

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIA
CURSO DE OCEANOGRAFIA

**ESTUDO QUALITATIVO DA SUCESSÃO ECOLÓGICA,
RECRUTAMENTO E DO TRATAMENTO “ANTI-
FOULING” CONVENCIONAL EM ORGANISMOS
INCRUSTANTES, NA REGIÃO PORTUÁRIA DE SUAPE –
PERNAMBUCO, BRASIL.**

ANDRÉA KARLA PEREIRA DA SILVA

Recife

2003

ANDRÉA KARLA PEREIRA DA SILVA

**ESTUDO QUALITATIVO DA SUCESSÃO ECOLÓGICA,
RECRUTAMENTO E DO TRATAMENTO “ANTI-
FOULING” CONVENCIONAL EM ORGANISMOS
INCRUSTANTES, NA REGIÃO PORTUÁRIA DE SUAPE –
PERNAMBUCO, BRASIL.**

Tese apresentada ao Departamento de Oceanografia do Centro de Tecnologia e Geociências da Universidade Federal de Pernambuco, para obtenção de Título de Doutor em Oceanografia.

Orientadora: Dra. Rosa de Lima S. Mello

Recife

2003

ANDRÉA KARLA PEREIRA DA SILVA

**ESTUDO QUALITATIVO DA SUCESSÃO ECOLÓGICA,
RECRUTAMENTO E DO TRATAMENTO “ANTI-FOULING”
CONVENCIONAL EM ORGANISMOS INCRUSTANTES, NA
REGIÃO PORTUÁRIA DE SUAPE – PERNAMBUCO, BRASIL.**

Data da Defesa: 26 de fevereiro de 2003

Profa. Dra Rosa de Lima Silva Mello
Depto. de Oceanografia da UFPE

Profa. Dra. Ilana Rosental Zalmon
Depto. de Ciências Biológicas da UENF

Prof. Dr. Petrônio Alves Coelho
Depto. de Oceanografia da UFPE

Profa. Dra. Elga Miranda Mayal
Depto. de Zoologia da UFPE

Profa. Dra. Verônica da Fonseca Genevois
Depto. de Zoologia da UFPE

**Recife
2003**

**Ao meu esposo
Múcio Luiz Banja Fernandes.**

**À minha filha
Alícia Pereira Banja Fernandes.**

Agradecimentos

Reconhecendo, acima de tudo, a existência de Deus, fonte de toda sabedoria que me foi confiada estendo, agora, meus sinceros agradecimentos às pessoas e Instituições abaixo, que muito contribuíram para o cumprimento desta etapa de minha vida profissional.

Professora Rosa de Lima Silva Melo pela amizade, orientação cuidadosa e pela confiança em mim depositada.

Meu esposo, Professor Múcio Luiz Banja Fernandes pelas sugestões, pelo apoio e incentivo profissional e principalmente, pela paciência e companheirismo empenhados no decorrer deste trabalho.

Professor Ricardo Coutinho, pela atenção dispensada e sugestões valiosas.

Professora Sigrid Neumann Leitão pelo apoio e pela indispensável contribuição na análise dos resultados.

Professora Elga Miranda Mayal, pela oportunidade de me inserir na área de estudo de organismos incrustantes.

Departamento de Oceanografia da Universidade Federal de Pernambuco, pela oportunidade de realização do Curso de Doutorado.

Faculdade de Formação de Professores de Nazaré da Mata, pela infraestrutura oferecida para execução do experimento e atividades laboratoriais.

Laboratório de Estudos Ambientais (LEA/FFPNM), sem o qual este trabalho não teria acontecido.

Finep/CNPq pelo financiamento do projeto de Pesquisa.

Empresa Suape pela concessão e acesso as áreas restritas do Porto, onde foi realizada esta pesquisa, e ao Senhor Romero Raposo Sales, pelo apoio profissional concedido.

Ao Instituto de Pesquisa do Mar Almirante Paulo Moreira da Marinha do Brasil (IEAPM) pela oportunidade de troca de experiências e vivência profissional.

Professora Gloria Cunha pela identificação das diatomáceas.

Adilma Cosentino e Fernanda Torres pela amizade e apoio profissional.

Professora Cileide Acioli Soares pela dedicação na identificação dos Amphipoda.

Luciana de Matos pela amizade incondicional e pelos conselhos em momentos difíceis.

Alberto, Patrícia, Thais, Dioga, Katiane, Paulo Sergio, Jose Lopes, Franciane, Morgana, Robson, Jailson, Thiago, Maria e Nilma, estagiários do Laboratório de Estudos Ambientais, pelo apoio e dedicação.

Fabiano pela identificação das ascídias e fotografias e a Jesser pelo apoio e dedicação na identificação de crustáceos.

Professora Edla Soares e Professor Custódio Amorim pela compreensão e confiança em mim depositada.

Ana Célia, Luiza, Wilson, Idelbrando, Morgana, Marisa e Simone, pela confiança e amizade.

À minha família: esposo, filha, mãe, vizinha, tios, irmãos, cunhados, sobrinhos pelo apoio e incentivo.

**“Um passo a frente, e você não
estará mais no mesmo lugar”.**

Chico Science

Lista de Figuras

Figura	Página
01. Localização Geográfica do Complexo Industrial Portuário de Suape. (modificado de Suape Complexo Industrial Portuário, 2002).....	13
02. Vista aérea do Porto de Suape, mostrando em A: ruptura parcial de recife permitindo a comunicação dos Rios Ipojuca e Merepe; B: Aterro que bloqueou a comunicação dos Rios Ipojuca e Merepe com a Baía de Suape; C: Abertura de Canal de Comunicação do mar com a Baía de Suape, onde foi construído o porto interno. (Fonte: Suape Complexo Industrial Portuário, 2002).....	14
03. Vista aérea do Porto externo de Suape, mostrando os píer's. Detalhe do PGL 1, onde foi instalado o experimento. (Fonte: Suape Complexo Industrial Portuário, 2002).....	15
04. Exemplo do modo de registrar as ocorrências. Os dados são referentes a placa G1 (maio de 2002 – T7). cr = Ballanidae ; mb = Briozoários incrustantes; atm = hidroide; ost = ostra; bp = <i>Phalusia nigra</i>	21
05. Cavalete em aço inoxidável que sustentou o conjunto de placas metálicas durante o experimento.....	24
06. Píer de graneis líquidos (PGL 1) e flutuadores que sustentaram o cavalete contendo as placas metálicas para estudo da bioincrustação no Porto Externo de Suape.....	24

07. Exemplo de Placa controle, mostrando área de recobrimento de 10 cm x 10 cm, com placa reticulada de nylon com moldura de acrílico, nas mesmas dimensões da área estimada para estudo.....	25
08. Variação dos parâmetros abióticos considerados durante o período de estudo: salinidade, temperatura (°C) e transparência da água (m).....	30
09. Precipitação média mensal (mm) na região de Suape durante o período de estudo.....	30
10. Frequência de ocorrência dos organismos incrustantes em placas controle.....	32
11. Frequência de ocorrência dos organismos incrustantes em placas de zarcão.....	33
12. Abundância relativa dos grupos de organismos incrustantes em placa de sucessão: controle, nas faces interna e externa.....	40
13. Abundância relativa dos grupos de organismos incrustantes em placa de sucessão: zarcão, nas faces interna e externa.....	41
14. Abundância relativa dos grupos de organismos incrustantes em placa de sucessão contendo “anti-fouling” , nas faces interna e externa.....	42
15. Abundância relativa dos grupos de organismos incrustantes em placas de recrutamento: controle, nas faces interna e externa.....	45
16. Abundância relativa dos grupos de organismos incrustantes em placas de recrutamento: zarcão, nas faces interna e externa.....	46

17. Abundância relativa dos grupos de organismos incrustantes em placas de recrutamento: “anti-fouling”, nas faces interna e externa.....	47
18. Percentual de espaços vazios durante o período de estudo, nos três tipos de placas, nas faces interna e externa.....	51
19. Percentual de recobrimento de limo durante o período de estudo, nos três tipos de placas, nas faces interna e externa.....	52
20. Percentual de recobrimento de <i>Nitzschia martiana</i> durante o período de estudo nos três tipos de placas, nas faces interna e externa.....	53
21. Percentual de recobrimento de Hidroides durante o período de estudo nos três tipos de placas, nas faces interna e externa.....	54
22. Percentual de recobrimento de Briozoários durante o período de estudo nos três tipos de placas, nas faces interna e externa.....	55
23. Percentual de recobrimento de Serpulídeos durante o período de estudo nos três tipos de placas, nas faces interna e externa.....	56
24. Percentual de recobrimento de Cirripédios durante o período de estudo nos três tipos de placas, nas faces interna e externa.....	57
25. Percentual de recobrimento de <i>Didemnum perlucidum</i> durante o período de estudo, nos três tipos de placas, nas faces interna e externa.....	58
26. Percentual de recobrimento de <i>Diplosoma listerianum</i> durante o período de estudo, nos três tipos de placas, nas faces interna e externa.....	59

27. Percentual de recobrimento de <i>Symplegma rubra</i> durante o período de estudo, nos três tipos de placas, nas faces interna e externa.....	60
28. Percentual de recobrimento de <i>Styela canopus</i> durante o período de estudo, nos três tipos de placas, nas faces interna e externa.....	61
29. Análise de similaridade das amostras nas placas de sucessão na área de Suape (PE-Brasil), no período de outubro de 2001 a outubro de 2002. (índice de Bray e Curtis, método de ligação e do peso proporcional - WPGMA).....	64
30. Análise de similaridade das amostras nas placas de recrutamento, na área de Suape (PE-Brasil), no período de outubro de 2001 a outubro de 2002. (índice de Bray e Curtis, método de ligação e do peso proporcional-WPGMA).....	67
31. Análise de similaridade dos taxa nas placas de sucessão. na área de Suape (PE-Brasil), no período de outubro de 2001 a outubro de 2002. (índice de Bray e Curtis, método de ligação e do peso-proporcional-WPGMA).....	70
32. Análise de similaridade dos taxa nas placas de recrutamento, na área de Suape (PE-Brasil), no período de outubro de 2001 a outubro de 2002. (índice de Bray e Curtis, método de ligação e do peso proporcional-WPGMA).....	71

Lista de Tabelas

Tabelas	Página
Tabela 1: Cronograma de coleta das placas de fouling desde o início (T1) até o final do experimento (T12).....	18
Tabela 2. Configuração de códigos e legendas utilizadas na identificação das placas.....	19

Sumário

Página

Agradecimentos

Lista de Figuras

Lista de Tabelas

Resumo

Abstract

1. Introdução.....	1
2. Base Conceitual.....	5
2.1. Hipóteses	5
2.2. Quadro Teórico sobre o Estudo de Comunidades incrustantes e “fouling”	5
3. Características da Região de Suape.....	9
3.1. Histórico da Construção do Complexo Industrial Portuário de Suape.....	10
4. Materiais e Método.....	16
4.1. Estudos Biológicos.....	16
4.1.1. Material Estudado.....	16
4.1.2. Identificação Taxionômica.....	16
4.2. Caracterização do experimento.....	17
4.3. Observação das placas de “fouling”	19
4.4. Processamento dos dados originais.....	20
4.5. Análises dos resultados obtidos.....	22
4.5.1. Freqüência de ocorrência	22
4.5.2. Abundância relativa.....	23
4.5.3. Variação quantitativa.....	23
4.5.4. Análise multivariada.....	23

5. Resultados.....	26
5.1. Sinopse Taxionômica.....	26
5.2. Parâmetros abióticos.....	29
5.3. Frequência de Ocorrência	31
5.4. Abundância Relativa.....	34
Sucessão	
5.4.1. Abundancia relativa dos grupos de organismos incrustantes em placas de controle.....	34
5.4.2. Abundancia relativa dos grupos de organismos incrustantes em placas com zarcão.....	36
5.4.3. Abundancia relativa dos grupos de organismos incrustantes em placas com “anti-fouling”.....	39
Recrutamento	
5.4.4. Abundancia relativa dos grupos de organismos incrustantes em placas de controle, zarcão e “anti-fouling”	43
5.5. Variação Quantitativa.....	48
5.6. Análise Multivariada.....	62
5.6.1. Análise de similaridade dos Taxa nas placas de sucessão....	62
5.6.2. Análise de similaridade das amostras nas placas de recrutamento.....	65
5.6.3. Análise de similaridade dos Taxa nas placas de sucessão...68	
5.6.4. Análise de similaridade dos Taxa nas placas de recrutamento.....	70
6. Discussão.....	72
7. Conclusões.....	92
8. Referências Bibliográficas.....	94

Resumo

O “fouling”, processo de adesão, colonização e desenvolvimento de seres vivos ou materiais não vivos sobre um substrato submerso pode ser danoso quando se estabelece sobre estruturas construídas pelo homem. O conhecimento sobre os processos biológicos e ecológicos na comunidade incrustante, que apresenta características particulares de acordo com a situação geográfica e a dinâmica do ecossistema na qual a comunidade incrustante está inserida, representa um elemento indispensável para a busca por alternativas antiincrustantes eficientes e menos danosas ao meio ambiente, do que as técnicas convencionais utilizadas até o momento. Neste contexto, o presente trabalho teve como objetivo estudar a comunidade incrustante sobre substrato artificial submerso na região de Suape, litoral sul do Estado de Pernambuco, Brasil. Foram analisados os processos de sucessão ecológica, recrutamento, bem como a resposta ao tratamento com tinta “anti-fouling” convencional. O estudo foi realizado durante o período de outubro de 2001 a outubro de 2002, utilizando placas metálicas de controle (sem tintas), tratadas com zarcão comum e com tinta antiincrustante. As placas foram dispostas em fileiras contendo placas acumulativas, destinadas ao estudo da sucessão e placas mensais para acompanhamento do processo de recrutamento. Os resultados obtidos mostraram que a comunidade incrustante da Região de Suape possui mecanismos de sucessão típicos, compostos inicialmente por colonizadores unicelulares eucariontes que foram representados por uma densa cobertura de diatomáceas coloniais, seguidos do “fouling” propriamente dito, representado por cnidários, briozoários, poliquetas, moluscos, crustáceos e tunicados. Briozoários incrustantes e cirripédios foram os organismos mais freqüentes e abundantes. Ascídias coloniais recobrem superfícies logo no início do processo de colonização, dominando o espaço, mas devido ao curto ciclo de vida logo disponibilizam o substrato para outros colonizadores. Grupos de

organismos menos expressivos formaram relações de epibioses, porém, mecanismos de defesa ou inibitórios impediram o desenvolvimento das epibioses sobre ascídias coloniais e briozoários incrustantes. Os parâmetros abióticos de salinidade e temperatura da água mostraram poucas variações. Foram definidos dois períodos sazonais, com base na precipitação média mensal que foi acompanhado pelo recrutamento de larvas que mostrou ser mais intenso no período de estiagem (verão). Esta sazonalidade do recrutamento parece estar mais relacionada com a transparência da água que mostrou ser o fator abiótico mais importante, pois a elevada turbidez da água nos meses de chuva que foi potencializado pelas atividades de dragagem do porto interno no mesmo período, elevando a quantidade de material em suspensão, o que impediu o recrutamento das larvas. Com relação aos tipos de tratamento empregados nas placas, a tinta “anti-fouling” mostrou-se eficiente e de ação duradoura sobre os organismos incrustantes locais. O zarcão comum não ofereceu nenhuma proteção contra o desenvolvimento do “fouling”.

Abstract

The "fouling", process of adhesion, settling and development of beings living on living and not living materials on a submerged substratum, can be harmful when it is established on structures constructed for the man. The knowledge of the biological and ecological processes in the fouling community, shows particular elements in accordance with the geographic situation and the dynamics of the ecosystem in which the animal community is inserted. In this context, the present work had as objective to study the biofouling on submerged artificial substratum in the region of Suape, the south coast of the State of Pernambuco, Brazil. The processes of ecological succession had been analyzed, conscription, as well as the reply to the treatment with conventional ink "anti-fouling". The study was developed in October of 2001 to October of 2002, using metallic plates of control (without inks), treated with common minium and anti-fouling ink. The plates had been made use in rows contend each one of them thirteen plates being twelve of accumulating them, destined to the study of the succession and a plate substituted monthly for accompaniment of the conscription process. The gotten results had shown that the fouling community of the region of Suape's port presents typical mechanisms of succession, composites initially for unicellular bacteria that they had been represented by a dense covering of colonial diatomaceous, followed of "fouling" properly said, represented for cnidarians, bryozoans, sea worm, clams, crustaceans and tunicates. Bryozoans and barnacles had been the abundant organisms and most frequent. Colonial seas-squirt soon recover surfaces in the beginning of the settling process, dominating the space, but had to the short cycle of life soon they leave the substratum for other colonizers. Groups of fewer occurrences had formed relations of growth in superficies, mechanisms of defense or inhibitory had hindered the development them epibiosis on colonial seas-squirt and incrust bryozoans. The non-biotic parameters of salinity and temperature of the water had shown few variations. Two characteristics periods

had been defined, on the basis of the precipitation measured monthly that it was followed by the conscription of larvae that it showed to be more intense in the dry period (summer). This periods of the conscription seems to be more related with the transparency of the water that it showed to be the more important non biotic factor, therefore the raised turbid of the water in the rain months that was raised by the activities of dredges in the internal port in the same period, raising the amount of material in suspension, what it hindered the conscription them larvae. With relation to the used types of treatment in the plates, the ink "anti-fouling" revealed efficient and of lasting action on the local fouling organisms. Common minium did not offer any protection against the development of "fouling".

1. Introdução

A região de Suape está localizada 40 Km ao sul da Capital de Pernambuco, Recife, e nela se localiza o Porto de Suape, que é hoje o maior Complexo Portuário da América do Sul, operando com navios de grande porte diariamente. Devido às características naturais daquela localidade, durante o processo de instalação do porto, iniciado há mais de trinta anos, o ambiente sofreu alterações significativas que desencadearam uma série de mudanças no ambiente físico e biológico da região. Um dos impactos potenciais na área de Suape está relacionado com o tráfego de navios vindos de diferentes países, que podem promover o estabelecimento de espécies exóticas. De acordo com Silva et al (2002), a invasão de espécies exóticas é hoje uma das maiores ameaças a integridade dos ecossistemas. O aumento de tráfego marítimo e o uso de grandes navios têm feito das incrustações nos cascos e da água de lastro os principais elementos dispersores que têm contribuído para eliminar ou reduzir as barreiras naturais que separam os ecossistemas, aumentando a homogeneização da flora e da fauna em todo o mundo, com sérios prejuízos ao meio ambiente, à biodiversidade e à saúde humana. Em relação ao "fouling", o emprego de tintas biocidas antiincrustantes vem reduzindo bastante o número de organismos presos aos cascos, mas o uso de organo-estanhos como o TBT (tri-butil estanho) vem sendo utilizado indiscriminadamente nos últimos anos, elevando os riscos ao meio ambiente. O conhecido e eficiente TBT, base para a produção de tintas antiincrustantes deverá, num futuro muito próximo, ser substituído por produtos livres de TBT. Em outubro de 2001, a Organização Mundial Marítima (IMO) decidiu por banir o uso dessa substância como um biocida no Sistema anti-fouling, devido aos efeitos negativos que este produto tem causado no ambiente e os maiores fabricantes de tinta antiincrustantes suspenderam a partir de 2002 a venda de produtos que tenham como base, o uso do TBT, sendo a sua utilização proibida a partir de 01 de janeiro de 2003.

Essas mudanças têm despertado o interesse de muitos pesquisadores que vêm travando uma batalha benéfica para o ambiente, que seja também, eficiente para as indústrias de tintas e de navios e estruturas submersas fixas, construídas pelo homem.

No Brasil, todas as pesquisas voltadas para o desenvolvimento de tecnologias alternativas ao uso do TBT vêm sendo realizadas com o apoio de universidades do Rio

de Janeiro e da Marinha do Brasil, estando concentradas, portanto, na região Sudeste. Essas pesquisas enfocam estudos sobre a composição e abundância do “fouling” bem como a compreensão sobre o recrutamento de larvas e os processos de sucessão da comunidade. Conhecendo esses organismos dentro desta perspectiva, é possível levantar hipóteses alternativas que possam inibir ou controlar o desenvolvimento do “fouling”, utilizando a biotecnologia para encontrar soluções eficazes e ecologicamente viáveis. Um exemplo desses estudos está no trabalho de Gama et al (2002), que apontam componentes naturais presentes nos organismos marinhos, como uma alternativa promissora. Na região Nordeste, alguns trabalhos vem sendo desenvolvidos em Fortaleza-CE, sob a coordenação do Instituto de Pesquisas do Mar Almirante Paulo Moreira (IEAPM) da Marinha do Brasil. Em Pernambuco, os conhecimentos sobre as comunidades “fouling” são ainda incipientes, sobretudo nas regiões portuárias onde se concentra a maior susceptibilidade ao estabelecimento de espécies exóticas. O conhecimento sobre a composição da comunidade “fouling” bem como a compreensão dos processos sucessórios na localidade de Suape surge como uma iniciativa pioneira, fundamental para a inserção do Estado de Pernambuco como ponto de referência dos estudos de Bioincrustação no Brasil.

Antes de tratar especificamente sobre o estudo das bioincrustações no Porto de Suape, é apropriado definir alguns dos mais importantes termos que serão utilizados neste trabalho.

Os organismos incrustantes são conhecidos mundialmente também pelo termo “fouling”, que de acordo com Wahl (1989), consiste de um processo de colonização de uma superfície sólida, viva ou morta. Sobre esta superfície se estabelecem os organismos incrustantes que numa constante transformação, em decorrência da ação dos parâmetros biótico e abiótico no meio aquático, evoluem para uma comunidade incrustante, fenômeno este, denominado de sucessão, termo básico para o estudo da evolução ecológica de comunidades aquáticas ou terrestres. Clements (1916) *apud* Absalão (1993) definiu sucessão como um processo ordenado e direcional, resultante de modificações

do ambiente físico pelos organismos presentes. Este resultado é gerado por diferenças no comportamento evolutivo entre espécies oportunistas e menos oportunistas. Odum (1985) define sucessão como uma modificação direcional

observada na composição da comunidade, ao longo do tempo. A ocupação do substrato por esses organismos é conhecida como recrutamento. Este resulta no processo de colonização de habitats por organismos marinhos com larva planctônica, envolvendo três fases: desenvolvimento, exploração do habitat e estabelecimento. Após estabelecimento, estes organismos devem sobreviver até que possam ser contados pelo observador, podendo para isso, terem passado dias ou até mesmo, meses. Desconsiderando apenas a primeira fase, pode-se denominar o processo como estabelecimento ou fixação do indivíduo na colônia (Keough e Downes, 1982). Complementando este conceito, Absalão (op. cit) define recrutamento como o processo de assentamento das larvas dos organismos, que, no caso, daqueles com larva planctônica, implica na transformação de seu hábito de vida para o bentônico, bem como a sobrevivência até o momento do recenseamento. Organismos coloniais são considerados como recrutados no momento do estabelecimento do indivíduo primário (a partir do qual a colônia vai se desenvolver).

Para Caley et al (1996), recrutamento, de maneira geral é definido como a adição de novos indivíduos para populações ou como um estágio sucessivo do ciclo de vida de uma população. Este processo é muito importante para a compreensão da extensão de um fenômeno ecológico, decorrente de uma estrutura genética da população e para a estrutura da comunidade.

Ao longo do processo de sucessão e recrutamento, a dinâmica de uma comunidade vai definindo seus componentes e neste processo alguns grupos de organismos expressam características próprias muito importantes. Uma delas é a capacidade de inibir ou impedir a formação de epibioses, que pode ser referenciada como mecanismos antiincrustante. Wahl (1989) define, o termo “anti-fouling” como uma estratégia usada por organismos basibiontes potenciais para limitar ou prevenir a colonização por epibiontes. Estes mecanismos tem sido explorados recentemente por muitos ecólogos, na busca de uma alternativa anti-incrustante definitiva como biocidas extraídos de vegetais ou animais marinhos, em substituição aos tratamentos convencionais, danosos ao ambiente, que brevemente estarão proibidos de serem utilizados em estruturas submersas ou náuticas de todo o mundo.

Neste contexto, o trabalho desenvolvido na Região do Porto de Suape com placas experimentais submersas teve como objetivos:

- Determinar a composição faunística incrustante presente na Região de Suape e indicar as espécies incrustantes que têm ação inibitória no desenvolvimento de outros organismos dentro do processo sucessório.
- Analisar as condições bióticas e abióticas que estão relacionadas com o processo de Bioincrustação, a fim de correlacionar os processos responsáveis pela estruturação e manutenção das comunidades incrustantes.
- Correlacionar a periodicidade de recrutamento de diferentes grupos de organismos em épocas distintas do ano, com a dinâmica de sucessão ecológica dos organismos incrustantes sobre substratos artificiais submersos.
- Verificar o efeito do tratamento “anti-fouling” convencional sobre a comunidade incrustante de substratos artificiais submersos na região portuária de Suape.

2. Base Conceitual

2.1. Hipóteses

- O uso de tintas “anti-fouling” nos substratos artificiais submersos minimiza os efeitos danosos da comunidade incrustante, elevando o período de vida útil dessas estruturas.
- A sucessão ecológica e o recrutamento de organismos incrustantes sobre substratos artificiais submersos estão submetidos aos parâmetros abióticos, sendo a transparência da água, um fator limitante.

2.2. Quadro teórico sobre o estudo de comunidades incrustantes e “fouling”

Os primeiros estudos relacionados com comunidades bentônicas de substratos artificiais consolidados buscavam entender os processos interativos entre os componentes das comunidades incrustantes e o seu meio. Giordano (2001) agrupou os trabalhos clássicos sobre sucessão ecológica em comunidades bentônicas de substratos consolidados em duas categorias: os que enfatizam as diversidades das comunidades já estabelecidas e os que enfatizam as estratégias de ocupação do substrato pelas larvas. Na primeira categoria, Thiery (1982) *apud* Giordano (2001) inclui os estudos realizados com o objetivo de explicar os padrões de diversificação de espécies ao longo do tempo em comunidades bentônicas. Na segunda categoria, considera-se a estratégia da dispersão por meio de larvas entre as espécies bentônicas aliada a influência dos mecanismos envolvendo as fases precoces da vida dos seres, no processo sucessório de comunidades bentônicas e no estabelecimento da diversidade.

Nesta perspectiva, os estudos tradicionais seriam meramente descritivos e enfatizariam estudos de sucessão primária e dinâmica temporal da comunidade, baseado em monitoramento freqüente, de curto, médio e longo prazo, tratados através de descritores de diversidade e dominância. De fato, as condições ambientais de cada

local podem conduzir em um prazo de duração em cada pesquisa de campo. Silva *et al* (1980) considera que, a diversidade e biomassa das comunidades incrustantes são fortemente influenciadas pelas condições mesológicas, considerando que, em regiões tropicais, onde a temperatura das águas é mais elevada e com pouca variação sazonal, observa-se um contínuo processo de colonização por parte dos organismos incrustantes, o que proporciona uma rápida sucessão ecológica e, conseqüentemente, uma elevada biomassa.

Estudos pioneiros envolvendo a comunidade incrustante remontam a 1937, quando Coe & Allen analisaram fatores bióticos e abióticos que influenciavam diretamente no estabelecimento de uma comunidade “fouling”, enfatizando que as interações inter-específicas como competição por espaço, são fatores limitantes para as espécies sésseis. Neste aspecto, distúrbios de natureza biótica ou abiótica minimizam esta competição, aumentando a biodiversidade na comunidade.

Em estudos realizados por Paine (1966) considerava-se a redução das populações de determinadas espécies para explicar a estrutura final da comunidade. Já autores como Osman & Whitlatch (1978) propuseram que a diversidade poderia ser vista mais como resultado da combinação de imigração e extinção, não envolvendo nenhuma interação biológica específica. Esta idéia foi depois reconsiderada pelos mesmos autores, quando em 1995 consideraram a influência de comunidades adultas residentes, no estabelecimento de algumas espécies, através de relações bióticas como a predação à larva recém fixada, removendo-a e, assim, disponibilizando o espaço para que outras larvas de sua espécie o colonize (Osman & Whitlatch, 1995a). Neste caso, os adultos residentes poderiam ainda, estimular ou inibir o estabelecimento de larvas sobre o substrato adjacente.

Um dos estudos de relevante interesse para a compreensão da dinâmica trófica no estabelecimento de comunidades incrustantes de sublitoral foi realizado por Dayton (1971), que enfatizou relações entre herbívoros e predadores como os distúrbios biológicos mais importantes. Estudos clássicos envolvendo comunidades “fouling” como os de Surtheland e Karlson (1977) e Shertheland (1980), relacionam o processo inicial de colonização pelas larvas como a principal causa da variação na composição de diferentes comunidades incrustantes. O papel funcional das espécies pode ser

definido como o efeito desta distribuição e abundância de outras espécies na comunidade (Sutherland, 1978).

Stoner (1990) estabeleceu que o sucesso de desenvolvimento de uma comunidade e a densidade de uma população recém-estabelecida está relacionado com a taxa de mortalidade de recrutas após seu estabelecimento e não com a quantidade de larvas recrutadas.

Os diversos fatores físicos e químicos da água são também considerados no desenvolvimento de uma comunidade incrustante sublitoral. Neste aspecto, destaca-se o trabalho pioneiro de Straughan (1967), que apontou a salinidade como elemento atuante diretamente na distribuição das espécies e fixação das larvas, como também na mortalidade dos indivíduos mais velhos.

Sutherland (1980) e Ortega (1981) concordaram em considerar que a energia e movimento de água parecem afetar a composição de uma comunidade incrustante, onde cracas, mexilhões, ascídias e algas preferem ambientes com maior movimentação hídrica, ao passo que ostras e briozoários preferem áreas mais abrigadas.

Em relação ao substrato, a presença de fendas e falhas parece aumentar a extensão de faixas ocupadas por cada espécie, sobretudo em regiões de médio litoral, pois estes meandros contribuem para a diminuição do estresse da dessecação. Pomerat e Weiss (1946) experimentaram vários substratos e sugeriram que a eficiência do substrato como coletor do "fouling" está mais relacionada com a porosidade da superfície, onde os substratos lisos são menos eficientes no recrutamento dos organismos sedentários.

No Brasil os estudos relacionados a comunidades incrustantes revelam trabalhos concentrados nas regiões Sul e Sudeste, sendo muito comuns aqueles relacionados com a distribuição vertical em comunidades de costões. No plano horizontal alguns estudos são conhecidos, com destaque para os trabalhos de Oliveira-Filho & Mayal (1976), Lotufo (1997), Rocha (1991), (1993a) (1993b.) (1995) e Rocha & Monniot (1995), todos em painéis experimentais. Recentemente Lotufo (2002), apresenta uma lista de ascídias para o litoral brasileiro, citando algumas espécies do litoral pernambucano.

Entre os experimentos de campo usando painéis experimentais no Brasil destacam-se os trabalhos de Eston (1981), Rocha (1988), Absalão (1993) e Giordano (2001) e Gama et al (2002 a e b), todos na região Sudeste.

No panorama exposto, pode-se constatar que uma diversidade de linhas de pesquisas vem se desenvolvendo desde a década de 70, com organismos incrustantes. Em ecologia, esses estudos focalizam a dinâmica no processo de colonização dos organismos ao longo do tempo e em busca do entendimento da estrutura da comunidade. Em áreas como Ciência e Tecnologia, o interesse maior volta-se para o desenvolvimento de alternativas de produtos “anti-fouling” menos danosos ao ambiente e de maior eficiência no combate as aderências biológicas sobre superfície de estruturas submersas construídas pelo homem. Nesta linha de pesquisa, muitos estudos têm avançado, uma vez que dentro de um prazo exíguo, os tratamentos antiincrustantes convencionais serão banidos e uma alternativa eficiente deve ser logo apresentada. Nesse aspecto, algumas pesquisas já vêm sendo desenvolvidas. Gama et al (2002) relacionam o efeito do extrato de algas phaeophyceae com ação biocida sobre o fouling. Pesquisas no âmbito de extratos de origem animal têm envolvido estudos sobre o efeito antibiótico de algumas ascídias, esponjas e briozoários, com destaque para os trabalhos de Stoecker (1980), Teo & Ryland (1995) e Pisut & Paulik (2002).

3. Características da Região de Suape

Este trabalho foi desenvolvido na região do Porto de Suape, litoral Sul de Pernambuco, Brasil. A palavra Suape deriva do tupi guarani *cuhape*, que significa “caminho tortuoso” (Galvão, 1927). A região de Suape está situada a aproximadamente 40 Km ao sul da cidade do Recife, abrangendo os municípios de Cabo de Santo Agostinho e Ipojuca, compreendida dentro dos paralelos 8°15'00" S e 8°30'00"S e dos meridianos 34°55'00"W e 35°05'00"W (Figura 1).

Estudos relacionados com os aspectos climáticos, geomorfológicos, hidrológicos e biológicos na região apontam mudanças significativas decorrentes da Implantação do Complexo Industrial Portuário de Suape, no final da década de 70.

Andrade & Lins (1978) classificaram a área de Suape como sendo uma região de clima pseudo-tropical tipo As', com período seco nos meses de setembro a fevereiro e chuvoso entre os meses de março e agosto, sendo a temperatura média anual de 27°C.

Toda a região apresenta fisionomia geomorfológica aplainada, com afloramento das massas vulcânicas fissurais no cabo de Santo Agostinho, onde se destacam praias atuais e fósseis (Santos e Costa, 1979) *apud* Neumann-Leitão (1986).

De acordo com Melo Filho (1977) *apud* Neumann-Leitao (1986), a área é cortada por diversos rios e riachos com maior concentração ao sul do Cabo de Santo Agostinho, convergindo para a Baía de Suape, no sentido Norte-Sul os seguintes rios: Massangana ou Suape, Tatuoca, Ipojuca e Merepe ou Giqui. Os dois últimos têm suas águas canalizadas pela extensa linha de recifes de arenito, interrompidas ao norte pelo maciço rochoso do cabo de Santo Agostinho. Os estuários nesta área são relativamente largos e profundos.

Em 1978, Lima e Costa já apontavam mudanças drásticas na paisagem, sobretudo quanto ao manto vegetal original, sendo as floretas de restingas, terraços litorâneos, mangues e florestas costeiras já profundamente modificadas, a floresta foi gradativamente substituída pelo cultivo da cana-de-açúcar. A fauna de maior expressão econômica concentrava-se nas águas, embora bastante comprometida pela pesca artesanal predatória.

Durante os anos de 1977 e 1978 o Governo do Estado de Pernambuco implantou um estudo sobre os aspectos bióticos e abióticos visando minimizar a deterioração dos recursos naturais, decorrentes da construção e implantação do complexo industrial portuário. Sob a Responsabilidade do Departamento de Oceanografia da Universidade Federal de Pernambuco, foram realizados estudos físico-químicos da água, estudos do plâncton, do bentos e do necton.

Uma considerável riqueza e diversidade foram registradas nestes estudos, com ênfase na malacofauna e carcinofauna, onde Fernandes & Silva (1994) e Fernandes *et al.* (1995) registraram a presença de gastrópodes pouco tolerantes a poluição, habitando diversos ecossistemas. Neumann-Leitao (1986) aponta uma elevada diversidade de zooplâncton, principalmente de rotíferos. Eskinazi-Leça & Koenig (1986) também registraram a flora fitoplanctônica na região e a consideraram diversa e abundante.

3.1. Histórico da Construção do Complexo Industrial Portuário de Suape

De acordo com Fernandes (1990) o ecossistema aquático de Suape abrangia três zonas hidrologicamente distintas, indicadas pelo Instituto de Desenvolvimento de Pernambuco (1983): Zona da baía de Suape e Cabo de Santo Agostinho, caracterizada com uma zona marinha costeira, praticamente livre de poluição; zona dos Rios Tatuoca e Massangana, caracterizada como uma zona estuarina com regime de salinidade polialino e livre de poluição e a zona estuarina do Rio Ipojuca, com regime de salinidade variando de polialino a limnético apresentando certo grau de poluição, decorrentes da influencia de usinas e indústrias açucareiras que margeiam o rio ao longo do seu percurso.

Após o início das obras de implantação do Complexo Industrial Portuário de Suape, profundas mudanças físicas ocorreram na área, acarretando alterações tanto nos componentes biológicos como nos aspectos hidrológicos e climáticos.

De acordo com Neumann-Leitao (1994), atualmente convergem para a baía de Suape apenas os rios Massangana e Tatuoca, tendo sido aterrada toda a parte da baía que se comunicava com os rios Ipojuca e Merepe, para a construção do porto e do terminal de tancagem. Devido a precária comunicação desses dois últimos rios com o

mar, foi aberta em 1983, uma passagem por quebra parcial dos recifes permitindo a sua ligação apenas durante a preamar (Figura 2 A e B).

Lima (1992) *apud* Neumann-Leitão (1994) ao analisar imagens de satélite tiradas em 1984, evidenciou um forte assoreamento na forma de esteira de sedimentos em suspensão que tem causado sedimentação nas proximidades dos recifes, e ainda, a construção do molhe em direção ao mar, perpendicular a linha de costa, alterou o sentido e a intensidade das correntes costeiras que penetram com mais força na baía, destruindo a praia e invadindo a vila de Suape. Fernandes (2000) afirmou, que o intenso aporte de sedimentos costeiros, somados a períodos de dragagens na Baía, aumentam de modo significativo a turbidez da água, o que figura como um dos processos mais impactantes para o ambiente, atingindo representantes da macrofauna ao longo de toda a linha recifal, até o Cabo de Santo Agostinho e, muitas vezes, soterrando os organismos bentônicos que habitavam a porção interna do recife.

Em 1997, com a abertura de um canal de navegação de 200 metros de largura na porção norte do recife, para atracamento no porto interno construído no interior da baía, passou a permitir uma ligação ainda maior daquela baía com o mar, antes favorecida apenas pela abertura existente entre a quebra do recife e o cabo de Santo agostinho (Figura 2 C). Neumann-Leitão (1994) já alertava que a baía de Suape apresentava-se contínua com características marinhas, com altas salinidades nas áreas mais internas dos rios Massangana e Tatuoca, devido à interrupção do aporte hídrico dos Rios Ipojuca e Merepe. Este novo canal intensifica as alterações hidrológicas já sofridas no interior da Baía.

No que se refere ao manto vegetal, a área de manguezal tem sofrido um processo de degradação acentuado, onde na área de jurisdição do complexo industrial, 60% já foram destruídos. Em relação ao fitoplâncton, Barros-Franca & Batista (1991) revelaram uma diminuição no número de diatomáceas em relação a estudos anteriores. A fauna aquática também foi atingida com a construção do Porto de Suape. Braga et al (1990) concluíram que houve queda de abundância de espécies de moluscos de valor econômico em pelo menos 75%, causando grande prejuízo social para a população humana menos favorecida. Para Neumann-Leitão, o recrutamento de larvas nessa área tornou-se reduzido devido a essas atividades antrópicas impactantes, comprometido

pelas interações e efeito cascata, sobretudo da comunidade zooplanctônica, demonstrando ser este um elemento chave na definição da ecologia local.

No Porto de Suape, local escolhido para o desenvolvimento deste estudo, há uma intensa operação de navios, diariamente, sem restrições de horários de maré, graças ao canal de navegação aberto às custas de dragagens periódicas. As instalações portuárias contam com um porto interno escavado, e um porto externo, separado naturalmente pelo cordão de recifes de barreira que protege o primeiro, situado no interior da Baía de Suape. O porto externo é abrigado por um molhe artificial de proteção com 2.950 m de extensão, dispendo de três instalações de acostagem: Píer de Granéis Líquidos 1 (PGL 1), Píer Marítimo de Gás Natural (PGNL) e Píer de Granéis Líquidos 2 (PGL 2), como mostra a Figura 3 (Suape Complexo Industrial Portuário, 2002). Uma estrutura metálica de suporte às placas, no nosso experimento, foi montada presa às pilastras que sustentam o PGL 1. Naquele local, a profundidade é de 14 m e existem dois berços de atracação para navios de até 45 mil tpb (Figura 03).



Figura 01: Localização Geográfica do Complexo Industrial Portuário de Suape (modificado de Suape Complexo Industrial Portuário, 2002).



Figura 02: Vista aérea do Porto de Suape, mostrando em A: ruptura parcial de recife permitindo a comunicação do Rio Ipojuca com o mar ; B: aterro que bloqueou a comunicação dos Rios Ipojuca e Merepe com a Baía de Suape; C: Abertura de Canal de comunicação do mar com a Baía de Suape, onde foi contruído o porto interno. (Fonte: Suape Complexo Industrial Portuário, 2002).

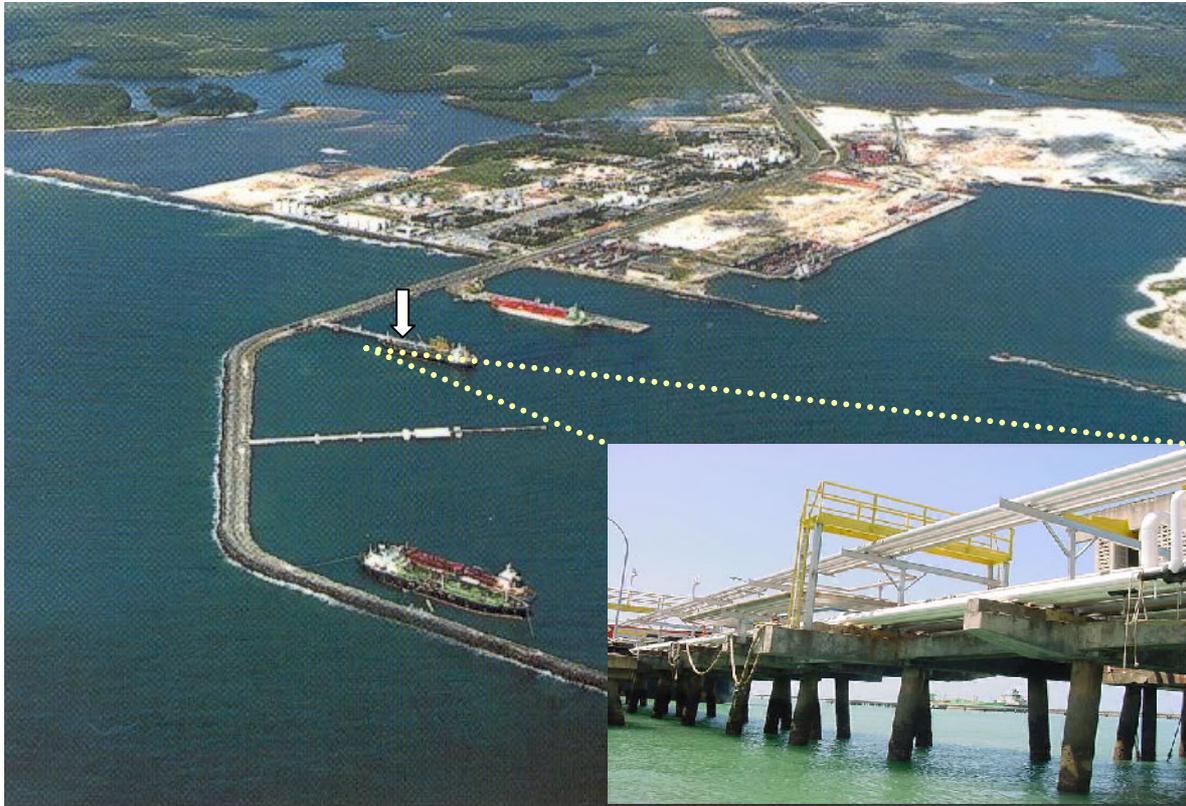


Foto: Gledson Ferreira

Figura 03: Vista aérea do Porto externo de Suape, mostrando os píer's. Detalhe do PGL 1, onde foi instalado o experimento. (Fonte: Suape Complexo Industrial Portuário, 2002).

4. Materiais e Método

Para atingir os objetivos propostos neste trabalho, realizaram-se estudos sobre a sucessão e recrutamento de organismos incrustantes sobre painéis experimentais metálicos submersos no porto externo de Suape. Com estes painéis procurou-se determinar a composição faunística estabelecida em placas de “fouling” durante um ano. Nesse período foram realizadas observações à cerca do recrutamento mensal e da dinâmica dos processos sucessórios, avaliando a frequência de ocorrência, a abundância relativa e a variação quantitativa das espécies e grupos que ali se estabeleceram. Através de análise multivariada pode-se determinar as interações entre os grupos, tanto no recrutamento como ao longo da sucessão, verificando as afinidades entre os taxa e também entre as amostras. A resposta dos organismos incrustantes ao tratamento nas placas de “fouling” contendo tinta com ação biocida foi comparada com o comportamento desses mesmos componentes faunísticos em placas de controle e com tratamento de zarcão.

4.1. Estudos Biológicos

4.1.1. Material Estudado

O material estudado consistiu de animais e alguns representantes de algas e microalgas. Foram considerados como organismos incrustantes aqueles animais sésseis e algas que sobre a superfície da placa crescessem, em colônias ou isoladamente.

4.1.2. Identificação Taxionômica

O material estudado foi separado ao nível de grandes grupos, sendo posteriormente identificados de acordo com a literatura pertinente. Os briozoários foram identificados com base nos trabalhos de Marcus (1937), Hayward (1985), Hayward & Ryland (1985) e Soule et al (1995). Para identificação das ascídias utilizou-se os trabalhos de Monniot & Monniot (1971), Rocha & Monniot (1995), Rodrigues et al

(1998) e Lotufo (2002). Moluscos foram identificados de acordo com Rios (1994). Hidroides tiveram suas espécies confirmadas através dos trabalhos de Calder & Mayal (1998) e Calder (1998). Anfípodas tubícolas foram identificados de acordo com os trabalhos de Ruffo (1982), Myers (1985), Barnard & Karaman (1991) e Serejo & Licínio (2002). Quando a identificação através de recurso bibliográfico não foi possível, o material foi encaminhado para especialistas do grupo.

4.2. Caracterização do Experimento

A figura 03 mostra o local onde foi instalado o experimento, próximo ao Píer de Granéis Líquidos (PGL-1) da Petrobrás localizado no porto externo Complexo Portuário de Suape, PE, onde um conjunto com 78 placas metálicas galvanizadas medindo de 20 cm de altura, 10 cm de largura e 0,5 cm de espessura, foi montado em um suporte de aço inoxidável em forma de cavalete, com 1,5 m de altura (Figura 05). As placas foram organizadas em três fileiras de ambos os lados do cavalete, sendo cada fileira composta por treze placas submetidas a diferentes tratamentos: na posição superior localizaram-se as placas com tratamento “antifouling”, no meio as placas tratadas com zarcão comum e inferiormente as placas de controle (sem tinta). O conjunto foi submerso, próximo ao Píer de Granéis Líquidos (PGL-1) da Petrobrás, localizado no porto externo. A estrutura esteve presa a dois flutuadores, que sustentaram o cavalete servindo de suporte aos painéis (Figura 06). O cavalete foi preso por cordas de algodão a dois flutuadores para garantir a sustentação do conjunto e foram mergulhados a 5 m da superfície da água, fixados por cordas de algodão nas pilastras do Píer. Como o local apresentava uma profundidade de 17 m, o cavalete esteve há 12 m do fundo. O conjunto foi montado de modo a evitar a exposição da superfície das placas diretamente aos raios solares, evitando, assim, a ocupação do substrato por macroalgas.

Foram consideradas como externas, as faces das placas voltadas para fora, e faces internas, aquelas voltadas para a parte de dentro do cavalete.

Das treze placas dispostas em cada fileira, uma foi destinada ao estudo do recrutamento mês a mês e durante as coletas foram recolhidas e substituídas por outras placas limpas, com as mesmas características. As demais doze placas tiveram o

caráter acumulativo e, a cada mês, uma delas foi retirada do conjunto, para caracterizar o processo de sucessão da comunidade incrustante num período de um ano. Todas as placas foram duplicadas no outro lado do cavalete, a fim de minimizar eventuais perdas de material no decorrer do experimento.

O material foi coletado através de mergulho autônomo, quando cada placa de recrutamento foi retirada do conjunto e imediatamente substituída por outra. As placas destinadas ao estudo de sucessão foram retiradas, porém, não substituídas.

Para a coleta, utilizaram-se sacos plásticos etiquetados, onde cada placa foi colocada junto com água do próprio local e lacrados, ainda embaixo d'água. O material então foi trazido à superfície e depositado em cubas plásticas que foram conduzidas ao Laboratório de Estudos Ambientais (LEA) da Faculdade de Formação de Professores de Nazaré da Mata – Universidade de Pernambuco (FFPNM/UPE). Por ocasião de cada coleta, foram aferidos os dados de temperatura através de termômetro de mercúrio, salinidade através de Salinômetro manual e transparência da água através do disco de Secchi. Os dados relacionados com as médias pluviométricas mensais foram obtidos de pluviômetros da estação meteorológica da Usina Ipojuca, no município de mesmo nome, sendo a localidade com aparelho mais próxima do Porto de Suape.

A tabela 1 apresenta o cronograma de coletas durante a execução do experimento.

Tabela 1: Cronograma de coleta das placas de “fouling” desde o início (T1) até o final do experimento (T12)

04.10.2001 (T1)	01.11.2001 (T2)	06.12.2001 (T3)	08.01.2002 (T4)
21.02.2002 (T5)	28.03.2002 (T6)	02.05.2002 (T7)	12.06.2002 (T8)
04.07.2002 (T9)	13.08.2002 (T10)	06.09.2002 (T11)	22.10.2002 (T12)

As visitas ao campo foram realizadas mensalmente durante um ano, preferencialmente durante a baixa mar. Foi retirada uma placa mensal de cada grupo (controle, com tinta antifouling e com zarcão) e uma placa acumulativa com suas

respectivas duplicatas, totalizando doze placas retiradas e etiquetadas com os seguintes códigos:

- M: correspondente às placas mensais que foram substituídas mês a mês por uma outra placa limpa para se estudar o recrutamento
- A a L: correspondente as placas acumulativas de sucessão que foram coletadas a cada mês durante doze meses.
- 1: correspondeu a fileira de placas que representou o controle (sem tinta)
- 2: correspondeu a fileira de placas tratadas com zarcão
- 3: correspondeu a fileira de placas tratadas com tinta “anfifouling”

Esta legenda foi repetida nas duplicatas, sendo acrescentadas de apóstrofo.

A tabela 2 mostra a configuração dos códigos utilizados na identificação das placas.

Tabela 2. Configuração de códigos e legendas utilizadas na identificação das placas

	Recrutamento		Sucessão	
	matriz	duplicata	Matriz	Duplicata
Placas de controle	M1	M1'	A1, B1,...L1	A1', B1',..., L1'
Placas com zarcão	M2	M2'	A2, B2,...L2	A2', B2',...,L2'
Placas com antifouling	M3	M3'	A3, B3,...L3	A3', B3',...,L3'

4.3. Observação das placas de “fouling”

As placas retiradas foram devidamente acondicionadas e conduzidas ao LEA – FFPNM/UPE para serem observadas. Em Laboratório essas placas foram retiradas dos sacos plásticos e depositadas em cubas, junto com a água do próprio local, sendo acrescentada mais água até que ficassem totalmente encobertas. Utilizou-se Mentol para anestésiar os organismos durante um período mínimo de duas horas, e posteriormente as placas foram congeladas para, em outro momento, serem analisadas.

O registro para posterior estimativa dos recobrimentos específicos foi realizado pelo método de contatos. Para isso, utilizou-se um reticulado de nylon preto preso em uma moldura de acrílico, medindo 10 cm x 10 cm delimitando 100 espaços de 1 cm², regularmente definidos (Figura 07). As placas, uma por vez foram expostas em bandejas com água doce e sob um estereomicroscópio com iluminação artificial, onde se procederam a leitura e contagem dos organismos, nos espaços delimitados. Para a identificação dos organismos, inicialmente foi designada uma série de códigos a fim de agilizar o registro das ocorrências, sendo, posteriormente raspados da superfície das placas para uma identificação mais detalhada até o nível taxonômico mais restrito possível.

4.4. Processamento dos dados originais

Uma planilha em papel foi reproduzida para cada lado em cada uma das placas, representando os espaços delimitados pela placa reticulada, definindo o percentual de cobertura por cada Taxa, sendo preenchida pelos códigos identificadores dos organismos que ocuparam os espaços, incluindo os referentes a espaços vazios, conforme está ilustrado na Figura 04.

Em cada grupo de placas foi calculado o percentual de ocorrência de cada Taxa, sendo construída uma matriz de dados brutos que serviram de base para a realização das análises qualitativas e quantitativas dos resultados obtidos. A Composição da comunidade em cada placa foi comparada com base nos cálculos de recobrimento de espécies e de grupos nas placas com “anti-fouling”, controle e com tratamento de zarcão.

O número total de contatos para cada espécie e em cada placa foi calculado em percentual, tendo sido estimado o valor médio por espécie nas 78 placas, separadas em cada tipo de tratamento. Considerando que o total de subquadrados por placa é 100, os números absolutos de contatos expressam o próprio recobrimento percentual na área da placa delimitada para estudo.

mb	mb	mb	mb	mb	mb	mb	mb	mb	mb
atm	atm							ost	ost
mb	mb	mb	mb	mb	mb	mb	mb	mb	mb
atm	atm	atm	atm		atm			ost	ost
mb	mb	mb	mb	mb	mb	mb	mb	mb	mb
atm		cr		atm				ost	ost
mb	cr	mb	mb	mb	mb	mb	mb	mb	mb
cr		cr	atm	atm	atm		cr		
mb	cr	mb	mb	mb	mb	mb	mb	mb	mb
bp/atm	atm	cr		atm	atm	cr			
mb	mb	mb	mb	mb	mb	mb	mb	mb	mb
atm	atm	atm		cr			atm		
mb	mb	mb	mb	mb	mb	mb	mb	mb	mb
cr	atm		cr		atm				
mb	mb	mb	mb	mb	mb	mb	mb	mb	mb
		cr	atm	atm					atm
mb	mb	mb	mb	mb	mb	mb	mb	mb	mb
				atm		cr		atm	atm
mb	mb	mb	mb	mb	mb	mb	mb	mb	mb
atm	atm			atm					

Figura 04. Exemplo do modo de registrar as ocorrências. Os dados são referentes a placa G1 (maio de 2002 – T7). cr = Ballanidae ; mb = Briozoários incrustantes; atm = hidroide; ost = ostra; bp = *Phalusia nigra*;

De posse desses dados, foi construída uma planilha que favoreceu o cálculo dos índices de freqüência de ocorrência, abundancia relativa a cada filo ou classe e variação quantitativa por espécie ou grupo de afinidade.

No caso dos grupos buscou-se organizar os animais e algas pelo nível taxonômico mais abrangente, dando para eles um tratamento semelhante ao determinado para as espécies, incluindo o espaço vazio.

Para considerar as primeiras espécies que surgiram nas placas, foram utilizados os critérios de amostragens padronizados, onde apenas a área basal foi utilizada para delimitação da área de recobrimento, não se considerando as frondes, possibilitando com isso uma estimativa de recobrimento.

Espécies fundadoras ou colonizadoras primárias foram consideradas de acordo com os seguintes critérios:

- Após o primeiro mês as que forem capazes de se fixar diretamente na placa, ocupando o espaço primário.
- Que em alguma ocasião dentro do tempo estimado entre cada coleta, ocuparem ao menos 10% do espaço primário ou secundário de uma placa.

Espécies ou grupos foram considerados quanto a sua freqüência e representatividade de acordo com critérios de padronização, agrupando-os em categorias pré-estabelecidas, relacionadas com processos bióticos e abióticos afetando os adultos como também no modo como recrutam os jovens, conforme as que se seguem:

- Espécies representativas e com freqüência não desprezível: com pelo menos três ocorrências e representatividade superior a 10% ao longo dos doze meses de estudo.
- Espécies representativas com baixa freqüência: que ao longo do período observado tiveram representatividade superior a 10% e menos de três ocorrências
- Espécies pouco representativas (menos de 10%), mas que tiveram mais de três ocorrências ao longo do período.
- Espécies ocasionais que tiveram menos de três ocorrências com representatividade abaixo de 10%.
- Espécies dominantes: representatividade maior que 50% em pelo menos um mês de observação.

4.5. Análise dos resultados obtidos

4.5.1. Freqüência de ocorrência

A freqüência de ocorrência de cada espécie ou grupo foi estimada a partir da observação de sua ocorrência em cada amostra, independente do percentual de recobrimento por ela apresentada.

4.5.2. Abundancia relativa

A abundância relativa foi estimada a partir de grandes grupos zoológicos reunidos ao nível de Filo ou unidade taxionômica imediatamente inferior, reunidos em gráfico onde se vislumbrou o percentual de ocorrência dos grupos, mês a mês nas placas de controle, com zarcão e com “antifouling”.

4.5.3. Variação quantitativa

A variação quantitativa expressou, através de gráficos, as oscilações entre as espécies e grupos de espécies ocorrentes ao longo do período de experimento, em placas com os diferentes tipos de tratamento. A análise desta variação permitiu definir um processo de sucessão ecológica entre os grupos, além de uma associação entre os parâmetros abióticos e seu comportamento na evolução sucessória nas placas.

4.5.4. Análise multivariada

Na análise de agrupamento das amostras e dos taxa foi utilizado o índice de Bray e Curtis, com base na matriz de abundância dos organismos incrustantes. A classificação utilizada foi a aglomerativa hierárquica do “peso proporcional” (Weighted Pair Group Method Average Arithmetics - WPGMA). Foi também testado o bom ajuste dos agrupamentos a partir da matriz simétrica de valores cofenéticos (Rohlf e Fisher, 1968).

Todos esses cálculos foram feitos utilizando o programa computacional ESTATISTICA e o NTSYS (Numerical Taxonomy and Multivariate Analysis System) da Metagraphics Software Corporation, Califórnia – USA.



Figura 05: Cavalete em aço inoxidável que sustentou o conjunto de placas metálicas durante o experimento



Figura 06: Píer de graneis líquidos (PGL 1) e flutuadores que sustentaram o cavalete contendo as placas metálicas para estudo da bioincrustação no Porto Externo de Suape.



Figura 07: Exemplo Placa controle, mostrando área de recobrimento de 10 cm x 10 cm, com placa reticulada de nylon com moldura de acrílico, nas mesmas dimensões da área estimada para estudo.

5. Resultados

5.1 Sinopse Taxionômica

Nas placas submersas ao longo do período de observações, muitos organismos incrustantes ocorreram, o que possibilitou analisá-los qualitativamente. A sinopse a seguir inclui todas as espécies ou grupos taxionômicos superiores, mesmo os menos representativos, que devido a baixa ocorrência não foram considerados nos tratamentos dos dados, mas estão registrados para efeito de reconhecimento da biodiversidade.

Filo Cnidaria

Classe Hydrozoa

Família Pennariidae

Pennaria disticha Goldfuss, 1820

Família Plumariidae

Plumularia floridana Nutting, 1900

Subfilo Anthozoa

Subclasse Octocorallia

Ordem Telestacea

Família Telestidae

Carijoa riisei Duchassaing & Michelotti

Ordem Zoanthidea

Palithoa caribeorum Duchassaing, 1850

Filo Ectoprocta

Classe Gymnolaemata (Allman, 1856)

Ordem Cheilostomatida (Busk, 1852)

Subordem Ascophora (Levinsen, 1909)

Superfamília Smittinoidea (Levinsen, 1909)

Família Smittinidae (Levinsen, 1909)

Parasmittina trispinosa (Hincks, 1884)

Superfamília Bulguloidea (Gray, 1848)

Família Bugulidae (Gray, 1848)

Caulibugula sp

Família Hippopodinidae (Levinsen, 1909)

Hippopodina feegeenis (Levisen, 1909)

Superfamília Catenicelloidea (Busk, 1852)

Família Catenicellidae (Busk, 1852)

Catenicella contei (Busk, 1852)

Filo Annelida

Classe Polychaeta

Ordem Sabellida

Família Serpulidae

Filo Mollusca

Classe Bivalvia

Ordem Ostreoida

Subordem Ostreina

Superfamília Ostreoidea

Família Ostreidae

Superfamília Ostreinae

Crassostrea rhizophorae (Guilding, 1828)

Filo Crustacea

Classe Malacostraca

Superordem Peracarida

Ordem Amphipoda

Subordem Gammaridea

Família Ischyroceridae

Erichthonius brasiliensis (Dana, 1953)

Família Podoceridae

Podocerus brasiliensis (Dana, 1953)

Família Ampithoidae

Ampithoe ramondi (Audouin, 1826)

Classe: Cirripedia

Ordem: Thoracica

Subordem Balanomorpha

Família Balanidae

Família Lepadidae

Lepas sp

Filo Chordata

Subfilo Urochordata

Classe Ascidiacea (Tunicata)

Ordem Aplousobranchia

Família Dideminidae

Didemnum sp

Didemnum perlucidum (Monniot F., 1983)

Didemnum psammathodes (Sluiter, 1895)

Diplosoma listerianum (Milne-Edwards, 1841)

Diplosoma sp

Ordem Phlebobranchia

Família Ascidiidae

Phallusia nigra (Savigny, 1816)

Ordem Stolidobranchia

Família Styelidae

Styela canopus (Savigny, 1816)

Symplegma rubra (C. Monniot, 1972)

5.2. Parâmetros Abióticos

As figuras 08 e 09 mostram as variações dos parâmetros abióticos observados ao longo do período de estudo. Em relação a salinidade e temperatura, pode-se notar que houve uma considerável estabilidade, onde a salinidade teve índices de 31 a 33 durante os meses de novembro/2001 a maio/2002. Os meses de junho a outubro/2002, apresentaram uma salinidade mais oscilante, porém, nenhum valor foi superior a 36. O nível mais elevado de salinidade, 39, foi obtido no primeiro mês de estudo (outubro/2001). Deve-se considerar aspectos relacionados com o horário e o nível de maré em que a salinidade foi aferida naquele instante para que o valor obtido tenha sido o mais elevado de todo o período de estudo, já que nos outros meses os parâmetros foram aferidos em níveis de marés e horários os mais semelhantes possível. A temperatura da água foi medida na superfície, uma vez que não se notou diferenças térmicas consideráveis entre a superfície e a profundidade onde estava instalado o experimento (5,0 m abaixo da lâmina d'água). Os valores máximos e mínimos de temperatura obtidos foram respectivamente de 31°C e 26 °C, tendo os valores mais elevados ocorridos entre os meses de dezembro/2001 a março/2002, estação mais quente, com baixa precipitação na região estudada.

Os valores de transparência da água obtidos através do lançamento do disco de Secchi mostraram valores crescentes de 3 m a 7 m durante o período de outubro/2001 a fevereiro/2002. A partir daí a visibilidade na água foi reduzida subitamente de 7m em fevereiro para 1,5 m em março, chegando a 1 m em junho e aumentou gradativamente até atingir 1,6 m no último mês de estudo. Estas diferenças apresentadas pela transparência da água estão diretamente relacionadas com o período de atividades de dragagens no porto escavado de Suape, que levanta o sedimento do fundo deixando a água turva mesmo após serem estas atividades encerradas. Além das atividades antrópicas, deve-se considerar o início da estação chuvosa na região, como apontado no gráfico da figura 08, a partir de março que atingiu no mês de junho, valores de 740 mm. Durante o período chuvoso, sedimentos terrígenos são também lixiviados, aumentando a turbidez da água.

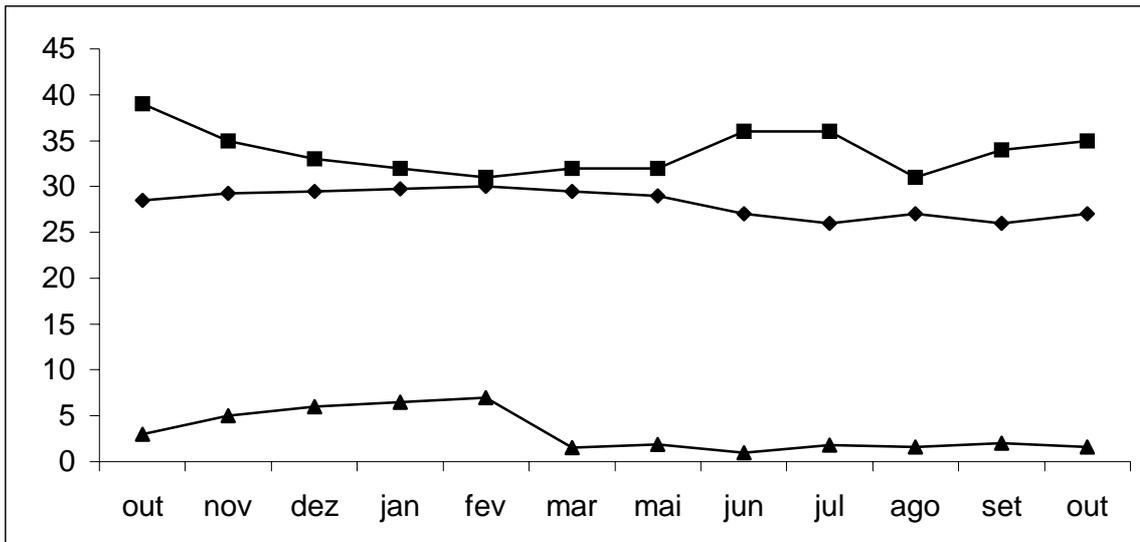


Figura 08: Variação dos parâmetros abióticos considerados durante o período de estudo.

◆ Temperatura da água; ■ Salinidade; ▲ Transparência da água

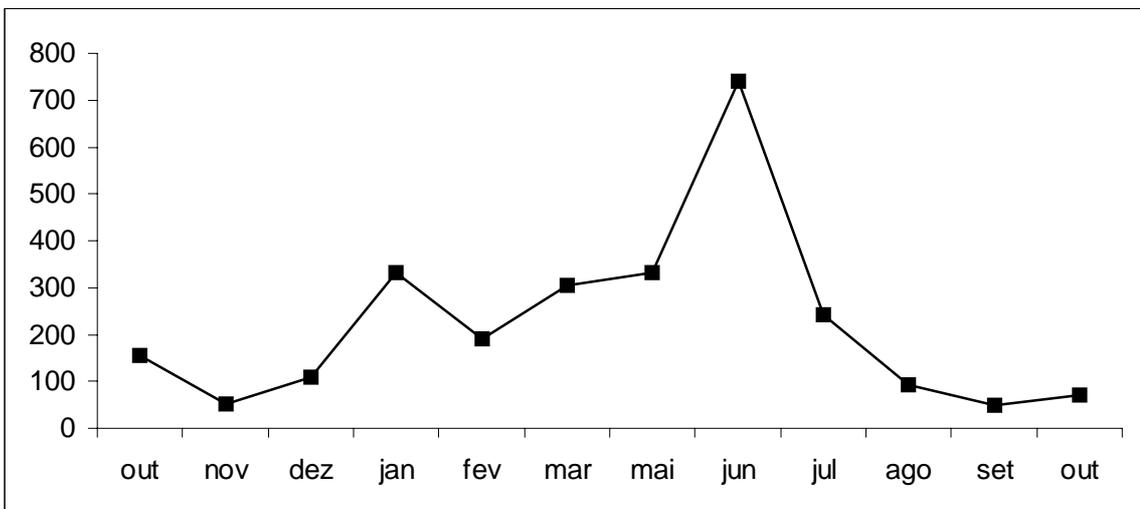


Figura 09: Precipitação média mensal (mm) na região de Suape, durante o Período de estudo.

5.3. Freqüência de ocorrência

Analisando a freqüência de ocorrência das espécies e dos grupos de incrustantes ao longo do período de estudo (Figuras 9, 10 e 11), observou-se que para as placas de controle e com zarcão, as cracas foram os organismos mais freqüentes, seguidos dos briozoários incrustantes. Nos dois tipos de placas, os espaços vazios ocupam o terceiro lugar em freqüência.

Hidróides e serpulídeos também foram freqüentes, sendo o primeiro mais freqüente em placas de controle e o segundo com maior freqüência em placas com zarcão.

A partir desses grupos, as colônias de ascídias da espécie *Symplegma rubra* foram as que ocorreram mais freqüentemente nas análises de freqüência nas placas controle, embora comparada com os grupos referidos anteriormente, sua freqüência tenha sido de 30%. *Didemnum perlucidum* e a diatomácea *Nitzschia martiana* tiveram freqüências próximas de 30% e as ostras, ocorrendo com percentuais de recobrimento mais baixos, foram registradas com uma freqüência superior aos anfípodas tubícolas, octocorais, algas calcáreas e outras espécies de ascídias. Algas do gênero *Ulva* e cirripédios do gênero *Lepas* tiveram sua presença registrada, mas ocuparam espaços na placa fora dos limites estabelecidos para o estudo (10 cm x 10 cm).

Nas placas com tratamento “anti-fouling”, como já era esperado, os espaços vazios e o limo predominaram, e como o efeito antifouling da tinta foi eficiente, não houve recobrimento desta superfície por nenhum organismo.

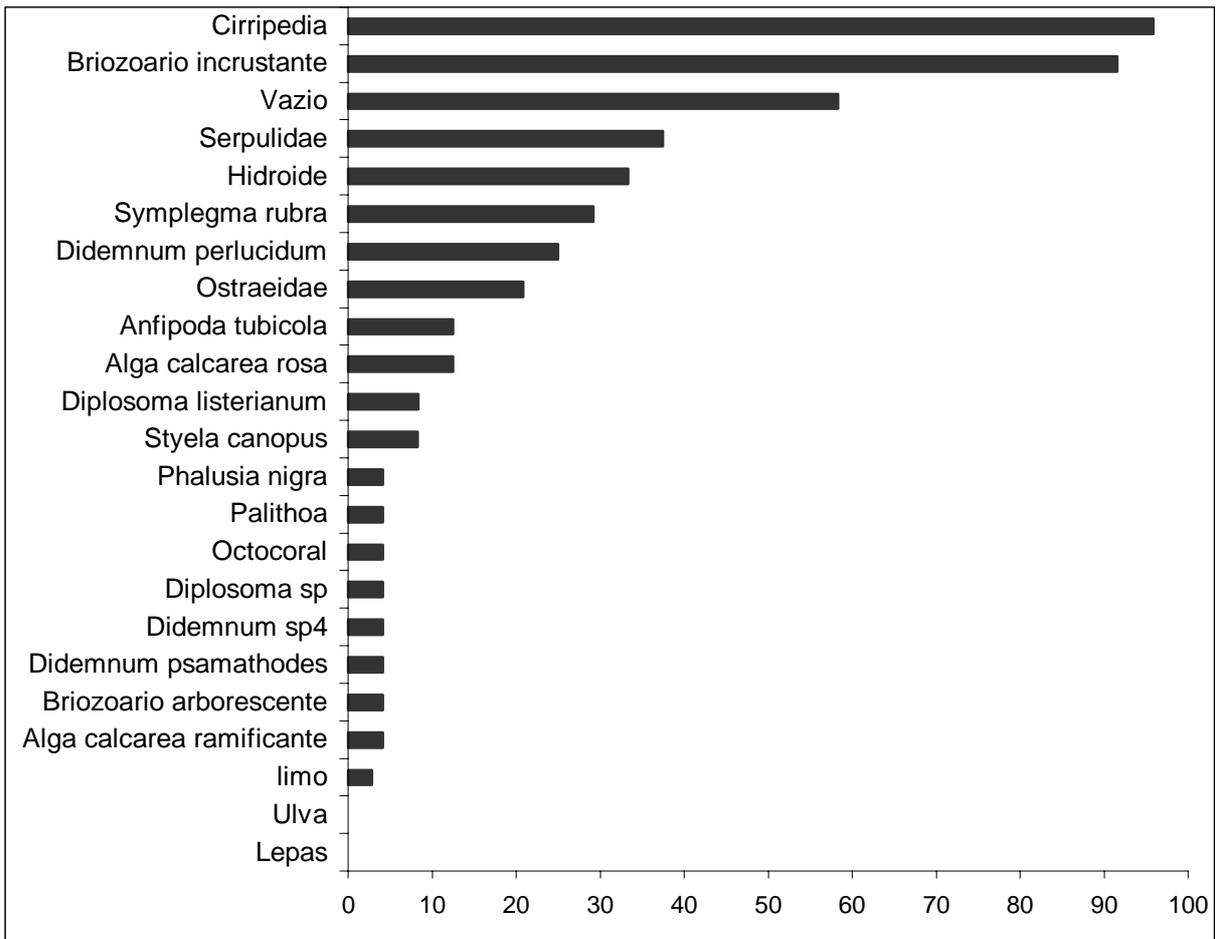


Figura 10: Frequência de ocorrência dos organismos incrustantes em placas controle.

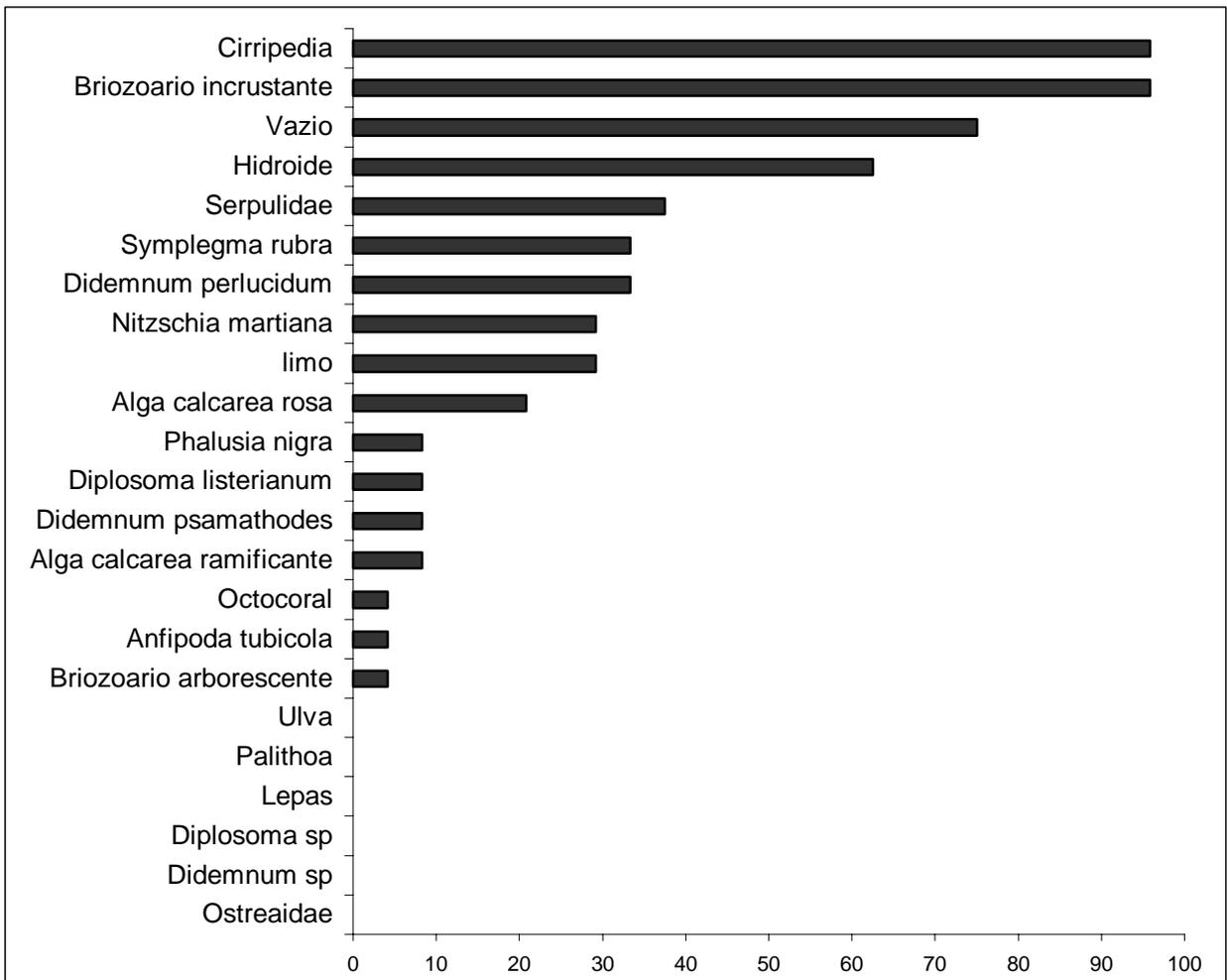


Figura 11: Frequência de ocorrência dos organismos incrustantes em placas de zarcão.

5.4. Abundância Relativa

Sucessão

5.4.1. Abundância Relativa dos grupos de organismos incrustantes em placas de controle

De acordo com o que mostra a Figura 12, pode-se observar os grupos de organismos que colonizaram o espaço primário no substrato dos três tipos de placas. No primeiro mês (T1), o tempo de submersão das placas de sucessão, que são acumulativas, foi o mesmo da placa de recrutamento. Contudo, observou-se que alguns organismos que ocuparam as placas de sucessão não ocorreram em placas de recrutamento. Organismos susceptíveis a ocupar o espaço primário de um substrato, ocupando pelo menos 10% deste, foram considerados como primeiros colonizadores ou espécies pioneiras. Nesse contexto, o principal componente do grupo das algas, é a espécie pioneira mais importante, uma vez que colonizou a superfície limpa do substrato no primeiro mês, com recobrimento representativo. Estas algas da espécie *Nitzschia martiana*, obteve valores de 35% e 85% nas placas controle, respectivamente nas faces interna e externa. Valores de 98% foi registrado para este grupo em placas com zarcão na face externa e 50% na face interna.

Briozoários foram também espécies pioneiras, que ocuparam 20% do espaço primário apenas na face interna. Nesse mesmo lado registrou-se ainda Ascídias, poliquetas e crustáceos como grupos colonizadores de placas de “fouling”, com percentuais respectivos de 12%, 18% e 10%.

Ocupando espaço secundário sobre outros organismos, a partir do segundo mês acumulativo (T2), pode-se definir um processo sucessório. Em placas de controle, na face interna, briozoários prevaleceram com 48% de recobrimento, competindo com os crustáceos que, nesse período, ocuparam 35% do espaço disponível. Grupos menos expressivos foram registrados, como no caso dos poliquetas (4%) e ascídias (13%), esta última representada, principalmente por colônias muito jovens, recém recrutadas. Na face externa do mesmo tipo de placa, observou-se que o espaço que antes fora ocupado por algas reduziu e cresceram os percentuais de recobrimento de ascídias

(12%), cracas (17%) e briozoários (13%). O percentual de espaço primário vazio foi representativo (19%). No terceiro mês de acumulação nas placas de controle (T3), notou-se o crescimento do grupo de ascídias, que passaram a dominar o espaço, atingindo percentuais de recobrimento de 72% na face interna e 96% na face externa da placa. Constatou-se que o crescimento de briozoários foi inibido pelas ascídias, que recobriram suas colônias já estabelecidas. Na face interna da placa as ascídias aumentaram suas populações e apresentaram um recobrimento de 98%. Na face externa, ascídias (59%) e briozoários (36%) ainda disputaram o mesmo espaço. Neste mês foi registrado o primeiro representante do filo Mollusca.

A partir de maio (T7), as colônias de ascídias foram substituídas por briozoários, que na face interna da placa ocuparam 74% da superfície. Cnidários representados por hidróides foram representativos, com 15% de recobrimento.

Ostras permaneceram presentes, mas em percentuais não representativos. Espaços vazios aumentaram nos meses de junho e julho (T8 e T9), representando agora 52% da superfície.

No mês de julho (T9), os briozoários reduziram seu percentual de recobrimento para apenas 9% na face externa das placas de controle e 37% no lado interno deste mesmo tipo de placa. Nesse mesmo lado, crustáceos, hidróides e ascídias representaram respectivamente 14%, 15% e 10%.

O mês de agosto (T10) foi caracterizado pelo predomínio dos espaços vazios e pelas algas no lado interno, embora com percentuais pouco representativos. As populações de crustáceos (28%), e briozoários (27%) também expandiram seu recobrimento. No lado Externo da placa, as cracas foram dominantes recobrimdo 51% da superfície. Briozoários somaram 25%, enquanto que 21% do espaço permaneceu sem recobrimento. Os poliquetas estiveram presentes, mas não foram representativos.

O lado interno das placas controle de sucessão, após onze meses submersos, apresentaram, em setembro (T11), uma variabilidade de cinco grupos de animais, onde os crustáceos representaram a maioria (40%), seguidos de briozoários (17%), cnidários (16%), poliquetas (6%) e uma pequena quantidade de limo (7%). No lado externo das placas as algas foram dominantes, encobrimdo parte das cracas e ocupando o espaço anteriormente vazio. Este grupo representou 59% do percentual de recobrimento,

enquanto que as cracas representaram 15% e os espaços vazios, 20%. Briozoários (6%) embora presentes, neste mês não foram representativos.

5.4.2. Abundância relativa dos grupos de organismos incrustantes em placas com zarcão

Observando o primeiro mês de estudo, constatou-se que nas placas tratadas com zarcão, as diatomáceas *Nitzschia martiana* foram dominantes. No lado interno das placas observou-se um recobrimento de 52% e grupos menos representativos que colonizaram a placa como poliquetas (13%), crustáceos (9%) e briozoários com apenas 4%, deixaram ainda 22% do espaço primário vazio.

Na face interna o status de espécie pioneira foi ocupado exclusivamente por esta diatomácea colonial com 96% de recobrimento. Após o segundo mês de colonização (T2), nos dois lados da placa, o espaço antes ocupado pelas algas foi substituído por grupos que surgiram no lado externo representados pelos poliquetas (6%), cnidários (28%), crustáceos (37%). O limo, recobrando 29%, consistiu de uma fina película de sedimento encobrindo as algas ainda presentes. No lado interno os crustáceos formaram um grupo mais representativo, com 31%, seguido de hidróides (26%), poliquetas (12%), limo (8%) e briozoários (3%). O espaço vazio representou 20% da superfície da placa naquele mês.

O mês de dezembro/2001 (T3) foi caracterizado por uma sucessão de grupos animais, onde no lado interno das placas, se observou um crescimento das colônias de briozoários para 15%, cnidários ocuparam 27% do espaço secundário, e surge o grupo das ascídias com elevada taxa de recobrimento, sendo dominante com 61%. Os crustáceos tiveram seu percentual de recobrimento reduzido naquele mês para 22%. As cracas, integrantes desse grupo foram freqüentes e representativas ao longo de todo o estudo, mas não representaram valores de dominância.

No lado externo, algas estiveram presentes e somaram 30% de recobrimento primário, dividindo espaço com grupos também representativos de crustáceos (26%) e ascídias que surgiram ocupando 29% da placa com colônias jovens. Cnidários e poliquetas também estiveram presentes, mas não foram representativos.

No quinto mês de estudo (T5), ascídias e briozoários competiram por espaço. O primeiro grupo com 46% de recobrimento e o segundo com 33%, dividiram ainda o espaço com cracas, representadas em 14% do total de recobrimento. Cnidários e poliquetas, embora presentes, não foram representativos. O mês de fevereiro (T5) foi semelhante em ambos os lados das placas acumulativas, com dominância de colônias de duas espécies de ascídias do gênero *Didemnum* e *Symplegma rubra*. O lado interno da placa apresentou um percentual de 83% de recobrimento pelas ascídias coloniais enquanto que o lado externo dominou em mais de 85%. Crustáceos e briozoários, muitas vezes encobertos pelas ascídias não foram representativos. Embora altamente competitivas não houve sobreposição entre essas duas espécies de ascídias coloniais do gênero *Didemnum*.

No mês seguinte (T6) ao ápice do desenvolvimento das ascídias, um percentual de 38% do espaço do lado interno e 43% do lado externo encontrava-se vazio, possibilitando o re-início da colonização, sendo os grupos pioneiros representados pelo limo (38%) no lado interno e 11% no lado externo, craca (14% no lado interno e 25% no lado externo) e briozoário (6% no lado interno e 10% no lado externo). Os espaços ainda vazios nesse mês refletiram a mortalidade das ascídias que dominaram no mês anterior e não houve recolonização de um espaço primário por outros grupos animais.

No mês de maio (T7), novas colônias de ascídias recobriram as faces internas das placas em percentuais de 43%, competindo com briozoários que apresentaram um percentual de recobrimento de 32%. Grupos de crustáceos, cnidários, poliquetas e espaços vazios estiveram presentes, mas não foram representativos. Na face externa da placa, os briozoários foram dominantes (60%), cracas e ascídias apresentaram, cada uma, 10% do total de recobrimento, e os 10% restantes agruparam algas, hidróides e espaço vazio.

No mês de junho (T8), nos dois lados da placa os briozoários foram dominantes, apresentando percentuais superiores a 80%. Essas colônias apareceram encobrindo cracas e, entre ou sobre elas, alguns hidróides apareceram.

Em julho (T9), os briozoários foram ainda dominantes, mas em menor percentual de recobrimento (56% no lado interno e 62% no lado externo). Cracas aumentaram seu percentual de recobrimento. Poliquetas serpulídeos foram representativos em 14% no lado interno. Algas e espaços vazios ocorreram em percentuais inferiores a 10%.

Em agosto (T10), os briozoários perderam a sua dominância, apresentando percentuais abaixo de 30%. Crustáceos e cnidários aumentaram sua representação e no lado interno apresentaram percentuais de 31% e 40%, respectivamente. No lado externo da placa, esses percentuais foram menores (27% e 25%). Algas e espaços vazios também foram encontrados nesta fase da sucessão.

Assim como nas placas de controle, em placas com zarcão, a diatomácea *Nitzschia martiana* voltou a colonizar, apresentando percentuais de 40% no lado interno e 39% no lado externo. Espaços vazios foram representativos nos dois lados da placa, com 20% e 35%, respectivamente. Hidróides crustáceos e briozoários ocorreram em proporções aproximadas nos dois lados das placas. Os espaços vazios de cada um dos lados representaram, em média, 27%. Após um ano de estudos, no mês de outubro de 2002 (T12), as microalgas voltaram a aparecer, embora com percentuais de 8%. Briozoários (28%), crustáceos (17%), cnidários (5%) e limo (26%) recobriram o lado interno da placa. No lado externo, os poliquetas estiveram presentes com um recobrimento de 9%, cracas com 28%, e os briozoários que dominaram com 52%. Limo e espaços vazios somaram neste lado da placa 11%.

Configurando um processo de “turn-over” de grupos de organismos incrustantes, no primeiro e segundo mês as algas foram dominantes e foram representativas um ano depois, sendo reiniciado o processo sucessório pelos briozoários que dominaram em 56% da superfície, seguidos de limo (20%) e cracas (14%). Aspectos relacionados com o grupo das algas merecem destaque. O registro da diatomácea *Nitzschia martiana* mostrou um crescimento sazonal de crescimento rápido e permanência curta na placa. Os meses intermediários em que foram registradas as algas estiveram representados pelas macroalgas calcáreas e não por esta diatomácea.

A colonização das placas pelas cracas se deu através da influencia direta dos adultos residentes, recrutando as larvas e recobrando os espaços por indivíduos jovens próximos dos indivíduos adultos, sendo os espaços vazios sempre ocupados por juvenis da mesma espécie, já que os briozoários uma vez estabelecidos não favoreceram a sobreposição de outro grupo animal e cresceram até sobre as cracas adultas e juvenis, muitas vezes as matando. Ascídias apresentaram um padrão de colonização semelhante, ocupando sempre os espaços primários, mas em competição com briozoários conseguiram sobrepor-se. Espécies de ascídias isoladas que

ocorreram nas placas de controle permitiram seu recobrimento por ascídias coloniais. Espécies de ascídias coloniais, no entanto, disputaram o mesmo espaço mas não se sobrepuseram umas às outras.

5.4.3. Abundância relativa dos grupos de organismos incrustantes em placas com “anti-fouling”

As placas contendo “anti-fouling” inviabilizaram o processo de colonização pelos organismos incrustantes, uma vez que, com a ação do biocida, a seqüência de grupos e organismos incrustantes ao longo do tempo não pode ser observada.

Notaram-se padrões de recobrimentos semelhantes nos dois lados da placa com “anti-fouling”, onde prevaleceram os espaços vazios seguidos de cobertura de limo. Aspectos importantes, porém, devem ser ressaltados, quando foi evidenciado um recobrimento de quase 70% da placa por briozoários no mês de março (T6) na face interna. Isso pode ser atribuído ao fato de partes da placa terem tido tinta anti-incrustante destacada, ficando a superfície livre e desprotegida, semelhante as características das placas de controle. A dominância desse grupo na placa, porém, não reflete nenhuma resistência dos briozoários ao tratamento “anti-fouling”, e sim à disponibilidade de larvas recrutando o espaço descascado. Esta mesma justificativa aplica-se a presença de outros grupos como cracas e cnidários, que em menor proporção, ocorreram ao longo do período de estudo nas placas com “anti-fouling” nos dois lados nos meses de setembro de 2002 (T11).

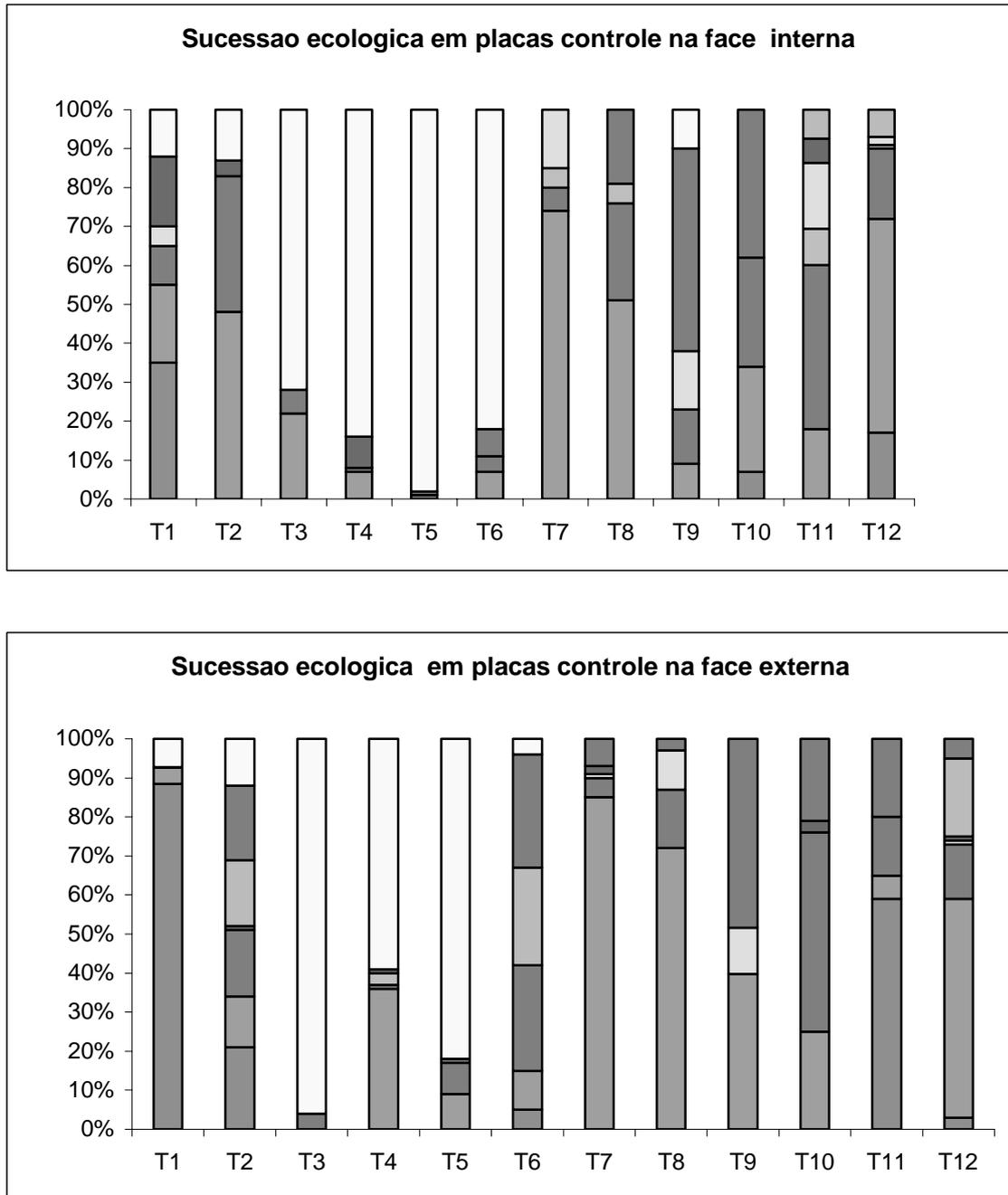


Figura 12: Abundância relativa dos grupos de organismos incrustantes em placa de sucessão: controle, nas faces interna e externa.

Vazio	Limo	Algas	Cnidaria	Ascidiaceae
Polichaeta	Mollusca	Crustacea	Briozoa	

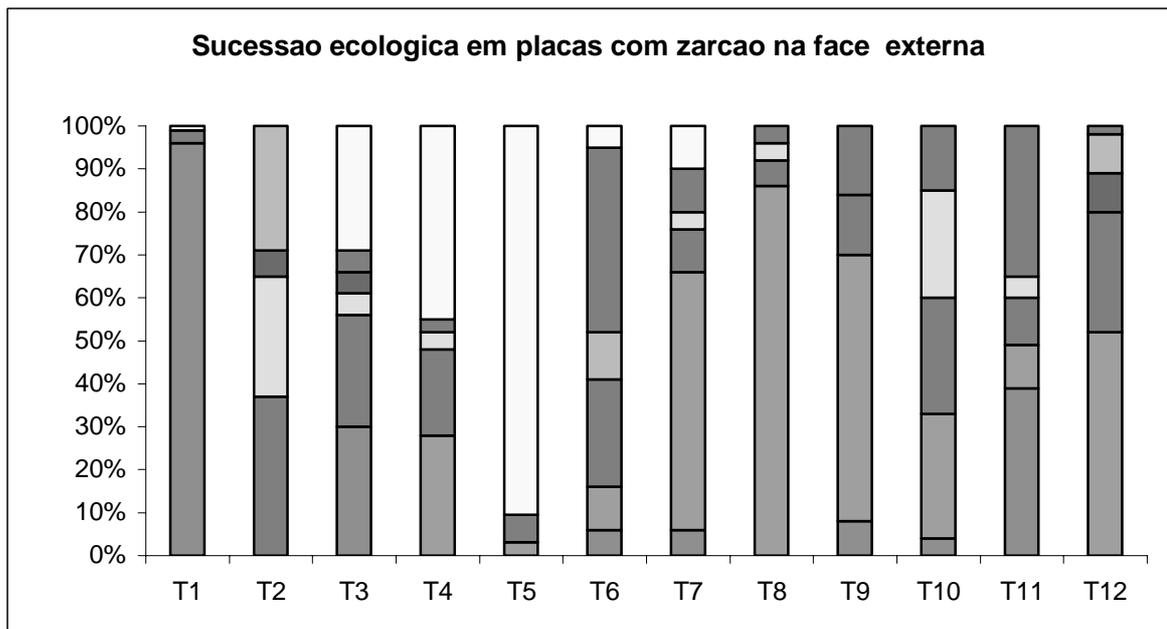
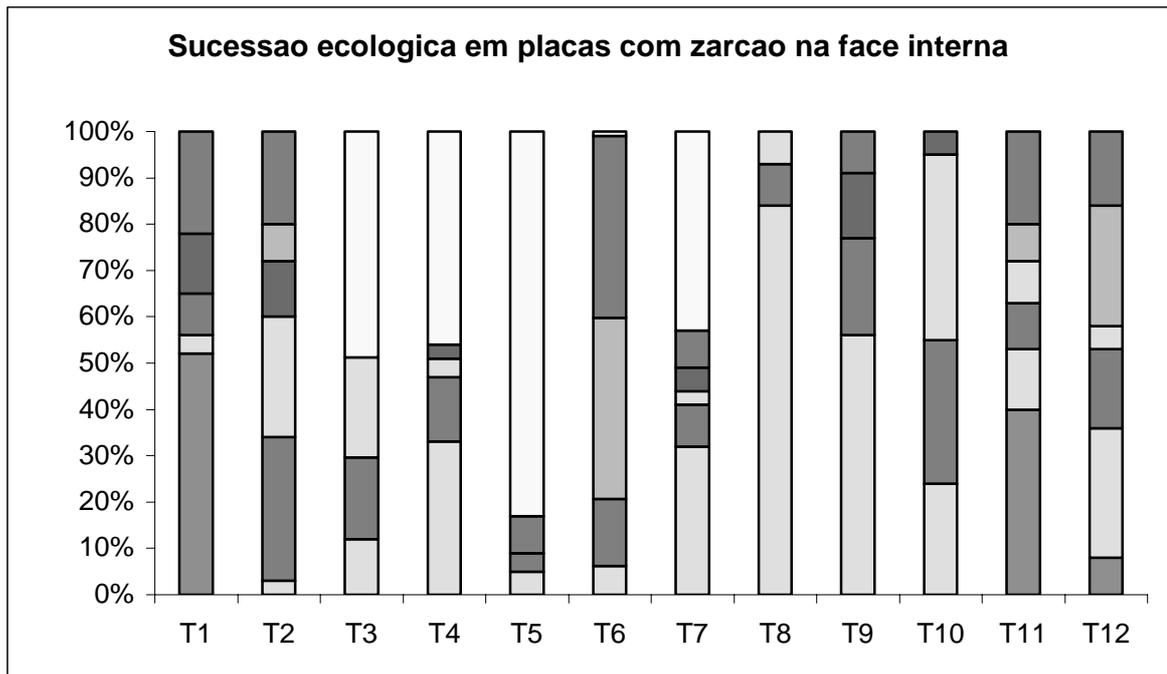
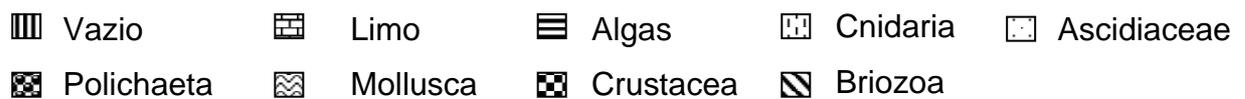


Figura 13: Abundância relativa dos grupos de organismos incrustantes em placa de sucessão: zarcão nas faces interna e externa .



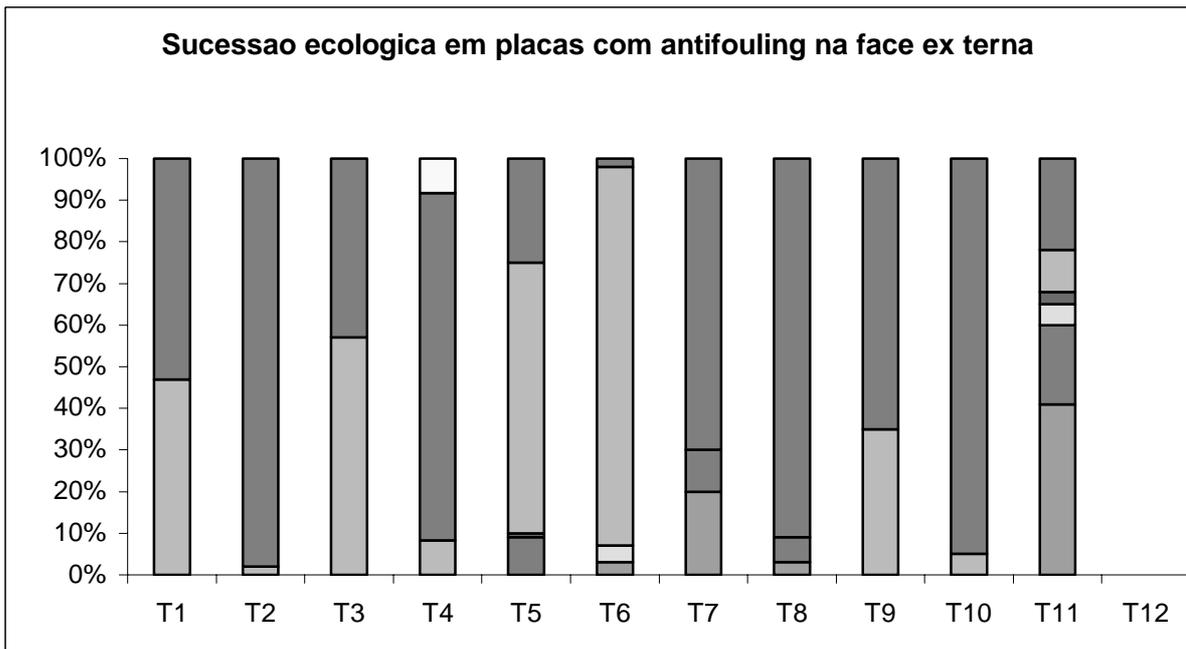
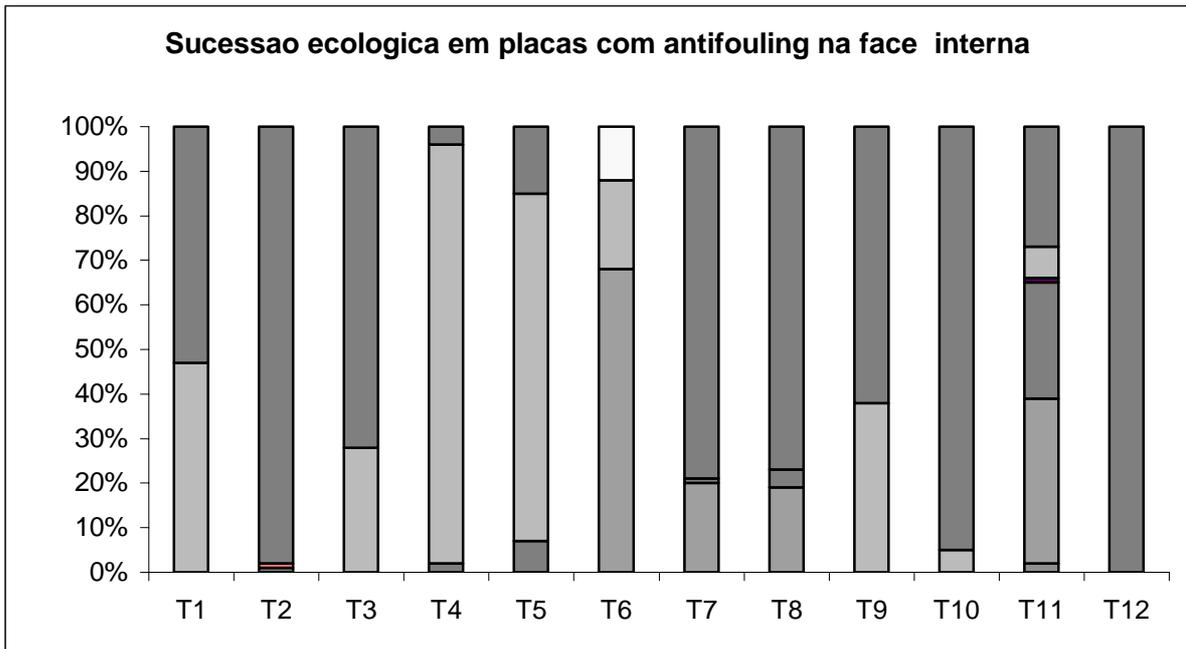
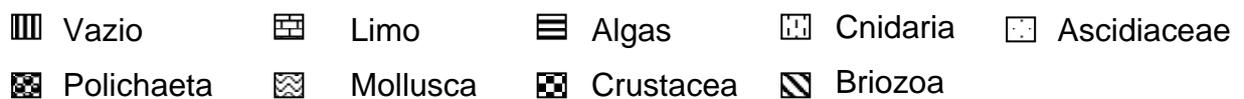


Figura 14: Abundância relativa dos grupos de organismos incrustantes em placa de sucessão: “anti-fouling”, nas faces interna e externa .



Recrutamento

5.4.4. Abundância relativa dos grupos de organismos incrustantes em placas de controle, zarcão e “anti-fouling”

A Figura 15, 16 e 17 mostra os percentuais de recrutamento mês a mês dos organismos incrustantes. Observando os três tipos de placa: controle, zarcão e com “anti-fouling”, constatou-se que, neste último tipo, não houve recrutamento diversificado em nenhuma das faces, como houve nos outros dois tipos. Placas com “anti-fouling” recrutaram larvas de crustáceos e briozoários, mas estes organismos só ocuparam o espaço primário da placa onde a tinta havia se destacado, não sendo capazes de vencer a ação do biocida presente na placa tratada com tinta antiincrustante. Nessas, o eficiente biocida impossibilitou o recrutamento de qualquer grupo animais do “fouling”, sendo predominante a presença do limo em cotas que variaram de 70% a 80% em ambas as faces, permanecendo o espaço restante vazio. Poliquetas serpulídeos consistiram da única exceção que, nas placas com “anti-fouling” ocuparam 10% do espaço primário com tinta, sendo este o único registro destes organismos em placas com este tratamento.

Em placas controle e zarcão, observou-se que nos meses de outubro de 2001 até março de 2002 (T1 até T6), houve uma maior diversidade de grupos recrutando a placa, o que volta a ocorrer no mês de outubro de 2002 (T12). Esse comportamento sugere tratar-se de um recrutamento sazonal desses grupos relacionado com seu ciclo reprodutivo e com as condições ambientais refletidas pelos parâmetros abióticos observados, sobretudo a precipitação média mensal. Aspectos relacionados à influência antrópica devem também ser considerados, uma vez que no período em que houve queda no recrutamento das larvas, espaços vazios prevaleceram ao longo do período de estudo que se estendeu de maio a setembro de 2002 (T7 até T11). Apresentou-se esse período com elevada turbidez provocada por material em suspensão decorrente de dragagens no canal de navegação e porto interno de Suape. Nestas condições o recrutamento das larvas é comprometido e, com isso, não ocorreu o estabelecimento de organismos.

Fato importante mereceu ênfase, quando se observou no mês de julho a ausência total de recrutas nos três tipos de placas. Após esse mês, registrou-se o

período mais chuvoso responsável pelas baixas as condições de visibilidade, provocada pelo alto nível de material em suspensão.

As algas representaram o grupo mais expressivo em recrutamento no primeiro mês (T1), nas placas controle e zarcão, onde atingiu 70% e 80% de recobrimento respectivamente, sempre na face interna. Na face externa de placas controle as algas recrutaram em 40% mas estiveram ausentes na mesma face de placas com zarcão. Poliquetas serpulídeos recrutaram os espaços primários das duas faces nas placas de controle e zarcão durante os meses de outubro/2001 a março de 2002 (T1 até T6). Estabelecimento de recrutas em 40% da placa foram observados no mês de novembro de 2001 (T2), nas faces externa e interna de placas controle e na face interna de placas zarcão. Um grupo visivelmente significativo foi o dos crustáceos, principalmente os balanídeos, que ao longo de todo o estudo só não recrutaram nos meses de junho, julho e agosto (T8, T9 e T10). Seu recrutamento foi mais expressivo nos meses de novembro de 2001 a maio (T2 até T7) e em outubro de 2002 (T12). Os percentuais mais elevados de recrutamento de crustáceos ocorreram durante o mês de dezembro (T3), chegando a percentuais de mais de 80% em placas e controle, na face interna. Faces externas destes tipos de placa também expressaram valores representativos, com percentuais maiores que 60%. Briozoários recrutaram de modo representativo no mês de março (T6) em placas controle e zarcão nas duas faces em percentuais médios de 43%. Valores representativos menores de recrutamento foram observados em outros períodos nas placas controle e zarcão. Cnidários, representados principalmente por hidróides foram registrados em placas de recrutamento em percentuais pouco expressivos, sendo o maior percentual de 18% em placas com zarcão na face interna no mês de outubro/2001 (T1). As ascídias coloniais e isoladas foram mais representativas na face interna das placas do que na face externa. Em placas com zarcão, os meses de janeiro, fevereiro e março (T4, T5 e T6) mostraram percentuais de recrutamento superiores a 20%. Na face externa deste mesmo tipo de placa, valores próximos destes foram registrados nos meses de janeiro e março de 2002 (T4 e T6).

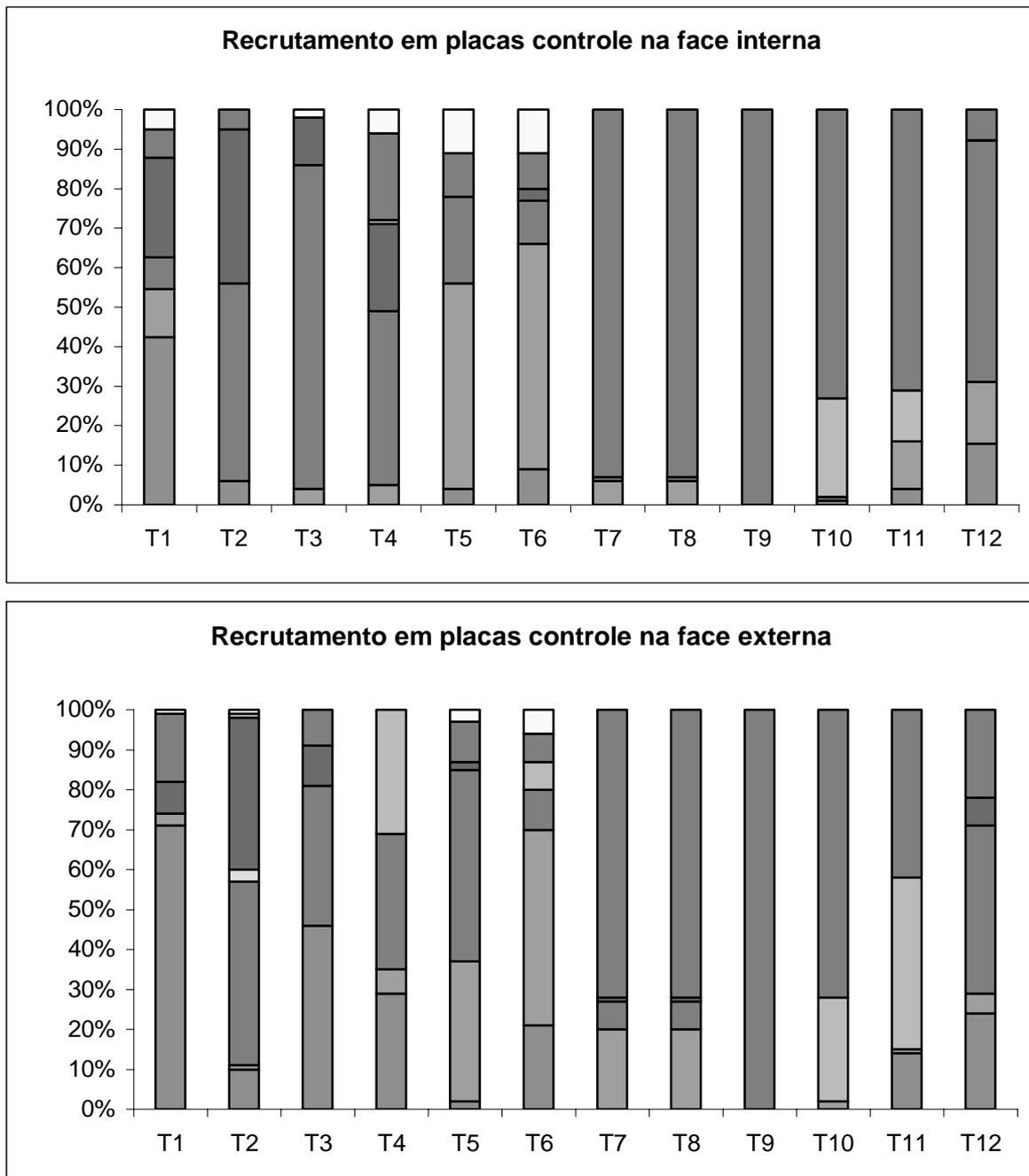
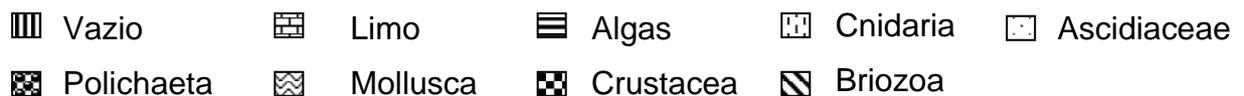


Figura 15: Abundância relativa dos grupos de organismos incrustantes em placas de recrutamento: controle, nas faces interna e externa.



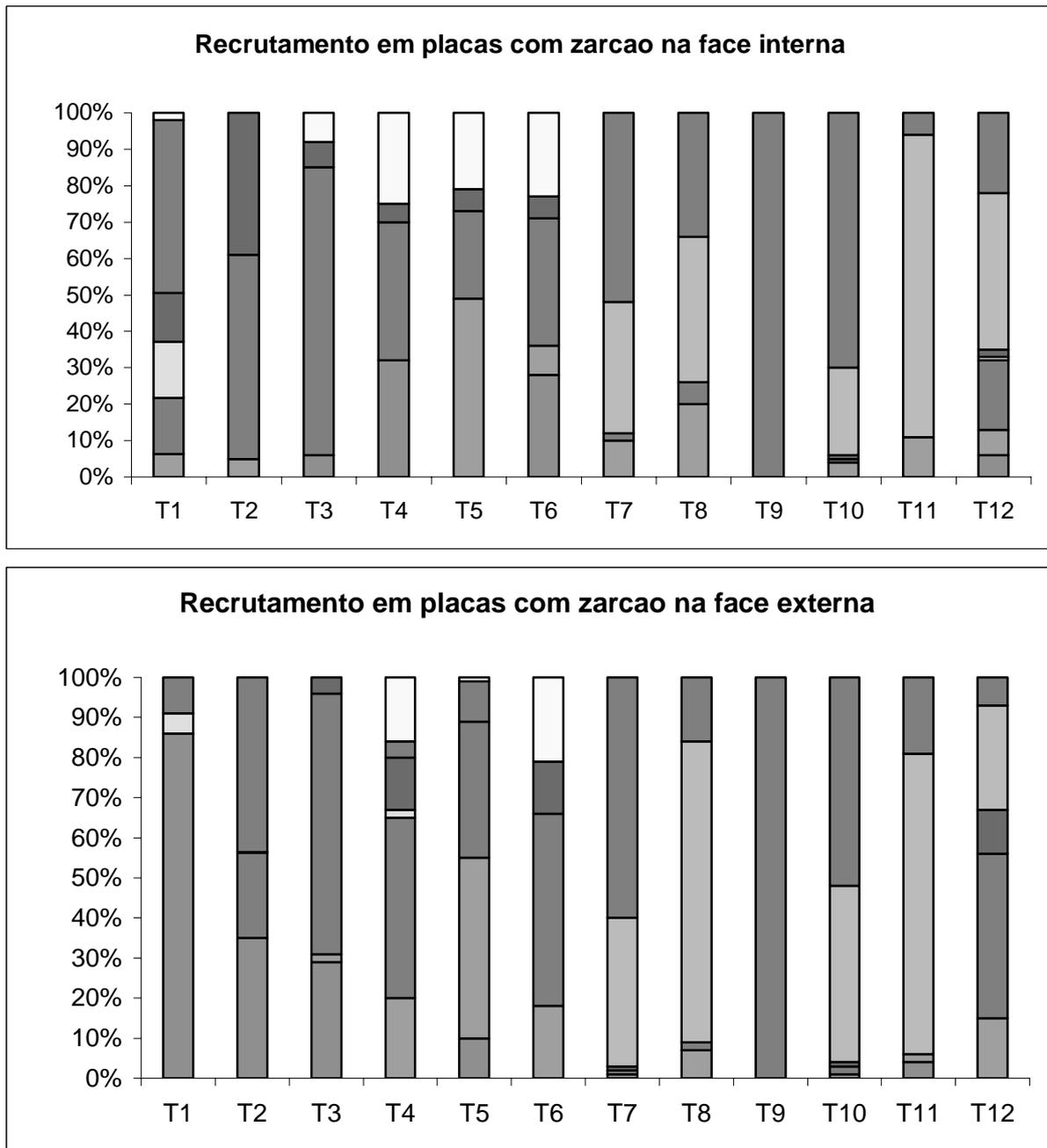


Figura 16: Abundância relativa dos grupos de organismos incrustantes em placas de recrutamento: zarcão. nas faces interna e externa

▨ Vazio ▤ Limo ▥ Algas ▧ Cnidaria ▩ Ascidiaceae
 ▫ Polichaeta ▬ Mollusca ▭ Crustacea ▮ Briozoa

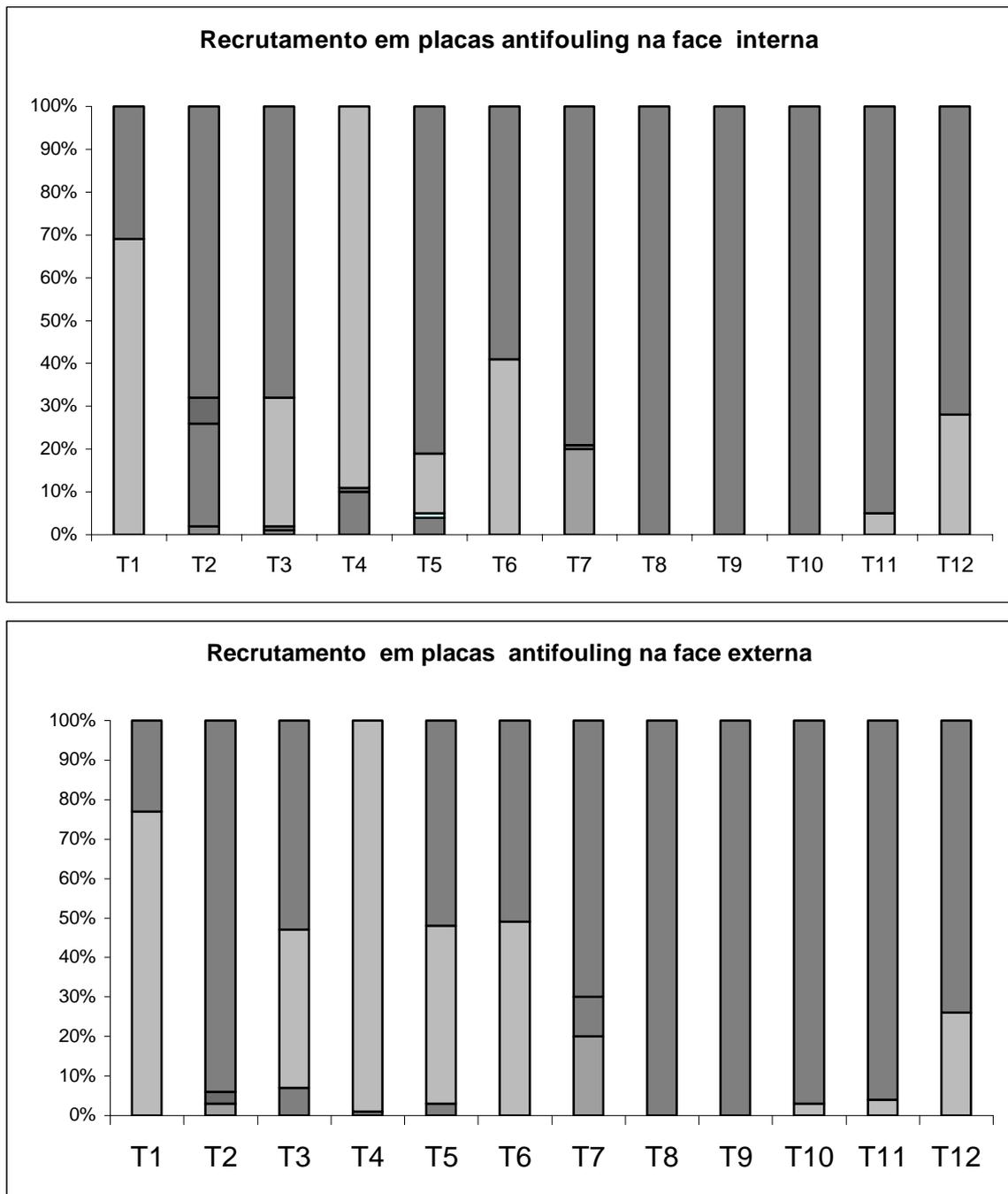
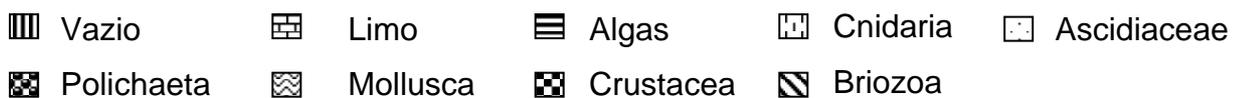


Figura 17: Abundância relativa dos grupos de organismos incrustantes em placas de recrutamento: “anti-fouling”, nas faces interna e externa.



5.5. Variação Quantitativa

Os gráficos das Figuras 18 até 28 apresentam a variação quantitativa dos organismos incrustantes nas faces externa e interna, em cada um dos tipos de tratamento das placas: controle (sem tinta), zarcão e com “anti-fouling”, refletindo a variação quantitativa dos taxa.

O espaço vazio predominou em placas com “anti-fouling”, exceto nos meses em que o limo prevaleceu. Placas com zarcão tiveram percentuais de representatividade com destaque para os meses de outubro e novembro de 2001 e março, setembro, e outubro de 2002 no lado interno. No lado externo de placas com zarcão, os espaços vazios foram representativos ao longo de toda a estação chuvosa, apresentando baixa representatividade apenas nos meses em que hidróides prevaleceram. Placas controle na face externa apresentaram representatividade de espaços vazios nos meses de novembro de 2001, março de 2002 e de julho a setembro de 2002.

O limo constituiu uma película que se formou sobre o substrato, formado por sedimento fino e microorganismos, sobretudo microalgas. A falta de recrutamento de animais em placas “anti-fouling” favoreceu o recobrimento pelo limo em quase toda a superfície. Neste tipo de placa, o limo atingiu percentuais de recobrimento representativos em outubro e dezembro de 2001, janeiro de 2002 e foi novamente representativo em julho de 2002, na face interna. Em placas com zarcão no mesmo lado, o limo apresentou índices representativos em março e outubro de 2002. No lado externo da placa, o limo obteve valores de dominância em outubro e dezembro de 2001, fevereiro e março de 2002, sendo representativo em julho de 2002, sempre em placas “anti-fouling”. Placas com zarcão e controle tiveram representatividade do limo nos períodos de novembro de 2001, março e outubro de 2002.

Entre as algas, as macroalgas calcáreas tiveram ocorrência ocasional, enquanto *Nitzschia martiana* foi dominante no primeiro mês de observação (outubro/2001), sendo representativa no mês de setembro na face externa de placas tratadas com zarcão, e controle neste mesmo mês em placas zarcão na face interna.

O grupo dos Hidróides reuniu espécies que, juntas, foram freqüentes nos tipos de tratamento zarcão e controle, sendo dominante em placas controle e zarcão seqüencialmente nos meses de maio e junho na face externa. Estes organismos foram

representativos em quase todo o período de observação, exceto na face interna em placas controle dos meses iniciais da pesquisa até o sétimo mês de observação. Em placas com “anti-fouling” houve uma ocorrência representativa de hidróides nos meses de maio e setembro de 2002, porém estes animais ocuparam espaços onde a tinta havia destacado, não se fixando onde a superfície da placa se apresentava íntegra.

Os dois grupos de organismos mais freqüentes e representativos foram as espécies de briozoários incrustantes e Cirripedia (Balanidae). Destes, o primeiro grupo obteve dominância seqüencialmente nos três tipos de placa na face interna obtendo 63% em placas com “anti-fouling” no mês de março, 75% em placas controle no mês de maio e mais de 80% em placas com zarcão no mês de junho.

Na face externa os briozoários foram dominantes nas placas controle e zarcão no 7º., 8º. e 9º. meses, onde obtiveram um percentual de recobrimento entre 60% e 85%. Nestes dois tipos de placas, os briozoários foram muito freqüentes e representativos em quase todos os meses exceto naqueles em que as acídias coloniais *Symplegma rubra* e *Didemnum perlucidum* dominaram. Recobrimentos significativos nas placas “anti-fouling” foram atribuídos a ocupação, pelos briozoários, de espaços onde a tinta havia se destacado, embora colônias frágeis iniciais tenham se fixado no mês de setembro de 2002, sobre a superfície com tratamento, mas não se desenvolveram.

Quanto aos balanídeos, embora muito freqüentes e com recobrimento representativo, ao longo de todo o estudo, estes animais obtiveram maior percentual apenas no mês de agosto de 2001, com 50% na face externa de placas controle e no mês de setembro, na face interna do mesmo tipo de placa o recobrimento foi de 40%. Estes organismos estiveram ausentes nos meses em que dominaram as ascídias coloniais, porém com os briozoários notou-se uma competição explícita, na qual os briozoários foram mais destacados.

Recobrimentos significativos puderam ser notados nos meses de novembro, dezembro/2001, janeiro, março, julho e outubro/2002 na face externa de placas com zarcão e novembro, dezembro/2001, janeiro, março, maio, junho, julho, agosto, setembro e outubro/2001 na face interna do mesmo tipo de placa.

Poliquetos serpulídeos foram freqüentes, porém pouco representativos em quase todo o período de observação. Com representatividade considerável na face

externa apenas no mês de outubro e novembro de 2001 e julho de 2002 em placas com zarcão. Na face externa os serpulídeos foram freqüentes e pouco representativos.

Didemnum perlucidum foi uma espécie pouco freqüente ao longo do período de estudo, porém foi dominante absoluta no mês de fevereiro tanto na face externa como na face interna, onde obteve percentuais de 80% e 98% respectivamente em placas controle e zarcão.

Diplosoma listerianum foi uma espécie ocasional. Seus representantes tiveram recobrimento significativo apenas no mês de dezembro de 2001 (20% na face externa de placas controle e na face interna de placas zarcão e controle sua representatividade foi de 45% e 30%, respectivamente).

Symplegma rubra foi uma espécie que obteve picos de dominância nos meses de janeiro e março de 2002. Esta dominância atingiu cotas maiores que 80% nas face internas e 60% nas faces externas somente em placas controle. Nas placas com zarcão esta espécie foi representativa nos mesmos períodos com recobrimento de 40% na face interna e 30% na face externa.

Styela canopus foi considerada uma espécie ocasional, tendo ocorrido em apenas dois períodos de observação. Apenas em placas de controle, na face interna, esta espécie foi representativa apenas no terceiro mês de estudo com 18% de recobrimento, e na face externa durante o 9^o. Mês de estudo quando contribuiu com um percentual de 10%.

A espécie *Diplosoma* sp foi também ocasional. No único mês em que ocorreu, novembro, ela teve um recobrimento representativo (12%) apenas na face externa da placa de controle.

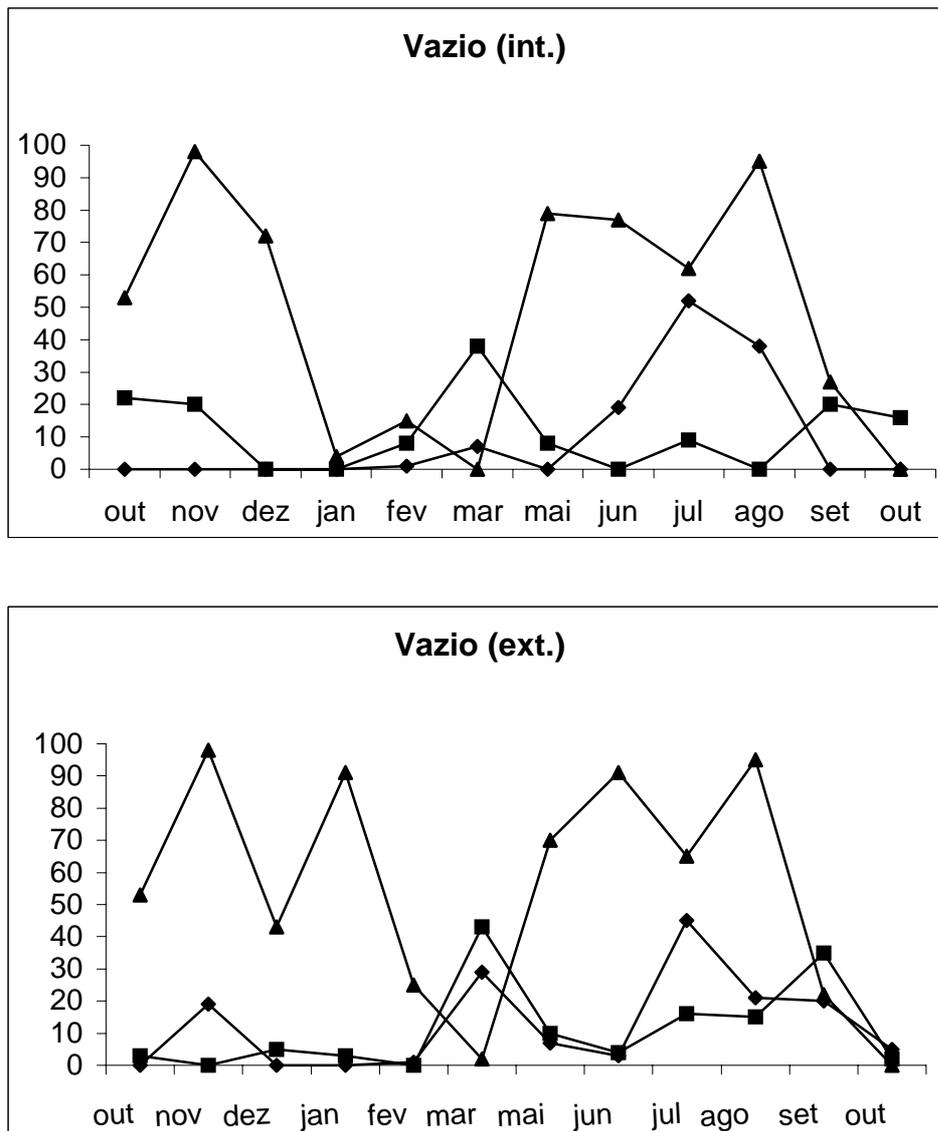


Figura 18: Percentual de espaços vazios durante o período de doze meses nos três tipos de placa, nas faces interna e externa.

—▲— "anti-fouling"; —■— zarcão; —◆— controle

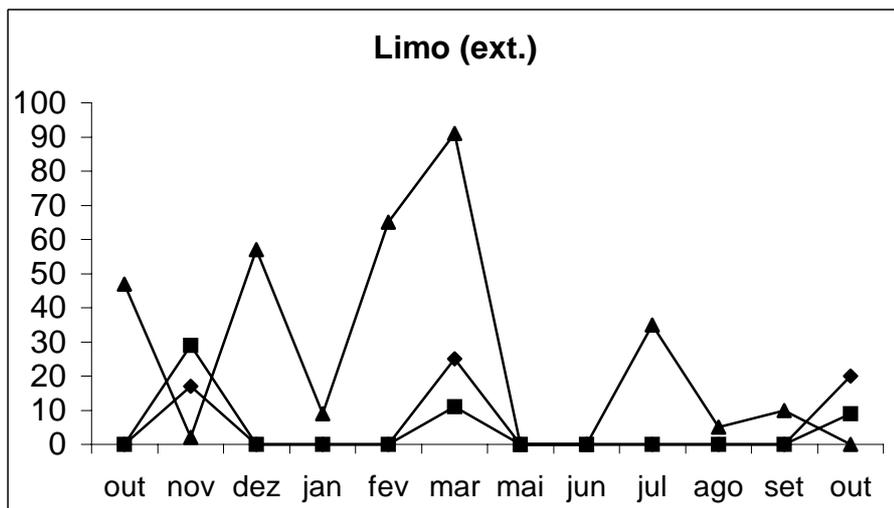
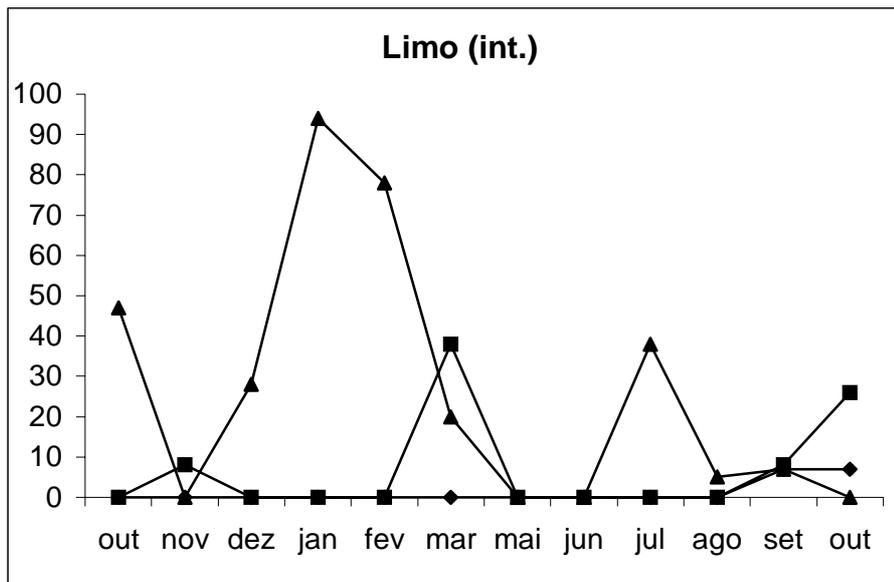


Figura 19: Percentual de recobrimento de limo durante o período de doze meses nos três tipos de placa, nas faces interna e externa.

—▲— “anti-fouling”; —■— zarcão; —◆— controle

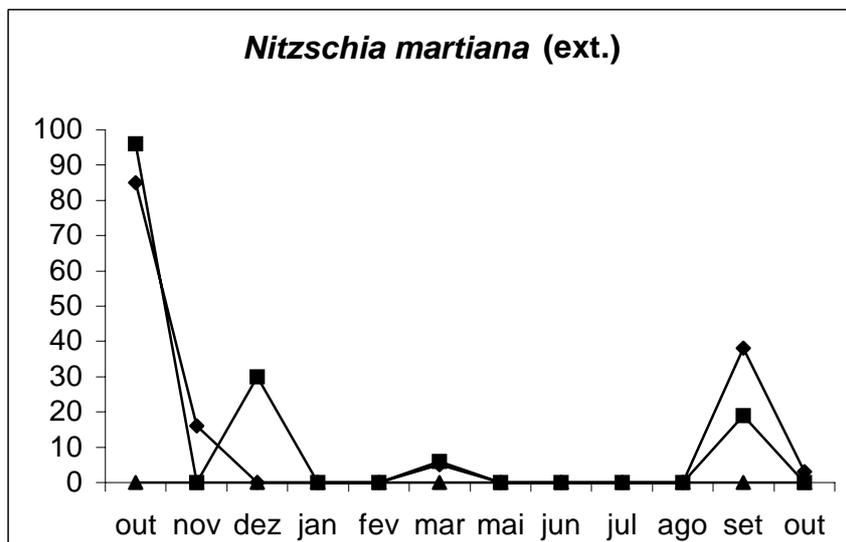
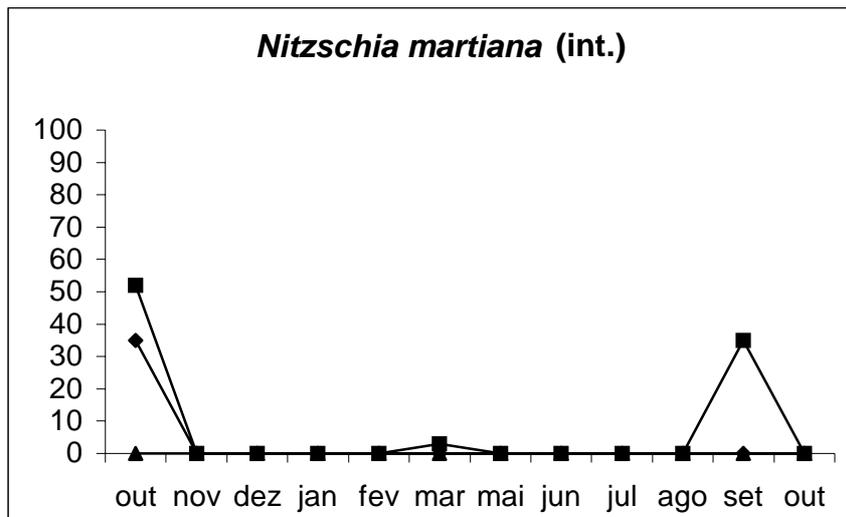


Figura 20: Percentual de *Nitzschia martiana* durante o período de doze meses nos três tipos de placa, nas faces interna e externa.

▲ “anti-fouling”; ■ zarcão; ◆ controle

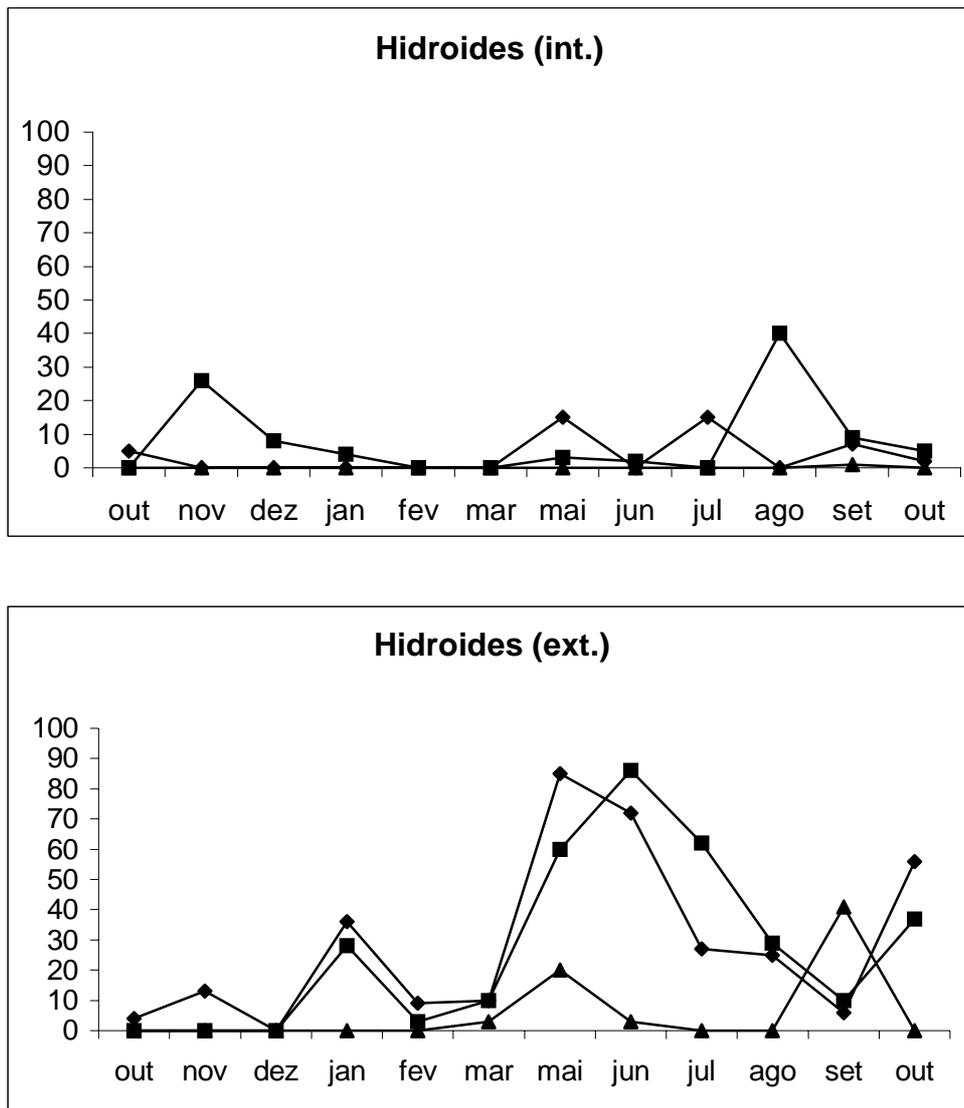


Figura 21: Percentual de recobrimento de Hidróides durante o período de doze meses nos três tipos de placa, nas faces interna e externa.

—▲— “anti-fouling”; —■— zarcão; —◆— controle

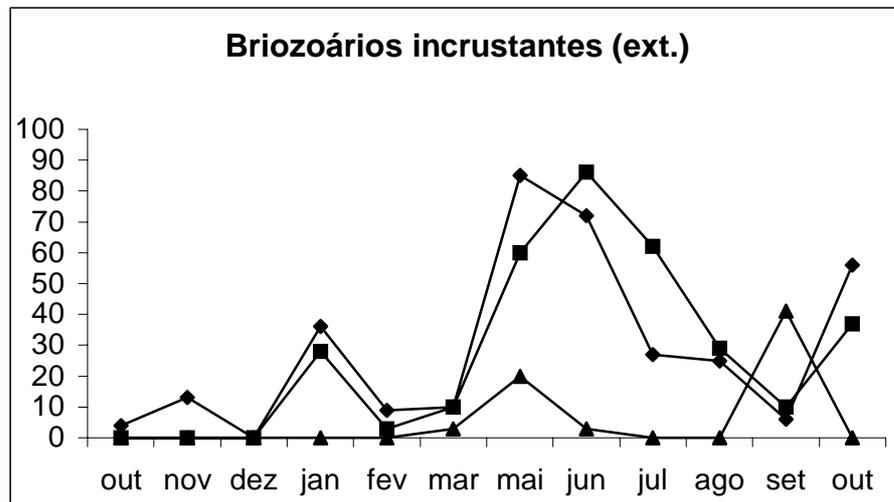
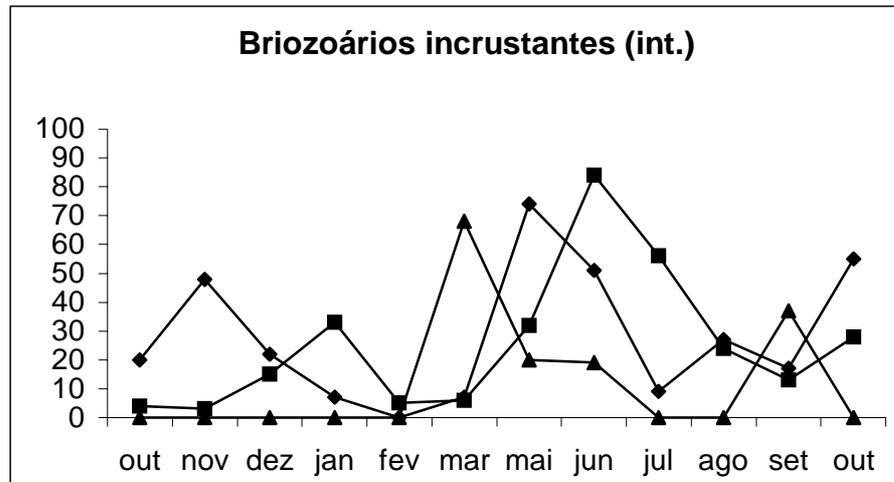


Figura 22: Percentual de recobrimento de Briozoários incrustantes durante o período de doze meses nos três tipos de placa, nas faces interna e externa.

—▲— “anti-fouling”; —■— zarcão; —◆— controle

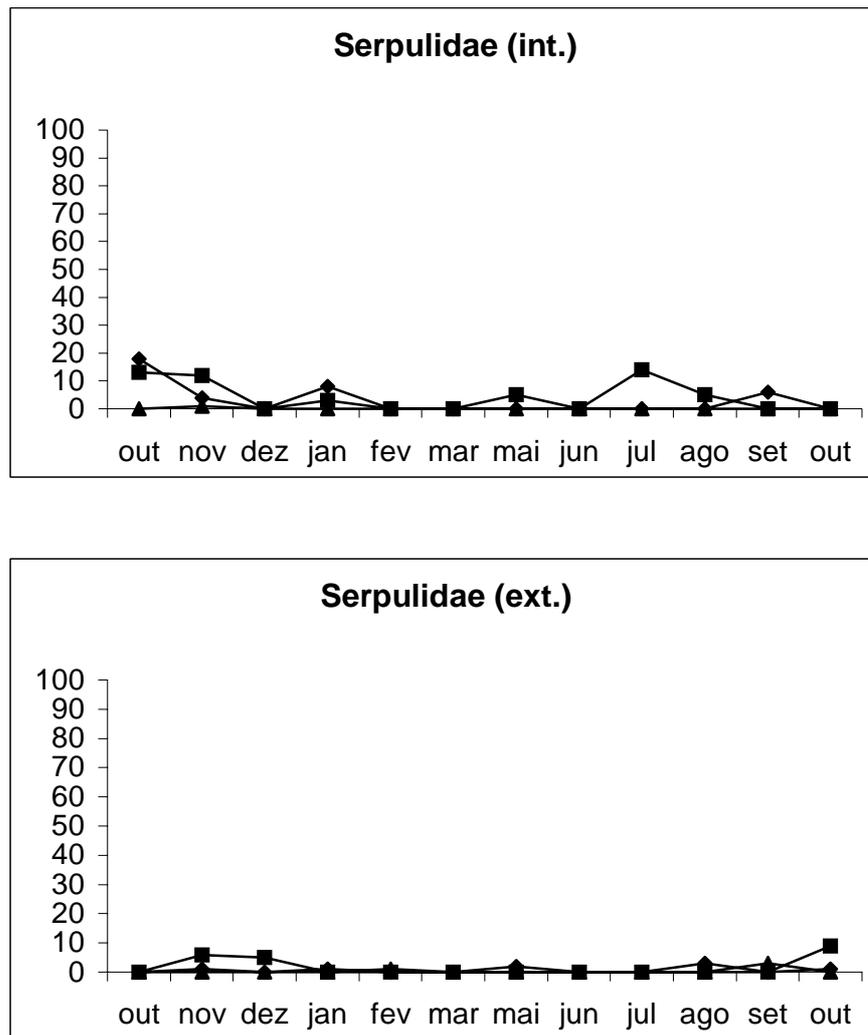


Figura 23: Percentual de recobrimento de Serpulidae durante o período de doze meses nos três tipos de placa, nas faces interna e externa.

—▲— “anti-fouling”; —■— zarcão; —◆— controle

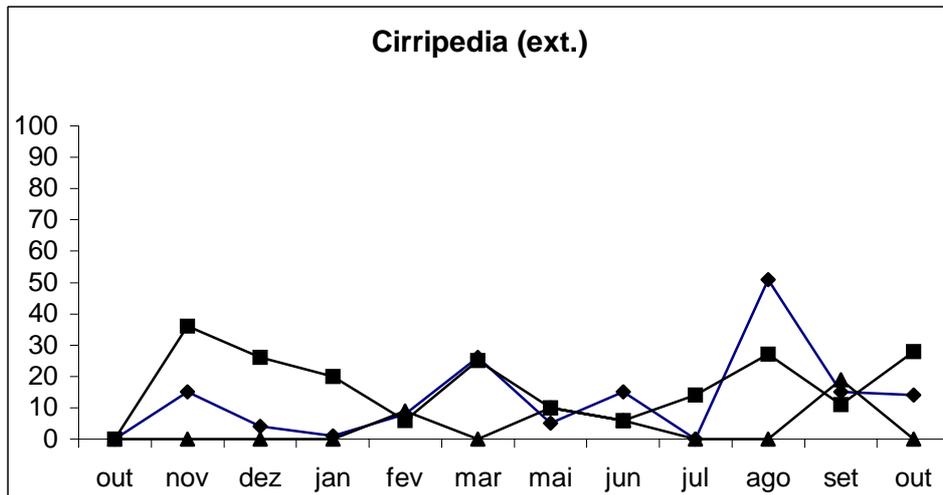
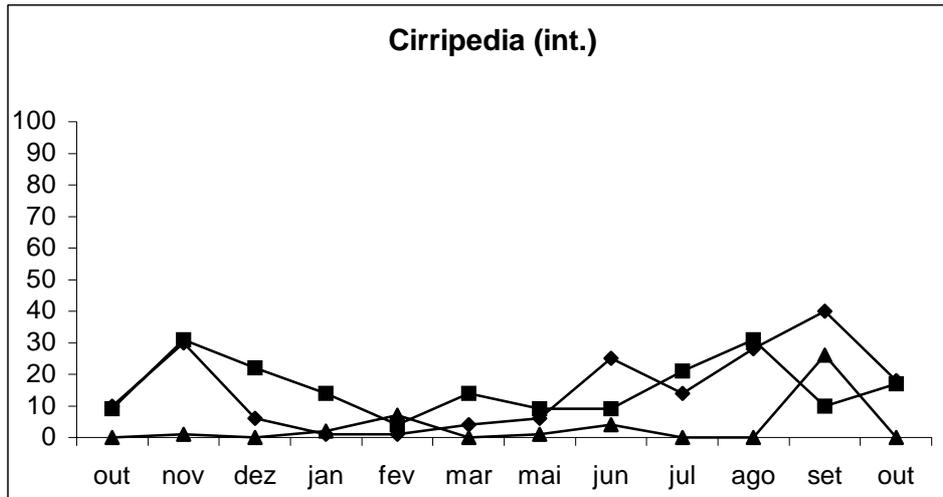


Figura 24: Percentual de recobrimento de Cirripedia durante o período de doze meses nos três tipos de placa, nas faces interna e externa.

—▲— “anti-fouling”; —■— zarcão; —◆— controle

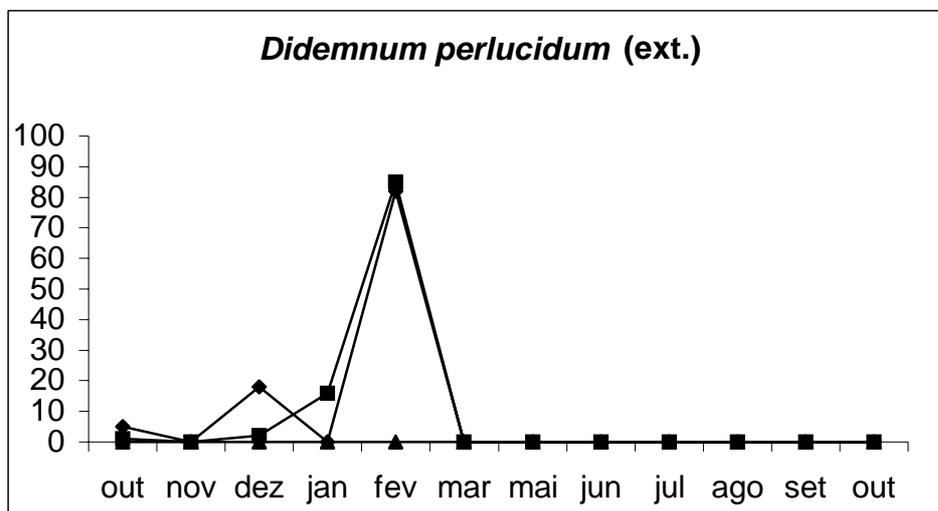
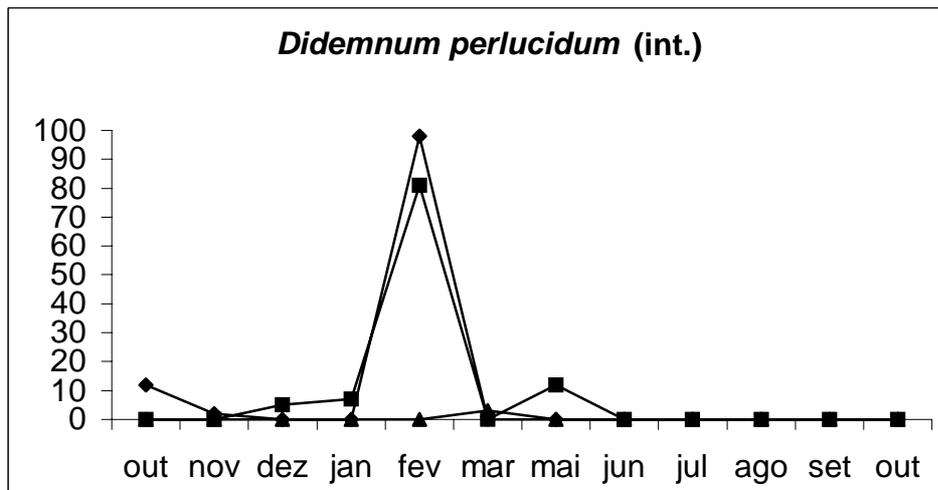


Figura 25: Percentual de recobrimento de *Didemnum perlucidum* durante o período de doze meses nos três tipos de placa, nas faces interna e externa.

▲ “anti-fouling”; ■ zarcão; ◆ controle

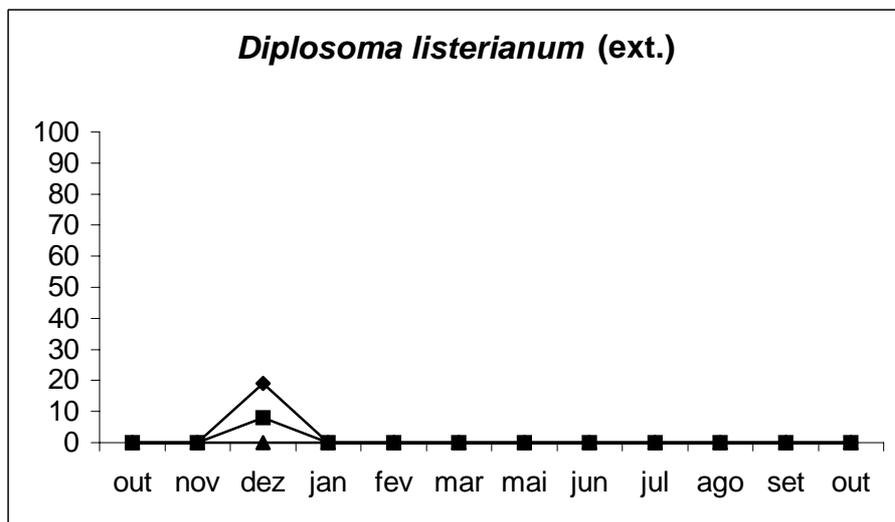
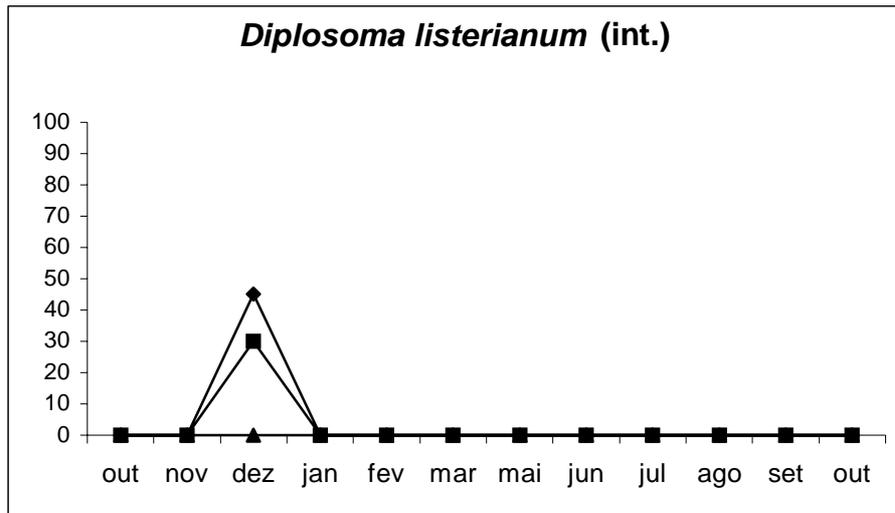


Figura 26: Percentual de recobrimento de *Diplosoma listerianum* durante o período de doze meses nos três tipos de placa, nas faces interna e externa.

—▲— “anti-fouling”; —■— zarcão; —◆— controle

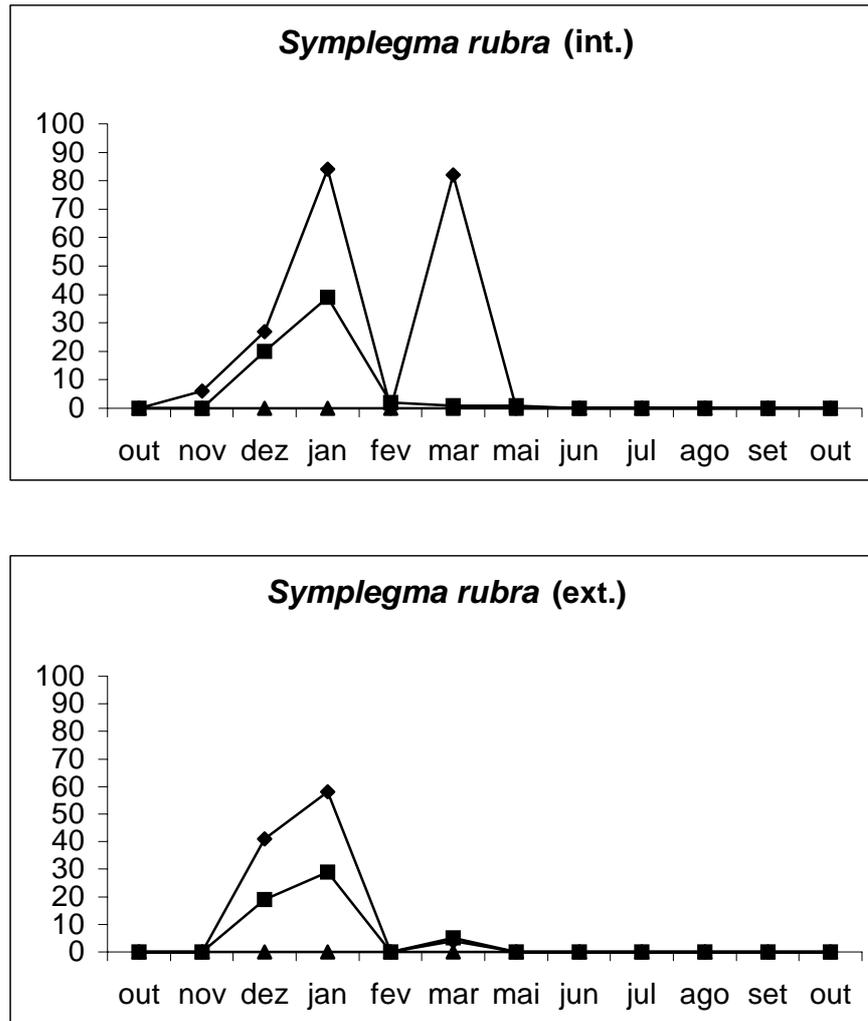


Figura 27: Percentual de recobrimento de *Symplegma rubra* durante o período de doze meses nos três tipos de placa, nas faces interna e externa
 ▲ “anti-fouling”; ■ zarcão; ◆ controle

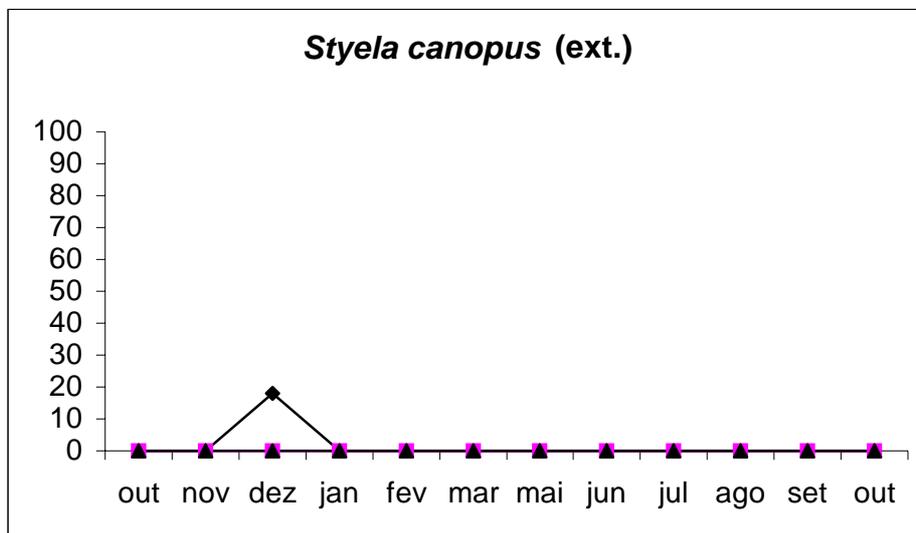
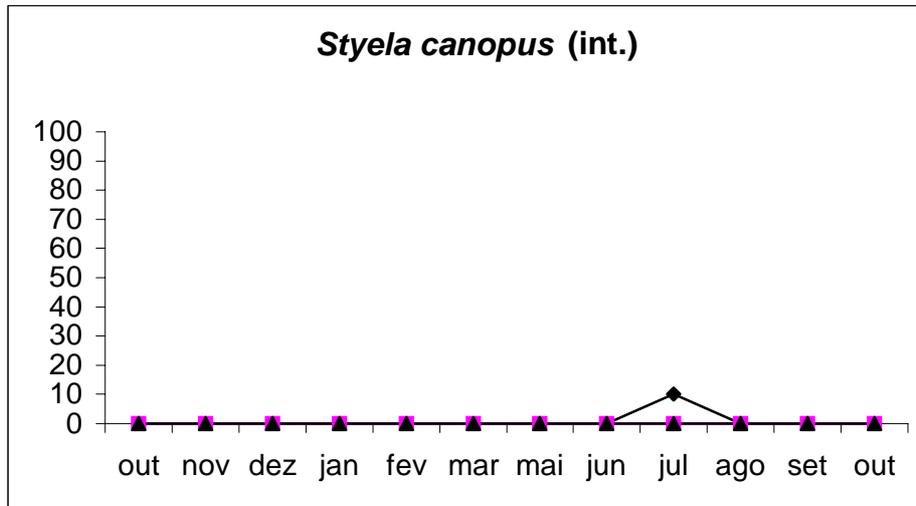


Figura 28: Percentual de recobrimento de *Styela canopus* durante o período de doze meses nos três tipos de placa, nas faces interna e externa

—▲— “anti-fouling”; —■— zarcão; —◆— controle

5.6. Análise Multivariada

5.6.1. Análise de Similaridade das amostras nas placas de sucessão

A análise cofenética apresentou um $r=0,8$ evidenciando o bom ajuste dos dados. A figura 29 mostra sete grupos de amostras semelhantes entre si, Para representação das amostras utilizou-se códigos de letras, onde:

SAC: amostras de Sucessão em placas de Controle, face interna;

SAZ: amostras de Sucessão em placas de Zarcão, face interna;

SEC: amostras de sucessão em placas de controle, face externa;

SEZ: amostras de sucessão em placas de zarcão, face externa;

SAA: amostras de sucessão em placas “anti-fouling”, face interna;

SEA: amostras de sucessão em placas “anti-fouling”, face externa;

O grupo 1 concentrou placas tratadas com zarcão ou de controle, que foram observadas nos meses de outubro e dezembro de 2001 e setembro de 2002, tanto na face interna quanto na face externa da placa, o que indica semelhanças entre os dois lados. Este agrupamento indica também que, nestes dois meses, tanto as placas de controle como as placas de zarcão apresentaram índices semelhantes de recobrimento, principalmente quando comparados no mesmo mês.

O grupo 2 apresentou dois subgrupos que mostraram relações mais estreitas quando considerados os pares de mesmo mês e diferentes tipos de placa, ou quando no mesmo tipo de placa as suas faces são diferentes. Notou-se que nos subgrupos as placas com tratamento anti-incrustante não estabeleceram relações estreitas como se observou entre as placas de controle e zarcão. Os grupos em que ocorreu maior aproximação das placas tratadas com anti-fouling daquelas de controle ou com zarcão correspondeu às amostras dos meses em que houve colonização dos espaços onde a tinta havia se destacado, permitindo que nesses espaços, alguns organismos se desenvolvessem.

O grupo 3 reuniu amostras dos meses de janeiro, fevereiro e março de 2002, todas de placas com “anti-fouling”. De fato, nestes três meses houve recobrimentos semelhantes entre os dois lados das placas.

O grupo 4 foi o maior, sendo também o mais heterogêneo. As afinidades mais estreitas relacionaram as amostras com os mesmos tipos de placas nos mesmos meses, apontando grandes semelhanças entre os lados interno e externo de uma mesma placa. Este grupo reuniu predominantemente as amostras de sucessão em períodos médios e finais caracterizando as etapas de maior instabilidade e oscilações na composição da comunidade. Neste grupo observa-se uma semelhança entre as placas de controle e zarcão, apontando que o tratamento deste último não exerce nenhuma influência no controle do "fouling", e portanto, a abundância e diversidade de organismos é semelhante nas placas de controle e zarcão, independentes dos lados interno ou externo.

No grupo 5 reuniram-se as amostras colhidas nas fases iniciais da sucessão, correspondentes aos meses de dezembro de 2001 e janeiro de 2002, permitindo uma sequência dos meses no grupo seguinte, onde se estabeleceu a dominância por parte da diatomácea *Nitzschia martiana*. O grupo 7 reuniu as placas com "anti-fouling" do mês de outubro de 2002 nas faces interna e externa. Neste grupo, a superfície das placas esteve limpa demonstrando a eficiência do biocida na inibição ou no impedimento de desenvolver aderências sobre a superfície tratada.

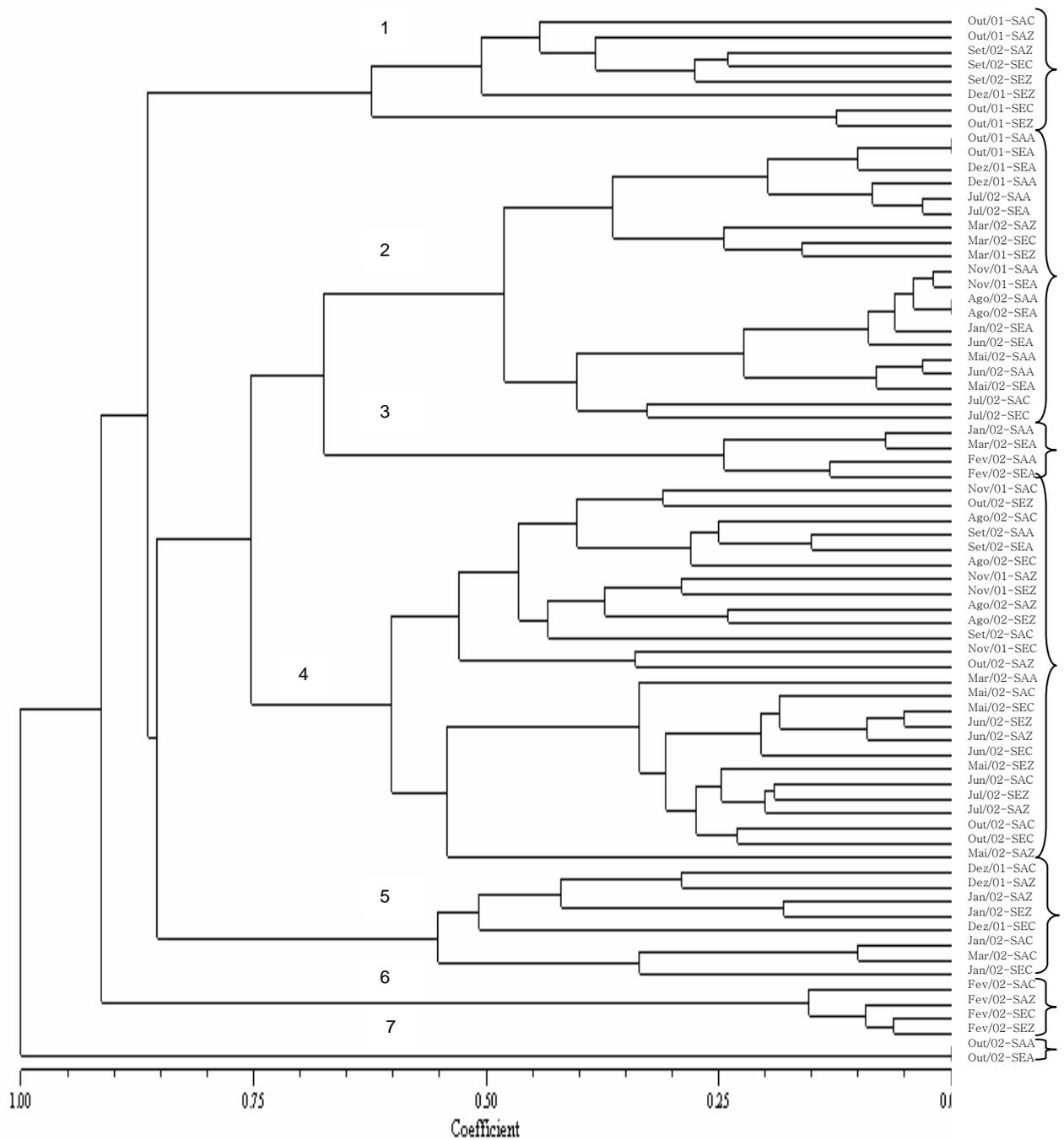


Figura 29: Análise de similaridade das amostras nas placas de sucessão na área de Suape (PE-Brasil), no período de outubro de 2001 a outubro de 2002. (índice de Bray e Curtis, método de ligação e do peso proporcional - WPGMA).

5.6.2. Análise de similaridade das amostras nas placas de recrutamento

A análise cofenética apresentou um $r=0,84$, mostrando o bom ajuste dos dados. Cinco grupos podem ser distinguidos na Figura 30. As afinidades das amostras nos cinco agrupamentos apontam abundância de recrutas ao longo de todo o período.

Para representação das amostras utilizou-se códigos de letras, onde:

RAC: amostras de Recrutamento em placas de Controle, face interna;

RAZ: amostras de Recrutamento em placas de Zarcão, face interna;

REC: amostras de Recrutamento em placas de controle, face externa;

REZ: amostras de Recrutamento em placas de zarcão, face externa;

RAA: amostras de Recrutamento em placas “anti-fouling”, face interna;

REA: amostras de Recrutamento em placas “anti-fouling”, face externa;

O grupo 1 apontou dois subgrupos sendo o primeiro relacionado com o início do recrutamento, no mês de outubro de 2001, cujas amostras se apresentaram muito semelhantes em placas de controle e zarcão, ambas na face interna. O segundo subgrupo reuniu, além dos meses iniciais do estudo em placas de recrutamento, o mês de outubro de 2002, último mês considerado no estudo, o que sugere um retorno relacionado com sazonalidade dos recrutas. A continuidade entre os grupos 1 e 2 apontam fases distintas de recrutamento ao longo do tempo. O que caracteriza, nos meses de fevereiro e março, nas placas de controle e zarcão do grupo 2 é o estabelecimento e o crescimento de ascídias coloniais.

O grupo 3 envolve placas de recrutamento de controle e zarcão, tanto no lado interno como externo dos meses de janeiro, fevereiro e março de 2002, além dos meses de novembro e dezembro de 2001. As afinidades mais estreitas nesse grupo relacionaram a abundância de Taxa ao longo do tempo em que foram recrutados. Notou-se em placas de zarcão que os meses de outubro de 2001, janeiro, fevereiro, março e outubro de 2002 foram semelhantes entre si e em relação às faces externas do mesmo tipo de placas nos mesmos meses. No grupo 4, o mês de novembro com placas “anti-fouling” na face interna mostrou-se isolado, pois neste conjunto, este foi o único mês em que houve maior abundância de cracas neste tipo de placa. Nota-se um

subgrupo destacado no mês de julho onde, em todas as amostras, não houve nenhum recrutamento e os espaços das placas de controle, zarcão e tinta antiincrustante se apresentaram vazios. Aspectos relacionados com os parâmetros abióticos: elevada turbidez da água e precipitação podem ter contribuído para a falta de recrutamento das placas nas amostras de julho que já vinham reduzindo seus níveis nos meses anteriores (maio e junho).

Nota-se através do agrupamento de amostras do grupo 4, que placas controle, zarcão e anti-incrustante tiveram nos meses intermediários, afinidades no recrutamento, devido a baixa abundância de recrutas no primeiro e no segundo tipo de placa, e como já era esperado, no terceiro, devido a presença do biocida.

O grupo 5 desta análise apresentou dois subgrupos, onde se verificou uma afinidade restrita entre placas de recrutamento com zarcão e com “anti-fouling”. O primeiro subgrupo reuniu amostras referentes a períodos mais secos, enquanto o segundo subgrupo reuniu mais amostras de meses chuvosos e isso reflete os aspectos relacionados aos parâmetros abióticos de transparência da água e precipitação.

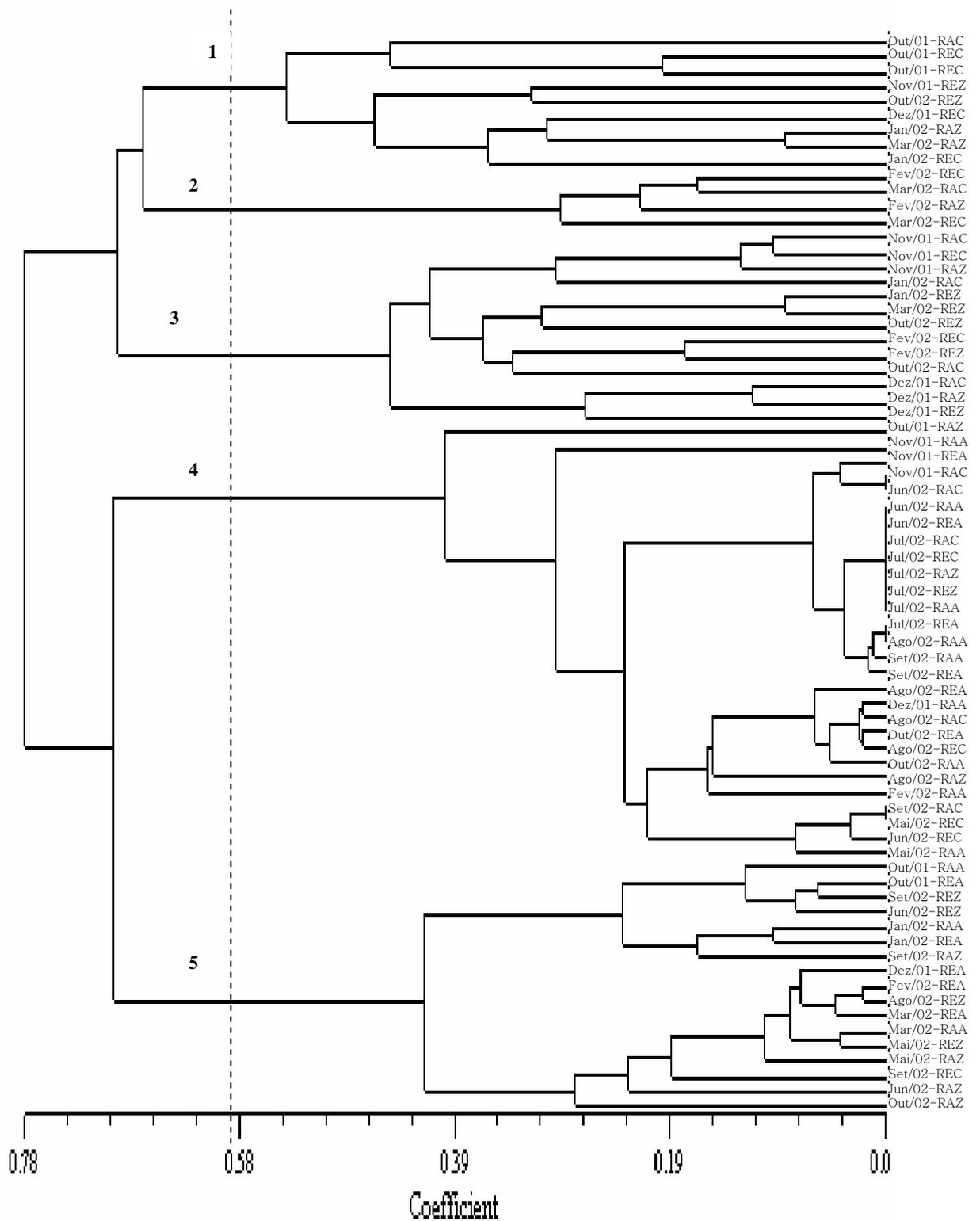


Figura 30: Análise de similaridade das amostras nas placas de recrutamento, na área de Suape (PE-Brasil), no período de outubro de 2001 a outubro de 2002. (índice de Bray e Curtis, método de ligação o do peso proporcional-PGMA).

Considerando o bom ajuste dos dados com base na análise cofenética ($r=0,92$), pode-se observar na Figura 31 a formação de oito grupos distintos. O grupo 1 reuniu as algas calcáreas ramificantes, a ascídia colonial *Didemnum psamathodes* e a ascídia isolada *Phalusia nigra*. Estes três Taxa tiveram uma freqüência ocasional e abundância pouco expressiva, embora tenham os três ocorrido em placas de controle e com zarcão.

O grupo 2 reuniu a alga calcárea rosa e a diatomácea *Nitzschia martiana*, em conjunto, estas algas foram consideradas freqüentes, com elevada abundância nas etapas iniciais da sucessão, graças a dominância de *N. martiana*. A ocorrência da alga calcárea rosa se deu nas fases medianas da sucessão, porém com baixa abundância, mas sua presença foi assinalada nos três tipos de placa.

O grupo 3 reuniu os briozoários incrustantes, as cracas, os hidróides e os serpulídeos. Em comum existe o fato de que estes Taxa apresentaram-se em todos os tipos de placas sendo os mais freqüentes, não apresentando nenhuma característica sazonal de ocorrência nem de recrutamento, mas com abundância em placas com “anti-fouling”, sendo, portanto, organismos de rápida colonização e de recrutamento eficiente.

O grupo 4 apresentou os elementos limo e vazio, ambos considerados nos três tipos de placa, representaram a ausência da fauna incrustante, onde predominam o depósito de sedimento fino no limo e o espaço vazio representaram as respostas do “fouling” às perturbações de natureza física, química e/ou biológica ocorrendo na localidade de estudo. Ambos foram mais freqüentes em placas com “anti-fouling” confirmando o efeito do biocida sobre a comunidade incrustante.

O grupo 5 com os representantes de anfípodas tubícolas e *Diplosoma* sp. apresentaram afinidades decorrentes de sua abundância e freqüência, sendo espécies ocasionais, com pouca expressividade nas placas de controle, sempre abaixo de 10%.

Didemnum perlucidum ocorreu isoladamente tendo recrutado placas de zarcão e controle logo no início da sucessão. Esta espécie não se associou a nenhuma outra e foi dominante nas placas do mês de fevereiro, tanto em face interna como externa. De ciclo de vida curto, logo o espaço disponibilizado com sua morte foi ocupado por Taxa mais estáveis como cracas e briozoários incrustantes. Não foi observado recrutamento

por *Didemnum perlucidum* em outra época do ano, além daquela que conduziu para a sua dominância temporária.

Didemnum listerianum, *Symplegma rubra* e *Styela canopus* formaram o grupo 6. Tipicamente oportunistas, estas espécies de ascídias ocuparam o espaço em meses anteriores ao *D. perlucidum*, principalmente em dezembro de 2001 e janeiro de 2002. *Symplegma rubra* apresentou picos nos meses de janeiro, antes do domínio por *Didemnum perlucidum* e em março, logo após este domínio. As três espécies apresentaram preferência por placas de controle, porém foram representativas no mesmo período, recobrando percentuais consideráveis em placas com zarcão.

Ostras e octocorais formaram o grupo 7 que apresentaram espécies ocasionais de frequência e abundância pouco consideradas.

Briozoários arborescentes ocorreram também ocasionalmente. Formando epibioses em cracas e devido à forma de crescimento, sua cobertura não foi analisada em relação as frondes e sim através de sua base de fixação, o que reduziu consideravelmente sua representatividade.

Didemnum sp. assim como *Palithoa* e briozoários arborescentes não apresentaram nenhuma afinidade com outros taxa, ocorrendo isoladamente.

Lepas e *Ulva* estiveram reunidas no grupo 8 e representam aqueles taxa que tiveram sua presença registrada mas não ocuparam espaço na placa dentro dos limites definidos para este estudo, representando apenas elementos qualitativos na composição da diversidade local.

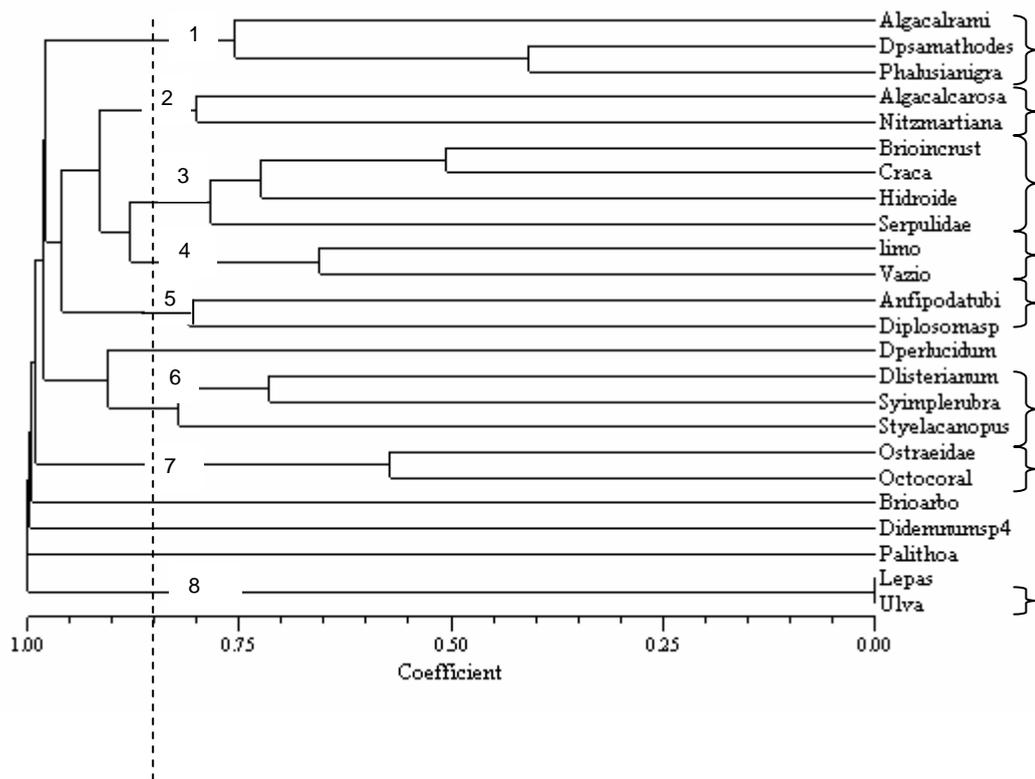


Figura 31: Análise de similaridade dos taxa nas placas de sucessão, na área de Suape (PE-Brasil), no período de outubro de 2001 a outubro de 2002. (índice de Bray e Curtis, método de ligação o do peso proporcional-WPGMA).

5.6.4. Análise de similaridade dos taxa nas placas de recrutamento

As placas de recrutamento apresentaram agrupamentos distintos, relacionados com alguns taxa que ocuparam o espaço disponível simultaneamente (Figura 32). O coeficiente de correlação cofenética foi 0,90 indicando o bom ajuste dos dados. Três grupos distintos foram evidenciados, sendo o grupo 1 representado pelas cracas, serpulídeos, diatomáceas e *Symplesma rubra*, todos apresentaram considerável abundância, embora em períodos diferenciados.

O grupo 2 reuniu o espaço vazio e o limo, de modo semelhante ao ocorrido em placas de sucessão e o grupo 3 associou hidróides e *Phalusia nigra*, fortalecendo as

afinidades nas placas de sucessão. Macroalgas, *D. perlucidum* e ostras foram taxa que ocorreram isoladamente.

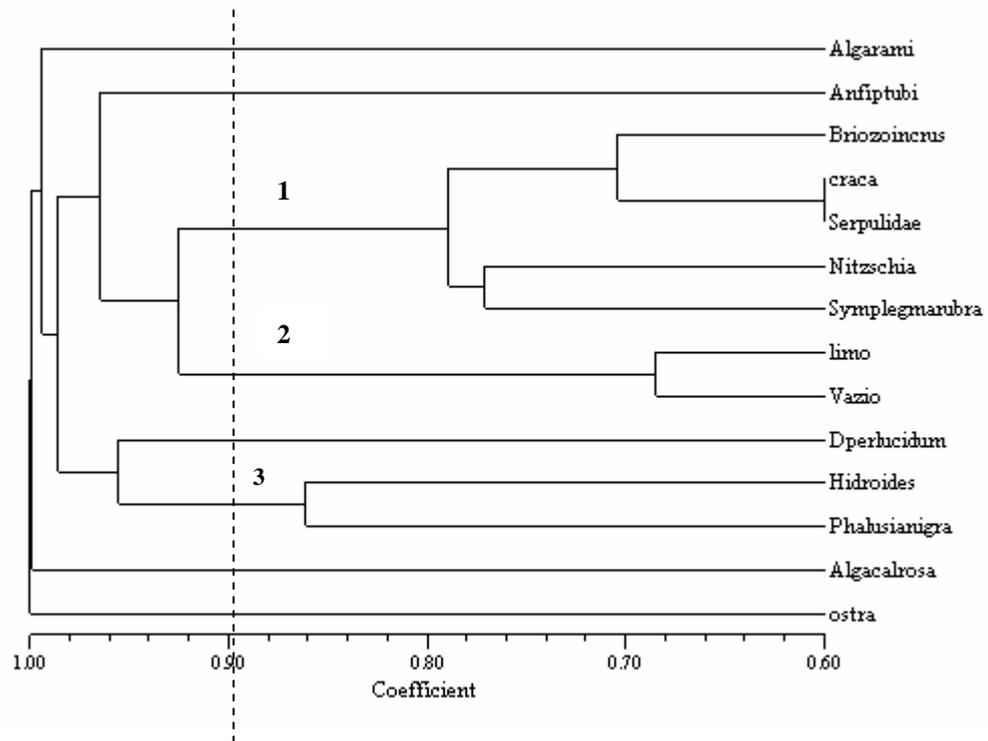


Figura 32: Análise de similaridade dos taxa nas placas de recrutamento, na área de Suape (PE-Brasil), no período de outubro de 2001 a outubro de 2002. (índice de Bray e Curtis, método de ligação o do peso proporcional-WPGMA).

6. Discussão

Dentre as comunidades epibênticas sublitorais, o estudo da comunidade de organismos incrustantes tem se revelado de fundamental importância, visto que afeta estruturas marítimas construídas pelo homem para atender finalidades econômicas. Em várias localidades, estudos sobre colonização de estruturas mergulhadas no mar têm sido realizadas com o intuito de identificar os problemas de padrões de sucessão e desenvolvimento das comunidades incrustantes ou concernentes ao “fouling”, bem como seu eventual controle. Muito pouco tem sido feito em relação ao estudo de comunidades incrustantes sobre substratos artificiais no litoral de Pernambuco, o que vem a destacar a essencialidade do presente trabalho, visando um melhor conhecimento a respeito dessa comunidade, bem como a melhor maneira de controlar o “fouling” visando minimizar prejuízos por ele causados nas estruturas artificiais submersas nesse Estado.

Metodologias e materiais empregados no estudo do “fouling” de acordo com as propostas de pesquisa.

Para realização de trabalhos, nesta linha de pesquisa, diversas metodologias devem ser testadas, até se chegar a uma metodologia coerente com as propostas de trabalho e a localidade onde for realizado o estudo. As diversificações dessas metodologias incluem fundamentalmente a variação da duração do experimento, do material utilizado como superfície de colonização, bem como o tipo de tratamento dos dados aplicados aos resultados obtidos.

Em relação a estimativa do tempo que deve ser investido em uma pesquisa sobre comunidades incrustantes, Giordano (2001) afirmou que os estudos podem ter duração de curto, médio ou longo prazo. Este prazo pode variar conforme as características e a dinâmica dos ambientes a serem estudados e também com os aspectos climáticos locais. Esse autor realizou um estudo sobre sucessão ecológica na Baía de Santos durante um período de 50 meses.

Sutherland (1975) considerou um período de quatro semanas como suficiente para se verificar o recrutamento larval sobre substratos submersos em diferentes períodos de tempo, com diferentes densidades de adultos residentes.

Correia (1992) trabalhando com comunidades incrustantes utilizou um período de quatro a sete meses, onde a cada mês três painéis eram retirados do conjunto nas duas localidades da Baía da Guanabara e da Ilha Grande, Rio de Janeiro, onde montou 36 painéis de compensado naval com dimensões de 10 cm x 10 cm em cada uma das áreas estudadas, sendo doze deles sem tinta e o restante pintados com tinta anti-incrustante.

Robles (1997) realizou análises trimestrais para verificar as mudanças nas assembléias de espécies recrutadas em comunidades intertidais.

Dean & Hurd (1980) estudaram o desenvolvimento de comunidades "fouling" estuarinas através de 95 painéis de cimento com as mesmas dimensões citadas para o trabalho de Correia, mergulhados a 0,5 m da superfície, em locais com profundidades de 1,5 m, onde mensalmente cinco painéis eram recolhidos durante um período de 19 meses.

Morales & Arias (1974) estudaram o desenvolvimento de aderências orgânicas no Porto de Barcelona, sobre placas submersas, através da análise de doze painéis com dimensões de 15 cm x 20 cm, por um período de doze meses, retirando-se uma placa a cada mês. Em 1979, os mesmos autores estudaram a variação estacional de organismos incrustantes do Porto de Castellón de la Plana, onde primeiramente coletaram amostras da água superficial, a 1 m e 2 m de profundidade, a fim de determinar a temperatura, o conteúdo de oxigênio, nutrientes, salinidade e clorofila no fitoplâncton. O objetivo dos autores foi verificar a evolução das incrustações biológicas em função dos parâmetros supracitados, para estabelecer os períodos estacionais de cada um dos componentes do "fouling" na localidade estudada.

Lee e Trott (1973) estudaram a sucessão de organismos incrustantes marinhos em Hong Kong, avaliando a eficiência de pinturas "antifouling" em balsas galvanizadas. Os autores instalaram doze blocos imersos a 1 m da superfície, em localidades com 7 m de profundidade durante sete meses. Desses blocos, sete deles estavam sem tinta e o restante foi pintado com cinco marcas de tintas anti-incrustantes de fabricação chinesa. As amostras de salinidade, oxigênio dissolvido, pH e temperatura foram

aferidos semanalmente em águas superficiais e a 1 m de profundidade da área de estudo.

Absalão (1993) estudou a colonização primária e seqüência de substituições, em substrato artificial, na comunidade epibêntica da Baía da Guanabara, Rio de Janeiro. Neste trabalho, o autor trabalhou com painéis de Polivinil cloroamida (PVC) branco, opaco medindo 20 cm x 20 cm, fixos verticalmente à uma bóia em uma profundidade de 1 m, durante um período de 33 meses, fazendo observações mensais em painéis acumulativos e de recrutamento.

Rocha (1991) estudou a reposição de ascídias como componentes do “fouling” sobre duas séries de placas de cerâmica medindo 225 cm². Sua pesquisa teve duração de nove meses na localidade do Canal de São Sebastião. Uma das séries foi iniciada no verão e outra no inverno.

Dean & Hurd (1980) estudaram sucessão trabalhando com painéis acumulativos mensais durante 19 meses.

Keough (1983) estudou o recrutamento em placas de amianto medindo aproximadamente 5mm de espessura, com três tamanhos diferentes: 180 cm², 90 cm² e 45 cm². Esta área foi escolhida com estas dimensões para simular o tamanho médio de conchas de *Pinna*. O seu trabalho foi desenvolvido no Sudeste da Austrália.

Neste trabalho, para a escolha do prazo de duração do experimento, considerou-se as características climáticas nas quais está inserida a localidade de estudo, bem com estudos prévios sobre a biologia e ecologia local, estabelecendo-se um período de um ano. Devido a dificuldades relacionadas com as coletas de campo, as datas de visita a cada mês se estenderam por mais de 30 dias, resultando em um trabalho com duração de 13 meses, de outubro de 2001 a outubro de 2002. O modelo amostral utilizado na presente pesquisa, foi definido para um estudo inicial, buscando a obtenção de dados essencialmente qualitativos, não sendo buscadas as análises estatísticas, pois não foi possível a obtenção de replicas do experimento.

Os fatores abióticos de temperatura, salinidade, transparência da água e pluviosidade foram considerados importantes no estabelecimento de uma comunidade incrustante na região portuária de Suape, pois as atividades antrópicas a que foi submetido o

ambiente trouxeram alterações significativas esses parâmetros, sendo portanto indispensáveis para a compreensão da dinâmica ecológica do meio.

Para conhecer os mecanismos de recrutamento de larvas, utilizou-se placas metálicas mensais, e para estudar o processo de sucessão, utilizou-se placas acumulativas.

Influência do Meio sobre o processo de estabelecimento de comunidades incrustantes

Para Wahl (1989), os parâmetros abióticos físicos como o grau de exposição às ondas e a disponibilidade do substrato para colonização, bem como a influência do substrato consolidado adjacente são os elementos mais importantes para o estabelecimento de uma comunidade incrustante sendo a oferta de nutrientes um fator secundário a ser considerado.

De acordo com Lotufo (1997), diversos trabalhos têm apontado a temperatura como principal fator que controla a atividade reprodutiva dos invertebrados marinhos. Além disso, diversos outros fatores covariam com a temperatura, como o fotoperíodo, disponibilidade de alimento e regimes hidrodinâmicos

Em localidades onde a temperatura e a salinidade se apresentam estáveis ao longo de todo o ano, assim como o fotoperíodo, a exemplo da região de Suape, a turbidez da água apresenta maior importância nos aspectos reprodutivos que direcionam o estabelecimento de uma comunidade bentônica marinha.

Para Menge & Sutherland (1987), a determinação da proporção da variância de cada um dos componentes estruturais da comunidade pode ser atribuída a cada um dos processos físicos ou biológicos envolvidos. Observando a variação quantitativa dos grupos de organismos incrustantes de que trata o nosso trabalho, podemos considerar a temperatura, a turbidez da água e o hidrodinamismo como os processos físicos que possibilitaram a variância na comunidade. Processos biológicos intrínsecos relacionados com ciclo de vida, e interespecíficos como epibioses entre uns e inibição desta entre outros grupos foram também elementos indispensáveis na estrutura da comunidade incrustante estudada.

Rocha (1993a) afirmou ser improvável que, em ambientes onde a salinidade varia pouco, haja uma seleção sazonal na ocorrência das espécies. Para esta autora, mesmo que a temperatura varie sazonalmente, ela não interfere na abundância das espécies. Em 1995 a mesma pesquisadora associou a temperatura, à salinidade da água, o hidrodinamismo, a capacidade de abrasividade da areia acumulada, heterogeneidade ambiental para determinar a abundância e distribuição dos organismos invertebrados sésseis sob zonas intertidais de matacões no litoral norte do estado de São Paulo e verificou que não existe nenhum tipo de variação sazonal e que o principal fator que influencia na distribuição dos organismos é o nível da maré ou o tamanho das pedras.

Eston (1981) analisou as primeiras fases de colonização de substratos artificiais e observou um gradiente crescente na concentração de resíduos orgânicos e inorgânicos na turbidez e no déficit de oxigênio na água. As comunidades estudadas apresentaram baixa diversidade com dominância de duas espécies, uma em cada local estudado. Para a autora, existe uma variação sazonal na colonização do substrato com taxas elevadas na primavera e verão quando a diversidade aumenta.

No presente estudo, pode-se perceber que existe uma estabilidade relativa de parâmetros ambientais como salinidade e temperatura na região portuária de Suape, mas foi verificada uma sazonalidade no processo de recrutamento, relacionado diretamente com os períodos de seca e de chuva, havendo uma tendência ao recrutamento no período seco, correspondente ao verão. O recrutamento na região de Suape é, portanto, sazonal, sendo mais elevado no período seco, tanto em abundância quanto em diversidade, podendo estar relacionado com fatores abióticos como perda da transparência da água decorrente da elevada taxa de sedimento em suspensão causada pelas chuvas, como também pelas atividades de dragagem no porto interno. As placas de recrutamento mostraram quedas acentuadas de recrutas no período de chuvas, chegando a permanecer com a superfície limpa nos três tipos de placas durante o mês de julho, período posterior ao maior nível de precipitação atingido durante o estudo.

Quanto a preferência pelo tipo e características de substrato, em estudos realizados nos matacões na região de São Sebastião (SP), Rocha (1995) verificou que, ambientes com estrutura espacial mais complexa favorecem maior coexistência de

espécies. Neste aspecto, a homogeneidade do substrato artificial utilizado em nossa pesquisa pode ter exercido forte influência na composição da comunidade estudada.

Os trabalhos de Sutherland e Karlson (1977), Sutherland (1981) e Keough (1983) fornecem vários exemplos de comunidades diferentes entre si que se desenvolvem em placas de recrutamento na mesma profundidade. Fatores casuais podem afetar não só o recrutamento como também a persistência, modalidade e outros parâmetros demográficos das espécies em cada placa. Para Sebens (1991) *apud* Rocha (1993), quanto mais fragmentado o ambiente, com obstáculos entre as placas, simulando ilhas, mais importantes se tornam os fatores estocásticos e mais heterogêneas serão as assembléias de espécies resultantes, quando combinadas. Como o recrutamento é um processo essencialmente estocástico, verificou-se que a proximidade entre as placas no nosso experimento pode ter sido um fator determinante para a baixa variação da composição das placas mesmo com diferentes tratamentos, sob o ponto de vista espacial.

Fases iniciais de colonização de substratos artificiais submersos

As fases iniciais de colonização de substratos submersos na água são compostas predominantemente por bactérias, protozoários, diatomáceas e algas. Estes três últimos recrutam lentamente, atingindo seu desenvolvimento máximo depois de alguns dias ou semanas (Bastida, 1968).

Pesoone (1971) dividiu em duas as fases iniciais de colonização do substrato: a película inicial, constituída unicamente por bactérias e detritos; e o recobrimento primário, constituído por protozoários, diatomáceas, bactérias, detritos e, eventualmente, por reduzida quantidade de macrorganismos (copépodes, cirrípedes, poliquetas). O recobrimento secundário corresponderia ao “fouling” e designaria comunidades incrustantes que se desenvolvem sobre substratos, quando submersos por períodos prolongados.

Eston (1981) observou que as células de diatomáceas formadoras de colônias dentro de tubos mucosos se espalham pelo substrato e são responsáveis pelo recobrimento primário, sendo resistentes a pinturas anti-incrustantes. No entanto nos experimentos realizados com este tipo de tinta, não se observou o crescimento de

diatomáceas em placas de sucessão nem de recrutamento, embora as diatomáceas tenham recoberto densamente a superfície de placas de controle e zarcão no início da sucessão ecológica na Região de Suape.

Este mesmo autor afirmou que, quando as condições ambientais restringem as diatomáceas as cianofíceas aumentam em número, indicando a qualidade de oxigênio e iluminação. Portanto quando foi observado no recobrimento primário do nosso experimento, formado exclusivamente por colônias de diatomáceas, podemos indicar através deste padrão, que as condições de luminosidade e teor de oxigênio no período de desenvolvimento das diatomáceas eram favoráveis.

Para Wahl (1989), num processo inicial de colonização de um substrato fixo, a colonização por eucariontes unicelulares envolve a chegada de fungos, protozoários e diatomáceas, com uma evidente dominância quantitativa deste último. Esta fase se inicia vários dias após a imersão do substrato limpo e em relação às bactérias pode-se distinguir entre as formas de sucessão, as pioneiras e as tardias. As diatomáceas se fixam por secreção de muco, podendo formar coberturas densas em grandes áreas do substrato e contribui significativamente para a evolução química/biológica do substrato. Caso semelhante a este ocorreu no primeiro mês de imersão das placas metálicas submersas na área do porto de Suape, onde o primeiro colonizador sobre as placas de controle e zarcão foi a diatomácea *Nitzschia martiana*, que formou um denso tapete, cobrindo de 80% a 98% do espaço disponível para a colonização, após o qual se fixaram os organismos eucariontes multicelulares.

Sieburth & Tootle (1981), descreveram a colonização por diatomáceas em substratos artificiais, na ausência de filme bacteriano. Maki et al (1988) observaram que filmes formados por bactérias exóticas, inibem a fixação de larvas de cracas, e Mihm et al (1981) mostraram que o filme bacteriano pode promover a inibição da fixação de larvas de briozoários. Huang & Boney (1985) provaram que o filme formado previamente por diatomáceas impede a formação de várias algas. Embora nos trabalhos desenvolvidos nesta pesquisa não se tenha acompanhado os dois primeiros estágios de colonização de uma superfície limpa, percebe-se que a partir da colonização pelas diatomáceas, o recrutamento dos multicelulares eucariontes apresentou um processo sucessório típico.

Dinâmica de Recrutamento e Processo Sucessório

Hadfield (1986) pesquisou a respeito do assentamento e recrutamento de invertebrados sésseis e afirmou que o estudo de organismos incrustantes deve ser realizado após o recrutamento, uma vez que é extremamente difícil estimar a taxa de indivíduos que se estabelecerão quando ainda estão na forma planctônica.

Keough (1983) estudou o padrão de recrutamento de invertebrados sésseis em várias escalas sob o ponto de vista espacial e temporal, considerando as seguintes hipóteses: (1) A distribuição das larvas na coluna líquida é casual, e a variação no recrutamento entre réplicas de substratos (painéis) pode ser explicada por mera casualidade ou pelo comportamento individual das espécies no momento da fixação. (2) As espécies não apresentam preferência de tamanho de substrato para recrutar. (3) O padrão de recrutamento não difere muito entre indivíduos de uma mesma espécie no plano espacial ou temporal. O recrutamento ocorrendo de modo casuístico pode explicar as diferenças que ocasionalmente ocorreram entre os lados internos e externos das placas analisadas no estudo do "fouling" na região portuária de Suape.

Stoner (1990) afirmou que o estabelecimento das larvas determina uma zonação vertical dos recrutas e que é a taxa de mortalidade após o estabelecimento da larva que determina a densidade das colônias jovens. Verificou-se nesta pesquisa que, nos meses de outubro a março de 2002 em que se antecederam os índices de dominância de briozoários e ascídias, foi registrado um número expressivo de colônias jovens em placas de recrutamento e de sucessão, que refletiram um baixo percentual de cobertura, mas que nos meses seguintes, ocuparam a maior parte do substrato.

Wahl (1989) citou outros parâmetros norteadores de uma comunidade fouling. Um dos mais importantes refere-se ao recrutamento, que é mais evidente quando medido não pelo tempo de fixação das larvas, mas pelo instante em que o recruta cresce e atinge o tamanho individual para a reprodução. Para esse autor, até atingir a maturidade na comunidade, a mortalidade em cracas é muito alta, e em briozoários a mortalidade é baixa. Isso explica o fato de se ter observado neste estudo, uma abundância relativa maior de briozoários e a sobreposição desses animais às cracas. Os briozoários, por sinal apareceram sempre bem expostos, sem epibiose. Foi muito freqüente também o assentamento de hidróides sobre as cracas, de ascídias da família Didemnidae sobre a túnica de *Styela canopus*. Esses mesmos padrões de epibioses

foram evidenciados por Giordano (2001) nas placas de cerâmica submersas na região de Santos-SP. Naquele caso os organismos fixos de substratos inertes, também terminaram sendo colonizados. Sobre isso, Banaigs e Wahl (1991) citam como exemplo de algumas formas de defesa:

- 1) Defesa mecânica: produção de muco superficial, descamação periódica de cutícula/epiderme, deslocamento de recrutas pela migração do muco superficial
- 2) Defesa física: tensão superficial unificável dentro da zona biocompatível
- 3) Defesa química: superfícies extremamente ácidas ou básicas e superfícies que exudam metabólitos secundários tóxicos.

Esta última forma de defesa está presente na túnica de ascídias. Estudos realizados por Pisut & Pawlik (2002) com 17 espécies de ascídias tropicais mostraram que a túnica de algumas espécies de ascídias coloniais do gênero *Didemnum* e a espécie *Phalusia nigra* possuem níveis de acidez elevados com $\text{pH} = 1,0$. Outras espécies também registradas no presente estudo foi citada por estes autores com túnica neutra ($\text{pH} = 7,0$). É o caso das espécies *Diplosoma listerianum*, *Symplegma rubra* e *Styela* sp. Essas informações podem justificar o fato de que os representantes de *Didemnum* que se desenvolveram sobre as placas de colonização no Porto de Suape foram dominantes durante seu curto ciclo de vida, e não permitiram o desenvolvimento de nenhuma epibiose. Em contrapartida, a espécie *Styela canopus* foi basibionte para o crescimento de briozoários e outras ascídias.

Diante do exposto pode-se considerar que os seres residentes em qualquer comunidade podem afetar o recrutamento larval da própria espécie ou de outra, de acordo com Osman & Whitlatch (1995b). Esse comportamento foi observado entre as cracas que passaram a induzir a fixação de indivíduos jovens próximo dos adultos, caracterizando um hábito gregário.

Para Turner & Todd (1993), a taxa de recrutamento de larvas em ambiente marinho varia tanto em escala temporal como espacial. No experimento de recrutamento foi possível observar que não existe uma grande variação entre as placas com mesmo tratamento, havendo mesmo uma semelhança considerável entre placas com zarcão e controle. Observou-se diferenças pouco consideráveis entre faces diferentes de uma mesma placa.

Keough (1983) propôs alguns padrões de recrutamento em relação a alguns grupos de organismos incrustantes estudados em duas localidades ao sul da Austrália, afirmando que nas placas submersas em duas localidades, de um modo geral, os poliquetas serpulídeos recrutaram em altas densidades, cracas recrutaram esporadicamente não sendo capazes de atingir elevadas densidades de recrutamento. Bivalves mostraram padrões similares as cracas. Briozoários incrustantes recrutaram consistentemente, mas em densidades mais baixas que os serpulídeos enquanto que os briozoários arborescentes foram esporádicos a raros. Tunicados solitários recrutaram em número moderado apresentando picos irregulares, enquanto que os tunicados coloniais não recrutaram com elevadas densidades, mas apresentaram uma tendência a recrutar em períodos iniciais do ano.

Rocha (1993b) estudando a variabilidade do recrutamento larval na zona entremarés em placas de cerâmica submersas na região de São Sebastião (SP) verificou que a abundância total de indivíduos foi baixa na maioria das placas, sobretudo no estrato superior, e que os poliquetas serpulídeos foi o grupo que apresentou o recrutamento mais intenso durante o estudo.

Comparando o estudo realizado por esses autores com a nossa pesquisa, pode-se apontar alguns aspectos importantes sobre o recrutamento de organismos incrustantes no porto de Suape. Inicialmente, os poliquetas serpulídeos embora tenham recrutado ao longo de todo o ano, apresentaram densidades sempre muito baixas, sendo as cracas e os briozoários os representantes que apresentaram maiores densidades de recrutas com uma tendência temporal semelhante ao padrão apresentado nos estudos de Keough (1983). Briozoários arborescentes apresentaram padrões semelhantes nos dois trabalhos, assim como as ascídias solitárias. Ascídias coloniais tiveram uma baixa representatividade em placas de recrutamento.

Para Caley et al (1996), a maioria das populações marinhas são demograficamente abertas e são fortemente dependentes do suprimento de indivíduos juvenis vindos do plâncton. Mas nem sempre é possível evidenciar a importância do recrutamento para a determinação da densidade populacional de uma localidade. Para isso, pode-se utilizar dos argumentos de que (1) a teoria demográfica sugere que exceto sob condições restritivas, o recrutamento influencia muito para a densidade da população local; (2) uma população local nem sempre tem seu tamanho limitado pelo

recrutamento e (3) o efeito do recrutamento sobre o tamanho de uma população, embora difícil de ser detectado, é real. É necessário que se dedique atenção especial a capacidade de sobrevivência de recrutas numa escala de tempo e espaço. No caso do estudo sobre recrutamento realizado na região de Suape, verificou-se que, embora os poliquetos serpulídeos tenham recrutado em níveis consideráveis nos seis meses iniciais do experimento, sua população não se estabeleceu no processo sucessório, levando a considerar outros fatores, que não a taxa de recrutamento como elementos influenciadores do estabelecimento da densidade de população, quando mais madura. Outro fato observado foi que embora as cracas tenham apresentado taxas de recrutamento mais elevadas e freqüentes que os briozoários incrustantes, o índice de mortalidade pós-recrutamento foi maior, e no processo sucessório os briozoários incrustantes tornaram-se mais abundantes por apresentarem maior resistência.

Interações entre os organismos incrustantes

Osman & Whitlatch (1995a), trabalharam com comunidades adultas de residentes e afirmaram que estas interferem no estabelecimento de algumas espécies através de relações bióticas como a predação sobre a larva recém fixada, removendo-a, e eventualmente disponibilizando o espaço para que outras larvas o colonize. Os adultos residentes podem, ainda, estimular ou inibir o estabelecimento de larva sobre um substrato adjacente. O trabalho descreve um modelo agregado no processo de estabelecimento de diferentes espécies próximas a ascídias residentes. Deste modelo, sugere-se que o estabelecimento agregado limita a mobilidade de larvas, uma vez que algumas delas rejeitam o contato com algumas espécies. Poucos indivíduos de algumas espécies se estabeleceram sobre a superfície dessas ascídias e o resultado mostra o efeito desses residentes vivos na usurpação do espaço e restringindo o assentamento em áreas adjacentes não ocupadas.

O estudo da sucessão em placas metálicas na região de Suape mostrou que, de fato, após o desenvolvimento de colônias de ascídias, nenhum outro organismo, exceto outras ascídias se fixaram sobre o substrato adjacente, e após a morte dessas, o espaço antes ocupado por elas não foi totalmente nem imediatamente ocupado por

outros organismos. Apenas a ascídia isolada *Styela canopus* permitiu uma epibiose de briozoários incrustantes.

Banaigs e Wahl (1991) definiram a intensidade da colonização, pelos organismos incrustantes em uma dada superfície como dependente de três parâmetros principais: (1) pressão do “fouling” local, que potencialmente, é um produto do estoque local de colonização e da atividade biológica nas águas locais; (2) tempo de exposição da superfície considerada, a qual pode ser determinada pela longevidade de um organismo, em relação à frequência média da perturbação física do substrato, biológico ou não biológico; (3) Propriedades físico-químicas de uma superfície não viva ou viva. Desses três parâmetros, o primeiro relacionado com as características abióticas do local (temperatura, salinidade e transparência da água) pode ser elemento direcionador da comunidade “fouling” local, haja vista o período de dragagem ao qual o Porto de Suape foi submetido, levantando muito sedimento, que permaneceu em suspensão elevando consideravelmente a turbidez da água, impossibilitando o recrutamento nas placas mensais observadas ao final ou depois da dragagem. Quanto ao segundo parâmetro, a exemplo do curto ciclo de vida de ascídias, observou-se um rápido povoamento com elevada densidade de colônias, que após alguns meses desapareceu disponibilizando o espaço para ser recolonizado por outros grupos zoológicos. O tempo de exposição da superfície das placas a uma variedade de outras perturbações também pode ter influenciado as bioincrustações, sobretudo no caso de espécies solitárias de corpo volumoso que são mais sujeitas às perturbações físicas, tais como cracas e *Styela canopus* capazes de atingir um grande tamanho em poucas semanas. Esses grupos tornam-se mais sujeitos a ação das correntes marinhas.

Observaram-se mudanças bruscas na composição da comunidade durante determinado período, representadas principalmente por aqueles organismos com curto ciclo de vida.

O estudo dos mecanismos de defesa de certos organismos contra as epibioses tornou-se um importante elemento para a pesquisa de tecnologias alternativas como biocidas “anti-fouling”. Segundo Uritz *et al* (1991), existe uma clara relação entre atividades antibióticas e certos grupos taxonômicos. Briozoa, Porífera e Tunicata são no geral, os grupos mais ativos que formam uma grande parte da biomassa das placas de “fouling”. Nos trabalhos de Giordano (2001), assim como neste trabalho, os

tunicados e briozoários foram os grupos mais freqüentes e representativos em placas de controle e zarcão, tornando evidente as observações de Uritz et al (op. cit.), mas algumas exceções foram evidenciadas, como no caso das epibioses formadas pelos briozoários sobre ascídias isoladas. Quanto aos poríferos, este grupo esteve ausente durante todo o estudo realizado sobre as placas metálicas submersas na região do Porto de Suape.

A forte influencia dos adultos residentes sobre os recrutas descritas por Osman & Whitlatch (1995) e confirmada em nesta pesquisa podem influenciar no recrutamento de ascídias de quatro maneiras: predando a larva recrutada, incluindo/ra removendo os espaços para a larva colonizar e estimulando ou impedindo as larvas de recrutar os espaços adjacentes e, crescendo como epibiontes sobre indivíduos recém recrutados. No trabalho desenvolvido em placas metálicas na região portuária de suape constatou-se as três ultimas formas de influencias dos adultos residentes sobre os indivíduos recém fixados não sendo possível observar a primeira forma citada pelos autores mencionados.

Giordano (2001) afirmou que a colonização de ascídias na comunidade incrustante de Santos se deu predominantemente no espaço vazio indicando que, de fato, ela e fortemente susceptível aos adultos já residentes.

Confirmando o elevado percentual de recobrimento pelos representantes da família Didemnidae, Oren & Benayahu (1998) trabalharam com o recrutamento de ascídias destas mesmas famílias e detectaram que eram rápidas colonizadoras. Como nessa família as larvas são lecitotróficas, tendem a nadar apenas por alguns minutos antes de recrutar. Os autores citam ainda que o aumento no percentual de ascídias Didemnidae acaba por excluir outros organismos e mesmo inibir o recrutamento.

Rocha (1988) considerou que grandes grupos de organismos incrustantes seguem uma hierarquia pré-estabelecida de habilidades competitivas, isto é ascídias e esponjas se equivalem ou as primeiras são superiores em relação às ultimas e estes grupos geralmente recobrem briozoários incrustantes e corais.

Giordano (2001), afirmou que esponjas não ocorrem em estágios iniciais da sucessão tendo sua presença registrado a partir do 25^o mês confirmando os estudos de Pansini & Pronzato (1981) *apud* Giordano(op. cit.) que em um estudo observado por quatro anos do recrutamento de poríferos em placas de “fouling” no Mediterrâneo,

detectaram um forte aumento no recrutamento de espécies de esponjiários após o segundo ano de sucessão. O período de doze meses dedicado ao estudo do “fouling” podem ter sido insuficiente para que, no processo de sucessão não tenham sido encontrados representantes deste grupo nas placas experimentais.

Segundo Todd & Turner (1986), o contato entre organismos crescendo e competindo por espaço podem dar origem a uma ou mais das seguintes estratégias: (1) os organismos param de crescer no local de contato; (2) um dos organismos recobre totalmente o outro sem destruí-lo; (3) Um dos organismos recobre totalmente o outro, matando-o; (4) ambos podem sofrer recobrimento pelo outro, em diferentes regiões de contato; (5) um dos organismos recobre totalmente o outro, mas posteriormente regride.

Observando as interações entre os organismos incrustantes na região de Suape, verificou-se que, entre cracas e briozoários incrustantes, os briozoários recobriam totalmente as cracas sem destruí-las, ou quando se tratava de cracas muito jovens estas acabavam morrendo. Entre espécies diferentes de briozoários incrustantes, observou-se a estratégia onde ambos paravam de crescer na área de contato, mudando a direção do seu desenvolvimento; em outros momentos, observou-se uma espécie de briozoário incrustante crescendo sobre outra levando-a a morte, ou uma crescendo sobre a outra em diferentes regiões de contato. Entre briozoários incrustantes e ascídias coloniais, observou-se que as ascídias sempre crescem sobre briozoários, matando-os. Entre ascídias de diferentes espécies do gênero *Didemnum* observou-se que numa competição por espaço, não houve recobrimento de uma sobre a outra, muitas vezes, as extremidades das colônias sofreram espessamento, como resultado do acúmulos de espículas, parando de crescer nas áreas de contato.

Em 1988, Rocha havia afirmado que as colônias de ascídias apresentam um rápido crescimento, o que permite um grande numero de contatos entre as margens das colônias e a porcentagem de contatos entre um determinado par de espécies em relação ao numero total de contatos de uma delas, fornece uma estimativa dos potenciais competidores desta espécie.

Entre ascídias coloniais, a autora verificou que o tipo de interação mais comum foi a parada de crescimento na região de contato entre duas espécies ou o envolvimento de uma colônia em torno de outra, sem recobrimento. Interações

semelhantes foram observadas em nosso trabalho, quando observados os pares de ascídias coloniais. No entanto, a ascídia isolada *Styela canopus* permitiu recobrimento total ou parcial por ascídias coloniais do gênero *Didemnum* e por briozoários incrustantes, sem leva-la a morte.

Neste mesmo trabalho, Rocha admitiu haver um maior contato de ascídias coloniais com outros organismos como poríferos, briozoários incrustantes e zoantídios, onde foram observadas a parada no crescimento na maioria dos contatos com briozoários incrustantes, havendo recobrimento e recrutamento sobre colônias mortas. Interações semelhantes foram evidenciadas nos estudos sobre placas metálicas realizadas em Suape.

As razões deste comportamento interativo ente as espécies incrustantes pode em parte ser explicada através de trabalhos como os de Vervoot et al (1998), quando afirmou que muitos invertebrados marinhos por não possuírem uma proteção física, usam as defesas químicas como estratégia alternativa de defesa. Muitos metabólitos secundários podem ser isolados de partes do corpo de invertebrados marinhos e funcionam como eficientes agentes detentores da predação e do “fouling”. Recentemente estudos relevantes no campo da ecologia têm incrementado nossos conhecimentos no papel real destes metabólitos secundários de invertebrados para o ambiente. Ascídias da família Didemnidae possuem ácidos incluídos ou altas concentrações de metais pesados em seus tecidos, que são capazes de inibir o “fouling” e a predação. Mais tarde esta afirmativa foi confirmada por Pisut & Pawlik (2002). Esta capacidade das ascídias de inibir o crescimento de epibioses durante o processo sucessório vem sendo estudada, como uma alternativa ao controle do “fouling” em estruturas submersas construídas pelo homem. Nesta perspectiva, Pisut & Pawlik (2002) verificaram que as ascídias são uma rica fonte de produtos metabólitos naturais marinhos. Larvas de ascídias também possuem defensivos químicos com atividade antipredatórias e são notadas algumas similaridades entre a química de adultos e larvas, particularmente na composição de ascídias tropicais. Além dos metabólitos, ácidos inorgânicos podem ser secretados de uma variedade de organismos marinhos, como algas, moluscos e ascídias. Estas últimas secretam ácidos em sua túnica que reduz a incidência de predação por gastrópodes. Ácidos e metabólitos secundários, porém são secretados em diferentes concentrações de

acordo com a região do corpo do animal. Os autores trabalharam com 17 espécies de ascídias tropicais, das quais três espécies e mais três representantes de outros gêneros foram registradas na área de Suape. Entre estes, o gênero *Didemnum* apresentou uma túnica acida (pH= 1,0) assim como *Phalusia nigra* (pH = 1,0). *Diplosoma listerianum*, *Symplegma rubra* e uma espécie do gênero *Styela* tem o pH da túnica, neutro. Estas informações auxiliaram a interpretação do recobrimento das placas no nosso estudo, confirmando que quando as espécies de ascídias do gênero *Didemnum* cresceram no espaço disponível, tornaram-se dominantes, não permitindo o desenvolvimento de epibioses.

Biodiversidade de comunidades incrustantes

Após semanas de início do condicionamento bioquímico, primeiro fenômeno que se estabeleceu após a imersão do substrato na região de Suape, se iniciou uma longa fase de colonização com a fixação de larvas meroplânctônicas e algumas algas. Esta fase se caracterizou por constantes sobreposições devido ao contínuo recrutamento, levando a evolução de uma comunidade epibiótica. Este estágio do processo de estabelecimento do “fouling” foi repetidamente descrito, e como trabalhos clássicos, podemos citar os de Osman (1978), Sutherland e Karlson (1977), Hardfield (1984) e, mais tarde no Brasil outros trabalhos como os de Absalão (1993), Rocha (1991) e Giordano (2001). Para o litoral de Pernambuco, poucas são as contribuições para o estudo dos fenômenos relacionados com comunidades epibênticas sobre substratos artificiais.

Depois de estabelecidos os estágios de colonização inicial do “fouling”, a comunidade é envolvida continuamente por mecanismos tais como distúrbios, facilitação, inibição, tolerância, etc. Existe um estabelecimento seletivo da larva que pode ser observado através da variedade de espécies recrutadas. Algumas larvas podem se fixar em superfícies fisicamente limpas, mas numerosas larvas, preferencialmente se fixam em substratos já condicionados por uma, duas ou três fases de colonização. Fala-se sobre a predileção por filmes por superfícies já encobertas pelo menos, por um filme microbiano.

De acordo com Rodrigues (1962) já existia uma escassez de informações a respeito da fauna de ascídias no litoral brasileiro. Em seu trabalho, são listadas as espécies de ascídias para a região Sul, descrevendo aspectos sistemáticos e de distribuição de várias espécies, mas entre elas, apenas a *Ascidia nigra* foi encontrada na Região de Suape.

Mais recentemente, Lotufo (2002), listou as espécies de Ascidiacea para o litoral tropical brasileiro, confirmando que o conhecimento sobre ascídias na região tropical brasileira é ainda muito escasso. O autor indica a ocorrência de 36 espécies deste grupo entre o litoral de Pernambuco e Alagoas. Dentre elas, *Didemnum psamathodes*, *Phalusia nigra* e *Styela canopus*. Como este é o único levantamento que se tem conhecimento sobre as ascídias do litoral pernambucano, as espécies encontradas na região de Suape e que não foram listadas por este autor representam a primeira ocorrência para este Estado. Portanto são considerados os primeiros registros de *Didemnum perlucidum*, *Diplosoma listerianum*, *Symplegma rubra*, *Diplosoma sp.*

Rocha (1991) citou cinco espécies de ascídias coloniais que se mostraram abundantes e freqüentes sobre placas de "fouling" no Canal de São Sebastião, SP. Entre elas *Diplosoma listerianum* mostrou um alto valor de cobertura no início da sucessão, e é reconhecidamente oportunista, já que se reproduz continuamente ao longo do ano, com alta taxa de crescimento e ciclo de vida curto. Para esta autora, o recobrimento de uma espécie pela outra não foi um tipo freqüente de interação entre ascídias durante a sucessão e parece mais provável que a substituição de espécies tenha ocorrido em função da morte dos indivíduos que colonizaram primeiro e que pertenciam a espécies de ciclo de vida curto. O espaço que, desta forma, se tornava disponível era, então, ocupado pelo crescimento de espécies mais persistentes que haviam garantido sua presença sobre as placas através de recrutamento e da alta sobrevivência de jovens colônias.

Rocha (1988; 1991) considera o grupo das ascídias como o mais importante em estágios iniciais, passando a ocupar um papel mais secundário, como epibionte, nas últimas etapas do processo sucessional. Lotufo (1997) afirma que o papel das ascídias no desenvolvimento da comunidade vai variar de acordo com o lugar, com as espécies presentes e suas características intrínsecas, destacando-se os mecanismos reprodutivos, velocidade de crescimento e forma do corpo. Em nosso trabalho verifica-

se claramente a capacidade das ascídias, principalmente os *Didemnum* de colonizar rapidamente o substrato em estágios iniciais da sucessão. O recobrimento do substrato por briozoários, em fases mais tardias, porém, não possibilitou o surgimento de ascídias como epibiontes.

Na região portuária de Suape, o recobrimento pela ascídia *Diplosoma listerianum* não se mostrou dominante em nenhum dos períodos de ocorrência, apresentando uma cobertura de 20% no mês de dezembro em placas controle e menos de 10% em placas com zarcão. O seu desaparecimento nos períodos subsequentes e a elevada biomassa em curtos períodos de tempo de outras espécies de ascídias, confirmam o curto ciclo de vida deste grupo, afirmado por Rocha (1991).

Fernandes (2000), trabalhando nos recifes areníticos da região de Suape listou as espécies incrustantes e sedentárias daquela localidade, citando três espécies de poríferos, trinta espécies de cnidários, treze espécies de moluscos, nove espécies de equinodermes e duas espécies de ascídias. No presente trabalho, não foi observada nenhuma espécie de poríferos recobrando as placas submersas na mesma área, tendo ocorrido 04 espécies de cnidários, 01 espécie de poliqueta, 04 espécies de briozoários, uma espécie de molusco, 05 espécies de crustáceos, e 08 espécies de ascídias.

Em estudos realizados com placas de sucessão e recrutamento em outras regiões do Brasil, sobretudo no estado do Rio de Janeiro, Absalão (1993), trabalhando na Baía da Guanabara, cita a ocorrência de indivíduos do Filo Porífera mas não informa quantas nem quais as espécies encontradas. São ainda apresentadas três espécies de cnidários, três espécies de moluscos, representantes de poliquetas serpulídeos, duas espécies de briozoários, cinco espécies de crustáceos e cinco espécies de ascídias. De forma semelhante ao padrão encontrado na região de suape, este autor afirmou que os poliquetas serpulídeos apresentaram-se com considerável freqüência de ocorrência, porém com baixa densidade na maioria dos meses. Em relação aos cirripédios, semelhanças entre os resultados dos dois trabalhos também foram observados, tendo as cracas apresentado freqüência muito elevada, ocorrendo ao longo de todo o período de pesquisa, com picos periódicos mas sem atingir dominância. Quanto aos anfípodos tubícolas, além das mesmas espécies que estiveram presentes na Baía da Guanabara, na região de Suape ocorreu ainda *Ampithoe ramondi*. Nos dois estudos, os anfípodos não foram percebidos em placas de recrutamento. Nas placas de sucessão, *Ericthonius*

brasiliensis, *Ampithoe ramondi* e *Podocerus brasiliensis* seus percentuais de cobertura foram sempre muito baixos e pouco freqüentes.

Giordano (2001) realizou estudos com painéis experimentais de cerâmica na Região do Porto de Santos, em São Paulo. Foram listadas duas espécies de poríferos, quatro espécies de cnidários, quatro espécies de briozoários, duas espécies de ostras, duas espécies de anelídeos, duas espécies de artrópodes e 16 espécies de ascídias. No estudo realizado com placas metálicas no Porto de Suape, Pernambuco, verificou-se que o maior número de espécies esteve também representado pelas ascídias, principalmente as coloniais. Este mesmo autor afirmou que a pressão do “fouling” local foi um dos parâmetros que definiram a composição da comunidade incrustante em seu experimento, uma vez que foi observado que as mudanças da composição nas placas era acompanhada por mudanças também nas pilastras do píer mais próximo. Semelhanças como estas não foram observadas em relação aos estudos realizados nas pilastras do píer PGL 1, onde foi realizada esta pesquisa, pois a composição da fauna nas pilastras desse píer mostraram com uma expressiva representação de poríferos e diversas outras espécies de cnidários, que não colonizaram a superfície das placas de estudo. Vale enfatizar, ainda, que tanto as placas como o revestimento das pilastras no porto de Suape era metálico.

Menge & Sutherland (1976) afirmaram existir um gradiente de diversidade de espécies relacionado com a hipótese de que a predação e a competição são complementares na organização da comunidade e diversidade. A manutenção dessa diversidade nos níveis tróficos mais elevados parecem ser em função da competição. A predação é provavelmente a interação dominante na organização das complexas comunidades tropicais, enquanto a competição é provavelmente dominante nas interações de comunidades tropicais simples.

Novas Perspectivas para o estudo do “Fouling”

Gama et al (2002a) trabalhando com produção de metabolitos secundários de algas afirmou que o papel ecológico desses produtos naturais só recentemente é que vêm sendo investigados com enfoque principal no seu efeito como mediadores químicos para defesa contra herbívoros, bactérias, epibioses, sendo eficiente no

combate as larvas de mexilhões, briozoários e cracas. Apesar dos metabólitos secundários já terem sido reconhecidos pelo seu efeito “anti-fouling” (Teo & Ryland, 1995) (Pisut & Pawlik, 2002).

Muito ainda tem que ser feito em busca deste defensivo químico contra as incrustações que não traga danos ao meio ambiente. Para os autores ainda falta um maior conhecimento sobre as habilidades pelas quais alguns organismos marinhos inibem a fixação do “fouling”, sendo necessário investigar detalhadamente esses mecanismos, desde o nível molecular até o ecológico. Em uma perspectiva molecular, os metabólitos secundários marinhos parecem inibir a colonização por bactérias, interferindo em seus processos regulatórios. Por outro lado, no campo da ecologia, as pesquisas investigam o efeito dos metabólitos secundários sobre organismos marinhos. Em sua pesquisa, Gama *et al* (2002b) acompanhou o estabelecimento do “fouling” sobre géis contendo extratos de organismos marinhos, mediados pelas condições do meio. Além de prevenir epibiose, os metabólitos secundários podem servir como meio de interromper a sucessão ecológica da comunidade incrustante, reduzindo o estabelecimento do “macrofouling” sobre estruturas construídas pelo homem.

7. Conclusões

- A comunidade incrustante sobre substratos artificiais submersos na região de Suape esta representada pelos seguintes grupos: dos cnidários com as espécies *Pennaria disticha*, *Plumaria floridana*, *Carijoa riisei* e *Palithoa caribeorum*; briozoários com as espécies *Parasmittina trispinosa*, *Caulibugula* sp, *Hippopodina feegeenis* e *Catenicella contei* ; poliquetas da família Serpulidae; moluscos com a espécie *Crassostrea rhizophorae*; crustáceos com representantes da família Ballanidae e Lepadidae, além dos anfípodos *Erithonius brasilienses*, *Podicerus brasilienses* e *Ampithoe ramondi*; os tunicados estiveram representados por duas espécies de ascídias isoladas: *Phalusia nigra* e *Styela canopus*, além de seis espécies de ascídias coloniais: *Didemnum* sp, *Didemnum perlucidum*, *Didemnum psamathodes*, *Diplosoma listerianum* e *Symplegma rubra*.

- O parâmetro abiótico que está mais relacionado com o processo de bioincrustação é a transparência da água.

- O recrutamento das larvas nas placas apresentou uma periodicidade relacionada com o parâmetro transparência da água.

- A turbidez é um fator que limita o recrutamento

- Os recobrimentos primários foram representados exclusivamente pela diatomácea *Nitzschia martiana* que proporcionou uma densa cobertura em toda a superfície de colonização, durante os primeiros meses de submersão das placas.

- O primeiro colonizador do “fouling” que se estabeleceu sobre o recobrimento primário esteve representado pelas ascídias coloniais, cuja espécie *Didemnum perlucidum* foi dominante nos dois lados das placas de controle e zarcão a partir do quarto mês de estudo.

- Após a morte das ascídias os grupos de briozoários incrustantes e balanídeos ocuparam o espaço vazio, com predomínio dos primeiros.

- As ascídias coloniais do Gênero *Didemnum* são as que possuem ação inibitória comprovadamente eficaz contra os organismos epibiontes.

- Outros grupos animais foram basibiontes e epibiontes simultaneamente.

- O tratamento com zarcão comum não mostrou nenhum efeito contra as aderências orgânicas apresentando um padrão de recrutamento e sucessão similar ao que ocorreu em placas de controle.

- O tratamento com tinta anti-fouling convencional mostrou-se eficaz e duradouro sobre os organismos incrustantes da localidade do Porto de Suape, durante o período de estudo.

- Atividades antrópicas como as dragagens no Porto de Suape trazem sérios problemas para a comunidade incrustante local, no que se refere aos processos de recrutamento e sucessão ecológica.

8. Referências Bibliográficas

Absalão, R. S. Colonização primária e seqüência de substituições, em substrato artificial, na comunidade epibentica da Baía da Guanabara, RJ-Brasil. **Tese: Doutorado**. Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo. 220 pp. 1993.

Andrade, G. O. e Lins, R. C. Os climas do Nordeste. *In: Vasconcelos Sobrinho, J. ed. As regiões naturais do Nordeste, o meio e a civilização*. Recife: CONDEPE. p. 95-138. 1971.

Banaigs, B. & Wahl, M. Marine Epibiosis. III. Possible antifouling defense adaptation in *polysyncrator lacazei* (Didemnidae, Ascidiaceae). **J. Exp. Mar. Biol. Ecol.** v. 145. p. 49-63. 1991.

Barnard, J. L. & Karaman, G. S. The families and genera of marine gammaridean Amphipoda (except marine gammaroids). Part 1-2. **Records of the Australian Museum Supplement**. v. 13. 866 pp. 1991.

Barros-Franca L. e Batista, R. N. (1991). Distribuição e abundancia relativa do fitoplâncton no Complexo Estuarino-Lagunar de Suape. Encontro Brasileiro de Plâncton. 4. Recife: **Anais ...**, p. 97-116. 1990.

Bastida, R. **Las Incrustaciones biológicas en el Puerto de Mar del Plata, periodo 1966/67 (1º. Parte)**. La Plata, Laboratorio de ensayo de materiales e investigaciones tecnologicas de la Provincia de Buenos Aires, 68 pp. 1968.

Braga, R. A. P.; Maestrati, P. e Lins, M. F. Impacto da Implantação do Complexo Industrial Portuário de Suape (PE) sobre as populações de moluscos comestíveis. **Anais Soc. Nordest. Zool.** v. 3. n.3. p. 137-153. 1990.

Calder, D. R. Hydroid diversity and species composition along a gradient from shallow waters to deep sea around Bermuda. **Deep Sea Research I.** v.45. p. 1843-1860. 1998.

Calder, D. R. & Mayal, E. M. Dry season distribution of hydroids in a small tropical estuary, Pernambuco, Brazil. **Zool. Verh. Leiden.** v. 323. p. 69-78. 1997.

Caley, M. J.; Carr, M. H.; Hixon, M.A.; Hughes, T. P.; Jones, G. P. & Menge, B. A. Recruitment and the local dynamics of open marine populations. **Ann. Rev. Ecol. Syst.** v. 27. p. 477-500. 1996.

Coe, W. R. & Allen, W. E. Growth of sedentary marine organisms on experimental blocks and plates for nine successive year. **Bull. Scripps Inst. Ocean. Univ. Calif.** v. 4. n. 4. p. 101-136. 1937.

Dayton, P. K. Competition, disturbance, and community organization: the provision and subsequent utilization os space in a rocky intertidal community. **Ecol. Monogr.** v. 41. p. 351-389. 1971.

Dean, T. A. & Hurd, L. E. Development in an Estuarine Fouling Community: The Influence of Early Colonist on Later Arrivals. **Oecologia.** v.46. p. 295-301. 1980.

Esquinazi-Leca, E. Koenig, M. L. Distribuição das diatomáceas (Bacillariophyceae) na área de Suape (Pernambuco – Brasil). **Trab. Oceanogr.** Recife: UFPE. v. 19. p. 73-100. 1986.

Eston, V. R. Recobrimento Primário se substratos artificiais submersos no Estuário de Santos (São Paulo, Brasil). **Dissertação: Mestrado.** Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo. 116 pp. 1981.

Fernandes, M. L. B. Avaliação de dois ambientes recifais do litoral de Pernambuco, através das suas macro e mega faunas incrustantes e sedentárias. **Tese: Doutorado.** Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo. 165 pp. 2000.

Fernandes, M. L. B. e Silva, A. K. P. Condições Ecológicas da Família Columbellidae (Mollusca: Gastropoda) no Complexo Estuarino de Suape – PE. **_Revista Nordestina de Zoologia.** Soc Nordest. De Zoologia. v. 1. n. 1. p. 30-43. 1994.

Fernandes, M. L. B. Mello, R. L. S. e Tenório, D. O. A família Neritidae no Complexo Estuarino-Lagunar de Suape – PE, Brasil. **Trab. Oceanogr.** Recife: UFPE. v. 23. p. 203-210. 1995.

Fernandes, M. L. B. Moluscos Gastropoda do Complexo Estuarino Lagunar de Suape, PE. (Sistemática e Ecologia). **Dissertação: Mestrado.** Departamento de Oceanografia, Universidade Federal de Pernambuco. 182 pp. 1990.

Galvão, S. de V. **Dicionário chrographico, histórico e estatístico de Pernambuco.** Rio de Janeiro: Imprensa Nacional. v.3. 1927.

Gama, B. A. P.; Pereira, R. C., Soares, A. R.;Teixeira, V. L. & Yoneshigue-Valentin, Y. Is the mussel test a good indicator of antifouling activity? A comparison between laboratory and field assays. **Corresponding author.** Rio de Janeiro: Universidade Federal Fluminense. 24 pp. 2002a.

Gama, B. P.; Pereira, R. C.; Carvalho, A. G. V.; Coutinho, R. & Yoneshigue-Valentin, Y. The effects of seaweed secondary metabolites on biofouling. **Biofouling.** v.18. n.1. p. 13-20. 2002b.

Giordano, F. Colonização de placas de “fouling” no estuário de Santos (Santos-SP): análises transicional e de sensibilidade complementando a abordagem baseada em recobrimentos específicos e diversidade. **Tese: doutorado.** Intituto de Biociências, Universidade de São Paulo. 159 pp. 2001.

Hadfield, M. G. Settlement and recruitment of marine invertebrates: a perspective and some proposals. **Bull. Mar. Science.** v. 39. n. 2. p. 418-425. 1986.

Hayward, P. J. **Ctenostome Bryozoans**. Keys and notes for the identifications of the species. London: Doris M. Kermack and R. S. K. Barnes. n. 33. 169 pp. 1985.

Hayward, P. J. & Ryland, J. S. **Cyclostome Bryozoans**. Keys and notes for the identifications of the species. London: Doris M. Kermack and R. S. K. Barnes. n. 34. 147 pp. 1985.

Huang, R., Boney, A. D. Individual and combined interactions between littoral diatoms and sporelings of red algal. **J. Exp. Mar. Ecol.** v. 85. p. 101-111. 1985.

Keough, M. J. & Downes, B. J. Recruitment of Marine Invertebrates: the role of active larval choices and early mortality. **Oecologia.** v. 54. p. 348-352. 1982.

Keough, M. J. Patterns of recruitment of sessile invertebrates in two subtidal habitats. **J. Exp. Mar Biol. Ecol.** v. 66. p. 213-245. 1983.

Lee, S. W. & Trott, L. B. Marine succession of fouling organisms in Hong Kong, with a comparison of woody substrates and common locality available antifouling paints. **Marine Biology.** v.20. p. 101-108. 1973.

Lima e Costa, J. T. M. **Flora e vegetação terrestre da área Programa Suape**. Recife: Instituto de Desenv. Pernambuco. 24pp. (Comunicação Técnica, 5).1978.

Lotufo, T. M. C. Ascidiacea (Chordata: Tunicata) do Litoral Tropical Brasileiro. **Tese: Doutorado**. Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo. 183 pp. 2002.

Lotufo, T. M. C. Ecologia das ascídias da Baía de Santos (SP): Período reprodutivo, crescimento e aspectos sucessionais. **Dissertação: Mestrado**. Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo. 113 pp.1997.

Maki, J. S., Rittschot, D., Costlow, J. D. & Mitchell, R. Inhibition of attachment of larval barnacles, *Balanus amphitrite*, by bacterial films. **Mar.Biol.** v. 97. p. 199-206. 1988.

Marcus, E. Bryozoarios marinhos brasileiros I. **Bol. Fac. Phil. Sci. Letr. USP. Zool.** v. 1. p. 5-224. 1937.

Melo Filho, J. A. S. **Caracterização da situação atual da área Programa Suape sob o ponto de vista da poluição ambiental.** Recife: CONDEPE. (Comunicação técnica - 1). Convenio CONDEPE/SEPLAN-PE/CNRC. 1977.

Menge, B. A. & Sutherland, J. P. Community regulation: variation in disturbance, competition and predation in relation to environmental stress and recruitment. **Am. Nat.** v. 130. n. 5. p. 730-757. 1987.

Menge, B. A. & Sutherland, J. P. Species diversity gradients: synthesis of the roles of predation, competition and temporal heterogeneity. **Am. Nat.** v. 110 n. 973. p. 351-369. 1976.

Mihm, J. W. Banta, W. C., Loeb, G. I. Effects of adsorbed organic and primary fouling films on bryozoan settlement. **J. Exp. Mar. Biol. Ecol.** v. 54. p. 167-179. 1981.

Morales, E. & Arias, E. Ecología del Puerto de Barcelona y desarrollo de adherencias orgánicas sobre placas sumergidas. **Inv. Pesq.** v. 28. p. 49-79. 1974.

Monniot, C., Monniot, F. Key to ascidian genera of the world. **Manuscrit.** Muséum National d'Historie Naturelle. Paris. p.312-367. 1971

Morales, E. & Arias, E. Variación estacional de organismos adherentes en el Puerto de Castellón de la Plana. **Inv. Pesq.** v.43. n. 2. p. 353-383. 1979.

Myers, A. A. Shallow-water, coral reef and mangrove Amphipoda (Gamaridea) of Fiji. **Records of the Australian Museum Supplement.** v. 5. p. 1- 143. 1985.

Neumann-Leitão, S. Impactos Antrópicos na Comunidade Zooplanctônica Estuarina. Porto de Suape – PE- Brasil. **Tese: Doutorado**. Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. 273 pp. 1994.

Neumann-Leitão, S. Sistemática e Ecologia dos Rotíferos (*Rotatória*) planctônicos da área estuarina lagunar de Suape-Pernambuco (Brasil). **Dissertação: Mestrado**. Departamento de Oceanografia, Universidade Federal de Pernambuco. 261pp. 1986.

Odum. E. P. **Ecología**. Rio de Janeiro: Interamericana. 434 pp. 1985.

Oliveira-Filho, E. C. & Mayal, E. M. Seasonal distribution of intertidal organisms at Ubatuba, São Paulo (Brazil). **Rev. Bras. Biol.** v.36. n. 2. p. 305-316. 1976.

Oren, V. & Benayahu, Y. Didemnidae ascidians: rapid colonizers of artificial reefs in Eilat (Red Sea). **Bull. Mar. Sci.** v. 63. n. 1. p. 199-206. 1998.

Ortega, S. Environmental stress, competition and dominance of *Crassostrea cirginica* near Beaufort, North Carolina, USA. **Mar. Biol.** v. 62. p. 47-56. 1981.

Osman, R. W. Functional roles of *Schizoporella* and *Styela* in the fouling community at Beaufort, North Carolina. **Ecology**. v. 59. n. 2. p. 257-264. 1978a.

Osman, R. W. The influence of seasonality and stability on the species equilibrium. **Ecology**. v. 59. n. 2. p. 383-399. 1978b.

Osman, R. W. & Whitlatch, R. B. Patterns of species diversity: fact or artifact? **Paleobiology**. v. 4, p. 41-54. 1978.

Osman, R. W. & Whitlatch, R. B. The influence of resident adults on larval settlement: experiments with four species of ascidians. **J. exp. Mar. Biol. Ecol.** v. 190. p. 199-220. 1995a.

Osman, R. W. & Whitlatch, R. B. The influence of resident adults on recruitment: a comparison to settlement. **J. exp. Mar. Biol.** v.190. p. 169-173. 1995b.

Osman, R. W. The influence of resident adults on larval settlement: experiments with four species of ascidians. **J. Exp. Mar. Biol. Ecol.** v. 190. p. 199-220. 1995.

Paine, R. T. Food web complexity and species diversity. **Am. Nat.** v.100. p. 65-75. 1966.

Parry, D. L. Chemical properties of the test of ascidians in relation to predation. **Mar. Ecol. Prog. Ser.** v. 17. p. 279-282. 1984.

Persoone, G. Ecology of fouling of submerged surfaces in a polluted harbour. **Vie Milieu.** v. 22. n. 2. p. 613-636. 1971.

Pisut, D. P. & Pawlik, J. R. Anti-predatory chemical defenses of ascidians: secondary metabolites or inorganic acids? **J. Exp. Mar. Biol. Ecol.** v. 270. p. 203-214. 2002.

Pomerat, C, M. & Weiss, C. M. The influence of texture and composition of surface on the attachment of sedentary marine organisms. **The Biological Bull.** v. 91. n. 1. p. 57-65. 1946.

Rios, E. **Seashells of de Brazil.** 2. ed. Rio Grande: Editora da FURG. 368 pp. 1994.

Robles, C. D. Changing recruitment in constant species assemblages: implications for predation theory in intertidal communities. **Ecology.** v. 78. n. 5. p. 1400-1414. 1997.

Rocha, R. M. & Monniot, F. Taxonomic and ecological notes on some *Didemnum* species (Asciacea, Didemnidae) for Sao Sebastiao Channel, South-East Brazil. **Rev. Bras. Biol.** v. 55. n. 4. p. 639-649. 1995.

Rocha, R. M. Abundance and distribution of sessile invertebrates under intertidal boulders (São Paulo, Brazil). **Bolm. Inst. Oceanogr.** V. 43. p. 1. p. 71-88. 1995.

Rocha, R. M. Ascídias coloniais do Canal de São Sebastião, SP: Aspectos ecológicos. **Dissertação: Mestrado.** Instituto de Biologia, Universidade Estadual de Campinas. 133 pp. 1988.

Rocha, R. M. Comunidade incrustante em substrato duro não estabilizado na zona entremarés (São Sebastião, SP). **Tese: doutorado.** Instituto de Biologia, Universidade Estadual de Campinas. 111pp. 1993a.

Rocha, R. M. Replacement of the compound ascidian species in a southeastern brazilian fouling community. **Bolm. Inst. Oceanogr.** Sao Paulo. v. 39. n. 2. p. 141-153.1991.

Rocha, R. M. Variabilidade do recrutamento larval na zona entremarés. **III Simpósio de Ecossistemas da Costa Brasileira, ACIESP.** p. 301-309. 1993b.

Rodrigues, S. A. Algumas ascídias do Litoral Sul do Brasil. **Bol. Fac. Fil. Ciên. Letr. São Paulo.** v. 261 (Zoologia). N. 24. p. 193-216.

Rodrigues. S. A., Rocha. R. M., Lotufo. T. M. C. **Guia Ilustrado de Identificação das Ascídias do Estado de São Paulo.** Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo: FABESP. 190 pp. 1998.

Ruffo, S. The Amphipoda of the Meditterrean. Part 1. **Mémoires do Institut Oceanographique Monaco.** v. 13. p. 1-364. 1982.

Serejo, C. S. & Licinio, M. U. S. The genus (Crustacea, Amphipoda, Ampithoidae) from the Brazilian Coast. **Arq. Mus. Nac. Rio de Janeiro.** v. 60. n. 1. p. 41-50. 2002.

Sieburth, J. McN. & Tootle, J. L. Seasonality of microbial fouling on *Ascophyllum nodosum* (L.) Lejol, *Fucus vesiculosus* L., *Polysiphonia lanosa* (L.), Tandy and *Chondrus crispus* Stackh. **J. Rhycol.** v. 17. p. 57-64. 1981.

Silva, J. S. V.; Fernandes, F. C. et al. Água de Lastro. **Ciência Hoje.** v.32. n. 188. p. 38-43. nov. 2002.

Silva, S. H. G.; Nunes, A. J. B.; Alves, M. C. S. & Lage, V. A. Contribuição ao estudo das comunidades incrustantes que ocorrem na Baía da Guanabara. **Revista Brasileira de Biologia.** Rio de Janeiro. v. 40. n. 2. p. 367-382. 1980.

Soule, D. F., Soule J. D. & Chaney, H. W. Taxonomic Atlas of the Benthic Fauna of the Santa Maria Basin and Western Santa Barbara Channel. **The Bryozoa.** Hancock Institute of Marine Studies. 344 pp. 1995.

Stoecker, D. Chemical defenses of ascidians against predators. **Ecology.** v. 61. n. 6. p. 1327-1334.1980.

Stoner, D. S. Recruitment of a tropical colonial ascidian: relative importance of pre-settlement vs. post-settlement process. **Ecology.** v. 71. n. 5. p. 1682- 1690. 1990.

Straughand, D. Intertidal fouling in the Brasibane River. **Proc. R. Soc. Queensland.** v. 79. n. 4. p. 25-40. 1967.

Suape Complexo Industrial Portuario. **Governo do Estado de Pernambuco.** Secretaria do Desenvolvimento Econômico, Turismo e Esportes, 24 pp. 2002.

Sutherland, J. P. & Karlson, R. H. Development and stability of the fouling community at Beaufort, North Carolina. **Ecol. Monogr.** v. 41, p. 351-389.1977.

Sutherland, J. P. Dynamics of the epibentic community on roots of the mangrove *Rhizophora mangle* at Bahia the Buche, Venezuela. **Mar. Biol.** v. 58. p. 75-84. 1980.

Sutherland, J. P. Functional Roles of *Schizoporella* and *Styella* in the Fouling Community at Beaufort, North Carolina. **Ecology**. v. 59. n. 2. p. 257-264.1978.

Sutherland, J. P. Multiple stable points in natural communities. **Am. Nat.** v.108. n. 964. p. 859-873. 1974.

Sutherland, J. P. The fouling community at Beaufort North Carolina: a study in stability. **Am. Nat.** v. 118. n. 4. p. 499-519.1981.

Todd, C. D. & J. S. Turner. Ecology of intertidal and sublittoral cryptic epifaunal assemblages. **J. Exp. Mar. Biol. Ecol.** v. 99. p. 199-231. 1986.

Turner, S. J. & Todd, C. D. The early development of epifaunal assemblages on artificial substrata at two intertidal sites on an exposed rocky shore in St. Andrews Bay, N. E. Scotland. **J. Exp. Mar. Biol. Ecol.** v. 166. p. 251-272. 1993.

Teo,S. L. M. & Ryland, J. S. Potential antifouling mechanisms using toxic chemicals in some British ascidians. **J. Exp. Mar. Biol. Ecol.** v. 188. p. 49-62. 1995.

Uritz, M. J.; Martin, D.; Turon, X.;Ballesteros, E.; Hugues, R. & Acebal, C. Na approach to the ecological significance of chemicaly mediated bioactivity in mediterranean benthic communities. **Mar. Ecol. Progr. Ser.** v.70. p. 175-188. 1991.

Vervoort, H. C.; Pawlik, J. R. & Fenical, W. Chemical defense of the Caribbean ascidian *didemnum conchiliatum*. **Mar. Ecol. Prog. Ser.** v. 164. p. 221-228. 1998.

Wahl, M. Marine epibiosis. I. Fouling and antifouling: some basic aspects. **Mar. Ecol. Progr. Ser.** v. 58. p. 175-189. 1989.