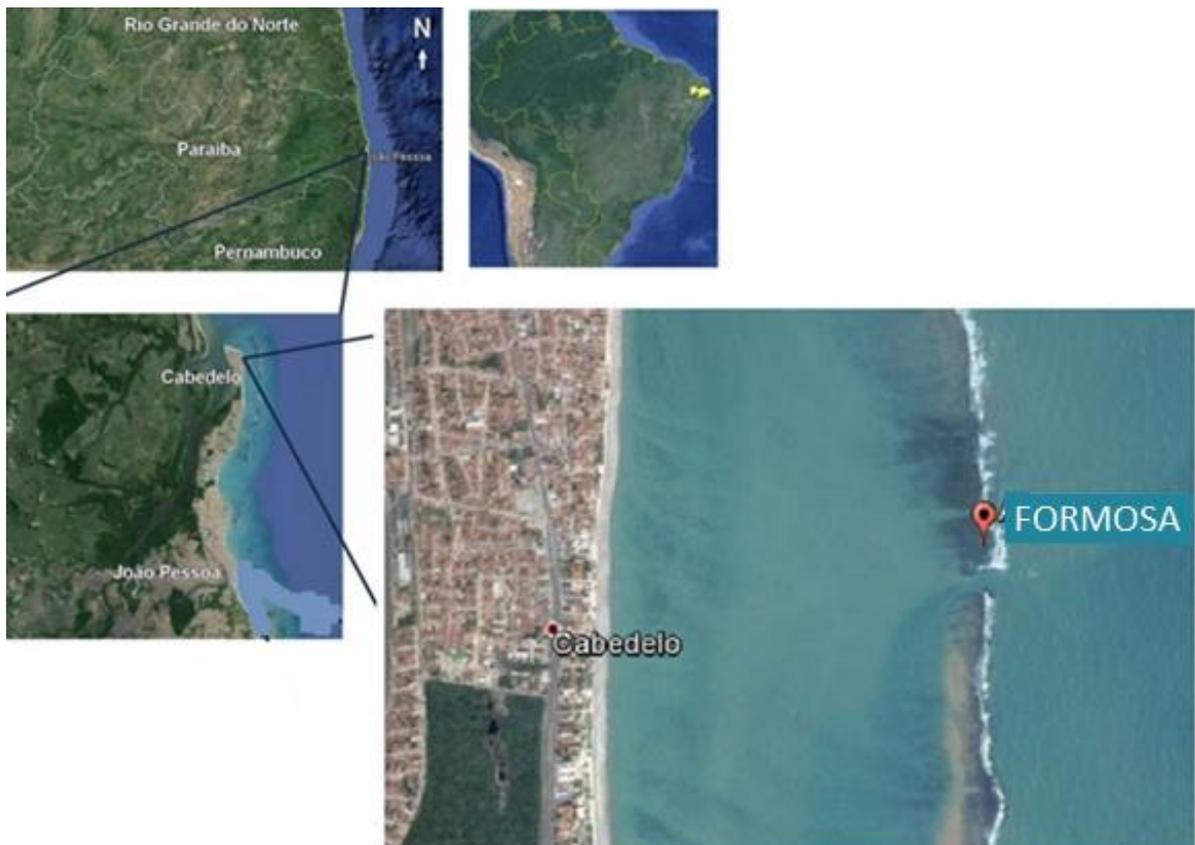
- Analisar a variação temporal da riqueza, cobertura e diversidade na comunidade de macroalgas nos processos de colonização e sucessão.
- Identificar os gêneros de macroalgas consideradas pioneiras, perenes e sazonais no processo de colonização e sucessão ecológica.
- Testar substrato artificial como ferramenta para recuperação ambiental em recifes costeiros.

## 4. MATERIAL E MÉTODOS

### 4.1 Área de estudo

O litoral paraibano apresenta diversas formações recifais, algumas localizadas próximas à linha da costa e outras que se distanciam da praia cerca de dois quilômetros (COSTA *et al.*, 2007), sendo a maioria desses recifes encontrados a profundidades inferiores a 40 m (ROCHA *et al.*, 1998). O presente estudo foi desenvolvido em um ambiente recifal no município de Cabedelo (PB/Brasil), denominado Formosa ( $6^{\circ}59'04.00''S$ ;  $34^{\circ}48'57.79''W$ ) que se encontra distante aproximadamente 1,2 km da costa afluindo em marés abaixo de 0,4 m (Figura 1).

Figura 1: Localização da área de estudo.



Fonte: Google Earth (2015).

## 4.2 Avaliação temporal do processo de colonização e sucessão em substratos artificiais

Dentro da área de estudo os experimentos foram realizados no setor do infralitoral raso (abaixo de 1 m), região que permanece permanentemente submersa, mesmo nas marés de baixa sizígia, inferior a 0,4 m.

Os substratos artificiais modelados a partir de nódulos de algas calcárias, foram previamente confeccionados à base de cimento e areia grossa, em seguida passaram um tempo mínimo de quatro meses para cura. O concreto é o material mais comum utilizado nestes estudos, porque é barato, versátil, permitindo a modulação de estruturas com diferentes formas e tamanhos; é resistente às ações química e física marinhas, podendo garantir vida longa (FABI *et al.*, 2011). No presente trabalho o uso de argamassa com areia grossa se justificou, pois este tornou a superfície do substrato mais rugosa. Todos os substratos artificiais ou nódulos artificiais confeccionados receberam uma marcação com massa epóxi, na parte inferior, indicando o período correspondente a sua implantação em campo (Figura 2).

Figura 2- Nódulo com a marcação correspondente ao período de sua implantação.



Foto: Natália Pereira.

O processo de implantação dos substratos foi através de uma distribuição grupada, durante 12 meses, a intervalos de dois meses, com 10 (dez) nódulos por mês, perfazendo um total de 60 nódulos. A distância média de um nódulo para outro, após a implantação era cerca de 30 cm. A Tab.1 traz a distribuição da implantação dos substratos divididos em seis períodos/tratamentos, sendo  $n=10$  por tratamento. Este modelo experimental teve como objetivo a verificação do efeito temporal no processo de colonização e sucessão da comunidade das macroalgas. Os três primeiros tratamentos (T1, T2 e T3) correspondentes a

estação chuvosa (abril, junho e setembro) e os três últimos (T4, T5 e T6) correspondentes a estação seca (novembro, janeiro e março).

Tabela 1- Período de implantação dos tratamentos.

<b>Mês/ano da implantação</b>	<b>Tratamentos (n=10)</b>
Abril/2013	Tratamento 1 (T1)
Junho/2013	Tratamento 2 (T2)
Setembro/2013	Tratamento 3 (T3)
Novembro/2013	Tratamento 4 (T4)
Janeiro/2014	Tratamento 5 (T5)
Março/2014	Tratamento 6 (T6)

Após implantados, estes nódulos foram colonizados pelas diferentes espécies de organismos bentônicos, porém o presente trabalho teve como foco a comunidade das macroalgas (Figura 3).

Figura 3- Fotos ilustrativas dos nódulos instalados na região do experimento (Infralitoral).



Foto: George Miranda.

### **4.3 Monitoramento dos processos de colonização e sucessão**

O acompanhamento dos substratos artificiais, no que diz respeito ao processo de colonização e sucessão pelas espécies de macroalgas ocorreu mensalmente, *in situ*, nos períodos de maré de baixa sizígia (inferior a 0,4 m), através do método fotográfico (Figura 4). A vantagem deste método utilizado está no fato de que ele permite a aquisição de dados sobre os organismos bentônicos sem danos ao ambiente ou aos nódulos implantados, já que não há remoção de material biológico. O registro fotográfico dos nódulos, em cada etapa do monitoramento foi realizado através de uma câmera digital subaquática.

Figura 4: Registro fotográfico (em campo) dos substratos artificiais colonizados por macroalgas.



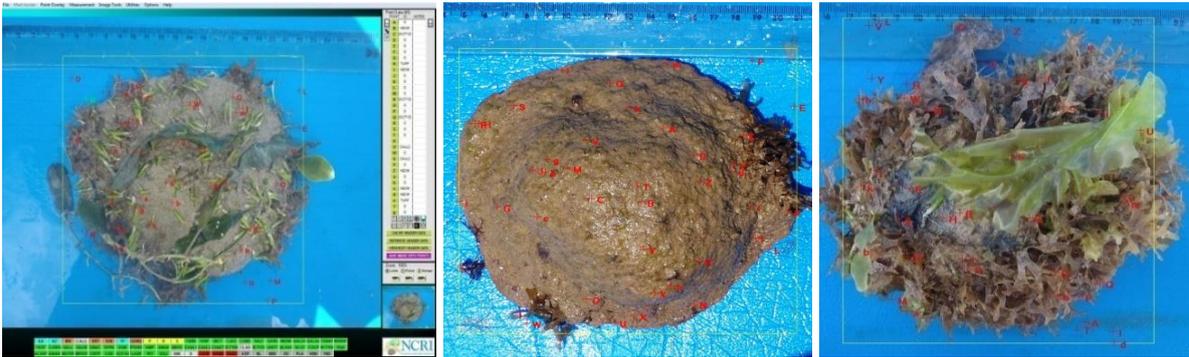
Fotos: Natália Pereira.

As fotos digitais foram analisadas no programa *Coral Point Count with Excel extensions* (CPCE) (KOHLER; GILL, 2006), de modo a verificar a ocorrência das diferentes espécies de macroalgas presentes, como também avaliar ao longo do tempo a cobertura relativa de cada uma dessas espécies presentes nos substratos, identificando até o menor nível taxonômico possível. Para cada foto inserida no programa, foram sorteados aleatoriamente 40 pontos para a identificação dos organismos (Figura 5). Assim, posteriormente o programa gerou resultados a respeito da composição de espécies e cobertura relativa de cada uma delas, e estes foram tabulados em planilhas do programa Excel.

A análise dos registros fotográficos na maior parte das vezes não permitiu a identificação dos organismos ao nível taxonômico de espécie, principalmente nos períodos iniciais de colonização, uma vez que as macroalgas estavam em estágios juvenis. Desta maneira, para evitar possíveis equívocos na identificação dos organismos no nível de gênero e espécie, em alguns casos, optou-se por usar como unidades taxonômicas apenas o nível de classe. Foi estabelecido o grupo “*Dictyota/Dictyopteris*”, devido não ter sido possível diferenciar um gênero do outro em algumas fotografias. Para as espécies de macroalgas que ainda estavam em estágios iniciais de desenvolvimento, impossibilitando o processo da identificação, foi designado grupo juvenil, como unidade taxonômica.

Para caracterizar a estrutura das comunidades presentes nas unidades amostrais e possibilitar as devidas comparações no decorrer do tempo, foram utilizados os índices de descritores da comunidade tais como: riqueza, cobertura, diversidade de Shannon-Wiener.

Figura 5: Fotos ilustrativas do processo de análise dos nódulos através do programa *CPCe*.



Fotos: Natália Cândido

#### 4.4 Monitoramento dos processos de colonização e sucessão: análise quali quantitativa da Cobertura

O programa *CPCe* forneceu dados a respeito da cobertura total e de cada espécie presente nos nódulos artificiais, tendo por base o processo de coleta de dados mensalmente, no curso de um ano para cada tratamento (T1, T2, T3, T4, T5 e T6). Através da análise da cobertura puderam-se verificar quais espécies estavam presentes, bem como sua representatividade em termos de valores percentuais em cada período amostral ao longo do processo de colonização e sucessão.

A identificação das macroalgas seguiu a classificação e atualização proposta por Guiry e Guiry (2014).

#### 4.5 Monitoramento dos processos de colonização e sucessão: Análise da Riqueza

Para avaliar a riqueza, foi adotado o número de *taxa* presentes em cada nódulo nos seis tratamentos (T1, T2, T3, T4, T5 e T6) ao longo de um ano de monitoramento.

A riqueza em cada tratamento foi expressa pelo número médio de espécies encontradas no conjunto dos substratos (n=10), esta foi calculada a partir da presença/ausência em cada unidade amostral (nos tratamentos) repetindo-se a cada mês de monitoramento.

Algumas espécies podem ter passado despercebidas ao longo do monitoramento pelo fato de serem muito pequenas e frágeis, uma vez que o método fotográfico limita algumas informações que carece de maiores detalhes. No entanto, foram realizadas algumas coletas de

materiais presentes no substrato para uma análise de identificação mais detalhada no Laboratório de Algas Marinhas - LAM - DSE/CCEN/UFPB.

#### **4.6 Monitoramento dos processos de colonização e sucessão: análise da diversidade de Shannon-Weaner**

O índice de diversidade de Shannon-Weaver analisa a forma como o conjunto das espécies está distribuído no ecossistema. Ele foi desenvolvido no período de 1948- 1949, por Claude Elwood Shannon, e é um dos índices mais comumente utilizados para medir diversidade em dados categóricos, sendo baseado na teoria da informação (SHANNON; WIENER, 1949). Para calcular o índice de diversidade das espécies no presente estudo foi utilizada uma planilha com os dados de cobertura por espécie previamente gerada pelo programa *CPCe*.

#### **4.7 Análise dos dados**

Para caracterizar a estrutura da comunidade de macroalgas presente nas unidades amostrais (nódulos artificiais) e possibilitar as comparações temporais nos diferentes tratamentos (T1, T2, T3, T4, T5 e T6), foram utilizados os índices de riqueza, cobertura, diversidade e dominância nos dados obtidos no decorrer de um ano de experimento em cada tratamento. Estes dados gerados foram representados graficamente através do programa Excel.

Para verificar possíveis diferenças significativas que ocorreram nos diferentes períodos de implantações (Tratamentos), ao longo do processo sucessional da comunidade de macroalgas, os índices utilizados foram submetidos a testes não paramétrico associado ao teste “*a posteriori*” de Kruskal Wallis. Para verificar as diferenças significativas entre os tratamentos foram utilizados três momentos distintos de monitoramento: M1 (1º mês), M6 (6º mês) e M12 (12º mês), estas análises foram realizadas a partir do programa *Statistica* (8.0).

## 5. RESULTADOS

### 5.1 Taxa identificado ao nível de gênero/espécie

Foram identificados ao longo do processo de colonização e sucessão nos tratamentos (T1 a T6), 22 taxa de macroalgas, além de diatomáceas e do grupo de algas juvenis, que não foi possível serem identificadas devido à limitação de informações que o método fotográfico oferece (Tabela 2).

Tabela 2: Lista das espécies identificadas nos substratos artificiais ao longo do processo de colonização e sucessão.

<b>CHLOROPHYTA</b>	<i>Sargassum vulgare</i> C.Agardh
<b>Ulvophyceae</b>	<b>RHODOPHYTA</b>
<b>Dasycladales</b>	<b>Florideophyceae</b>
<b>Dasycladaceae</b>	<b>Ceramiales</b>
<i>Neomeris annulata</i> Dickie	<b>Rhodomelaceae</b>
<b>Ulvales</b>	<i>Laurencia clavata</i> Sonder
<b>Ulvaceae</b>	<b>Coralinales</b>
<i>Ulva lactuca</i> Linnaeus	<b>Coralinaceae</b>
<i>Ulva</i> sp.	<i>Amphiroa fragilissima</i> (Linnaeus) J. V. Lamouroux
<b>Bryopsidales</b>	<b>Gelidiales</b>
<b>Codiaceae</b>	<b>Gelidiellaceae</b>
<i>Codium</i>	<i>Gelidium</i> sp
<i>isthmocladum</i> subsp. <i>clavatum</i> (Collins & Hervey) P.C.Silva	<b>Gelidiellaceae</b>
<b>Caulerpales</b>	<i>Gelidiella</i> sp
<b>Caulerpacaeae</b>	<b>Halymeniales</b>
<i>Caulerpa racemosa</i> (Forsskål) J. V. Lamouroux	<b>Halymeniaceae</b>
<i>Caulerpa prolifera</i> (Forsskål) J.V. Lamouroux	<i>Cryptonemia</i> sp
<b>OCHROPHYTA (Phaeophyceae)</b>	<b>Gracilariales</b>
<b>Dictyotales</b>	<b>Gracilariaceae</b>
<b>Dictyotaceae</b>	<i>Gracilaria</i> spp
<i>Dictyopteris</i> sp	<b>Peyssonneliales</b>
<i>Dictyota</i> sp	<b>Peyssonneliaceae</b>
<i>Lobophora variegata</i> (Lamouroux)	<i>Peyssonnelia</i> spp
Womersley ex E. C. Oliveira	<b>Nemaliales</b>
<i>Padina</i> sp	<b>Galaxauraceae</b>
<i>Spatoglossum schroederi</i> (C.Agardh)	<i>Tricleocarpa fragilis</i> (Linnaeus) Huisman & R.A.Townsend
Kützing	<i>Galaxaura marginata</i> (Ellis & Solander) J.V.Lamouroux
<b>Fucales</b>	
<b>Sargassaceae</b>	

## 5.2 Composição da comunidade de macroalgas presentes nos substratos implantados (T1, T2, T3, T4, T5 e T6) ao longo de um ano de monitoramento.

No decorrer de um ano de monitoramento no tratamento T1 (abril/2013) foi verificada a presença de 19 *taxa* (UTO's), sendo seis Chlorophyta, seis Rhodophyta e cinco Ochrophyta (Phaeophyceae). As espécies encontradas foram: *Amphiroa fragilissima*, *Caulerpa prolifera*, *Codium isthmocladum*, *Dictyopteris* spp, *Dictyota* spp, *Gelidium* sp, *Laurencia clavata*, *Lobophora variegata*, *Neomeris annulata*, *Peyssonnelia* spp, *Sargassum vulgare*, *Ulva* sp, *Ulva lactuca*, *Padina* sp, *Galaxaura marginata*, *Tricleocarpa fragilis*, *Caulerpa racemosa*. O grupo juvenil e das diatomáceas foram verificados apenas no início do processo de colonização, com 60 e 90 dias após a implantação dos substratos.

No tratamento T2 (junho/2013), foram identificados um total de 20 *taxa*, sendo sete Rhodophyta (*Amphiroa fragilissima*, *Laurencia clavata*, *Peyssonnelia* spp, *Gelidium* sp, *Gracilaria* sp, *Tricleocarpa fragilis* e *Galaxaura marginata*) seis Ochrophyta (*Dictyopteris* spp, *Dictyota* spp, *Lobophora variegata*, *Sargassum vulgare*, *Spatoglossum schroederi*, *Padina* sp) e cinco Chlorophyta (*Caulerpa prolifera*, *Codium isthmocladum*, *Ulva* sp, *Ulva lactuca*, *Neomeris annulata*) além do grupo juvenil e das diatomáceas.

No tratamento T3 (setembro/2013), o total dos números de *taxa* encontrados foi de 23, sendo nove Rhodophyta (*Amphiroa fragilissima*, *Laurencia clavata*, *Peyssonnelia* spp, *Gelidium* sp, *Gracilaria* sp, *Tricleocarpa fragilis*, *Galaxaura marginata*, *Gelidiella* sp, *Cryptonemia* sp), seis Ochrophyta (*Dictyopteris* spp, *Dictyota* spp, *Lobophora variegata*, *Sargassum vulgare*, *Spatoglossum schroederi*, *Padina* sp) e seis Chlorophyta (*Caulerpa prolifera*, *Caulerpa racemosa*, *Ulva lactuca*, *Ulva* sp e *Neomeris annulata*) e o grupo das diatomáceas e o grupo juvenil.

No tratamento T4 (novembro/2013) foram identificados 20 *taxa*, destes, oito espécies de Rhodophyta (*Amphiroa fragilissima*, *Laurencia clavata*, *Peyssonnelia* spp, *Gelidium* sp, *Gracilaria* sp, *Gelidiella* sp, *Tricleocarpa fragilis*, *Galaxaura marginata*) cinco espécies de Ochrophyta (*Dictyopteris* spp, *Dictyota* spp, *Lobophora variegata*, *Sargassum vulgare* e *Padina* sp) e cinco espécies de Chlorophyta (*Caulerpa prolifera*, *Caulerpa racemosa*, *Ulva* sp, *Ulva lactuca*, *Neomeris annulata*) e o grupo das diatomáceas e o grupo juvenil.

No tratamento T5 (janeiro/2014) foi verificado a presença de 16 *taxa*: sete espécies de Rhodophyta (*Laurencia clavata*, *Peyssonnelia* spp, *Gelidium* sp, *Gracilaria* spp, *Gelidiella* sp e *Amphiroa fragilissima*), cinco de Ochrophyta (*Dictyopteris* spp, *Dictyota* spp, *Lobophora variegata*, *Padina* sp e *Sargassum vulgare*) e três de Chlorophyta (*Ulva* spp e *Neomeris*

*annulata* e *Caulerpa prolifera*) e o grupo juvenil.

No tratamento T6 (março/2014), foram identificados 17 *taxa*, com cinco espécies de Ochrophyta (*Dictyopteris* spp, *Dictyota* spp, *Lobophora variegata*, *Padina* sp e *Sargassum vulgare*), cinco espécies de Rhodophyta (*Peyssonnelia* spp e *Gelidium* sp, *Gracilaria* sp, *Amphiroa fragilissima* e *Laurencia clavata*) e cinco espécie de Chlorophyta (*Caulerpa prolifera*, *Ulva* sp, *Neomeris annulata*, *Codium isthmocladum* e *Ulva lactuca*) além do grupo juvenil e das diatomáceas.

Com base no processo de colonização, as espécies identificadas nos nódulos foram divididas em quatro grupos: 1- as espécies que iniciaram o processo de colonização, ou seja, que estavam presentes a partir do 1º, 2º e 3º mês e que permaneceram até o final do monitoramento (após um ano); 2- as espécies que iniciaram o processo de colonização, mas que não permaneceram até o final do experimento; 3- espécies que surgiram em determinados meses do ano e não permaneceram por muito tempo nos nódulos; 4- espécies que surgiram do meio para o final do processo de sucessão/colonização e se estabeleceram nos nódulos até o final do experimento (Tabela 3).

Tabela 3: Lista das espécies distribuídas nos grupos em função do processo de colonização.

Grupo 1 Pioneiras /perenes	Grupo 2 Pioneiras/efêmeras	Grupo 3 Sazonais	Grupo 4 Perenes/final
<i>Peyssonnelia</i> sp	<i>Ulva lactuca</i>	<i>Tricleocarpa</i> <i>fragilis</i>	<i>Amphiroa</i> <i>fragilissima</i>
<i>Lobophora</i> <i>variegata</i>	<i>Ulva</i> sp	<i>Caulerpa</i> <i>prolifera</i>	<i>Padina</i> sp
<i>Dictyopteris</i> sp	Colônia de diatomáceas	<i>Neomeris</i> <i>annulata</i>	<i>Codium</i> <i>isthmocladum</i>
<i>Dictyota</i> sp		<i>Spatoglossum</i> <i>schroederi</i> <i>Caulerpa</i> <i>racemosa</i>	<i>Sargassum</i> sp <i>Gelidium</i> sp
		<i>Laurencia</i> <i>clavata</i>	<i>Gracilaria</i> sp <i>Gracilaria</i> sp1 <i>Galaxaura</i> <i>marginata</i>

### 5.3 Processo de colonização e sucessão: cobertura

A cobertura total das espécies verificada nos tratamentos (T1 a T6) demonstrou um aumento gradativo no tempo (Figuras 6 a 11). Com o passar dos meses foi observado a substituição de espécies

Figura 6: gráfico da cobertura (média) do tratamento T1, nódulos artificiais implantados em abril/2013. As barras verticais indicam o desvio padrão. \* Mês em que não ocorreu o monitoramento.

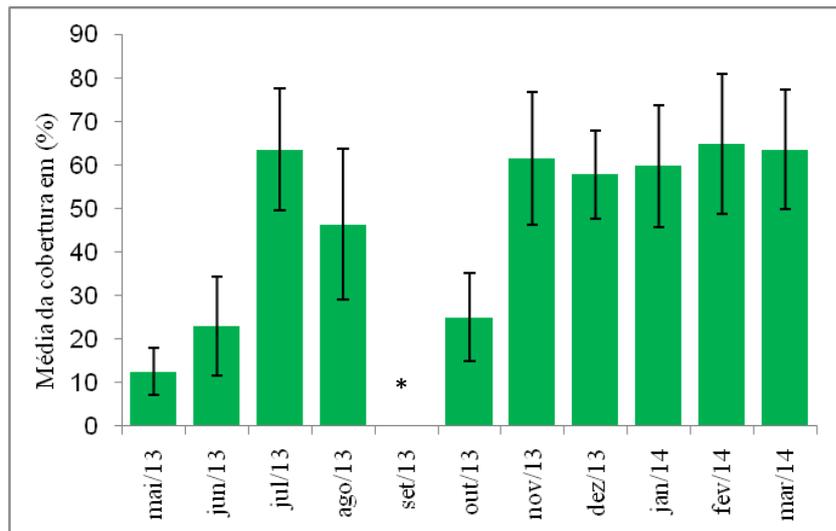


Figura 7: gráfico da cobertura (média) do tratamento T2, nódulos artificiais implantados em junho/2013. As barras verticais indicam o desvio padrão. \* Mês em que não ocorreu o monitoramento.

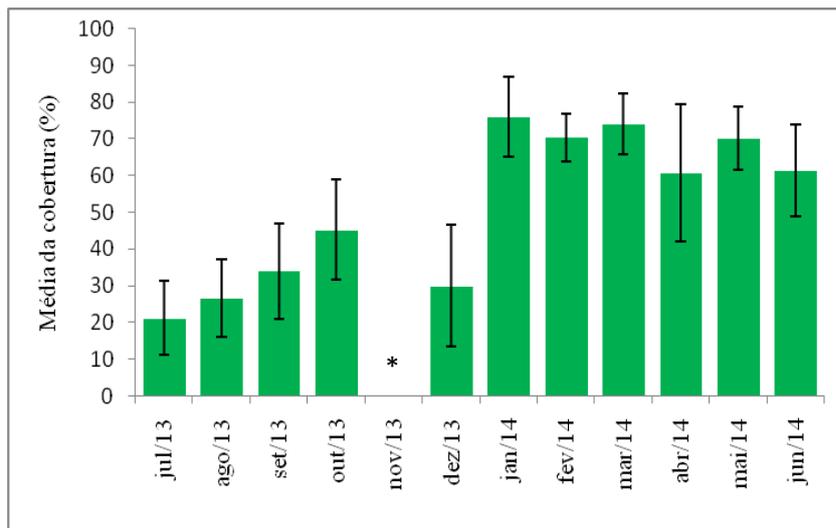


Figura 8: gráfico da cobertura (média) do tratamento T3, nódulos artificiais implantados em setembro/2013. \* Mês em que não ocorreu o monitoramento.

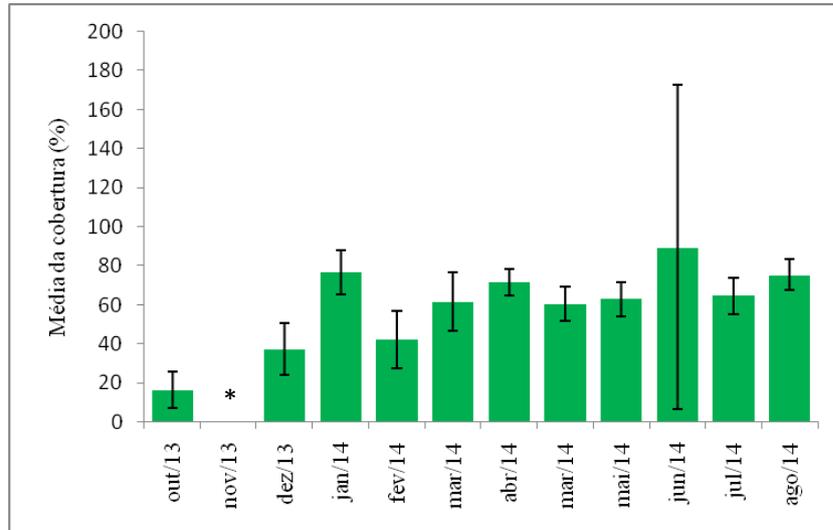


Figura 9: gráfico da cobertura (média) do tratamento T4, nódulos artificiais implantados em novembro/2013. As barras verticais indicam o desvio padrão.

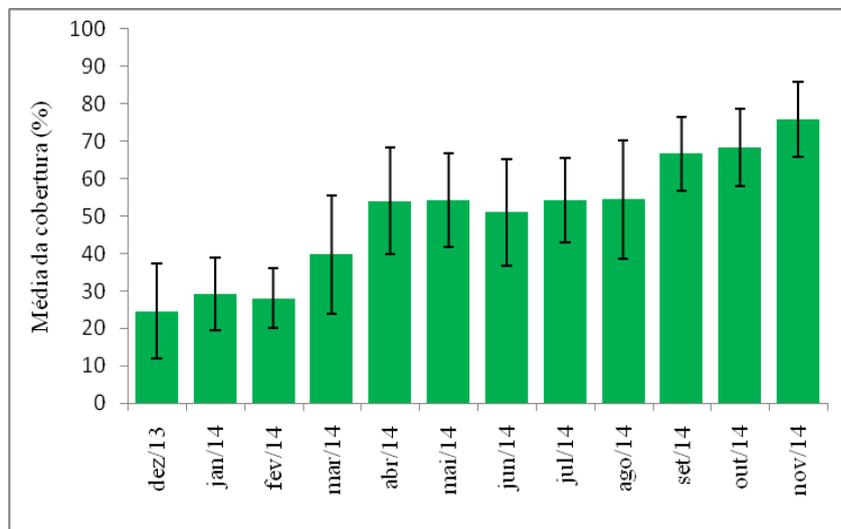


Figura 10: gráfico da cobertura (média) do tratamento T5, nódulos artificiais implantados em janeiro/2014. As barras verticais indicam o desvio padrão.

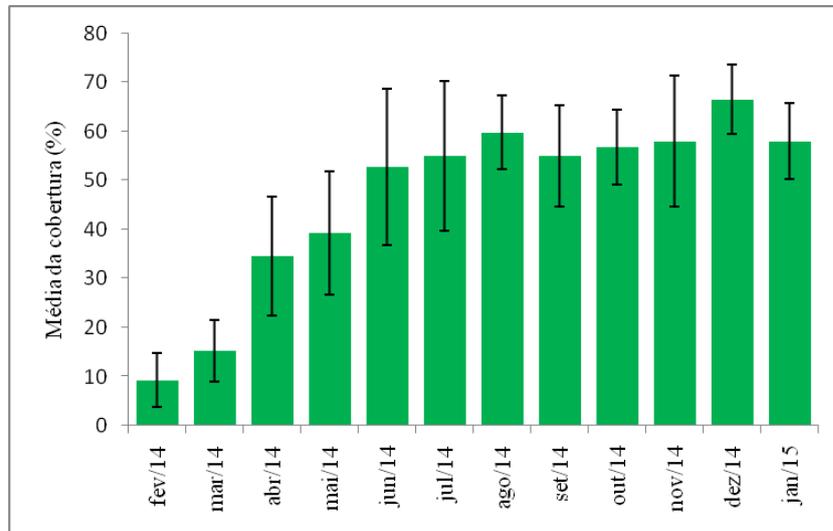
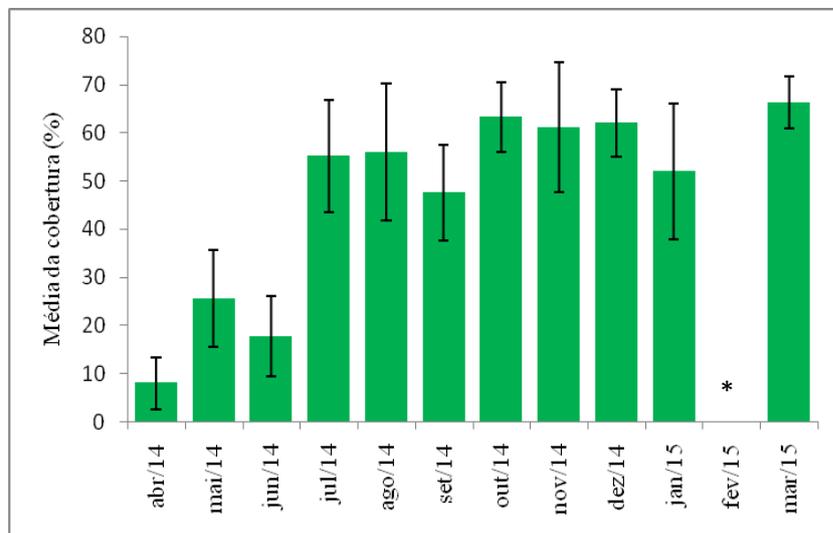


Figura 11: gráfico da cobertura (média) do tratamento T6, nódulos artificiais implantados em março/2014. As barras verticais indicam o desvio padrão. \* Mês em que não ocorreu o monitoramento.

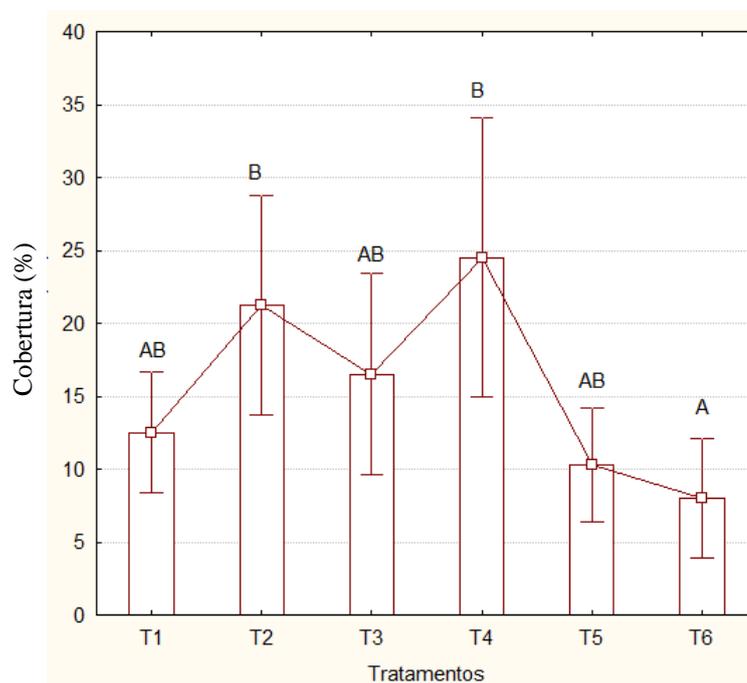


Analisando a colonização inicial (1º mês) nos seis tratamentos, observamos que o T1 foi colonizado pelas seguintes (espécies) UTO: *Ulva* spp com cobertura média de 4,25% e *Peyssonnelia* spp com cobertura média de 8,25%. No tratamento T2 foi verificada a presença de rodofíceas com cobertura média de 15,25%, clorofíceas com 5% e feofíceas com 0,25% além da colônia de diatomáceas com 0,75%. No tratamento T3, observou-se que a cobertura média

de clorófitica foi de 10,5% e de *Peyssonnelia* spp foi de 6%. No tratamento T4, foi constatada a presença de clorófitica com cobertura média de 0,25% e do grupo juvenil com 24,25%. No tratamento T5, a presença de *Peyssonnelia* spp com cobertura de 4%, *Dictyopteris* spp 0,75%, *Gelidium* sp 0,5% e *Ulva* spp 2,25%, além do grupo juvenil com 1,75%. No tratamento (T6) a composição foi de *Dictyopteris* spp com a cobertura de 0,25%, clorófitica 2,5%, feofíceia 1,5%, *Gelidium* sp 0,5% e o grupo “*Dictyota/Dictyopteris* com 3,25%.

Ainda se tratando da colonização inicial (1º mês) os tratamentos (T1, T2, T3, T4, T5 e T6) apresentaram os respectivos valores na média da cobertura total (12,5%; 21,25; 16,5%; 24,5%; 9,25% e 8%), foi observada diferenças significativas na variação da cobertura total entre os períodos (T1 a T6). O teste *a posteriori* de Kruskal Wallis evidenciou diferenças significativas entre o T6 e os tratamentos T2 e T4, sendo o primeiro (T6) com a menor cobertura e (T2 e T4) com os maiores para este descritor (Figura 12).

Figura 12. Gráfico da cobertura total (média) nos tratamento (T1, T2, T3, T4, T5 e T6) no primeiro mês após implantação dos substratos artificiais. As barras verticais indicam o desvio padrão. Letras diferentes indicam diferenças significativas.

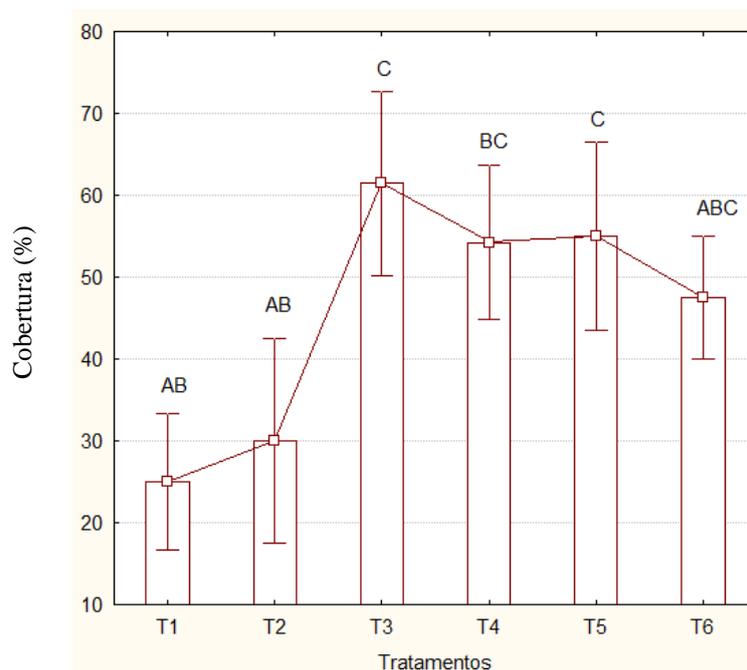


A análise da cobertura após seis meses de iniciados os tratamentos, apresentou diferenças significativas entre os mesmos ( $p=0,01$ ), com os maiores valores de cobertura total nos tratamentos T3 (61,5%), T4 (54,25 %), T5 (55%) e T6 (47,5%) que correspondem aos meses de março/14, maio/14, junho/14 e setembro/14, estes não apresentaram diferenças

significativas entre si (figura 13) mas se diferenciaram dos tratamentos T1 (25%) e do tratamento T2 (30%), não havendo diferenças significativas entre os mesmos.

O conjunto de espécies que se destacaram neste período de seis meses de implantação de cada tratamento (T1 a T6), foram as seguintes: *Dictyopteris* spp, *Peyssonnelia* spp, *Neomeris annulata*, *Lobophora variegata*, *Lauecia clavata*, *Caulerpa prolifera* e *Gelidium* sp.

Figura 13. Gráfico da cobertura total (média) nos tratamentos (T1, T2, T3, T4, T5 e T6) seis meses após implantados os experimentos. As barras verticais indicam o desvio padrão. Letras diferentes indicam diferenças significativas. T1 (out/13); T2 (dez/13); T3 (mar/14); T4 (mai/14) T5 (jul/14); T6 (set/14)

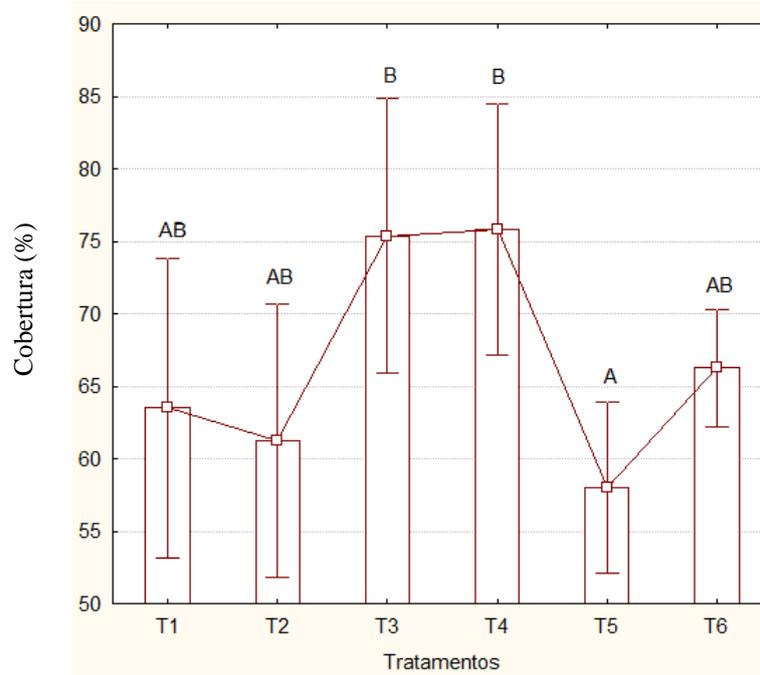


A análise da cobertura total média, após 12 meses de introdução dos substratos artificiais, mostrou que o tratamento T5, com cobertura total média de 58%, se diferenciou significativamente dos tratamentos T3 e T4, que apresentaram maiores percentuais de cobertura total média, sendo estes respectivamente 75,35% e 75,8% (Figura 14).

O conjunto de espécies que se destacaram neste processo final (12 meses), nos tratamentos (T1 a T6), tendo uma maior contribuição na média da cobertura total foram as seguintes espécies: *Dictyopteris* spp, *Dictyota* spp, *Lobophora variegata*, *Gelidium* sp, *Galaxaura* sp e *Sargassum vulgare*.

Nos tratamentos T3 e T4, *Sargassum vulgare* foi a espécie que mais contribuiu com o percentual de cobertura total média, sendo 52,1% e 63,3% respectivamente.

Figura 14: gráfico da cobertura total (média) nos tratamento (T1, T2, T3, T4, T5 e T6) após 12 meses de introdução dos substratos artificiais. As barras verticais indicam o desvio padrão. Letras diferentes indicam diferenças significativas.



#### 5.4 Processo de colonização e sucessão: riqueza

A evolução da riqueza (S), em cada tratamento ao longo do tempo, pode ser observada nas fig. 15 a 20. De uma maneira geral houve um aumento da riqueza no tempo, refletindo o amadurecimento do sistema. Observou-se ainda que após 8-10 meses de implantação os valores da riqueza estabilizaram e em alguns casos foi possível verificar uma redução após um ano de implantação. Esta observação foi feita nos tratamentos T2, T3 e T4 (Figuras de 16 a 20).

Figura 15: Gráfico da Riqueza (média) no tratamento T1, nódulos implantados em abril/2013. As barras verticais indicam o desvio padrão. \* Mês em que não ocorreu o monitoramento.

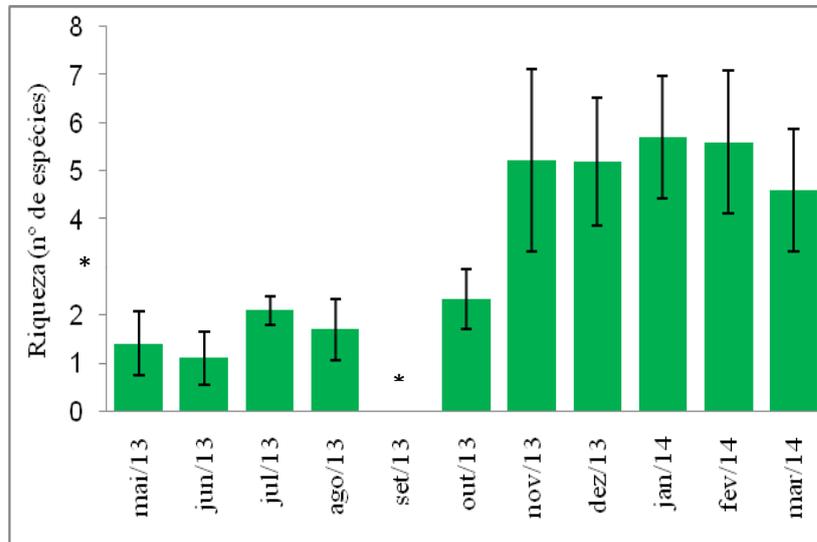


Figura 16: gráfico da riqueza (média) do tratamento T2, nódulos artificiais implantados em junho/2013. As barras verticais indicam o desvio padrão. \* Mês em que não ocorreu o monitoramento.

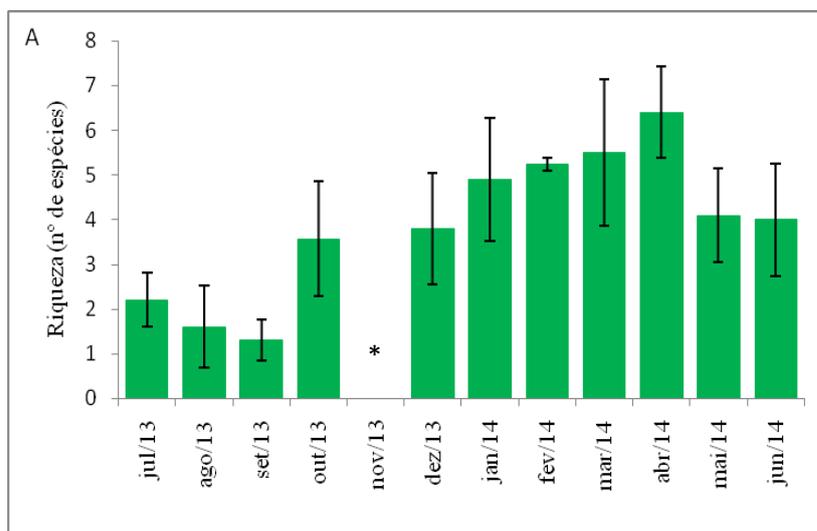


Figura 17: gráfico da riqueza (média) do tratamento T3, nódulos artificiais implantados em setembro/2013. As barras verticais indicam o desvio padrão. \* Mês em que não ocorreu o monitoramento.

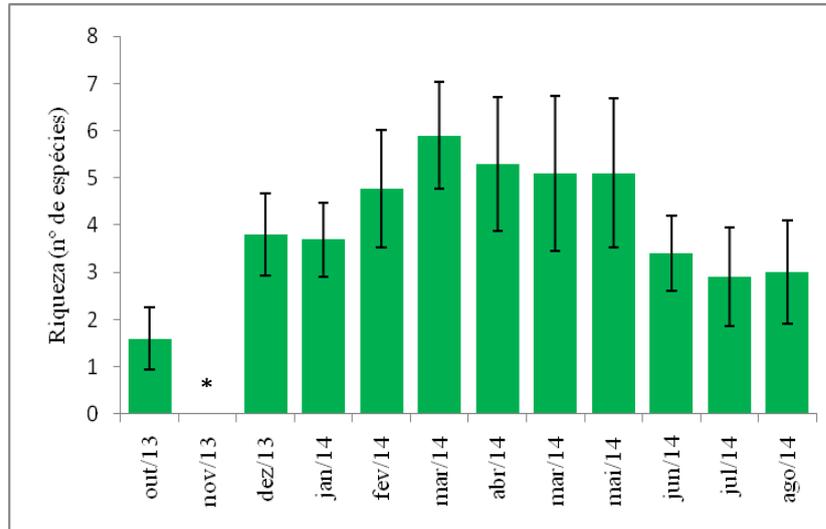


Figura 18: gráfico da riqueza (média) do tratamento T4, nódulos artificiais implantados em novembro/2013. As barras verticais indicam o desvio padrão.

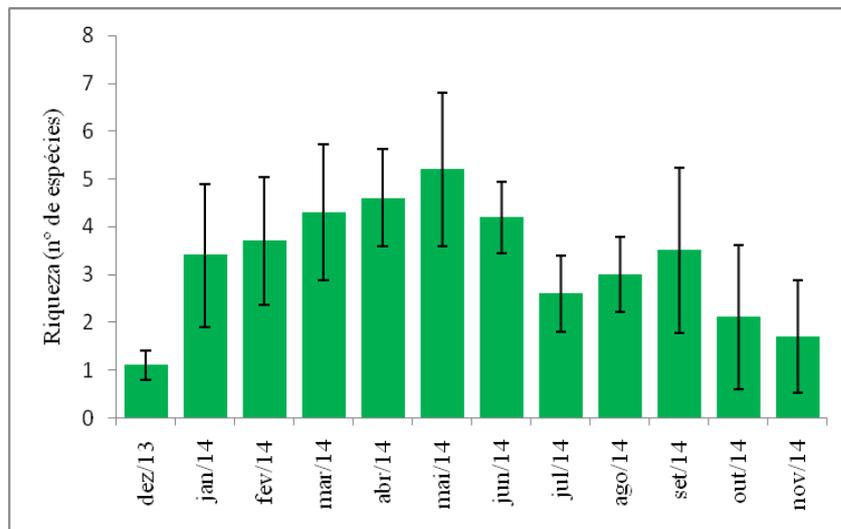


Figura 19: gráfico da riqueza (média) do tratamento T5, nódulos artificiais implantados em janeiro/2014. As barras verticais indicam o desvio padrão.

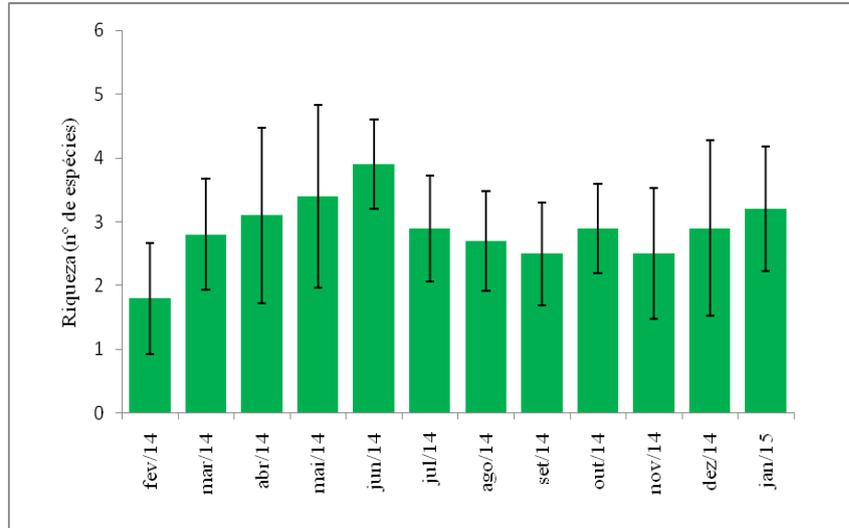
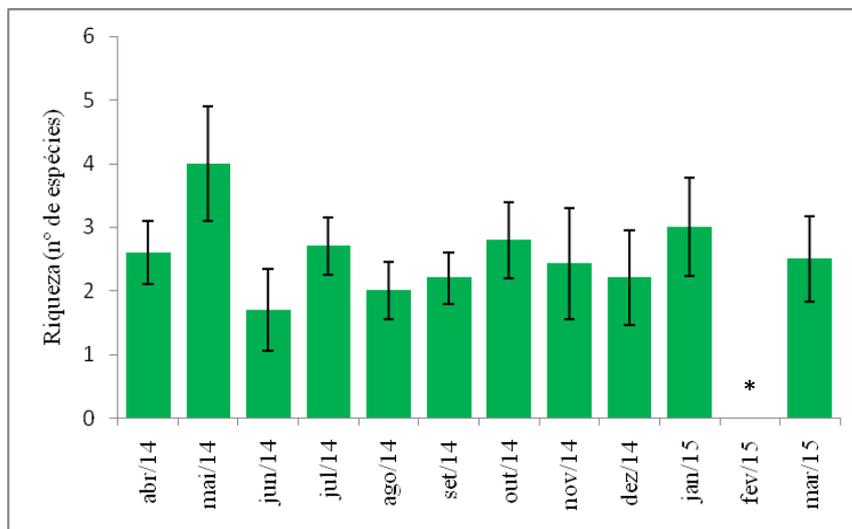
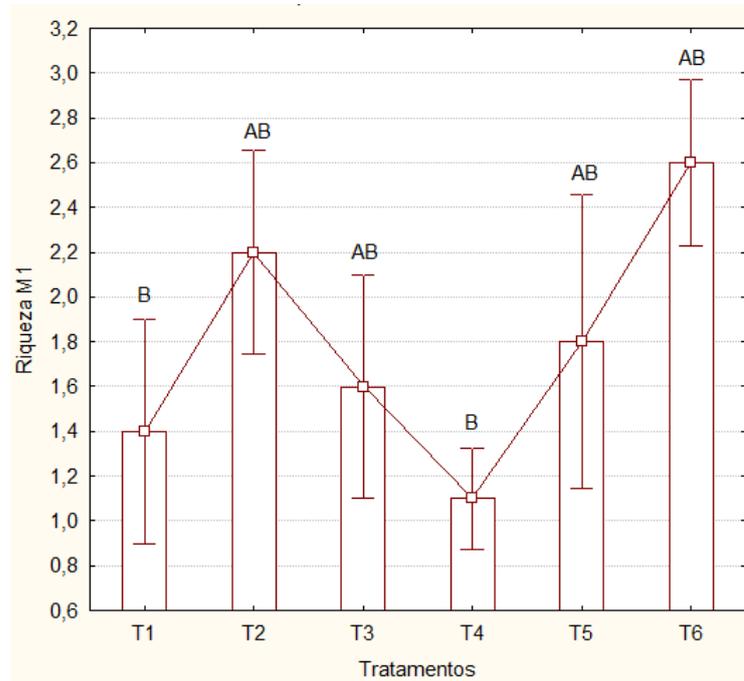


Figura 20: gráfico da riqueza (média) do tratamento T6, nódulos artificiais implantados em março/2014. As barras verticais indicam o desvio padrão. \* Mês em que não ocorreu o monitoramento.



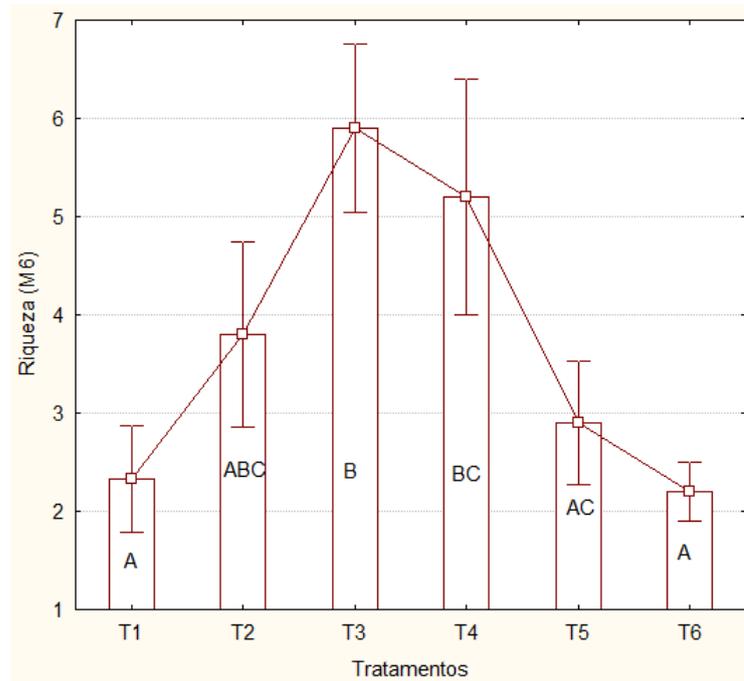
Comparando a riqueza nos seis tratamentos 30 dias após implantados, os tratamentos T2, T3, T5 e T6 não apresentaram diferenças significativas entre si. A riqueza nos tratamentos T1 e T4 apresentaram os menores valores médios, indicando semelhanças entre si e diferenças significativas com os demais tratamentos (figura 21).

Figura 21: gráfico da riqueza (média) nos tratamento (T1, T2, T3, T4, T5 e T6) após mês de introdução dos substratos artificiais. As barras verticais indicam o desvio padrão. Letras diferentes indicam diferenças significativas.



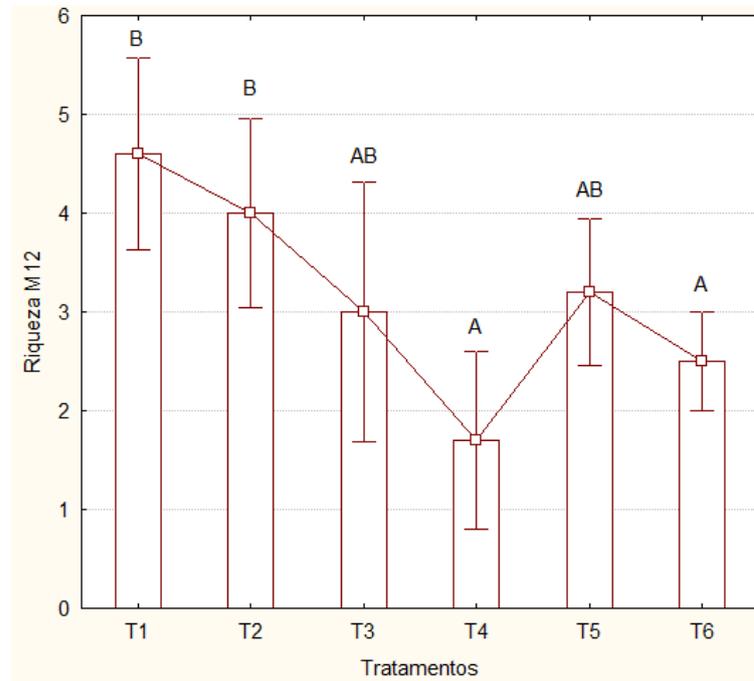
Comparando a riqueza nos 6 (seis) tratamentos, 6 (seis) meses depois de implantados, os tratamentos (T1, T2, T3, T4, T5 e T6) apresentaram respectivamente os seguintes valores (2,3; 3,8; 5,9; 6; 2,9 e 2,2/espécies por tratamento). A maior riqueza foi registrada nos tratamentos T2, T3 e T4, sendo semelhantes entre si e as menores nos tratamentos T1 e T6, semelhantes entre si e diferentes dos tratamentos citados anteriormente (Figura 22).

Figura 22: gráfico da riqueza (média) nos tratamento (T1, T2, T3, T4, T5 e T6) após seis meses de introdução dos substratos artificiais. As barras verticais indicam o desvio padrão. Letras diferentes indicam diferenças significativas.



Comparando a riqueza nos seis tratamentos 12 (doze) meses de após implantados, Observou-se que a riqueza foi maior nos tratamentos (T1, T2, T3 e T5), resultando em diferenças significativas com os tratamentos (T4 e T6), que apresentaram menores valores para a riqueza (Figura 23).

Figura 23: gráfico da riqueza (média) nos tratamento (T1, T2, T3, T4, T5 e T6) após 12 meses de introdução dos substratos artificiais. As barras verticais indicam o desvio padrão. Letras diferentes indicam diferenças significativas.



### 5.5 Processo de colonização e sucessão: diversidade

As figuras de 24 a 29 apresentam a diversidade média das espécies ao longo do processo sucessional nos diferentes tratamentos (T1 a T6).

Figura 24: gráfico da diversidade de Shannon-Wiener (média) do tratamento T1 (abril/13). As barras verticais indicam o desvio padrão. \* Mês que não ocorreu o monitoramento.

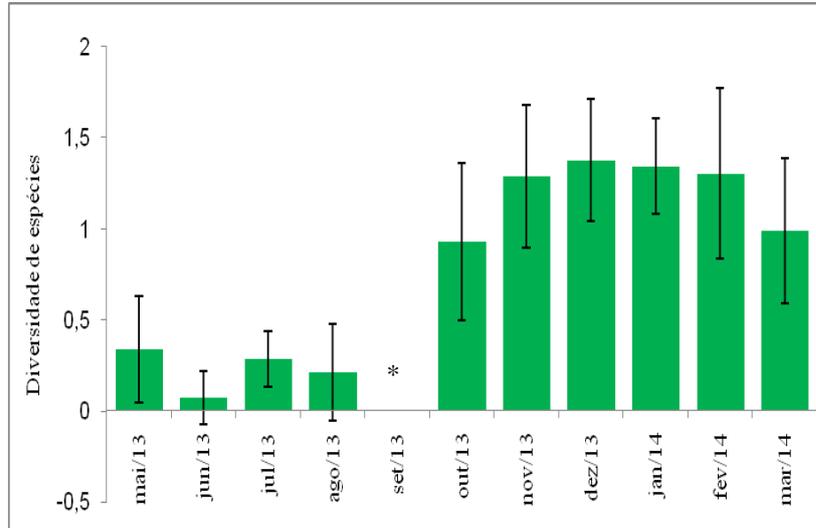


Figura 25: gráfico da diversidade (média) do tratamento T2, nódulos artificiais implantados em junho/2013. As barras verticais indicam o desvio padrão. \* Mês que não ocorreu o monitoramento.

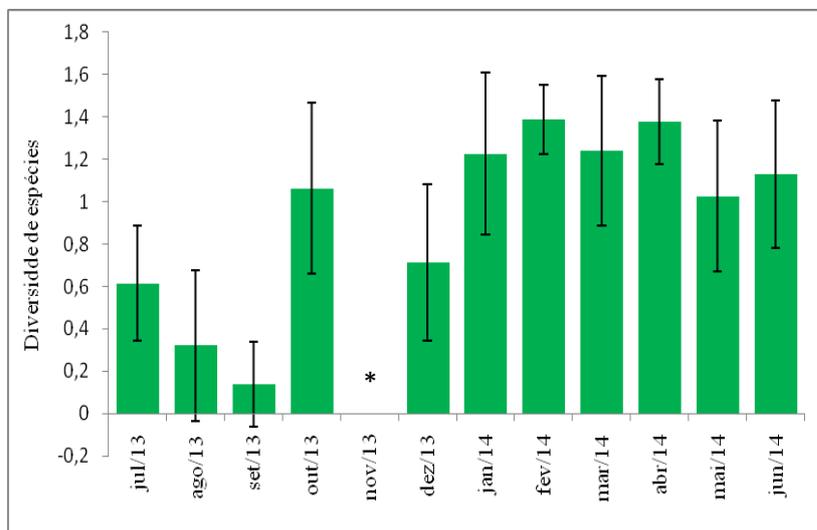


Figura 26: gráfico da diversidade (média) do tratamento T3, nódulos artificiais implantados em setembro/2013. As barras verticais indicam o desvio padrão. \* Mês que não ocorreu o monitoramento.

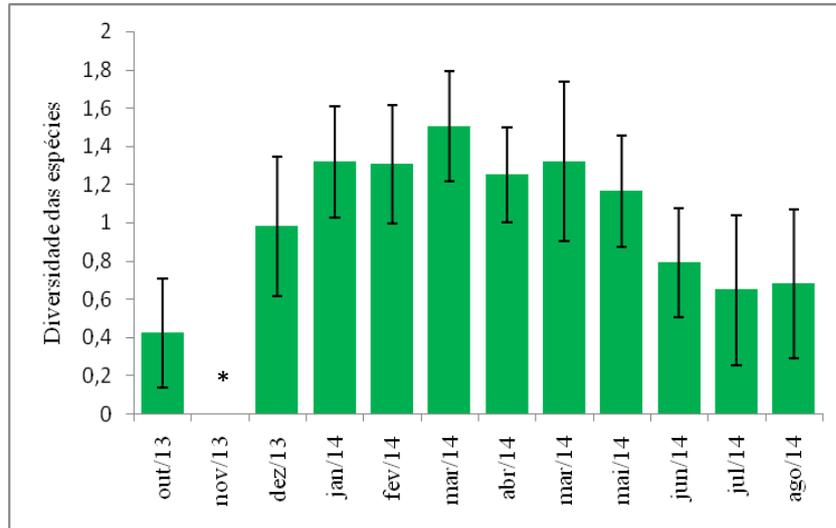


Figura 27: gráfico da diversidade (média) do tratamento T4, nódulos artificiais implantados em novembro/2013. As barras verticais indicam o desvio padrão.

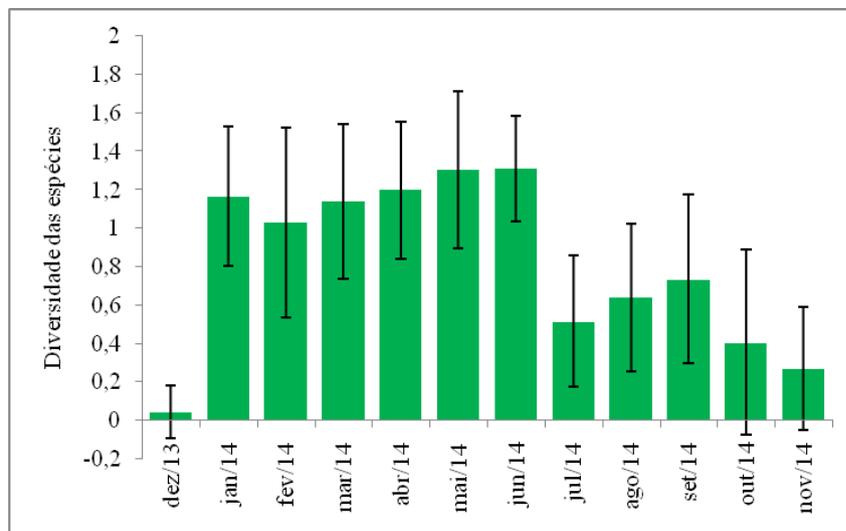


Figura 28: gráfico da diversidade (média) do tratamento T5, nódulos artificiais implantados em janeiro/2013. As barras verticais indicam o desvio padrão.

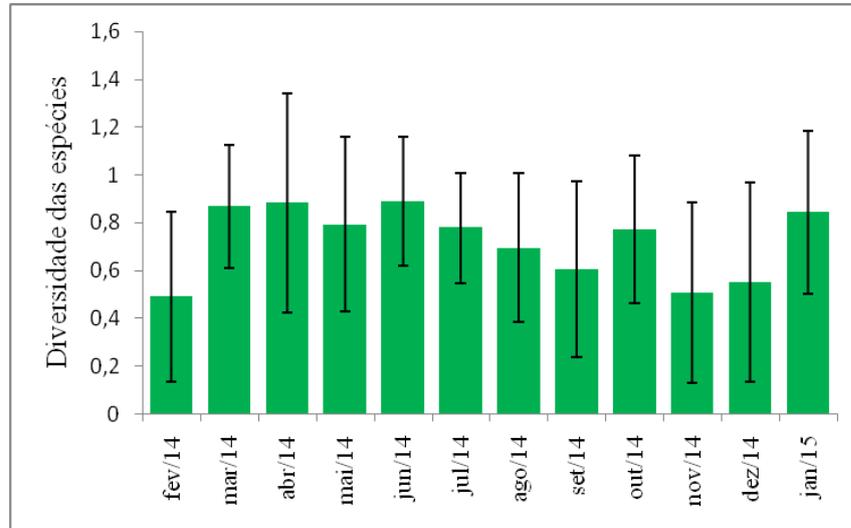
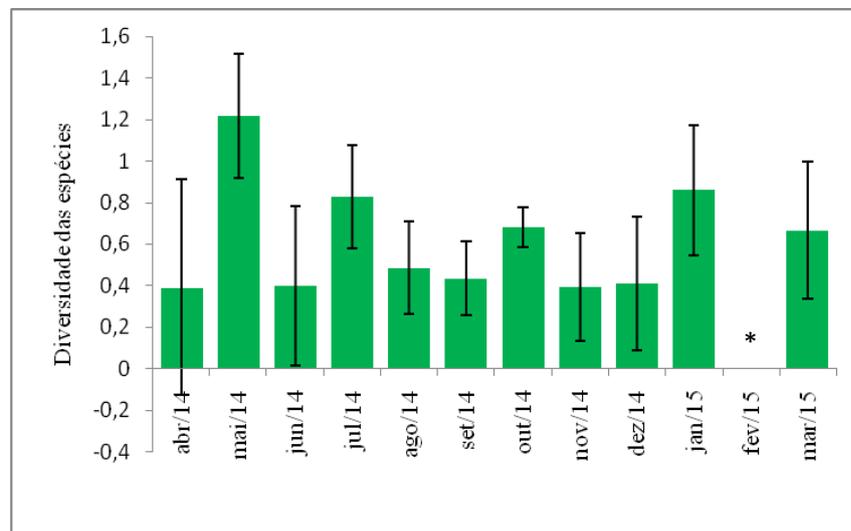
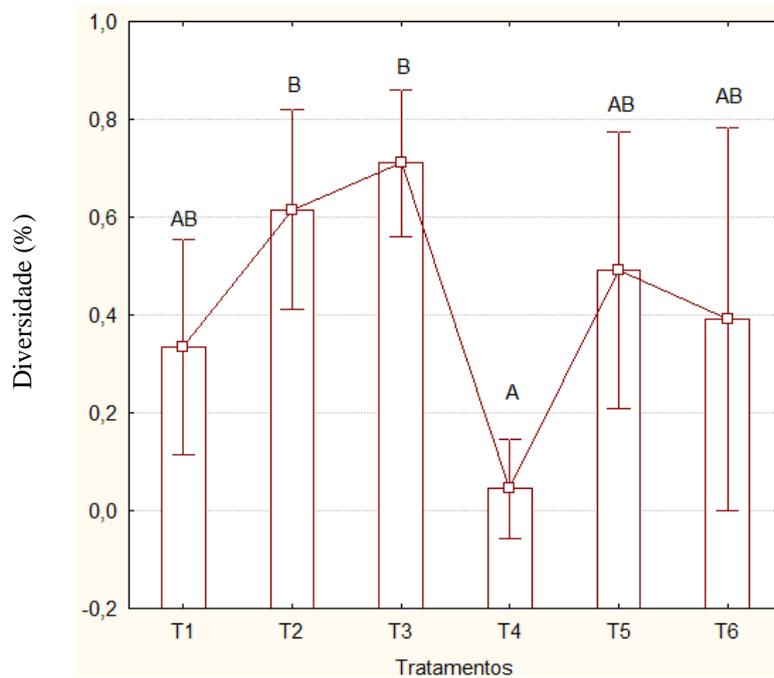


Figura 29: gráfico da diversidade (média) do tratamento T6, nódulos artificiais implantados em abril/2013. As barras verticais indicam o desvio padrão. \* Mês que não ocorreu o monitoramento.



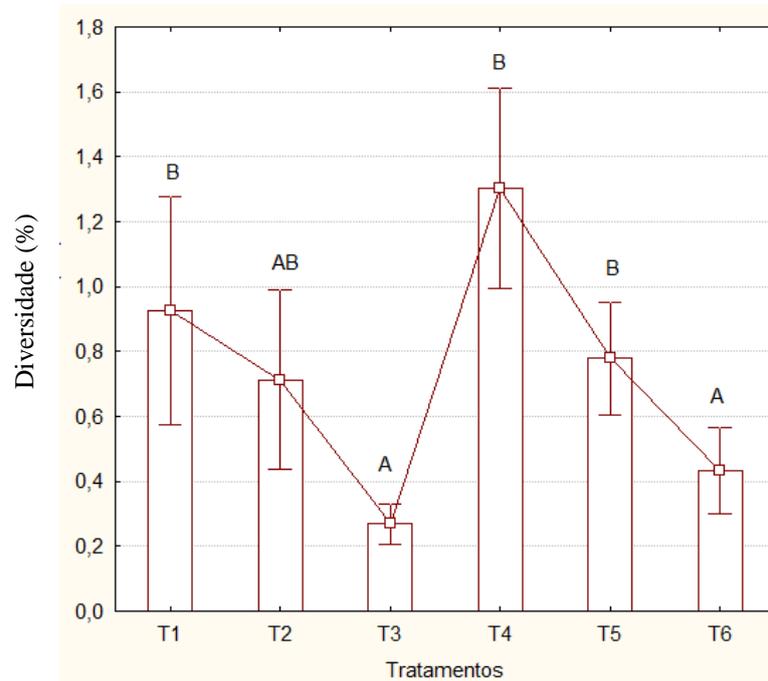
Através da análise da diversidade 30 dias depois de implantados os experimentos (T1 a T6), foi observado que tratamento T4 apresentou diferenças significativas em relação aos tratamentos T2 e T3, uma vez que o T4 teve o menor percentual e os tratamentos T2 e T3 os maiores percentuais da diversidade (Figura 30).

Figura 30: gráfico da diversidade de Shannon-Wiener nos tratamento (T1, T2, T3, T4, T5 e T6) após um mês de introdução dos substratos artificiais. As barras verticais indicam o desvio padrão. Letras diferentes indicam diferenças significativas.



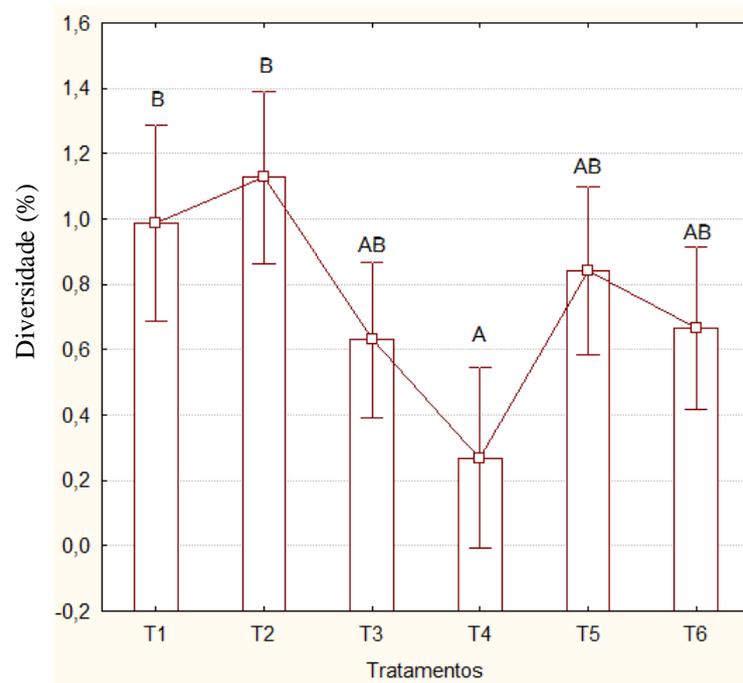
A análise estatística entre os tratamentos (T1 a T6), após o sexto mês de implantação, mostrou que os tratamentos T3 e T6 apresentaram os menores valores de diversidade, e diferentes significativamente dos tratamentos T1 e T4, que obtiveram os maiores valores (Figura 31).

Figura 31: gráfico da diversidade de Shannon-Wiener nos tratamento (T1, T2, T3, T4, T5 e T6) após seis meses de introdução dos substratos artificiais. As barras verticais indicam o desvio padrão. Letras diferentes indicam diferenças significativas.



Ao analisar a diversidade após 12 meses de implantação dos experimentos (T1 a T6), apenas a diversidade do tratamento T4, com menores valores, se diferenciou significativamente da registrada nos tratamentos T1 e T2 que apresentaram os maiores valores na diversidade (Figura 32).

Figura 32: gráfico da diversidade de Shannon-Wiener nos tratamento (T1, T2, T3, T4, T5 e T6) após 12 meses de introdução dos substratos artificiais. As barras verticais indicam o desvio padrão. Letras diferentes indicam diferenças significativas.



## 6. DISCUSSÃO

### 6.1 Processo de colonização e sucessão: cobertura

As espécies de *Peyssonnelia* spp e *Ulva* spp foram os táxons que colonizaram inicialmente a estrutura dos substratos artificiais implantados, independente do período de implantação (T1 a T6). Juntamente com o grupo das “diatomáceas” podem ser consideradas “pioneiras” ou colonizadoras iniciais, que ocorreram nos três primeiros meses de implantação e posteriormente desapareceram. Trabalhos anteriores realizados também em ambientes recifais registraram a presença desses táxons compondo o grupo das espécies presentes no processo de colonização inicial (MIRANDA, 2010; SILVA, 2013; SIMÕES *et al.*, 2009). Sousa (1979) em suas investigações experimentais também realizadas em ambiente recifal registrou a presença do gênero *Ulva* no processo de colonização inicial.

As algas calcárias incrustantes, a exemplo da *Peyssonnelia* spp, podem ser pioneiras na colonização, além disso, participam na construção de recifes (COSTA, 2009), como também são caracterizadas por recrutar rapidamente áreas desnudas do substrato, em curtos períodos, no início da trajetória sucessional (QUINN, 1982).

A acentuada presença de *Ulva* no início da colonização reforça a habilidade deste gênero como estrategista *r*, caracterizado por apresentar altas taxas de crescimento combinadas a altas taxas de produtividade (LITTLER; MURRAY, 1975; TEICHBERG *et al.*, 2010) quando comparado à espécie *K* estrategista. O gênero *Ulva* é caracterizado por apresentar capacidade de recuperar-se dos danos causados pelos estresses ambientais, graças à maior plasticidade fenotípica e fisiológica, (LITTLER; MURRAY, 1975; SCHERNER *et al.*, 2012; TEICHBERG *et al.*, 2010). Este possui uma estrutura física delicada, com apenas duas camadas de células, e sem defesas específicas contra a herbivoria (BATISTA *et al.*, 2013), o que pode ter sido um dos motivos que este gênero não foi mais registrado nos substratos com o passar do tempo ao longo do monitoramento.

Dentro do processo de mudanças sucessionais, as espécies pioneiras, podem alterar as condições e/ou a disponibilidade de recursos no habitat, tornando o ambiente propício para o estabelecimento do próximo grupo de espécies, facilitando a sucessão, este modelo é denominado de facilitação (MATTHES; MARTINS, 1996). Esse mecanismo é um importante componente da sucessão primária, na colonização de um novo substrato (BERKOWITZ *et al.*, 1995).

O outro modelo também bastante discutido no processo sucessional é o modelo da inibição, onde os colonizadores iniciais se apossam dos recursos e inibem a invasão subsequente de outras espécies ou interrompem o crescimento daquelas já presentes. Nesta concepção as espécies de clímax inibem as espécies de estágios iniciais. Nesse modelo, a sucessão após o estabelecimento de uma espécie por outra ocorre somente através da morte ou substituição das espécies. Assim, a mudança sucessional leva ao predomínio das espécies de vida mais longa (MIRANDA, 2009)

Segundo Connel e Slatyer (1977), a morte dos colonizadores é devida à perturbações causadas por condições físicas e/ou pela ação de herbívoros, parasitas, etc. Por outro lado, a morte dos colonizadores, tanto no modelo de tolerância quanto no da facilitação, dá-se devido à competição com espécies tardias.

A ocorrência expressiva de diatomáceas no processo inicial da colonização compôs o biofilme que auxilia no estabelecimento de outros organismos bênticos (PARK *et al.*, 2011). Em trabalho também realizado em comunidades recifais do litoral Paraibano, Silva (2013) encontrou um padrão de colonização de colônias de diatomáceas coloniais filamentosas em períodos iniciais de sucessão, muito semelhante ao observado no presente estudo.

Apesar dos tratamentos T5 e T6 registrarem os menores percentuais de cobertura total, após 30 dias, foi identificada através da análise quali quantitativa maior quantidade de táxons para estes tratamentos. Esta observação pode estar associada ao fato de que neste período considerado seco, o processo de colonização por diferentes espécies ocorreu de forma mais rápida o que pode ter relação com a sazonalidade de reprodução e crescimento de espécies, além de fatores relacionados ao ambiente (SOUSA, 1979; SILVA, 2013).

No decorrer do experimento, com seis e doze meses após a implantação dos substratos artificiais, tendo por subsídio os dados de cobertura média total, observou-se que de maneira geral não houve uma interferência marcante no processo de colonização e sucessão da comunidade de macroalgas, no que diz respeito ao período em que os nódulos foram implantados. Entretanto foi observado que aos 12 meses de monitoramento os tratamentos T3 e T4 apresentaram as maiores médias em relação à cobertura total, tendo em vista que o gênero *Sargassum* se sobressaiu em relação às outras espécies que colonizavam os substratos naquele momento, entrando em questão a competitividade de espécies no processo sucessional. Foi notada também a competitividade das macroalgas pelo recrutamento de substratos consolidados em Fonseca (1998), que concluiu que a interação competitiva é o principal mecanismo responsável pela estruturação na comunidade de *Sargassum*, visto que a herbivoria não exerce um papel importante.

Algumas espécies formaram um grupo de algas que colonizaram o sistema a partir dos 90-120 dias e continuaram aumentando/mantendo a cobertura e frequência até o final do período observado, sendo este grupo denominado de “algas perenes”, destacando-se os seguintes gêneros: *Sargassum*, *Lobophora*, *Gracilaria*, *Codium*, *Gelidium*, *Amphiroa*; *Tricleocarpa*, *Dictyota* e *Dictyopteris*; estas algas podem ser consideradas marcadoras das etapas finais do processo de sucessão.

A estratégia evolutiva que envolve duração do ciclo de vida, período reprodutivo e o grau de recombinação são os determinantes básicos para se afirmar a posição das espécies nos gradientes, espacial e sucessional (MIRANDA, 2009).

## **6.2 Processo de colonização e sucessão: riqueza e diversidade**

A média da riqueza de espécies por mês em cada tratamento, no processo de colonização e sucessão, demonstrou um aumento gradativo com o amadurecimento do sistema, o que pode ser corroborado com o padrão já estabelecido na literatura, que diz que a riqueza e abundância de colonizadores bentônicos aumentam ao longo do progresso da sucessão (ANTONIADOU *et al.*, 2011; CONNELL; SLATYER, 1977; MURRAY; LITTLER, 1978).

A estabilização dos valores da riqueza ao longo do tempo e em alguns casos a redução nesses valores, pode ser explicado pelo fato de que após este período a comunidade de macroalgas que colonizou os nódulos tenha atingido o “clímax” para este indicador. Outro fato que pode ser levado em consideração, ao que se refere à redução da riqueza no mês final do monitoramento, é que os tratamentos (T1- abril/13 e T2- junho/13) correspondem ao período chuvoso na região e os tratamentos (T3- setembro/13 e T4- novembro/13), correspondem ao período de recuperação da comunidade afetada pelas perturbações naturais do ambiente ocorridas nos meses anteriores (MIRANDA, 2010; MÁXIMO, 2015).

No primeiro mês após a implantação dos substratos o processo de colonização inicial das espécies, tendo por base o descritor, riqueza, não foi afetado pelo período de implantação, o padrão de colonização foi praticamente o mesmo em todos os tratamentos.

Após seis meses de introdução dos nódulos, nos tratamentos T2, T3 e T4 foram observados os maiores valores na riqueza de espécies, o que pode estar associado aos meses em que ocorreu o monitoramento, ou seja, coincidindo com meses em que a comunidade de macroalgas tem um maior desenvolvimento, são eles: dezembro/13, março/14 e maio/14, neste período a comunidade já tem passado pelo processo de recuperação natural do ambiente.

Trabalhos anteriores também registraram uma maior riqueza de espécies de macroalgas entre os meses de dezembro e maio (MÁXIMO, 2015; MIRANDA, 2010).

Com 12 meses de monitoramento nos tratamentos T1 e T2, apesar de representarem os meses de introdução dos substratos no período chuvoso, houve maior riqueza de espécies, em relação aos demais tratamentos que correspondem à estação seca. Através dessa análise podemos sugerir que os tratamentos que correspondem aos substratos que foram implantados no período considerado chuvoso, tiveram o processo de sucessão um pouco retardado em relação aos substratos que foram implantados no período seco. O mesmo foi observado no trabalho de Silva (2013) em que a colonização pelos diferentes gêneros de macroalgas, em geral, aconteceu de forma mais rápida no período seco, quando comparadas ao período chuvoso.

A redução da riqueza nos tratamentos que correspondem ao período seco pode estar associado ao fato de que a comunidade de macroalgas que colonizaram os nódulos tenha atingido o “clímax”, sobressaindo apenas as espécies consideradas marcadoras das etapas finais do processo de sucessão, como por exemplo, o *Sargassum vulgare*, sendo a espécie dominante nesta análise.

Através da análise gráfica é possível perceber que a diversidade teve um comportamento semelhante a riqueza, uma vez que este índice pode ser compreendido como o número de espécies mais conpíscuas na comunidade (MIRANDA, 2000). Foi observado nos tratamentos que a diversidade de Shannon-Wiener seguiu até determinado momento uma curva ascendente, seguida de estabilização e em alguns tratamentos foi possível verificar uma queda no final do processo, reforçando a ideia de amadurecimento do sistema ao curso dos doze meses.

## 7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conclui-se que existe um padrão determinado nos processos estudados, sobretudo nos descritores riqueza, diversidade, cobertura e espécies colonizadoras iniciais. Por outro lado, diferenças na velocidade do processo de sucessão, parecem estar associadas ao período de início do processo.

As espécies *Peyssonnelia* spp, *Ulva* spp e o grupo das diatomáceas, destacaram-se como colonizadoras iniciais da colonização e sucessão.

Foi observado um padrão de aumento gradativo na riqueza e estabilidade entre o sexto e oitavo mês após a implantação dos substratos. Estes dados sugerem que a colonização e sucessão em pequenos espaços (substratos) disponibilizados na estrutura recifal, ocorre em um período relativamente rápido entre oito e dez meses, momento no qual os substratos se encontram plenamente colonizados por algas “perenes”.

O curto espaço de tempo no qual ocorreu a colonização e sucessão dos substratos disponíveis representa um aspecto positivo no que diz respeito à utilização de estruturas similares na recuperação ambiental.

## 8. REFERÊNCIAS

- ANTONIADOU, C; VOULTSIADOU, E; CHINTIROGLOU, C. Seasonal patterns of colonization and early succession on sublittoral rocky cliffs. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**, v. 403, p. 21–30, July. 2011.
- BATISTA, M. B; *et al.*, Efeitos de estressores ambientais na ecofisiologia das macroalgas marinhas dos costões rochosos. **Ecologia de campo: abordagens no mar, na terra e em águas continentais**. (Programa de Pós Graduação em Ecologia). Universidade Federal de Santa Catarina, p. 37- 47, 2013.
- BENEDETTI-CECCHI, L; CINELLI, F. Early patterns of algal succession in a midlittoral community of the Mediterranean sea: a multifactorial experiment. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**, v. 169, p. 15-31. 1993.
- BENEDETTI-CECCHI, L; *et al.*, Interactive effects of spatial variance and mean intensity of grazing on algal cover in rocky pools. **Ecology**, n. 86, p. 2212–2222, 2005.
- BERKOWITZ, A.R.; CANHAM, C.D.; KELLY, V.R. Competition vs. facilitation of tree seedling growth and survival in early successional communities. **Ecology**, v. 76, n. 4, p. 1156-1168, 1995.
- CATER, A. S. P. Benthic colonization and ecological successional patterns on a planned nearshore artificial reef system in Broward County, SE Florida. **Marine Science & Biological Research**, v. 4, p. 1209-1213, 2008.
- CONNELL, J. H; SLATYER, R. O. Mechanisms of Succession in Natural Communities and Their Role in Community Stability and Organization. **The American Naturalist**, v.111, n. 982, p. 1119-1144. 1977.
- CORREIA, M. D. Scleractinian corals (Cnidaria: Anthozoa) from reef ecosystems on the Alagoas coast, Brazil. **Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom**, v.91, p. 659-668, 2011.
- CORREIA, M. D; SOVIERZOSKI, H. H. Gestão e Desenvolvimento Sustentável da Zona Costeira do Estado de Alagoas, Brasil. **Revista da Gestão Costeira Integrada**, Maceió, AL, v. 8, n. 2, p. 25-45, dez. 2008.
- COSTA, C. F; *et al.*, Recifes costeiros da Paraíba, Brasil: usos, impactos e necessidades de manejo no contexto da sustentabilidade. **Gaia Scientia**, v. 1, n.1, p. 37-45, 2007.
- COSTA, R. M. V. **A Sucessão Ecológica e Identificação de Algas Calcárias Incrustantes no Recife de Fora, Porto Seguro-BA**. Escola Nacional de Botânica Tropical - Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro. 2009, 122p.
- DEBEUS, G. C. S. **Turismo Sustentável Como Alternativa de Desenvolvimento e Conservação do Meio Ambiente em Picãozinho – Município de João Pessoa – PB**. 137 F.

Dissertação (Programa Regional de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente) Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa. 2008.

EDWARDS, A. J; GOMEZ, E. D. Coral Reef Targeted Research & Capacity Building for Management Program. **Reef Restoration Concepts & Guidelines: Making sensible management choices in the face of uncertainty.** 2007.

FABI, G; *et al.*, Overview on artificial reefs in Europe. **Brazilian Journal of Oceanography**, n. 59, p. 155-166, 2011.

FAGUNDES, E. B. N. **Avaliação da ictiofauna em recifes artificiais na costa nordeste do estado do Rio de Janeiro, Brasil.** Tese (Pós- graduação em Ecologia e Recursos Naturais) Universidade Estadual do Norte Fluminense, Campos dos Goytacazes, 2010.

FAGUNDES, E. B. N; ZALMON, I. R. Artificial reefs: “Attraction versus Production. **Vértices**, Campos dos Goytacazes/ RJ, v.13, n.1, p. 183-195, jan./abr. 2011

FERREIRA, B. P; MAIDA, M. **Monitoramento dos recifes de coral do Brasil.** MMA- Brasília, 2006. 17p.

FONSECA, A. C. **Estudos sucessionais em uma comunidade dominada por *Sargassum furcatum* KUTZING, na Região de Búzios, RJ.** Dissertação (Programa de Pós Graduação em Biologia Marinha). Universidade Federal Fluminense, 1998. 185 p.

FOSTER, M.S. Algal Succession in a *Macrocystis pyrifera* Forest. **Marine Biology**, v. 32, p. 313-329, Oct. 1975.

GUERRA, N. C; MANSO, V. A. V. Beachrocks (Recifes de Arenito). *In*: E. Eskinazi-Leça, S. Neumann-Leitão & M. F. Costa (Orgs.). **Oceanografia: Um Cenário Tropical.** Recife: Ed. Bagaço, p.109–130, 2004.

GUERRA, N. C; KIANG, C. H; SIAL, A. N. Carbonate cements in contemporaneous beachrocks, Jaguaribe beach, Itamaracá island, northeastern Brazil: petrographic, geochemical and isotopic aspects. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 77, p. 343-352, 2005.

GUIRY, M. D; GUIRY, G. M. AlgaeBase. National University of Ireland, Galway. 2014. Disponível em: <<http://www.algaebase.org>>. Acesso em: 10 de jul. 2014.

INO, T. Historical review of artificial reef activities in Japan, *in* Colunga L; Stone, R. (eds.), **Proceedings: Artificial Reef Conference**, Texas A & M University, p. 21-23 1974.

ISLAM, G. M. N; *et al.*, Economic Impacts of Artificial Reefs on Small-Scale Fishers in Peninsular Malaysia- **Hum Ecol.** n.42, p. 989–998, Sep 2014.

JENSEN, A. C. European artificial reef research. **Proceedings of the First EARRN Conference**, March 1996 Ancona, Italy. Southampton Oceanographic Centre, 1997.

JOHNSON, E. A. Succession an unfinished revolution. **Ecology**, v. 60, n. 238-240, 1977.

KOHLER, K.E; GILL, S. M. Coral Point Count with Excel extensions (CPCe): A Visual Basic program for the determination of coral and substrate coverage using random point count methodology. **Computers & Geosciences**, v. 32, n. 9, p. 1259-1269, 2006.

LITTLER, M. M; MURRAY, S. N. Impact of sewage on the distribution, abundance and community structure of rocky intertidal macroorganisms. **Marine Biology**, n.30, p. 277-291, 1975.

LOBBAN, C. S; HARRINSON, P. J. **Seaweed Ecology and Physiology**. Cambridge University Press. 1997.

MARTINS, C. D. L; *et al.*, The impact of coastal urbanization on the structure of phytoplankton communities in southern Brazil. **Marine Pollution Bulletin**, v. 64, p. 772–778. 2012.

MATTHES, L. A. F; MARTINS, F. R. Conceitos em Sucessão Ecológica. **Revista Brasileira de Horticultura Ornamental**, Campinas, v.2, n.2, p. 19-32, 1996.

MÁXIMO, L. N. Estrutura e dinâmica de populações e comunidades de macroalgas em ambientes recifais da Paraíba. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Monitoramento Ambiental). Universidade Federal da Paraíba. 2015. 101 F.

MCCLANAHAN, T. R. Primary succession of coral-reef algae: Differing patterns on fished versus unfished reefs. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**, v. 218, p.77–102, 1997.

MELO, R. S. de; LINS, R. P. M; ELOY, C. C. O Impacto do Turismo em Ambientes Recifais: Caso Praia Seixas-Penha, Paraíba, Brasil. **Revista Eletrônica do Prodepa**, Fortaleza, v.8, n.1, p. 67-83, abr. 2014. Disponível em: <<http://www.revistarede.ufc.br/revista/index.php/rede/article/viewArticle/226>>. Acesso em: 15 ago. 2014.

MIRANDA, G. E. C. **Avaliação do impacto da exploração (simulada) da alga agarófito *Gracilaria caudata* J. Agardh (Rhodophyta) no litoral do estado da Paraíba**. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Ecologia). Universidade de São Paulo, Instituto de Biociências. 107p. 2000.

MIRANDA, G. E. C. **Monitoramento, manejo e restauração de populações de *Gracilaria caudata* J. Agardh (Rhodophyta, Gigaryinales) degradadas pela exploração comercial**. Tese (Programa de Pós- Graduação em Oceanografia). Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2010. 109 F.

MIRANDA, J. C. Sucessão ecológica: conceitos, modelos e perspectivas. **SaBios: Rev. Saúde e Biol**, v. 4, n. 1, p. 31-37, jan./jun. 2009.

MMA - Ministério do Meio Ambiente. **Campanha Conduta Consciente em Ambientes Recifais**, 2012. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/gestao-territorial/gerenciamento-costeiro/projeto-orla/campanha-de-conduta-consciente-em-ambientes-recifais>>. Acesso em 05 jul. 2014.

MURRAY, S. N. & LITTLER, M. M. Analysis of seaweed communities in a disturbed rocky intertidal environment near whites Point, Los Angeles, Calif. U.S.A. **Hydrobiologia**. Vols. 116/177, p. 374-382, 1978.

ODUM, H.T. **Ecological and General Systems**. Univ. Press of Colorado, CO, 1993.

OLIVEIRA, E. C; *et al.*, **Algas e angiospermas marinhas bênticas do litoral brasileiro: diversidade, exploração e conservação**. 1999. Disponível em:  
<[http://www.anp.gov.br/brnd/round6/guias/PERFURACAO/PERFURACAO\\_R6/refere/plant\\_as\\_marinhas.pdf](http://www.anp.gov.br/brnd/round6/guias/PERFURACAO/PERFURACAO_R6/refere/plant_as_marinhas.pdf)>. Acesso em: 12 mai.14.

PADILHA, R. A; HENKS, J. A. A utilização de recifes artificiais marinhos como ferramenta de recuperação da fauna marinha. **Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, v.1, n. 1, p. 41-73, 2012.

PARK, S. R.; KANG, Y.H.; CHOI, C.G. Biofilm: A crucial factor affecting the settlement of seaweed on intertidal rocky surfaces. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, n. 91, p.163-167. 2011.

PIZZATTO, R. **Avaliação dos impactos ambientais do Programa Recifes Artificiais Marinhos do Paraná – Programa RAM**. Trabalho de Conclusão de Curso. Pontifícia Universidade Católica do Paraná. Curitiba, PR, 2004.

PONTI, M; FAVA, F; PERLINI, R. A; GIOVANARDI, O; ABBIATI, M. Benthic assemblages on artificial reefs in the northwestern Adriatic Sea: Does structure type and age matter? **Marine Environmental Research**, n.104, p. 10-19, 2015.

PRATES, A. P. L. **Atlas dos Recifes de Coral nas Unidades de Conservação Brasileiras – MMA**, Brasília: Ed. Dois, 2006. 232 p.

QUINN, F. Competitive hierarchies in marine benthic communities. **Oecologia**. n. 54, p.129-135. 1982.

QUINTERO, E. C. H. **Construção e implantação de recifes artificiais em comunidades pesqueiras, usando pneus inservíveis**. Dissertação- Mestrado Profissional em Gerenciamento e Tecnologia Ambiental no Processo Produtivo, Salvador, 2009.

ROCHA, L. A; ROSA I. L; ROSA, R. S. Peixes recifais da costa da Paraíba, Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia**, vol.15, n.2, p. 553-566, 1998.

SALEM, P. S, **Recifes Artificiais Marinhos. 2005**. Disponível em:  
<[http://www.institutoaqualung.com.br/info\\_recifes\\_artificiais\\_60.html](http://www.institutoaqualung.com.br/info_recifes_artificiais_60.html)>. Acesso em: 26 ago. 2013.

SANTOS. D. H. C. **Estrutura da comunidade fitoplancônica em recifes artificiais da plataforma continental de Pernambuco, Brasil**. Tese (Programa de Pós-Graduação em Oceanografia). Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2012.

SANTOS, D. H. C; PASSAVANTE, J. Z. O. Recifes Artificiais Marinhos: modelos e utilizações no Brasil e no mundo. **Boletim Técnico - Científico do CEPENE 15** (1) p. 113-124, 2007.

SANTOS, T. G; CUNHA, A. G; SANTOS, D. A. Implantação de recifes artificiais: uma forma alternativa para incrementar a produtividade pesqueira. **Revista Brasileira de Engenharia de Pesca**, v. 5, n. 2, p. 1-12, 2010.

SAUER-MACHADO, K. R. S; CHAPMAN, A. R. O; COUTINHO, R. Patch structure in a tropical rocky shore community in Brazil: a mosaic of successional states? **Ophelia**, v. 35, p. 187- 195, 1992.

SCHERNER, F; *et al.*, Salinity critical threshold values for photosynthesis of two cosmopolitan seaweed species: Providing baselines for potential shifts on seaweed assemblages. **Marine Environmental Research**. v.91, p. 14-25, 2012.

SEAMAN, W; JENSEN, A. C. Purposes and practices of artificial reef evaluation. In: SEAMAN, William (Ed.). **Artificial Reef Evaluation: With Application to Natural Marine Habitats**. Boca Raton, Florida, p.1-20, 2000.

SHANNON, C. E; WIENER, W. **The mathematical theory of communication**. Urbana: University of Illinois Press, 1949.

SILVA, M. B. **Dinâmica dos processos sucessionais do macrofitobentos em áreas marinhas sob diferentes regimes de proteção**. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Monitoramento Ambiental). Universidade Federal da Paraíba. 2013. 96 F.

SILVA, M. B; *et al.*, A influência dos peixes herbívoros sobre a cobertura do macrofitobentos recifal. **Revista Nordestina de Biologia**, v. 23, p. 69-83, 2013.

SIMÕES, I. P; *et al.*, Avaliação florística e sucessão ecológica das macroalgas em recifes na praia de Piedade (PE). **Neotropical Biology and Conservation**, n. 4 p. 49-56, 2009.

SOUSA, W. P. Experimental Investigations of Disturbance and Ecological Succession in a Rocky Intertidal Algal Community. **Ecological Monographs** v. 49, n. 3, p.227- 254, 1979.

SOUZA, A.T; *et al.*, Fishes (Elasmobranchii and Actinopterygii) of Picãozinho reef, Northeastern Brazil, with notes on their conservation status. **Zootaxa**, v. 1608, p.11-19, 2007.

SPAGNOLO, A; *et al.*, Patterns of colonization and succession of benthic assemblages in two artificial substrates. **Journal of Sea Research**, v. 88, p. 78–86, Apr. 2014.

TEICHBERG, M; *et al.*, Eutrophication and macroalgal blooms in temperate and tropical coastal waters: nutrient enrichment experiments with *Ulva* spp. **Global Change Biology**, n. 16, p. 2624- 2637, 2010.

TERAWAKI, Y; *et al.*, Ecology and restoration technique for *Sargassum* beds in the Seto Inland Sea, Japan. **Marine Pollution Bulletin**, v. 47, p. 189-201, 2003.

VILLAÇA, R. C. Recifes biológicos. In: PEREIRA, R. C.; SOARES-GOMERS, A. (orgs). **Biologia Marinha**. 2ª ed. Ed. Interciência. Rio de Janeiro, 2009.