



UNIVERSIDADE DO ALGARVE
Faculdade de Ciências do Mar e do Ambiente



Avaliação da Acumulação de Organismos
(*Biofouling*) em painéis de recrutamento de
PVC e eficiência de materiais não tóxicos em
redes numa Aquacultura de Ostras (Sagres).

Bruno Dias Duarte Fragoso

Mestrado em Biologia Marinha

Faro

2007



UNIVERSIDADE DO ALGARVE
Faculdade de Ciências do Mar e do Ambiente



Avaliação da Acumulação de Organismos
(*Biofouling*) em painéis de recrutamento de
PVC e eficiência de materiais não tóxicos em
redes numa Aquacultura de Ostras (Sagres).

Dissertação orientada por:

DECLARAÇÃO

O conteúdo desta dissertação é da exclusiva responsabilidade do autor.

AUTOR.

(BRUNO DIAS DUARTE FRAGOSO)

AGRADECIMENTOS

Ao Dr. John Icely, pela oportunidade dada de realizar este trabalho, pela simpatia, boa disposição e orientação ao longo deste trabalho.

À Prof. Ester Serrão, pela sua simpatia e disponibilidade para orientar este trabalho.

Ao Projecto CRAB (COLL-CT-2003-500536).

À Prof. Alice Newton pela sua simpatia e por facultar o laboratório onde grande parte deste trabalho foi realizado.

Ao “Dream team” em especial à Sónia pela elaboração do gráfico dos ventos em Matlab.

Ao Sr. Jean-Michel Novalet pelo o apoio técnico na elaboração de alguns materiais que contribuíram para a realização deste trabalho.

Ao Sr. Jean-Jacques Guignard da empresa Ostracultura Lda. que disponibilizou o espaço na aquacultura para a realização deste trabalho

À minha família, especialmente aos meus pais, por todo o apoio.

A todos os meus amigos de Vila do Bispo, que sempre me apoiaram ao longo de todos estes anos.

A todos os meus colegas de BMP que me acompanharam ao longo do percurso académico.

RESUMO

A acumulação indesejada de organismos em estruturas colocadas pelo homem no ambiente aquático, provoca problemas técnicos e económicos, especialmente na indústria da aquacultura.

A acumulação de organismos na aquacultura de ostras em Sagres, foi avaliada através de duas experiências baseadas no Projecto CRAB, financiado pela EU. Parâmetros ambientais, como a temperatura, salinidade, profundidade de Secchi e clorofila-*a*, foram registados. O recrutamento mensal foi avaliado através da colocação mensal de painéis de PVC. O desenvolvimento da sucessão foi observado mensalmente sobre painéis, ao longo de 2 anos de imersão. Mensalmente os painéis foram fotografados, o peso e a espessura registados. Amostras de 5cm² da superfície dos painéis foram recolhidas, para identificação dos organismos no final da imersão, para o recrutamento mensal e para a sucessão.

A temperatura foi geralmente mais baixa durante períodos de vento Norte e mais quente com ventos oriundos de Sul. Concentrações de clorofila-*a* mais elevadas ocorreram durante períodos de temperaturas baixas e profundidades de Secchi reduzidas, indicando a ocorrência de afloramento costeiro. No recrutamento mensal, o peso e a espessura, registaram os valores mais elevados entre Maio e Agosto de 2005. Para a sucessão, o peso e a espessura registaram os valores mais elevados entre Junho e Outubro 2005. Os organismos identificados foram algas castanhas da família Ectocarpaceae, algas verdes (*Ulva*), algas vermelhas (*Ceramium*), hidrozoários, briozoários, cirrípedes (*Balanus perforatus*) e serpulídeos (*Pomatoceros triqueter*).

Coberturas não tóxicas de silicone e microfibras em redes, foram usadas para redução da acumulação de organismos. Após o período de imersão na aquacultura, mediram-se as áreas da malha das redes, através de fotografias digitais. A cobertura de silicone mostrou uma menor colmatação das malhas, comparativamente aos controlos, o efeito da rede com microfibras foi menos significativo.

Este estudo foi incluído no manual “ European Best Practice in Aquaculture Biofouling, 2007” do projecto CRAB.

PALAVRAS-CHAVE

Afloramento costeiro; Acumulação de organismos; Recrutamento; Sucessão; Silicone.

ABSTRACT

Development of marine biofouling on man-made structures results in technical and economic problems, especially for the aquaculture industry. Evaluation of biofouling at an oyster farm in Sagres is based on two experiments from the protocols of the EU project - Collective Research on Aquaculture Biofouling (CRAB), to establish a European baseline for fouling organisms. Temperature, salinity, Secchi disk, and chlorophyll-*a* were measured for the environmental conditions of the experiments. Seasonal recruitment was studied in the short-term experiment, with the monthly deployment of PVC panels. Species succession and long term growth were studied with the continuous deployment of panels of up to two years. At the monthly assessments, all panels were digitally photographed and the weight and thickness of biofouling measured. At the termination both short and long term exposure, species were identified from 5cm² of the biofouling on individual panels.

Temperature was generally lower with northerly and higher with southerly winds. Salinity data was relatively stable. Greater chlorophyll concentrations occurred during periods of low temperatures and low Secchi disk depths, and appeared to be related to coastal upwelling conditions. Monthly recruitment showed the highest weight and thickness between May and August of 2005. The long-term panels showed the greatest weight and thickness from June to October 2005. Fouling species were identified as brown algae (Ectocarpaceae), green algae (*Ulva*), red algae (*Ceramium*), hydrozoans, bryozoans, barnacles (*Balanus perforatus*) and tube-worms (*Pomatoceros triqueter*).

“Silicone- release” and “spiky microfibres” were used as non-toxic coatings to reduce biofouling. After deployment at the oyster aquaculture, mesh areas of both coated and non-coated nets were estimated from digital photographs. Silicone coatings showed significantly less mesh occlusion than the controls, although the difference was not significant with the microfibre coatings.

This study is included in the CRAB 2007 publication on European Best Practice in Aquaculture Biofouling.

KEYWORDS

Upwelling; Biofouling; Recruitment; Succession; Silicone.

ÍNDICE

RESUMO

ABSTRACT

	PÁGINA
1. INTRODUÇÃO	1
2. MATERIAL E MÉTODOS	9
2.1. CARACTERIZAÇÃO DO LOCAL DE ESTUDO	10
2.2. PARÂMETROS AMBIENTAIS	10
2.2.1. DIRECÇÃO DO VENTO	11
2.2.2. TEMPERATURA	11
2.2.3. SALINIDADE	11
2.2.4. TURBIDEZ	11
2.2.5. DETERMINAÇÃO DE CLOROFILA-<i>a</i>	11
2.3. AVALIAÇÃO DA ACUMULAÇÃO DE ORGANISMOS (BIOFOULING)	12
2.3.1. EXPERIÊNCIA DE RECRUTAMENTO MENSAL	15
2.3.2. EXPERIÊNCIA DE SUCESSÃO BIOLÓGICA	18
2.4. AVALIAÇÃO DE MATERIAIS	19
2.4.1. COBERTURA DE SILICONE (REDE)	20
2.4.2. COBERTURA DE FIBRAS (REDE)	21
2.4.3. COBERTURA DE SILICONE (TABULEIROS)	23
2.5. ANÁLISE ESTATÍSTICA	24
2.5.1. PARÂMETROS AMBIENTAIS	24
2.5.2. AVALIAÇÃO DA ACUMULAÇÃO DE ORGANISMOS (BIOFOULING)	24
2.5.2.1. EXPERIÊNCIA DE RECRUTAMENTO MENSAL	24
2.5.2.2. EXPERIÊNCIA DE SUCESSÃO BIOLÓGICA	25
2.5.3. AVALIAÇÃO DE MATERIAIS	25
3. RESULTADOS	26
3.1. PARÂMETROS AMBIENTAIS	26
3.1.1. VENTO	26

3.1.2. TEMPERATURA	27
3.1.3. SALINIDADE	29
3.1.4. TURBIDEZ	29
3.1.5. CLOROFILA- <i>a</i>	30
3.2. AVALIAÇÃO DA ACUMULAÇÃO DE ORGANISMOS (BIOFOULING)	31
3.2.1. EXPERIÊNCIA DE RECRUTAMENTO MENSAL	31
3.2.2. EXPERIÊNCIA DE SUCESSÃO BIOLÓGICA	36
3.3. AVALIAÇÃO DE MATERIAIS	42
3.3.1. COBERTURA DE SILICONE (REDE)	42
3.3.2. COBERTURA DE FIBRAS (REDE)	43
3.3.3. COBERTURA DE SILICONE (TABULEIROS)	44
4. DISCUSSÃO	46
5. CONCLUSÃO	58
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	60

ANEXO I

1. INTRODUÇÃO

IMPORTÂNCIA DA AQUACULTURA

A Aquacultura assume uma importância crescente na produção de alimentos para consumo humano, a sua produção global continua a crescer contrastando com o sector da pesca. Segundo estatísticas da FAO (2004), o contributo da aquacultura para a produção global em peso, aumentou de 3,9% em 1970 para 29,9% em 2002. A aquacultura apresenta uma taxa de crescimento de 8,9% a nível mundial, sendo que em 2002 atingiu um total de 51,4 milhões de toneladas representando um valor de 60 mil milhões de dólares.

Em Portugal a produção em aquacultura não tem aumentado como seria desejável, representando ainda um peso reduzido no sector da pesca, que no ano de 2005 foi de 5,2%, sendo o Algarve a região que maior peso tem na produção nacional, devido à produção de bivalves, especialmente da amêijoa-boia (INE/DGPA, 2007).

ACUMULAÇÃO DE ORGANISMOS

Para a prática da aquacultura são necessários equipamentos e materiais que estão em permanente contacto com o meio aquático, estando sujeitos à colonização por formas de dispersão de microorganismos, invertebrados e macroalgas (Railkin, 2004). A acumulação de organismos pode afectar uma grande variedade de estruturas, como navios, portos, cordas, tubagens (Railkin, 2004), jaulas de peixe (Hodson *et al*, 2000; Braithwaite and McEvoy, 2005) redes de pesca (Saldanha *et al*, 2003; Railkin, 2004) e plataformas petrolíferas (D'Souza, 2006). Estas superfícies apresentam características heterogéneas, umas com superfícies quimicamente inertes, estando sujeitas a uma intensa colonização de organismos marinhos, outras apresentam superfícies quimicamente activas, como é o caso de cascos de navios com tintas tóxicas. Nesta situação, as comunidades que se desenvolvem apresentam uma baixa diversidade, ocorrendo uma dominância de um número reduzido de espécies, de algas e invertebrados (Railkin, 2004). As estruturas afectadas podem ser fixas ou flutuantes (Fletcher, 1988; Railkin, 2004), podendo estar localizadas na zona costeira ou ao largo da costa (Fletcher, 1988).

Para designar este processo de acumulação, utilizam-se principalmente, segundo Railkin (2004), dois termos, Perifíton e “Biofouling”. O termo “Biofouling” é frequentemente usado, sendo definido como o crescimento de organismos indesejados,

em superfícies de estruturas artificiais colocadas pelo Homem em ambiente aquático (Railkin, 2004; Yebra *et al*, 2004) e que pode provocar consequências económicas (WHOI, 1952; Berntsson and Jonsson, 2003).

DESENVOLVIMENTO DO “BIOFOULING”

No ambiente aquático, uma superfície imersa fica em, alguns minutos, revestida por um filme molecular devido à adsorção de material inorgânico e macromoléculas orgânicas (Bakker *et al*, 2003; Railkin, 2004), sendo normalmente referenciado como filme de condicionamento (Railkin, 2004; Yebra *et al*, 2004; Patil and Anil, 2005) pelo facto de poder moderar a fixação de organismos. Após a formação do filme de condicionamento, depois de algumas horas de imersão, inicia-se a colonização por microorganismos (Railkin, 2004; Patil and Anil, 2005), como bactérias, fungos unicelulares, microalgas e protistas (Railkin, 2004), sendo esta gama de organismos, definida como “Microfouling”, onde as bactérias e diatomáceas são normalmente dominantes (Railkin, 2004; Patil and Anil, 2005). Após este tipo de organismos se fixar sobre o filme de condicionamento, pode-se definir a camada resultante como biofilme (Patil and Anil, 2005). As bactérias presentes no biofilme são responsáveis pela secreção de exopolissacarídeos, por vezes em grandes quantidades. Também podem produzir outro tipo de substâncias, que podem levar à corrosão da superfície colonizada (D’Souza, 2006), desta forma, o biofilme apresenta uma superfície irregular e aderente, o que ajuda a agregar mais partículas e pode ser precursor para a fixação de organismos (Yebra *et al*, 2004, Chambers *et al*, 2006). A fase seguinte de acumulação é denominada por “Macrofouling” e consiste em propágulos de macroorganismos, como esporos de macroalgas, larvas de urocordados, entre outros (Railkin, 2004; Patil and Anil, 2005).

O desenvolvimento do “Biofouling” nas superfícies não é um processo simples (D’Souza, 2006) mas é geralmente resumido em quatro fases principais (Railkin, 2004; Yebra *et al*, 2004), que podem ser generalizadas para a colonização de vários tipos de superfícies, (1) Condicionamento bioquímico (adsorção de macromoléculas e iões), (2) Colonização bacteriana, (3) Colonização por eucariontes unicelulares e (4) Colonização por eucariontes multicelulares (Railkin, 2004; Chambers *et al*, 2006) (Figura 1).

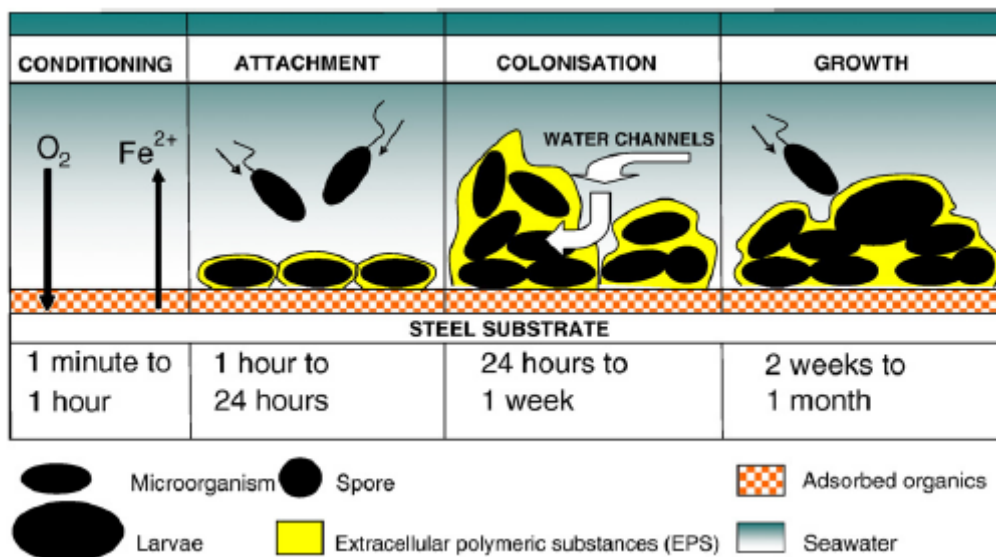


Figura 1 – Esquema que mostra as fases críticas da formação do “biofouling” (retirado de Chambers *et al*, 2006).

Cada fase que ocorre condiciona a superfície para a fase seguinte, o que significa que a ocorrência de uma fase vai favorecer o desenvolvimento da fase seguinte (Railkin, 2004; Yebra *et al*, 2004; Patil and Anil, 2005; Chambers *et al*, 2006). Como as bactérias são atraídas pelas substâncias adsorvidas na superfície, outros organismos consumidores podem ser atraídos pela presença das bactérias (Yebra *et al*, 2004). Chambers *et al* (2006) refere a influência positiva da presença do biofilme para a fixação de esporos de algas. Durante o desenrolar destas fases, interações entre os organismos, o seu ambiente e a superfície colonizada, podem alterar esta sequência, pois os organismos podem-se fixar sem as fases típicas de condicionamento (Braithwaite and McEvoy, 2005). Este facto é mencionado por D’Souza (2006) que refere que algumas destas fases podem-se sobrepor ou ocorrer paralelamente. Os organismos que colonizam as superfícies não só podem alterar as propriedades químicas da superfície, mas também a estrutura tridimensional da mesma (Braithwaite and McEvoy, 2005) o que resulta num aumento da área passível de ser colonizada (Ragg, 1993).

LIBERTAÇÃO DE PROPÁGULOS

A colonização de novas superfícies no ambiente marinho, sejam estas naturais ou artificiais, estão normalmente dependentes de comunidades já existentes (Railkin, 2004). Estas comunidades libertam elementos de dispersão, normalmente denominados de propágulos, microorganismos, larvas de animais e esporos de macroalgas, são alguns

dos potenciais colonizadores (Brown *et al*, 2001; Railkin, 2004). A contribuição das diferentes comunidades existentes, não é a mesma, está dependente da intensidade de produção de propágulos de cada comunidade, a sua composição de espécies, a distância ao substrato, o padrão de correntes no local, a estação do ano, e uma série de outros factores (Railkin, 2004). Na zona costeira, a principal contribuição parece ser de comunidades junto ao fundo, no oceano aberto, devido à sua distância da costa, parece existir uma maior contribuição das comunidades existentes em objectos flutuantes (Railkin, 2004). A libertação dos propágulos para o plâncton, parece estar sincronizada com processos periódicos naturais, como o ciclo circadiano, ciclo das marés, ciclo da lua (Railkin, 2004). Este fenómeno pode, por exemplo, coincidir com a lua cheia, com a maré-alta, ou ocorrer durante a noite. Esta estratégia pode reduzir a probabilidade de encontrar predadores, reduzir a taxa de mortalidade das larvas, resultando num maior sucesso reprodutivo (Railkin, 2004).

Apesar de alguns propágulos apresentarem algum nível de mobilidade, ou de regulação da posição na coluna de água, a maioria devido ao seu pequeno tamanho, não consegue contrariar as forças das correntes e são dessa forma transportados passivamente, até ao seu destino final (Brown *et al*, 2001, Railkin, 2004). Mas este facto não significa que estes se fixem obrigatoriamente no primeiro substrato que encontrem, pelo contrário, apresentam bastante cuidado na sua selecção (Brown *et al*, 2001). A escolha do substrato é essencial para a sobrevivência, porque depois dos organismos se fixarem definitivamente, precisam de estar localizados numa zona com disponibilidade de alimento, protecção contra predadores, parceiros para reprodução sexuada e ainda com factores abióticos adequados que possam garantir a sua viabilidade (Brown *et al*, 2001).

SUCESSÃO DE ESPÉCIES

A colonização duma superfície, é geralmente definida como a sequência de acumulação e crescimento, sendo que a acumulação é resultante do transporte pelas correntes, assentamento e fixação dos propágulos sobre a superfície (Railkin, 2004). O crescimento pode ser definido como desenvolvimento dos organismos quer em biomassa, através do desenvolvimento de cada indivíduo, quer em números resultante do processo reprodutivo. Ao processo de transporte dos propágulos e do seu assentamento nas superfícies atribui-se o termo de Imigração (Railkin, 2004). Embora existam diferenças no mecanismo de colonização das superfícies, por parte de

microorganismos, esporos de macroalgas e larvas de animais, a colonização ocorre de forma similar e envolve os mesmos processos, transporte até à superfície, assentamento, fixação, desenvolvimento e crescimento (Railkin, 2004).

O desenvolvimento da sucessão numa superfície, inicia-se com organismos oportunistas de desenvolvimento rápido e normalmente de nível inferior de complexidade. Assim, após a formação de um biofilme, composto por organismos unicelulares, segue-se a formação do “Macrofouling”, que numa primeira fase é caracterizado pela colonização de organismos de crescimento rápido, como hidróides, serpulídeos, briozoários e ascídias. Numa segunda fase, por organismos de crescimento lento, como moluscos do género *Mytilus*. A sucessão atinge a fase clímax num período relativamente curto (Railkin, 2004). Vários autores referem que a sucessão do “Macrofouling” é um processo natural e que a fase final (Clímax) é caracterizada por uma abundância e número de espécies estável, atingida um a alguns anos, dependendo da zona climática e da profundidade e desenvolvendo-se mais rapidamente, que nos ambientes terrestres (Railkin, 2004).

O desenvolvimento do “Biofouling” pode ser visto segundo a teoria insular biogeográfica, onde os substratos artificiais são considerados como “ilhas” que são colonizadas por propágulos e que o número de espécies é determinado pelas taxas de imigração e extinção. Segundo esta teoria, a sequência de sucessão está dependente da estação do ano em que os substratos são colocados na água, da profundidade, da distância a que os substratos se encontram das comunidades que fornecem os propágulos e qual a densidade de propágulos na água (Railkin, 2004).

FACTORES AMBIENTAIS

A intensidade da acumulação dos organismos está dependente de uma variedade de parâmetros, alguns dos quais são devidos às características da água e à localização geográfica, assim estes factores não podem ser controlados de forma a controlar o processo de acumulação (Yebra *et al*, 2004). A temperatura é sem dúvida um dos parâmetros mais importantes. Geralmente a formação do “Biofouling” é mais intensa em locais onde as temperaturas são mais elevadas (Yebra *et al*, 2004). A temperatura pode determinar os períodos de reprodução e taxas de crescimento dos animais marinhos, por exemplo, as variações sazonais, onde nos períodos de temperaturas mais baixas o crescimento é mais reduzido é seguido por um forte crescimento nos períodos em que ocorre um aumento da temperatura. Relativamente à latitude, verifica-se que nas

zonas tropicais onde as águas são mais quentes, o processo de acumulação de organismos ocorre durante todo o ano (Yebra *et al*, 2004).

A salinidade pode ser um factor que pode determinar a intensidade e a ocorrência de determinadas espécies, mas espécies de microorganismos, algas e briozoários, são por vezes comuns em locais de salinidades baixas (WHOI, 1952). Seguindo o exemplo dos estuários, onde ocorrem grandes variações de salinidades, poucas são as espécies que conseguem tolerar esses gradientes de salinidade, estando dessa forma limitadas horizontalmente e verticalmente em função dos valores de salinidade que consigam tolerar (WHOI, 1952). Este fenómeno é comprovado pelo facto de navios que regularmente estejam em portos de água doce apresentam alguma protecção contra a acumulação de organismos (WHOI, 1952). A imersão em água doce é referida por CRAB (2007) como uma estratégia para proteger bivalves, nomeadamente mexilhões e ostras, contra a acumulação de organismos indesejados.

A radiação solar pode ser um factor importante nas camadas superiores dos oceanos, influenciando a temperatura e a salinidade, mas também representa a fonte de energia para a realização da fotossíntese, que pode determinar a abundância de algas e de organismos que delas se alimentem (WHOI, 1952). Factores como a poluição ou matéria em suspensão podem também produzir efeitos importantes. Efeitos negativos sobre os organismos podem estar associados aos efeitos tóxicos da poluição, depleção de oxigénio, ou diminuição da radiação solar. Por outro lado podem promover o enriquecimento da água com nutrientes, causando um crescimento elevado de organismos (WHOI, 1952).

PROBLEMAS RESULTANTES DO “BIOFOULING”

Com o crescimento da aquacultura a nível mundial, o “biofouling” representa um sério e crescente problema para a indústria da aquacultura (Hodson *et al*, 2000). O desenvolvimento das comunidades de organismos, reduzem as aberturas das redes, reduzindo o fluxo de água e a disponibilidade de luz para os organismos cultivados (Phillippi *et al*, 2001). A acumulação de organismos provoca um aumento de peso nos sistemas de cultivo (Ragg, 1993; Phillippi *et al*, 2001) e consequente redução da sua fluabilidade (Ragg, 1993; Braithwaite and McEvoy, 2005), este facto é de particular importância em aquaculturas em que os bivalves cultivados, são pendurados em cordas, pois estes sistemas precisam de ter fluabilidade de forma a que se possa puxar as cordas de cultivo para proceder à recolha dos bivalves (Ragg, 1993). Braithwaite and

McEvoy (2005) refere que segundo Beveridge (1996) o “biofouling” pode causar danos físicos nas redes. Mais factores negativos, surgem com a diminuição do fluxo de água, devido à colmatação das redes, afectando o fornecimento de oxigénio, muito importante no cultivo de bivalves e peixe, podendo mesmo criar situações anóxicas (Braithwaite and McEvoy, 2005). A restrição do fornecimento de nutrientes e de remoção dos produtos de excreção, pode afectar a saúde do stock e provocar fenómenos de eutrofização (Braithwaite and McEvoy, 2005). O “biofouling” presente nos sistemas de cultivo, pode ainda albergar organismos patogénicos e parasitas, que podem ser responsáveis por doenças nos organismos cultivados (Braithwaite and McEvoy, 2005).

Efeitos directos sobre os bivalves em cultivo, são referidos por Ragg (1993) nomeadamente ao nível da competição por partículas alimentares e por espaço. O “biofouling” pode ainda crescer sobre os organismos cultivados, como ostras, vieiras e mexilhões (CRAB, 2007), diminuindo a sua capacidade de alimentação, causando perdas na produção e diminuindo o seu valor comercial (Ragg, 1993).

Em Aquacultura, o “biofouling” apresenta-se como um problema muito dispendioso. Por exemplo, no caso do cultivo de ostras, mais de metade do tempo de trabalho está associado à sua limpeza e estes custos associados podem representar cerca de 20% do preço de mercado (Braithwaite and McEvoy, 2005) valores estimados para Sagres, segundo CRAB (2007) apontam um valor de 15% do custo final, resultantes da limpeza manual. Para além dos custos relativos à mão-de-obra, surgem os elevados custos de substituição de materiais afectados pelo “biofouling” ou pela aquisição de materiais com propriedades anti-fouling, o custo de uma rede tratada pode ser 25% superior comparativamente a uma rede normal (Braithwaite and McEvoy, 2005).

A acumulação de organismos nos navios, provoca uma diminuição da velocidade e da manobrabilidade, devido ao aumento do atrito (Stupak *et al*, 2003; Yebra *et al*, 2004; Chambers *et al*, 2006), resultando num aumento do consumo de combustível que pode atingir os 40% (Yebra *et al*, 2004). Pode também aumentar o número de limpezas e pinturas a serem efectuadas ao casco do navio, favorecer a corrosão e ser um vector para a introdução de espécies invasoras (Yebra *et al*, 2004).

ESTRATÉGIAS “ANTI-FOULING”

O início do desenvolvimento de estratégias para evitar o “biofouling”, iniciou-se na indústria naval, com o objectivo de evitar a fixação de organismos nos cascos dos navios. Inicialmente usaram-se tintas tóxicas à base de metais pesados, que funcionam

criando uma camada limite à superfície da tinta e à medida que os componentes biocidas são libertados matam os propágulos (Braithwaite and McEvoy, 2005). No entanto, estudos demonstraram que estes compostos, amplamente usados na indústria naval, como é o caso do Tributil-Estanho (TBT), são grandes contaminantes no ambiente aquático, causando efeitos negativos como a bio-acumulação de metais na cadeia trófica e fenómenos de imposexo, que é o caso da alteração do sexo em bivalves, de fêmeas para machos (IMO, 2002; Railkin, 2004).

A International Maritime Organization (IMO) atenta a este grave problema sugeriu em Outubro de 2001 a implementação de uma resolução que proibia a utilização de produtos anti-vegetativos para a indústria naval, à base de metais pesados (IMO, 2002).

O desenvolvimento de estratégias não tóxicas é de grande importância, devido à implementação de legislação mais rigorosa, especialmente em aquacultura, onde o objectivo é produzir alimento para consumo humano. Braithwaite and McEvoy, (2005) refere a extracção de compostos de plantas e animais que naturalmente tenham um efeito contra o “biofouling”, o mesmo facto é referido por Bazes *et al* (2006) e por Barbosa *et al* (2007). Actualmente muita da investigação é direccionada para o desenvolvimento de materiais sem biocidas, coberturas muito lisas com uma baixa energia de superfície ou coberturas com texturas microestruturadas e que evitem a fixação de organismos (IMO, 2002; Braithwaite and McEvoy, 2005).

Outras estratégias são referidas no documento do CRAB (2007), desde técnicas de limpeza manual (uso de escovas), limpeza mecânica, técnicas de imersão em água quente (em uso em Sagres), imersão em água doce ou em soluções químicas (ex: ácido fórmico 5%) e o uso de água pressurizada (“Jet washing”) são referidos para eliminar o “biofouling” dos organismos cultivados, algumas destas técnicas são também usadas para a limpeza de infraestruturas. O uso de redes com cobertura de silicone e de fibras também são referidos, assim como o uso de controlo biológico em lanternas através do uso de ouriços-do-mar, e gastrópodes. Algumas estratégias ainda continuam em desenvolvimento, como o uso de enzimas, técnicas electroquímicas, que geram cloro ou hidrogénio e também o estudo da influência da cor como potencial estratégia “anti-fouling”.

O principal objectivo deste trabalho, foi avaliar a acumulação de organismos, “biofouling”, numa aquacultura de ostras, em sistema “Longline”. Para o efeito realizaram-se duas experiências, uma de curta duração para avaliar o recrutamento

mensal e uma de longa duração para avaliar a sucessão de espécies. Foram utilizados painéis de recrutamento em PVC, os quais, mensalmente, foram fotografados para identificação dos principais grupos de organismos e determinados o peso e a espessura. Para identificação das espécies, efectuaram-se raspagens na superfície dos painéis, para posterior identificação dos organismos.

O segundo objectivo foi comparar, através de fotografia digital, redes com propriedades “anti-fouling”, a evolução da área da malha da rede, ao longo do tempo.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Este estudo foi realizado em Sagres, no sul de Portugal, na sequência do “Work Packadge 4” (WP4 – Field Trials) do projecto CRAB (Collective Research on Aquaculture Biofouling).

O trabalho realizou-se entre Fevereiro de 2005 e Maio de 2007, numa aquacultura de ostras “off shore”, em sistema “Long-line”, pertencente à empresa Ostracultura Lda (Figura 2).



Figura 2 – Localização da aquacultura pertencente à empresa Ostracultura Lda. onde se realizou o trabalho experimental.

2.1. CARACTERIZAÇÃO DO LOCAL DE ESTUDO

A região de Sagres é caracterizada pela dominância de vento do quadrante Norte, que produz condições favoráveis para a ocorrência de afloramento costeiro (Loureiro *et al*, 2005). Quando o vento Norte ocorre por períodos prolongados na costa Oeste, águas férteis resultantes do afloramento costeiro podem circular em redor do Cabo de São Vicente, deslocando-se para Este, ao longo da costa sul do Algarve, podendo alcançar a zona do estuário do Guadiana. Da mesma forma, quando o fenómeno oposto ocorre por períodos prolongados de vento Sudeste, massas de água quente do Golfo de Cádiz deslocam-se para Oeste, podendo contornar o Cabo S. Vicente e seguir para Norte (Fiúza, 1993).

Desta forma, segundo Loureiro *et al*, (2005), a aquacultura de ostras em Sagres está dependente do enriquecimento das águas costeiras por via do afloramento costeiro, pois não existem rios permanentes que contribuam significativamente para o enriquecimento das águas costeiras.

A aquacultura situa-se aproximadamente a 2 milhas para Este (Figura 2), a partir do Porto da Baleeira (Sagres) e consiste em duas concessões que ocupam uma área aproximada de 19 hectares, que apresentam batimétricas entre os 25 e os 32 metros de profundidade.

A experiência foi montada, nos cabos sub-superficiais da aquacultura às profundidades de 2 e 5 metros, na seguinte localização (37° 01.177'N, 008° 53.250'W). Esta área está classificada como mesotidal, moderadamente exposta e com água costeira do tipo Atlântico (Bettencourt *et al*, 2004) e segundo Brown *et al*, (2000), apresenta temperaturas médias da água do mar que oscilam entre os 15°C e 22°C.

2.2. PARÂMETROS AMBIENTAIS

Para compreender a forma como a acumulação de organismos, pode ser afectada pelas condições ambientais do local, foram efectuadas recolhas semanais, sempre que as condições do mar assim o permitissem, dos parâmetros ambientais. Registaram-se a direcção do vento, a temperatura e salinidade (WTW- Profilab Conductivity Meter, LF 197-S), a turbidez (disco de Secchi) e efectuaram-se recolhas de água superficial (0,5 metros), em triplicado, para determinação dos valores de clorofila-*a*.

2.2.1. DIRECÇÃO DO VENTO

A direcção do vento foi registada a cada uma das saídas para o mar, mas de forma a poder ter uma comparação com outros parâmetros ambientais, foram recolhidos dados de direcção e intensidade de vento, do arquivo do sítio de Internet (www.windguru.cz) para a zona de Sagres. Foram utilizados os valores diários apresentados para as 13.00 h.

2.2.2. TEMPERATURA

A temperatura foi registada de duas formas. Semanalmente foi registada a temperatura superficial da água com a sonda (WTW - LF 197-S), a outra forma de recolha foi através de uma sonda TinyTag Plus 2 (TGP-4017) colocada à profundidade aproximada de 5 metros de profundidade e que registou valores a cada 15 minutos. Para este trabalho só foram utilizados os valores correspondentes às 13.00 h de cada dia.

2.2.3. SALINIDADE

A salinidade foi registada através de uma sonda (WTW - LF 197-S), sendo os valores registados correspondentes as Unidades Práticas de Salinidade (PSU).

2.2.4. TURBIDEZ

A turbidez foi determinada através da utilização de um disco de Secchi, que consiste num disco redondo branco com peso, que é descido na coluna de água, com o auxílio de uma corda marcada metro a metro, sendo a profundidade à qual o mesmo deixa de ser visível registada como indicador da turbidez, sendo que quanto maior a profundidade de disco de Secchi registada, menor é a turbidez.

2.2.5. DETERMINAÇÃO DE CLOROFILA-*a*

A concentração de Clorofila-*a*, foi determinada através do método descrito por Parsons *et al* (1984). Após a recolha das amostras, filtrou-se 1,5 litros de cada amostra, através de um filtro de fibra de vidro (Whatman GF/F, 47mm), com um sistema de filtração Milipore e bomba manual de vácuo, sendo o filtro em seguida acondicionado em folha de alumínio para protecção da luz e congelado em seguida, para análise posterior. Com 24 h de antecedência, os filtros foram colocados em tubos de centrífuga, aos quais se adicionou 10 ml de acetona a 90% e com a acção de uma vareta de vidro foram homogeneizados, ficando a macerar até ao dia seguinte. A função da acetona é extrair os pigmentos fotossintéticos do filtro, de modo a ser possível a sua

determinação. Os filtros foram colocados a centrifugar durante 5 minutos a 5000rpm, seguidamente retirou-se o sobrenadante para uma cuvete de quartzo e mediram-se as Absorvâncias a 663 e 750nm no Espectrofotómetro (Thermospectronic HELIOS γ). Em seguida adicionaram-se 2 ou 3 gotas de ácido clorídrico (HCl 10%) e após 2 minutos mediram-se novamente as Absorvâncias a 663 e 750 nm. Para determinação dos valores de Clorofila *a* nas amostras, utilizou-se a seguinte fórmula:

$$\text{Clorofila-}a \text{ (mg/m}^3\text{)} = A * K * (663_o - 663_a) * v / V_f * 1$$

A: coeficiente de absorção da clorofila *a* = 11,0

K: factor que equaciona redução na absorvância com a absorção de clorofila inicial = 1,7 : 0,7 ou 2,43

663_o = absorvância antes da acidificação

663_a = absorvância depois da acidificação

v = volume de acetona utilizado (ml)

V_f : volume de água filtrado (l)

l : comprimento de lado da cuvete

R : valor máximo da razão 663_o : 663_a na ausência de feopigmentos, = 1,7

2.3. AVALIAÇÃO DA ACUMULAÇÃO DE ORGANISMOS (BIOFOULING)

A metodologia utilizada para a avaliação do “Biofouling”, foi baseada no “WP4 – Field Trials Protocol for Assessing Fouling Baseline” do projecto CRAB (Dürr *et al*, 2004), que consistiu na utilização de suportes montados com tubo de PVC de 40mm (Figura 3). Em cada suporte, fixaram-se com braçadeiras eléctricas de plástico, 5 painéis de PVC azul, de 20x20cm e com 3 mm de espessura que representam as unidades experimentais. A superfície frontal dos painéis antes da sua colocação nos suportes, foi lixada durante 30 segundos com uma lixadeira eléctrica com lixa tamanho 60, com o objectivo de maximizar a fixação dos organismos, sendo em seguida, registado o peso de inicial de cada um dos painéis. Em Biologia Marinha, os painéis de PVC são

frequentemente utilizados em estudos de recrutamento, pela sua robustez e pelo seu custo relativamente baixo (Dürr *et al*, 2004).

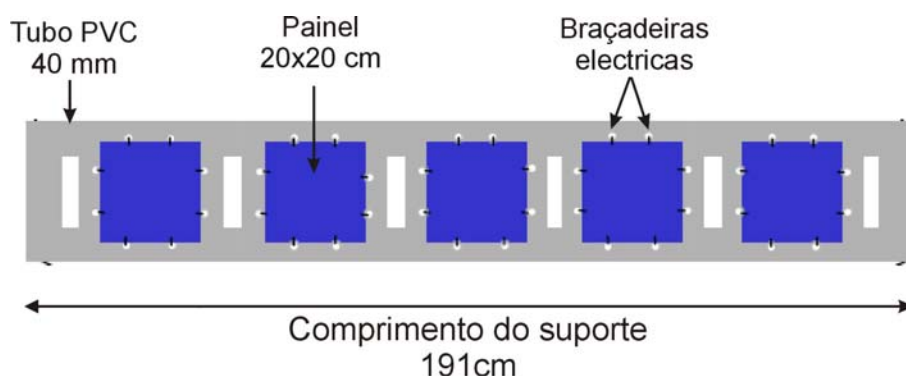


Figura 3 – Esquema de um suporte construído em tubo de PVC, com 5 painéis de 20x20cm colocados com braçadeiras eléctricas (retirado de Dürr *et al* (2004) CRAB –Field Trials Protocol).

Inicialmente os suportes foram colocados na aquacultura a uma profundidade de 2 metros no dia 7 de Fevereiro de 2005, mas após um período de tempestade perderam-se alguns dos suportes. Os suportes perdidos foram repostos por novos, mas decidiu-se baixar a sua colocação para a profundidade de 5 metros, de forma a reduzir a influência das ondas. Os suportes foram então recolocados na aquacultura no dia 13 de Março de 2005, através de mergulho e fixos com cordas. Foram também colocados pesos para manter a sua posição vertical (Figura 4) dentro de água. Os suportes ficaram dispostos paralelamente à linha de costa, seguindo a disposição do “Long-line” e com uma distância entre suportes de aproximadamente 40 cm.

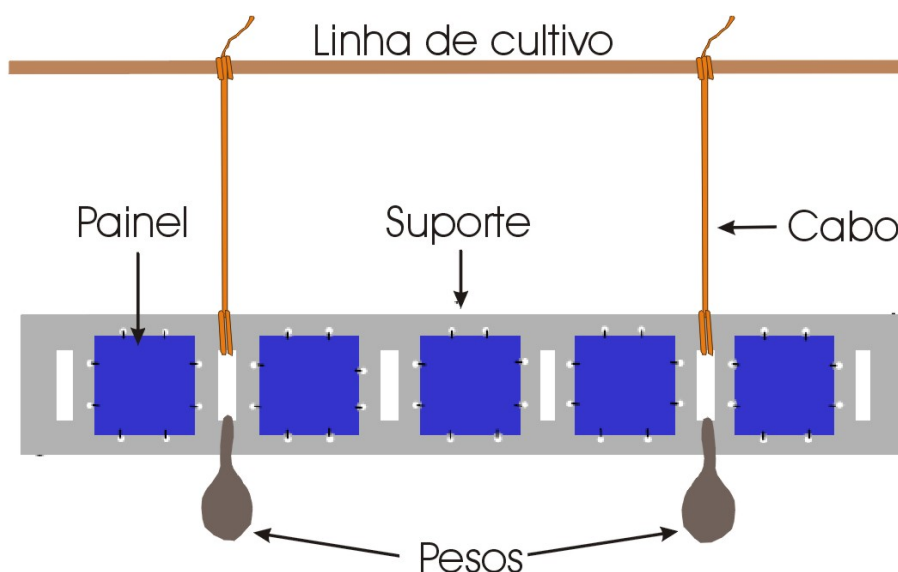


Figura 4 – Esquema de um suporte montado numa linha de cultivo da aquacultura, fixo com dois cabos de 1 metro e com dois pesos de forma a manter a sua posição vertical na coluna de água (adaptado de Dürr *et al* (2004) CRAB –Field Trials Protocol).

Mensalmente, recolheram-se todos os suportes do “Long-line” através de mergulho e foram trazidos de barco para o Porto de Sagres, onde eram novamente submersos, sendo levado um de cada vez para a recolha dos dados, no laboratório. Durante o transporte e a sua manipulação, evitou-se raspar a superfície frontal dos painéis e evitar a sua exposição à luz solar directa, para evitar a dessecação dos organismos. No laboratório, a parte frontal dos painéis foi fotografada (Figura 5), em seguida foram retirados do suporte cortando as braçadeiras eléctricas com uma tesoura e com a ajuda de uma espátula retirou-se a acumulação de organismos da parte posterior dos painéis, registando-se em seguida o peso e a espessura (Figura 5). Para efectuar as fotografias digitais dos painéis, utilizou-se uma câmara digital PENTAX Optio 43WR, ligada a um suporte para manter uma distância fixa, com uma escala e uma referência para cada um dos painéis, as fotografias foram tiradas sem utilização de Flash. Para medir o peso dos painéis, utilizou-se uma balança digital DENVER Instrument XL-410 e para a medição da espessura utilizou-se uma craveira efectuando 3 medições aleatórias, na superfície do painel evitando a zona limite de 2 cm em redor de todo painel (Figura 6).

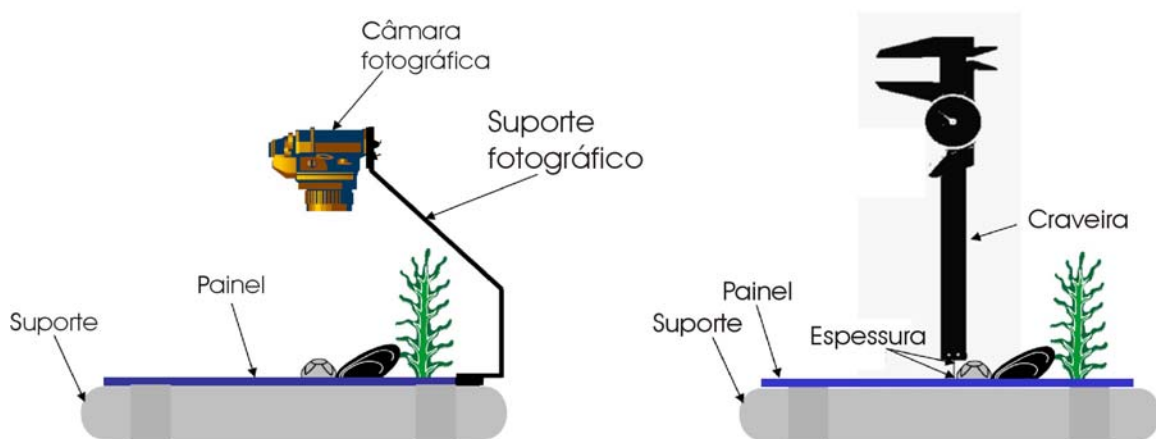


Figura 5 - Esquema demonstrativo de como tirar as fotografias e medir a espessura dos organismos presentes nos painéis (retirado de Dürr *et al* (2004) CRAB –Field Trials Protocol).

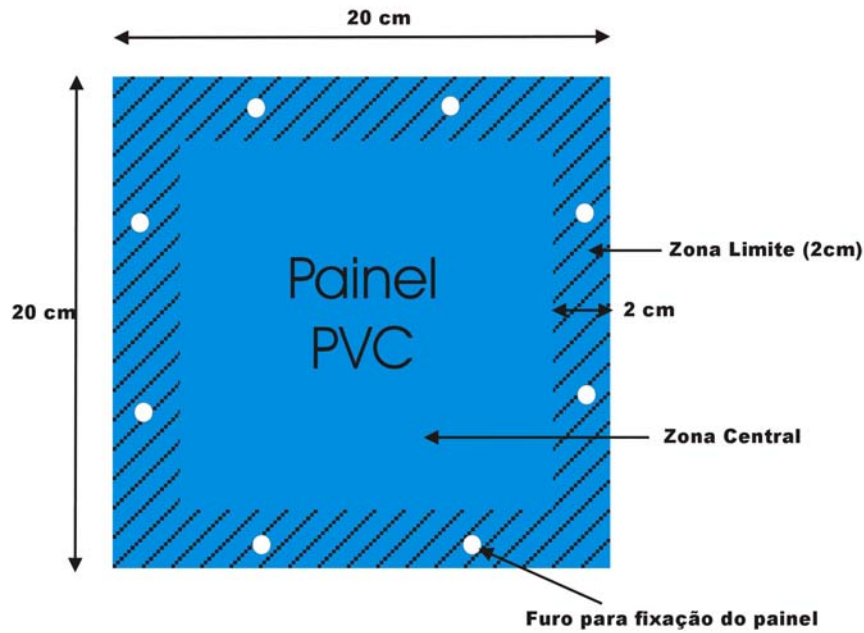


Figura 6 – Esquema de um painel que mostra a zona limite de 2cm em redor de todo o painel em que não se efectuaram medições da espessura devido ao “Edge effect” (adaptado de Dürr *et al* (2004) CRAB –Field Trials Protocol).

2.3.1. EXPERIÊNCIA DE RECRUTAMENTO MENSAL

Esta experiência consistiu inicialmente na utilização de 4 suportes, dois colocados a 2 metros e dois colocados a 5 metros de profundidade. Mas devido a problemas durante os primeiros meses da experiência, os suportes de PVC foram substituídos por um novo tipo de suporte (Figura 7) desenvolvido por Jean-Michel Novalet, que consiste numa barra de Aço Inoxidável onde se fixam os painéis através de parafusos, sendo o suporte directamente colocado na linha de cultivo por braçadeiras eléctricas. Esta alteração foi necessária porque à profundidade de 2 metros, a ondulação pode ser muito forte, como foi constatado pela destruição e perda de alguns suportes de PVC.



Figura 7 – Imagem que mostra 4 suportes, que consistem numa barra de aço inoxidável onde os painéis são aparafusados, de forma a resistir à força do mar a 2 metros de profundidade.

Mas mesmo com a alteração do tipo de suportes, verificou-se uma enorme variação no peso dos painéis, mesmo entre suportes à mesma profundidade, devido a diferenças na sua inclinação. Devido a este facto, a partir de 11 de Abril de 2006, testou-se um novo suporte com o objectivo de eliminar a variação da inclinação e testar as diferenças entre as profundidades de 2 e 5 metros. Este suporte é formado por duas barras soldadas de aço inoxidável, numa fixaram-se 3 painéis através de parafusos e na outra um peso de mergulho de 1 kg. Este suporte mantém sempre a sua posição vertical, pois funciona como um pêndulo e embora possa sofrer alguma inclinação momentânea, o peso ajuda a retomar a posição vertical (Figura 8).

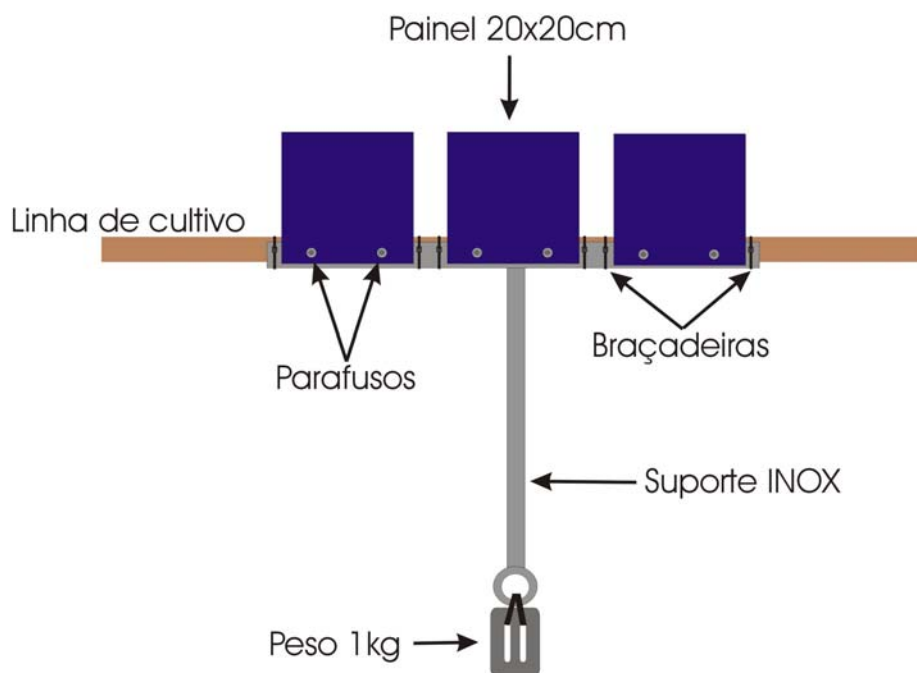


Figura 8 – Esquema de um suporte em aço inoxidável, com 3 painéis colocados e que devido ao peso de 1kg funciona como pêndulo mantendo a sua posição vertical.

Devido a este efeito a 17 de Junho de 2006 reduziram-se o número de suportes da experiência inicial, mantendo um único suporte à profundidade de 5 metros para comparar com os suportes da experiência de sucessão biológica. Mensalmente os suportes foram recolhidos da linha de cultivo, cada um dos painéis foi fotografado, pesado e medida a espessura. Depois de realizadas as medições todos os painéis foram substituídos por novos e os suportes novamente colocados na linha de cultivo.

Da profundidade de 5 metros, foram escolhidos aleatoriamente 3 painéis do suporte com 5 painéis, dos quais se efectuou uma amostragem dos organismos presentes na

superfície de cada painel. Esta consistiu na raspagem com uma espátula em 5 pontos de cada painel, de aproximadamente de 1 cm² (Figura 9) equivalente a um total de 5 cm² da superfície do painel. Os organismos recolhidos da superfície dos painéis foram conservados em tubos de vidro (15ml) com Gluteraldeído (2,5%) sendo mantidos refrigerados. Para a avaliação dos organismos recolhidos da superfície dos painéis, o conteúdo de cada tubo foi colocado numa caixa de Petri e através de uma lupa binocular (OPTIKA SZR-10) efectuou-se uma estimativa da percentagem de cada grupo de organismos no total da amostra. Para os meses entre Março e Novembro de 2005 identificaram-se as espécies presentes nas amostras para duas profundidades, de 2 e 5 metros. Para identificação das espécies utilizou-se um microscópio óptico (Zeiss Axiostar plus FL), para a identificação de algas castanhas utilizou-se o livro de Cardinal (1964), para as espécies de algas verdes usou-se o livro de Carrillo and Sansón (1999) e para os hidrozoários e outros macroorganismos utilizou-se o livro de Saldanha (1995).

Nesta tese a espécie *Bachelotia antillarum* foi incluída na família Ectocarpaceae embora actualmente existam muitas dúvidas quanto à sua família.

Figura 9 – Fotografia de um painel que mostra os pontos onde foram efectuadas as cinco raspagens de 1cm². Em todos os painéis as raspagens efectuaram-se aproximadamente nos mesmos pontos.



O objectivo desta experiência foi avaliar os principais grupos de organismos responsáveis pelo recrutamento em cada mês, e verificar se existem diferenças entre as profundidades de 2 e 5 metros.

2.3.2. EXPERIÊNCIA DE SUCESSÃO BIOLÓGICA

Nesta experiência, foram utilizados 10 suportes que foram colocados a 5 metros de profundidade. Os suportes foram recolhidos mensalmente do mar e cada um dos painéis foi fotografado, em seguida retirado do suporte sendo parte posterior do painel raspada para eliminar os organismos acumulados, de forma a avaliar a parte frontal dos painéis, em seguida cada um foi pesado e medida a espessura. Após efectuadas as medições, os painéis foram recolocados no suporte, mantendo sempre a sua posição inicial, após avaliar todos os painéis os suportes foram novamente colocados no mar.

Ao fim de cada seis meses no mar, retiraram-se definitivamente dois suportes da linha de cultivo (Tabela I), escolhidos aleatoriamente, e efectuou-se a raspagem da superfície de 3 painéis de um dos suportes, da mesma forma descrita na experiência de recrutamento mensal.

Tabela I – Data de colocação dos suportes no mar e datas de retirada definitiva dos suportes para a experiência de sucessão biológica.

Suporte nº	Data de entrada	Data saída	Tempo imersão
2	13-03-2005	10-09-2005	6 meses
3	13-03-2005	10-09-2005	6 meses
5	13-03-2005	09-03-2006	12 meses
10	13-03-2005	09-03-2006	12 meses
1	13-03-2005	11-09-2006	18 meses
6	13-03-2005	11-09-2006	18 meses
7	13-03-2005	15-03-2007	24 meses
9	13-03-2005	15-03-2007	24 meses
4	13-03-2005	09-04-2007	25 meses
8	13-03-2005	09-04-2007	25 meses

Um dos pressupostos do protocolo do WP4 do projecto CRAB era a ocorrência de um fenómeno designado como “Edge effect” sendo a razão pela qual não se efectuaram medições da espessura na zona limite de 2 cm em redor de todo o painel. Com o objectivo de testar este efeito e através das fotografias recolhidas dos painéis foram contabilizados para cada mês os organismos que se fixaram na zona limite de 2 cm (2x18x4 cm) que corresponde a 144 cm² da área do painel e os que se fixaram na zona central de 16x16 cm equivalente a uma área de 256 cm². A área total do painel 20x20cm é de 400 cm². Duas espécies que se fixaram nos painéis foram utilizadas para testar este efeito, uma delas é o crustáceo cirrípede *Balanus perforatus* (Bruguière, 1789) e um

anelídeo serpulídeo *Pomatoceros triqueter* (Linnaeus, 1758), sendo contabilizados nos suportes 4 e 8 que estiveram todo o período experimental no mar (Tabela I).

O objectivo desta experiência foi o de observar o desenvolvimento da sucessão das espécies nas comunidades formadas nos painéis (Figura 10) e identificar os organismos que se fixam na comunidade já existente.

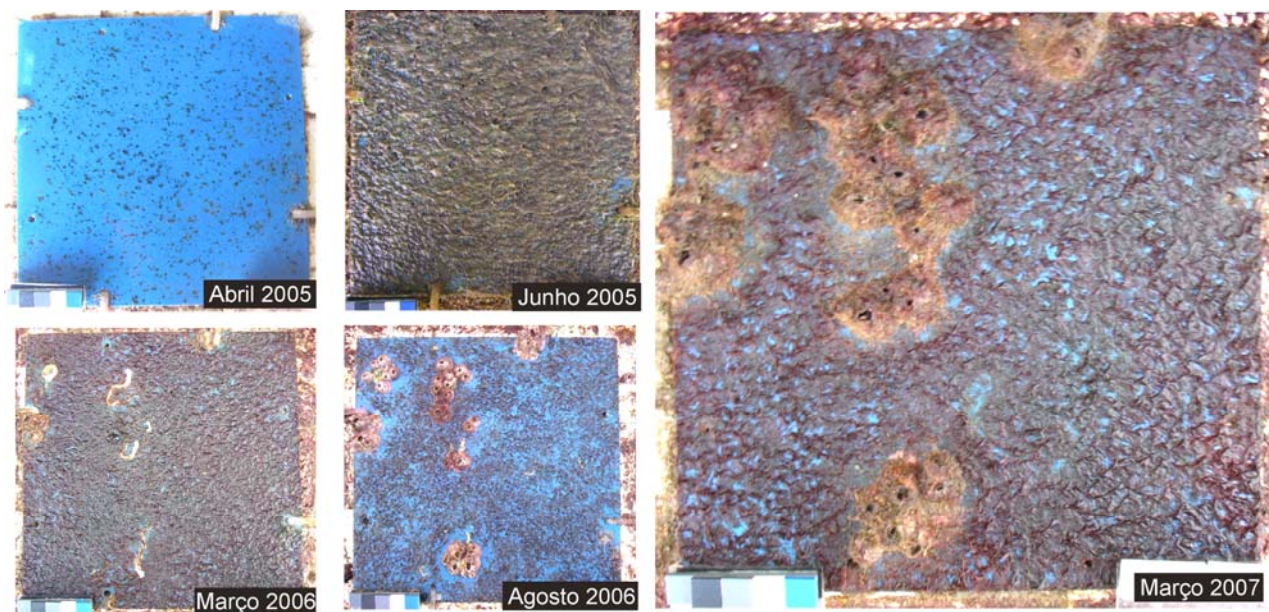


Figura 10 – Fotografias que mostram o desenvolvimento da comunidade de organismos sobre um painel de PVC ao longo de 24 meses de imersão.

2.4. AVALIAÇÃO DE MATERIAIS

Esta experiência teve como objectivo testar materiais não tóxicos em ambiente marinho, de forma a verificar a sua eficiência contra a acumulação de organismos. Foram testados três tipos de materiais que funcionam com base em princípios diferentes, no caso da rede com cobertura com Microfibras, o princípio é evitar que os organismos se fixem, através da rejeição do substrato por este apresentar uma textura espinhosa, nos casos das redes com cobertura de silicone o princípio não é evitar a fixação dos organismos, mas como a sua superfície é muito lisa e apresenta uma baixa energia de superfície os organismos crescem mas perdem capacidade de sustentação e caem quando atingem determinado tamanho.

Para avaliação da eficácia dos diferentes tipos de materiais, estes foram colocados em suportes de PVC e colocados na linha de cultivo da aquacultura através de mergulho, tentaram-se realizar amostragens mensais sempre que as condições do mar assim o permitissem. As amostragens consistiram principalmente em tirar fotografias a cada um dos materiais, mas para um dos materiais também se efectuaram pesagens para determinar o peso dos organismos fixados. Com base nas fotografias tiradas utilizou-se o programa de análise de imagem *ImageJ 1.37v* e efectuaram-se medições da área de malha em 10 malhas consecutivas, obtendo-se assim um valor médio para a área da malha de cada material (ANEXO I)

Após a determinação da área da malha, determinou-se a percentagem de colmatação da malha (PCM) para os diferentes tipos de materiais, com base na seguinte fórmula:

$$\text{PCM (\%)} = 100 \times (1 - (\text{Área Malha tx} / \text{Área Malha t0}))$$

(modificada de Braithwaite *et al*,2007)

PCM (0% = rede sem colmatação; 100% = rede totalmente colmatada)

- **Área da malha t0** – corresponde à área da malha inicial.
- **Área da malha tx** – corresponde à área da malha determinada para a amostragem x.

Para a realização deste ensaio foram utilizados materiais fornecidos pelas empresas Netherlands Organisation for Applied Scientific Research (TNO) e Materials Innovation Centre (MIC).

2.4.1. COBERTURA DE SILICONE (REDE)

Este trabalho teve como objectivo avaliar o efeito da cobertura de silicone em rede de nylon. Para este teste utilizaram-se quadrados de rede com um tamanho aproximado de 20cm por 20cm de lado, um com cobertura de silicone branco (BIOCLEAN) e outro sem cobertura, que serviu de controlo. Estes materiais foram fornecidos pela empresa TNO (Figura 11). Os suportes com os materiais foram colocados no mar a 19 de Janeiro de 2005 e para a sua avaliação os suportes foram recolhidos da linha de cultivo e no barco efectuaram-se as fotografias dos materiais, realizam-se as amostragens até 13 de Fevereiro de 2006 (Tabela II).

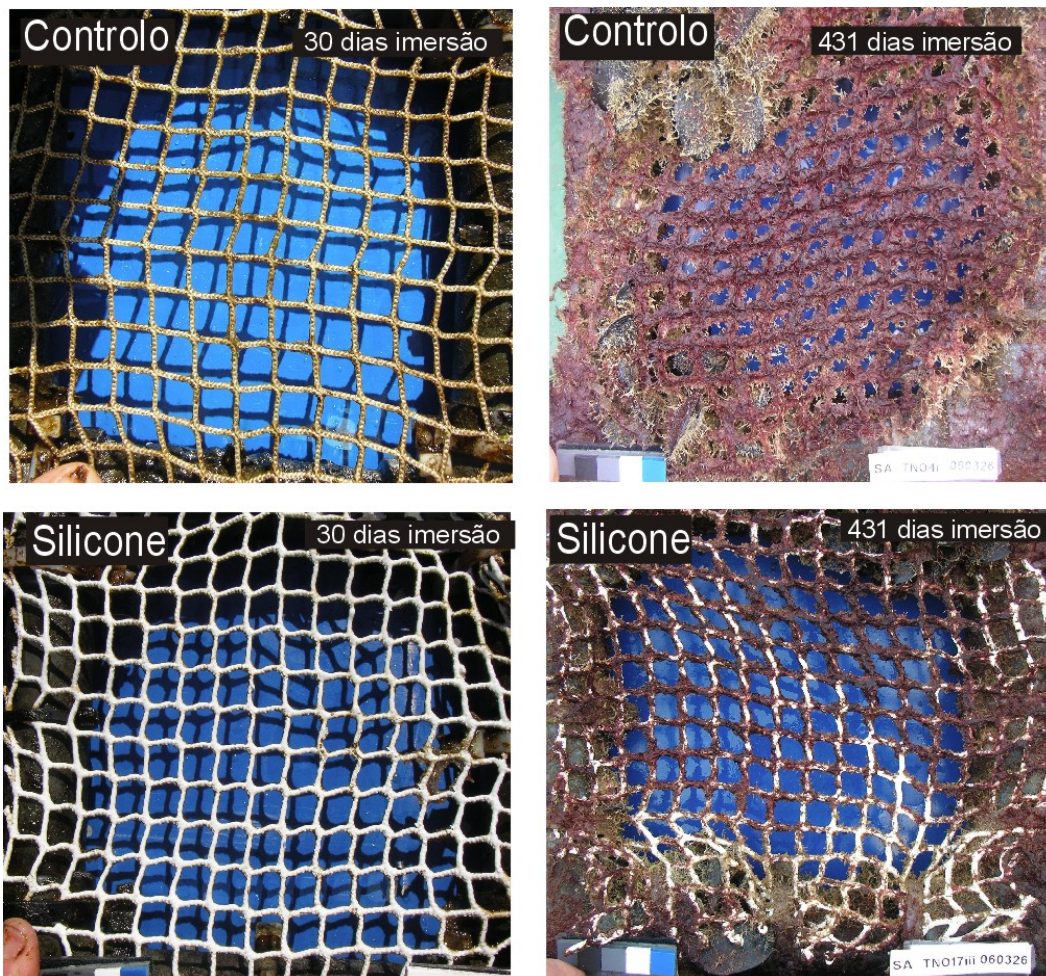


Figura 11 – Fotografias dos materiais fornecidos pela empresa TNO, após a imersão por 30 e 431 dias, para a rede de controlo e para a rede com cobertura de silicone.

2.4.2. COBERTURA DE FIBRAS (REDE)

Este teste teve como objectivo avaliar o efeito da cobertura de microfibras (0,2-2 mm) em rede. Utilizaram-se quadrados de rede com um tamanho aproximado de 20cm por 20cm de lado, utilizou-se uma rede sem cobertura de microfibras, que representou o controlo e uma rede com cobertura de fibras, estes materiais foram fornecidos pela empresa MIC (Figura 12). Os suportes com os materiais foram colocados na aquacultura a 18 de Fevereiro de 2005 e para a sua avaliação foram tiradas fotografias até 13 de Fevereiro de 2006 (Tabela II).

Tabela II – Datas em que se realizaram as amostragens para avaliação dos materiais não tóxicos, fornecidos pelas empresas TNO e MIC e respectivos tempos de imersão.

TNO Cobertura Silicone + controlo Tempo imersão (dias)		MIC Cobertura Microfibras + controlo Tempo imersão (dias)	
19-01-2005	0	-	
18-02-2005	30	18-02-2005	0
22-03-2005	62	22-03-2005	32
23-04-2005	94	23-04-2005	64
19-05-2005	120	19-05-2005	90
25-07-2005	187	25-07-2005	157
30-09-2005	254	30-09-2005	224
25-11-2005	310	25-11-2005	280
13-02-2006	390	13-02-2006	360
26-03-2006	431	-	

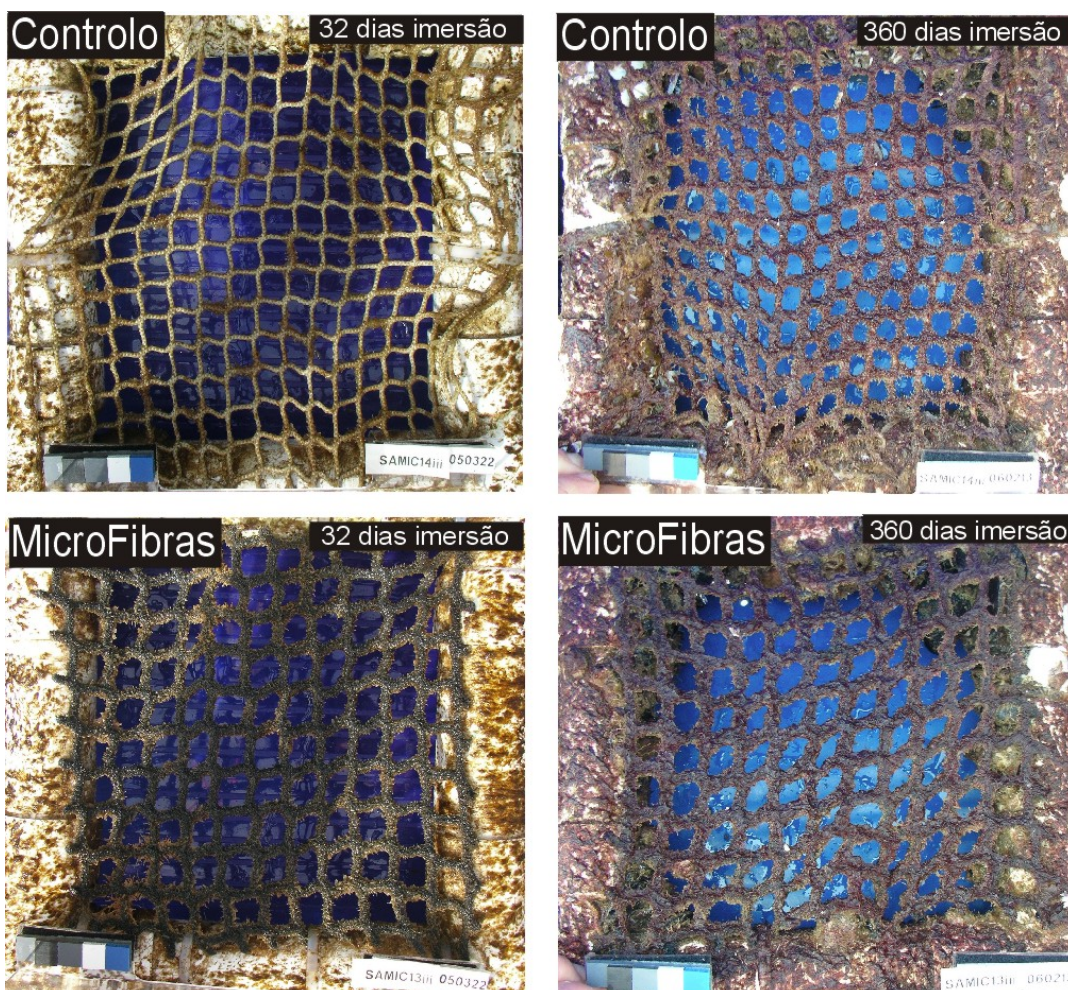


Figura 12 – Fotografias dos materiais fornecidos pela empresa MIC, após a imersão por 32 e 360 dias, para a rede de controlo e para a rede com cobertura de microfibras.

2.4.3. COBERTURA DE SILICONE (TABULEIROS)

Este trabalho teve como objectivo testar o efeito da cobertura de silicone em painéis de rede rígida de Polipropileno (P.P.) geralmente usada em tabuleiros para engorda de bivalves. Foram usados 3 tipos de silicone diferentes e 2 séries de controlos (Tabela III) (Figura 13). Estes materiais foram cedidos pela empresa TNO.

Os diferentes painéis de rede foram colocados em suportes de PVC, cada tipo de material e controlos em triplicado foram dispostos nos suportes de forma aleatória.

Os suportes foram colocados na linha de cultivo a 15 de Julho de 2006 a 5m de profundidade, mas previamente cada um dos painéis foi pesado e fotografado. Mensalmente os suportes foram retirados do mar e cada painel fotografado.

A 13 de Novembro de 2006 os suportes foram retirados do mar e levados de barco para o laboratório onde cada painel foi fotografado e pesado, em seguida foram lavados com água sob pressão para simular o método de limpeza usado em aquacultura definido com “jet washing”. O tempo utilizado em cada lavagem foi registado, após esta lavagem os painéis foram novamente pesados e fotografados, nesta altura foram acrescentados à experiência 2 novos controlos. Nos meses seguintes os painéis foram fotografados mensalmente, até 6 de Maio de 2007, altura em que foram definitivamente retirados do mar, sendo os painéis fotografados e pesados seguindo-se uma lavagem com água sob pressão, da mesma forma referida anteriormente e novamente pesados e fotografados.

Tabela III – Designação e cor dos materiais fornecidos pela empresa TNO e respectivas datas de colocação e retirada do mar.

Nome	Referência	Cor do material	Data de imersão	Data de retirada
Controlo	C	Preto	15-07-2006	06-05-2007
INT 757	IP	Cinzento claro	15-07-2006	06-05-2007
Hampasil	HP	Cinzento escuro	15-07-2006	06-05-2007
Sigmaglide	SG	Vermelho	15-07-2006	06-05-2007
Controlo 2	C2	Preto	13-11-2006	06-05-2007

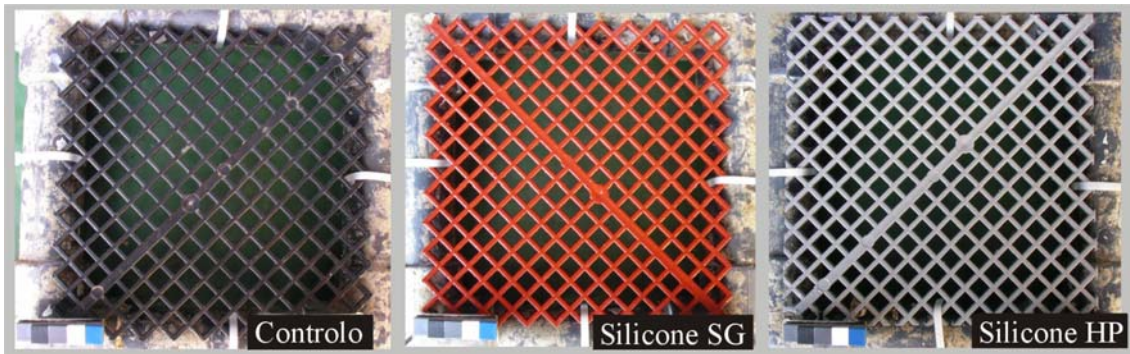


Figura 13 – Fotografias dos painéis de P.P, o painel de controlo (à esquerda) e painéis com cobertura de dois tipos de tipos de silicone.

2.5. ANÁLISE ESTATÍSTICA

Para a análise estatística utilizou-se o programa EXCEL do Microsoft Office 2003.

2.5.1. PARÂMETROS AMBIENTAIS

- Com os valores recolhidos semanalmente de temperatura, de salinidade, de turbidez e de clorofila-*a*, determinaram-se os coeficientes de correlação de Pearson (*r*) entre todos estes parâmetros de forma a verificar a existência de relações entre si.

2.5.2. AVALIAÇÃO DA ACUMULAÇÃO DE ORGANISMOS (BIOFOULING)

2.5.2.1. EXPERIÊNCIA DE RECRUTAMENTO MENSAL

- Com os dados obtidos de peso e de espessura para as profundidades de 2 e de 5 metros, determinaram-se os Coeficientes de Correlação de Pearson (*r*), de forma a determinar se existe uma relação entre ambos e qual o grau dessa relação. Para os 2 metros usaram-se dados obtidos desde 11 de Março de 2005 até 17 de Junho de 2006, enquanto para os 5 metros usaram-se dados desde 9 de Maio de 2005 até 16 de Março de 2007.

Coeficiente de Correlação ($-1 \leq r \leq 1$);

em que $r = 1$ correlação positiva perfeita;

$r = 0$ não existe correlação;

$r = -1$ correlação negativa perfeita.

- Para testar diferenças entre os diferentes meses e as profundidades de 2 e 5 metros, utilizaram-se os dados de peso (gr) recolhidos com os suportes de pêndulo (Figura 8). Utilizou-se uma ANOVA de factor duplo com repetição, com $\alpha=0.05$, em que se testou:

Ho: peso 2m = peso 5m;

Ha: peso 2m \neq peso 5m.

2.5.2.2. EXPERIÊNCIA DE SUCESSÃO BIOLÓGICA

- Para testar o efeito do limite “Edge effect” para a espécie *B. perforatus* e para a espécie *P. triqueter* usaram-se as densidades (n/cm^2) estimadas, para o mês em que cada espécie apresentou maiores densidades. Aplicou-se uma ANOVA de factor único com $\alpha=0.05$ em que se testou:

Ho: densidade limite = densidade centro;

Ha: densidade limite \neq densidade centro.

2.5.3. AVALIAÇÃO DE MATERIAIS

- Para testar diferenças entre as redes com cobertura de silicone e de microfibras com os respectivos controlos, efectuaram-se os testes *t-student* usando os valores calculados de PCM iniciais e os valores finais. Utilizou-se o teste *t-student* para variâncias iguais e com $n_A+n_B - 2$ graus de liberdade, com um $\alpha=0.05$.

Ho: PCM (rede com cobertura) = PCM (rede controlo);

Ha: PCM (rede com cobertura) \neq PCM (rede controlo).

3. RESULTADOS

3.1. PARÂMETROS AMBIENTAIS

3.1.1. VENTO

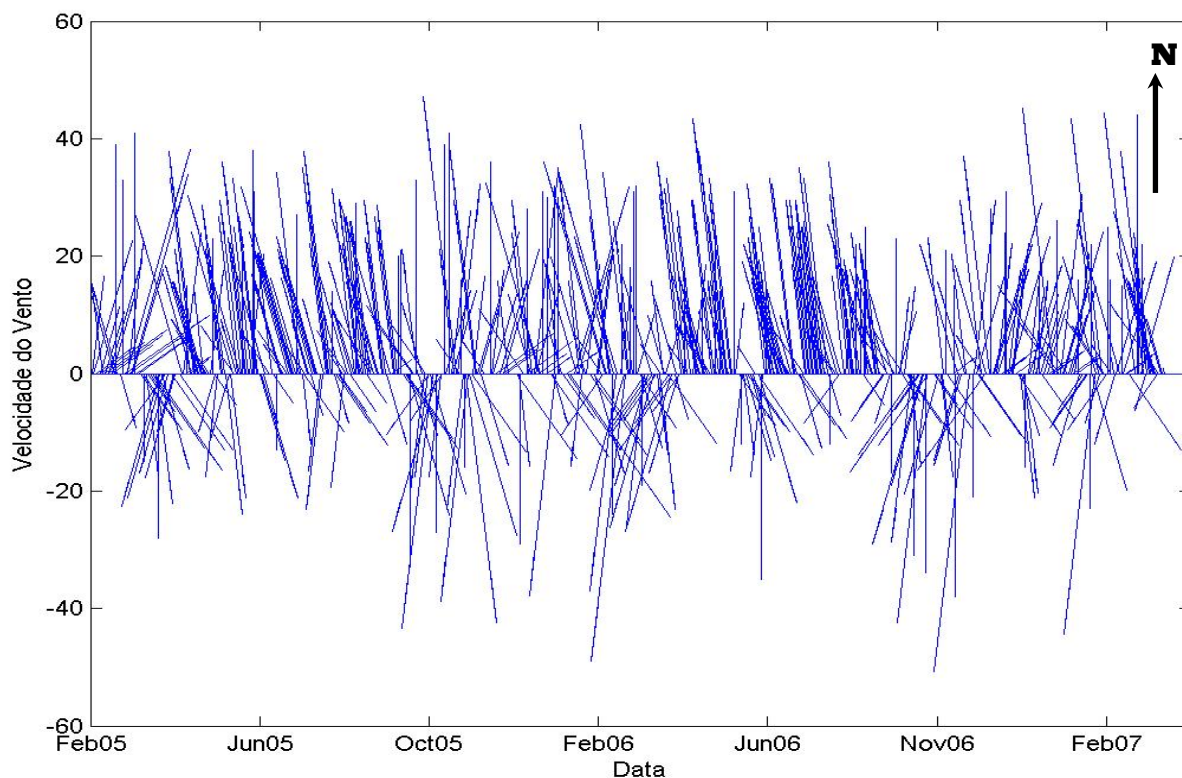


Figura 14 – Direção e velocidade do vento (km/h) para a zona de Sagres durante o período experimental.

Através da observação da Figura 14, verifica-se que durante o período de estudo ocorreu uma predominância de vento do quadrante Noroeste (NW), em que se registou um valor máximo de 51 km/h em Novembro de 2005. Entre Junho e Setembro de 2006, verifica-se a ocorrência de 3 picos de vento de NW alternados por vento de SE. Registaram-se ocasionalmente ventos fortes de Sudoeste (SW), os quais atingiram valores mais elevados em Março e Novembro de 2006, com 53 e 55 km/h, respectivamente. Ventos de Sudeste foram registados, sendo que geralmente apresentaram intensidades reduzidas e apresentaram um valor máximo de 39 km/h em Novembro de 2005. Ventos oriundos de Norte (N) registaram um valor máximo de 44 km/h em Março de 2007 e um mínimo de 14 km/h em Abril e Maio de 2006.

3.1.2. TEMPERATURA

A Figura 15 mostra uma grande variação de temperatura no local de estudo, com uma amplitude de temperatura ligeiramente superior a 10°C. De Fevereiro até Maio de 2005, as temperaturas mantiveram-se relativamente baixas, não ultrapassando os 17°C. No período seguinte, de Junho a Outubro de 2005 verificou-se uma oscilação da temperatura entre valores próximos de 15°C até valores de 22°C. Entre Outubro e Maio de 2006 verificou-se um decréscimo contínuo da temperatura onde se verificou o valor mínimo de 13,1°C, em 9 de Março de 2006, o valor máximo de 23,7°C foi obtido a 8 de Setembro de 2006, após um período de grande variação de temperatura. Durante todo o período de estudo a temperatura média rondou os 17°C.

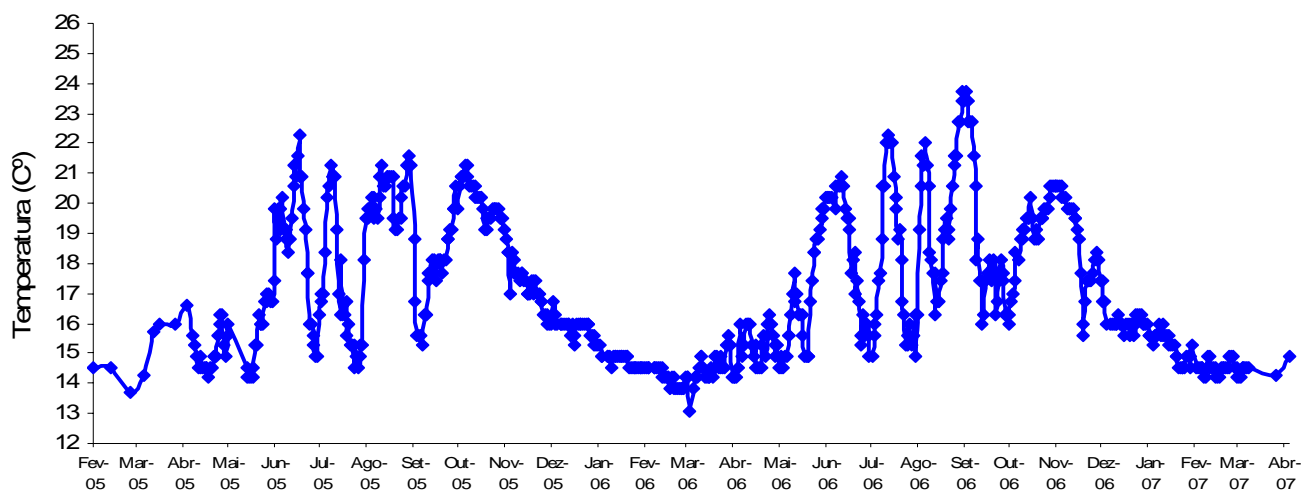


Figura 15 – Variação da Temperatura (C°) da água do mar registada a 5 metros de profundidade na aquacultura, durante o período experimental.

Tabela IV – Valores médios de Intensidade do vento (Km/h) e de Temperatura da água do mar (C°) para cada Direcção de vento registada.

Direcção	n	Intensidade (km/h) (média ± erro-padrão)	n	Temperatura (°C) (média ± erro-padrão)
N	48	25,4 ± 1,2	43	16,7 ± 0,4
NNW	107	29,3 ± 0,8	101	17,0 ± 0,2
NW	80	25,5 ± 1,0	73	16,9 ± 0,3
WNW	39	19,3 ± 0,9	38	17,4 ± 0,4
W	31	22,5 ± 1,6	27	17,3 ± 0,5
WSW	23	25,3 ± 1,6	22	16,6 ± 0,5
SW	21	24,8 ± 2,1	16	16,9 ± 0,6
SSW	21	31,1 ± 2,9	21	17,2 ± 0,5
S	19	23,3 ± 1,9	18	17,9 ± 0,6
SSE	15	21,0 ± 2,1	12	17,2 ± 0,6
SE	25	19,8 ± 1,7	23	17,7 ± 0,5
ESE	47	26,0 ± 1,5	39	17,8 ± 0,4
E	40	26,0 ± 1,5	34	16,7 ± 0,4
ENE	30	22,9 ± 1,7	22	15,8 ± 0,3
NE	37	25,6 ± 1,6	26	15,7 ± 0,2
NNE	29	23,9 ± 1,2	24	15,7 ± 0,2

Na Tabela IV verifica-se que o vento com direcção de SSW (Su-sudoeste) apresentou o valor mais elevado de velocidade do vento, com uma intensidade média de 31,1 km/h, neste período registou-se uma temperatura média da água do mar de 17,2 °C. O vento de SE (Sudeste) registou a intensidade de vento mais reduzida com um valor de 19,8 km/h, registando-se nesse período uma temperatura média de 17,7°C. As temperaturas mais baixas foram registadas durante os períodos de vento de NE (Nordeste) e de (Nor-nordeste) com valores de 15,7°C correspondentes a intensidades de vento de 25,6 e de 23,9 km/h, respectivamente. O valor médio de temperatura mais elevado foi de 17,9°C para o vento de direcção Sul e que apresentou uma intensidade média de 23,3 km/h.

3.1.3. SALINIDADE

No caso da salinidade, como demonstra a Figura 16, não se verificou uma variação muito significativa. O valor mais baixo obtido foi de 35,5 e verificou-se em Fevereiro de 2005 num período de chuva. O valor mais elevado de 36,5 ocorreu mais de uma vez e coincidiu com períodos de céu limpo.

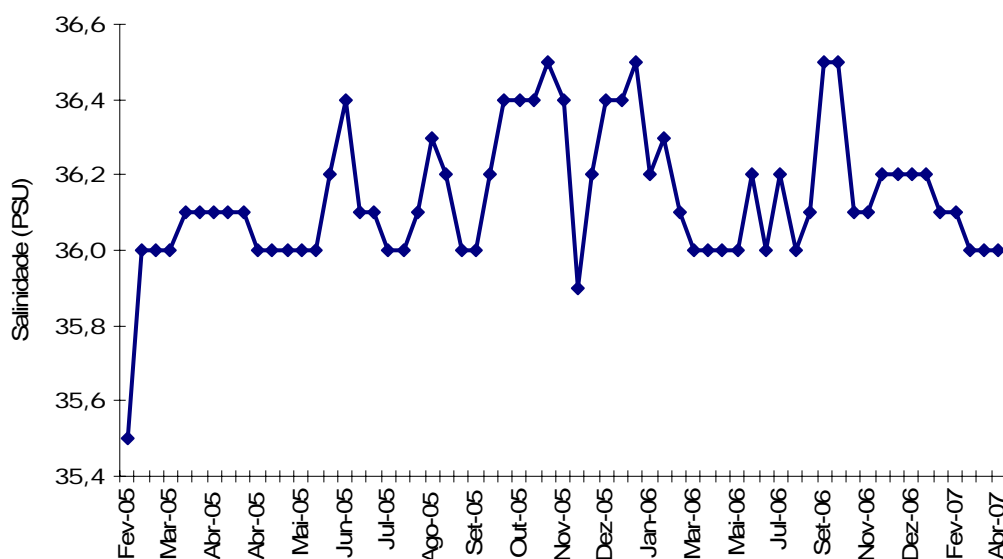


Figura 16 – Variação da Salinidade (PSU) da água do mar registada à superfície na aquacultura, durante o período experimental.

3.1.4. TURBIDEZ

A profundidade máxima de Secchi foi de 18 metros em 5 de Novembro de 2005 correspondendo ao mínimo de turbidez e a profundidade mínima de Secchi foi de 5 metros a 8 de Julho de 2006, correspondendo ao máximo de turbidez.

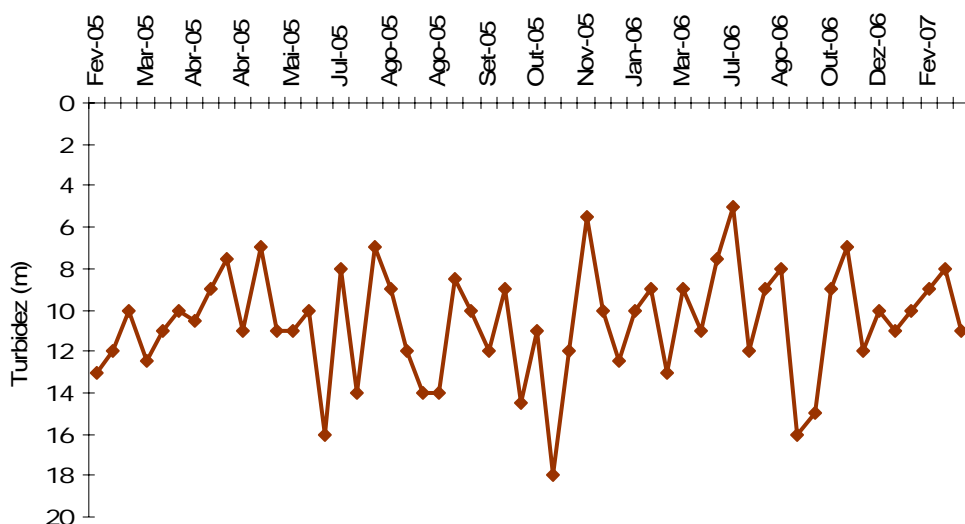


Figura 17 – Variação da profundidade de Secchi (Turbidez) registada na aquacultura, durante o período experimental.

3.1.5. CLOROFILA-*a*

Relativamente à Figura 18 verifica-se uma grande oscilação nos valores de clorofila-*a*. No período compreendido entre Maio de 2005 e Setembro de 2005 ocorreram uma série de valores elevados seguidos por valores baixos. De Setembro de 2005 a Julho de 2006 verificou-se um período contínuo de valores relativamente baixos, seguido de um novo valor elevado. A partir de Janeiro de 2007 verifica-se uma tendência crescente na concentração de clorofila-*a*. O valor mais elevado foi obtido em Agosto de 2005, com uma concentração de 3,38 mg/m³, em Dezembro de 2005 obteve-se um valor de concentração zero.

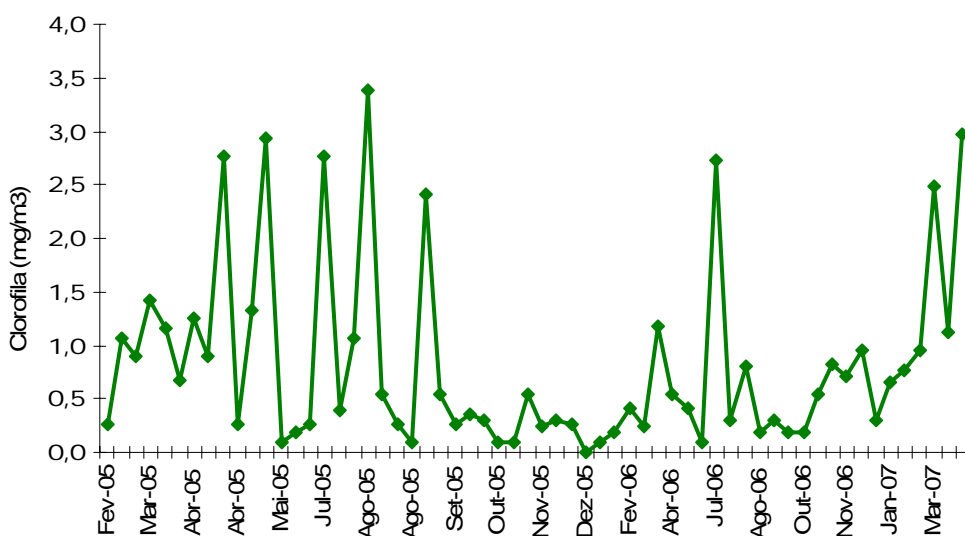


Figura 18 – Variação da concentração de Clorofila-*a* (mg/m³) nas amostras de água do mar, recolhidas à superfície na aquacultura, durante o período experimental.

Tabela V – Coeficientes de Correlação de Pearson (r) calculados entre os diferentes parâmetros recolhidos no local de estudo.

	Salinidade	Temperatura	Clorofila-a	prof. de Secchi
Salinidade	1			
Temperatura	0,580	1		
Clorofila-a	-0,482	-0,463	1	
prof. de Secchi	0,495	0,469	-0,425	1

A Tabela V apresenta os coeficientes de correlação, determinados para os diferentes parâmetros ambientais. Verifica-se que os valores de correlação são baixos, sendo que a temperatura e a salinidade apresentam a maior correlação e a clorofila-*a* e a profundidade de Secchi apresentam a correlação mais baixa. Para a clorofila-*a* verifica-se uma correlação negativa com a salinidade, temperatura e a profundidade de Secchi. A salinidade e temperatura apresentam uma correlação positiva, assim como a profundidade de Secchi apresenta correlações positivas com a salinidade e a temperatura.

A correlação negativa obtida entre a profundidade de Secchi e a clorofila-*a*, implica que a correlação entre a clorofila-*a* e a turbidez apresente uma correlação positiva, visto que a turbidez diminui com o aumento da profundidade de Secchi.

3.2. AVALIAÇÃO DA ACUMULAÇÃO DE ORGANISMOS (BIOFOULING)

3.2.1. EXPERIÊNCIA DE RECRUTAMENTO MENSAL

Na Figura 19 verifica-se uma grande variação nos valores do peso entre as profundidades de 2 e 5 metros, como se pode verificar pela diferença obtida para o mês de Agosto de 2005. Mas para ambas as profundidades verificou-se uma tendência de aumento do peso nos painéis entre Abril e Junho de 2005, obtendo-se os valores máximos de 21,8gr para os 2 metros e de 18,7gr para os 5 metros. No mês seguinte verificou-se uma redução do peso em ambos os casos, para valores próximos das 10gr. Como já foi referido em Agosto de 2005, ocorreu uma grande diferença no peso entre as duas profundidades, em que para os 2 metros se obteve um valor 16,2gr maior do que o obtido para os 5 metros. Em Setembro de 2005, a 5m obteve-se um valor ligeiramente maior do que para os 2 metros, entre Outubro e Novembro obtiveram-se valores semelhantes, e em Dezembro registou-se um valor de 2 gr para os 2 metros e de 9,3 gramas para os 5 metros. Nos meses seguintes até Junho de 2006, quando se terminou a

experiência para os 2 metros, verificaram-se sempre diferenças consideráveis entre as duas profundidades, à excepção de Fevereiro de 2006 em que os valores foram semelhantes. No período restante, para 5 metros, registaram-se alguns valores reduzidos, em Agosto, Outubro e Dezembro, sendo que em Outubro de 2006 se obteve um mínimo de 0,6gr. A partir de Dezembro de 2006, verificou-se uma tendência crescente nos valores de peso, obtendo-se em Março um valor de 5,3 gramas.

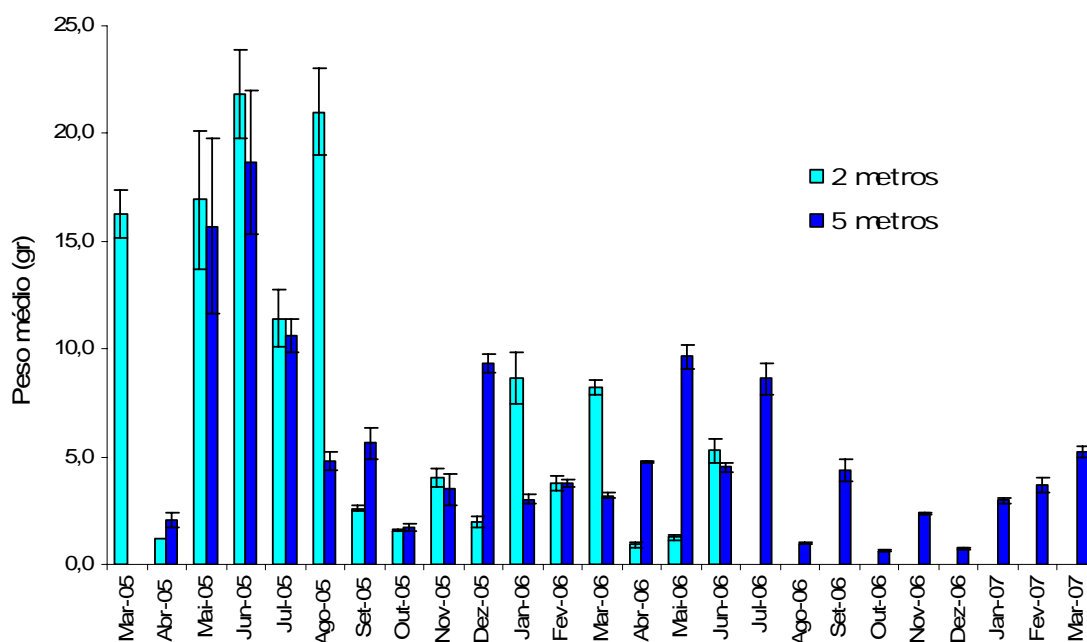


Figura 19 – Variação do Peso (gr) sobre os painéis de recrutamento e respectivos erros-padrão, para a profundidade de 2 e 5 metros, registados mensalmente (Para o mês de Março de 2005 só se obtiveram resultados para a profundidade de 2 metros).

Para a espessura, como se pode observar na Figura 20, verifica-se de modo geral uma tendência de variação dos valores, semelhante para ambas as profundidades. Em Maio verifica-se o valor máximo de 1,3mm para os 5 metros. Para os 2 metros observa-se um máximo na espessura média para o mês Junho de 2005 com um valor de 1,6mm, mas o mês de Maio mostra uma grande variação da espessura, como se pode observar pela amplitude do erro-padrão. Para os 5 metros, verifica-se uma diminuição progressiva da espessura até Janeiro de 2006, sendo que a partir desse data se verificam valores próximos de 0,1mm, à excepção dos meses de Agosto, Novembro e Dezembro, onde se obtiveram valores de zero. Para os 2 metros também se verificou uma tendência decrescente na espessura, à excepção de um valor elevado obtido em Agosto de 2005, para esta profundidade o valor mais baixo registado foi de 0,02 mm, obtido em Dezembro de 2005.

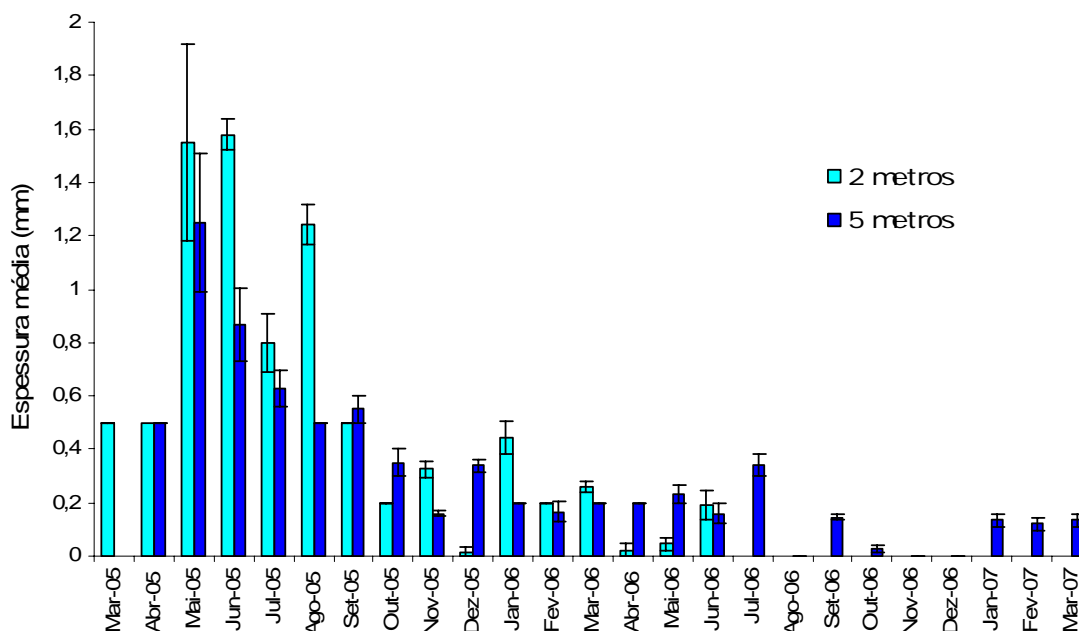


Figura 20 – Variação da Espessura (mm) sobre os painéis de recrutamento e respectivos erros-padrão, para as profundidades de 2 e 5 metros, registados mensalmente (Para o mês de Março de 2005, só se obtiveram resultados para a profundidade de 2 metros).

Para verificar se existia uma relação entre os dados de peso e a espessura obtidos, determinaram-se os coeficientes de correlação (r), em que para a profundidade de 2 metros se obteve um $r = 0,868$ e para a profundidade de 5 metros obteve-se um $r = 0,804$.

Para a experiência efectuada com os suportes desenvolvidos para eliminar a inclinação dos suportes, obtiveram-se os resultados apresentados na Figura 21. Verificou-se que em Abril de 2006 se obteve um valor mais elevado para os 5 metros do que para os 2 metros, invertendo-se a situação no mês seguinte. Os valores registados mais elevados, para ambas as profundidades, ocorreram no mês de Junho com valores próximos das 14 gramas. No período entre Julho e Outubro de 2006, para ambas as profundidades, registaram-se valores abaixo das 3gr de peso. A partir de Novembro verificou-se uma tendência de aumento do peso para os 5 metros, atingindo em Março de 2007 um valor de 5,8gr. Para os 2 metros verificou-se uma maior variação dos pesos registados ao longo dos meses, obtendo-se no final da experiência um peso final de 5,3gr.

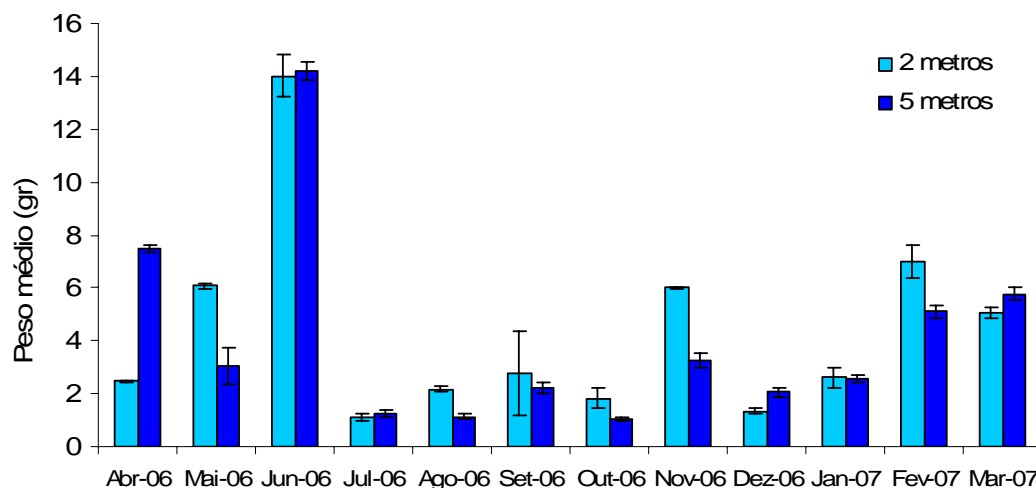


Figura 21 – Variação do Peso médio (gr) sobre os painéis de recrutamento e respectivos erros-padrão, para as profundidades de 2 e 5 metros, registados mensalmente através dos suportes para eliminar a variação da inclinação.

Na Tabela VI, pode-se verificar o resultado da ANOVA, verifica-se que existe uma diferença significativa no peso entre os meses testados, onde se obteve um *valor-P* inferior a 0,05, resultando na rejeição de H_0 . Por outro lado, para as duas profundidades não se rejeitou H_0 , pois obteve-se um *valor-P* de 0,238. Para a interação entre o mês e a profundidade, obteve-se um *valor-P* inferior a 0,05, resultando na rejeição da hipótese nula. Apesar de, não se verificar uma homogeneidade de variâncias entre os meses, a análise de variância (ANOVA) é muito robusta e os resultados continuam a ser fidedignos (Underwood, 1997; Quinn and Keough, 2002) de acordo com este pressuposto, realizou-se a análise *Post-hoc* teste de Tukey onde se verificou que mês de Junho 2006 é significativamente diferente de todos os restantes, e os meses Abril e Maio de 2006 e Fevereiro e Março 2007 não são significativamente diferentes, o mesmo se verifica com Julho, Agosto e Outubro de 2006.

Tabela VI – Sumário da ANOVA de factor duplo ($\alpha=0.05$), aplicada para testar diferenças no peso sobre os painéis, entre os diferentes meses e as profundidades.

ANOVA						
Fonte de variação	S.Q.	g.l.	M.Q.	F	valor-P	F crítico
Mês	832,211	11	75,656	80,963	<0,001	1,995
Profundidade	1,334	1	1,334	1,427	0,238	4,043
Mês*Profundidade	71,286	11	6,481	6,935	<0,001	1,995
Erro	44,853	48	0,934			
Total	949,684	71				

Através da análise da Figura 22, verifica-se a ocorrência em todas as amostras da família Ectocarpaceae pertencente à Divisão Heterokontophyta, Classe Phaeophyceae (algas castanhas), com percentagens superiores a 50% para todos os meses à exceção do mês de Setembro de 2005. Para os meses de Abril de 2005, Agosto e Setembro de 2006 verifica-se uma percentagem de 100%. Em relação à família Ulvaceae pertencente à Divisão Chlorophyta (algas verdes), verificou-se a sua ocorrência na maioria das amostras, sendo que a percentagem mais elevada de 44,3% ocorreu em Abril de 2006. Para a família Ceramiaceae, pertencente à Divisão Rhodophyta (algas vermelhas) não se verificou a sua ocorrência durante todo o período de Abril a Outubro de 2005, aquando da sua ocorrência verificaram-se percentagens relativamente baixas, tendo o valor mais elevado ocorrido para o mês de Novembro de 2005, com 13,3%. Durante o período de Julho a Outubro de 2005 e no mês Junho de 2006 verificou-se a ocorrência da espécie *Obelia geniculata* (Linnaeus, 1758) um hidrozoário (Phylum Cnidaria, Classe Hidrozoa), que apresentou uma percentagem máxima de 34% para o mês de Setembro de 2005.

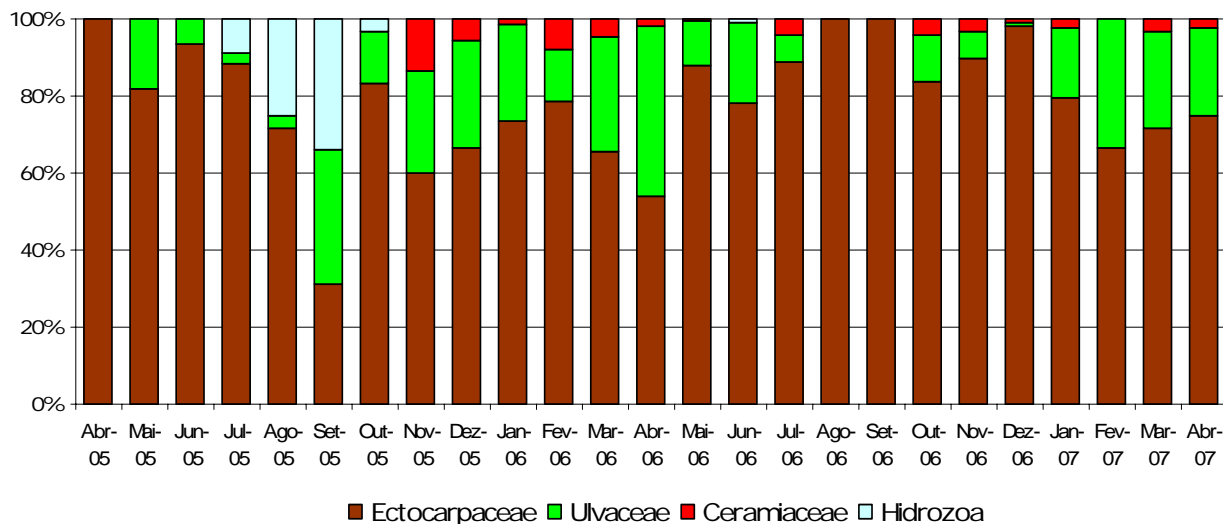


Figura 22 – Percentagens médias nas amostras, dos diferentes grupos de organismos observados para cada mês, para a profundidade de 5 metros, durante o período experimental.

Tabela VII – Listagem das espécies identificadas nas amostras, onde (x) indica a presença da espécie, para as profundidades 2 e 5 metros, avaliadas entre Março e Novembro de 2005. (Para o mês de Março só se obtiveram amostras para os 2 metros e em Abril só para os 5 metros.)

		<i>Feldmannia irregularis</i>	<i>Giffordia granulosa</i>	<i>Bachelotia antillarum</i>	<i>Ulva flexuosa</i>	<i>Ulva compressa</i>	<i>Ulva prolifera</i>	<i>Ceramium sp.</i>	<i>Obelia geniculata</i>
Março	2 m	x	x	x	x				
	5 m								
Abril	2 m								
	5 m	x	x	x					
Maio	2 m	x	x	x	x	x			
	5 m	x	x	x	x	x			
Junho	2 m	x	x	x	x	x			
	5 m	x	x	x	x	x			
Julho	2 m	x	x	x	x	x			
	5 m	x	x	x	x	x			x
Agosto	2 m	x	x	x	x	x			
	5 m	x	x	x	x	x			x
Setembro	2 m	x	x	x		x			x
	5 m	x	x	x	x	x	x		x
Outubro	2 m	x	x	x	x	x			x
	5 m	x	x	x	x	x	x		x
Novembro	2 m	x	x	x	x	x	x	x	
	5 m	x	x	x	x	x	x	x	

Na Tabela VII são apresentadas as diferentes espécies identificadas nas amostras recolhidas mensalmente entre Março e Novembro de 2005, para a profundidade de 2 e 5 metros. Registaram-se 3 espécies diferentes de algas castanhas da família Ectocarpaceae, que ocorreram durante todos os meses e para as duas profundidades, para as algas verdes registaram-se 3 espécies pertencentes à família Ulvaceae, a espécie *U. compressa* ocorreu para ambas as profundidades entre Maio e Novembro, enquanto a espécie *U. prolifera* foi registada entre Setembro e Outubro para os 5 metros e em Novembro para ambas as profundidades. Verificou-se a presença de algas vermelhas, do género *Ceramium*, para o mês de Novembro, para as duas profundidades. A espécie *O. geniculata* foi identificada para os 5 metros entre Julho e Outubro e para os 2 metros nos meses de Setembro e Outubro.

3.2.2. EXPERIÊNCIA DE SUCESSÃO BIOLÓGICA

Relativamente ao peso obtido na superfície dos painéis verificou-se, como se pode observar na Figura 23, que para todos os diferentes tempos de imersão a evolução do peso nos painéis apresentou uma tendência semelhante. Verificou-se que durante os primeiros dois meses de imersão, Abril e Maio de 2005, os valores obtidos foram relativamente baixos, compreendidos entre as 5 e as 10 gramas, para todos os tempos de

imersão. Por outro lado, verificou-se um grande acréscimo no peso para o mês de Junho de 2005, relativamente aos meses anteriores, em que se registaram valores compreendidos entre as 25 gr para os suportes de 18 meses de imersão e as 40 gr para os 6 meses de imersão. Durante o período de Junho a Outubro de 2005, verificou-se uma tendência crescente no peso dos painéis para todos os tempos de imersão, tendo nesta altura sido registado, o valor máximo de 50,7gr, para o tempo de imersão de 24 meses. Entre Outubro e Novembro de 2005 ocorreu um decréscimo acentuado no peso, onde se registaram valores entre as 25 e as 30gr, até Janeiro de 2006 manteve-se a tendência decrescente. De Janeiro a Junho de 2006, verificou-se uma ligeira recuperação no peso dos painéis seguido de um novo decréscimo até ao mês de Agosto. Para o tempo de imersão de 24 meses e até à altura que foi retirado do mar, foi registado um valor médio do peso perto das 30gr, mas verificou-se uma grande variação de valores, como se pode observar pela amplitude do erro-padrão, no final registou-se um valor de 33,8gr. Para os 25 meses de imersão que corresponde à sua retirada do mar em Maio de 2007, registou-se um peso final de 25,9gr.

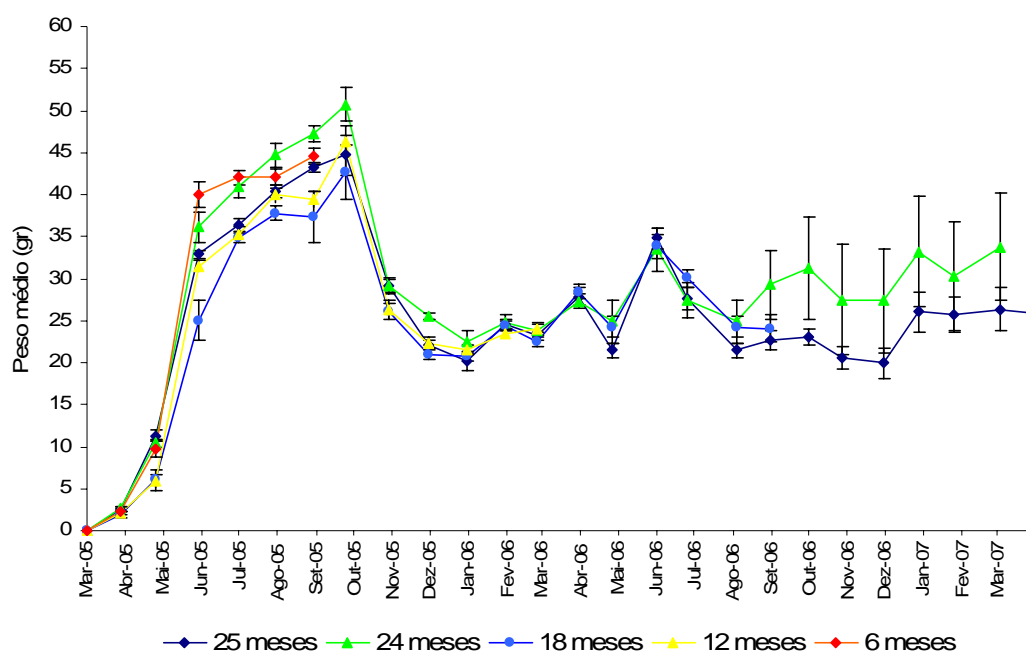


Figura 23 – Variação do Peso médio (gr) por painel, para os diferentes tempos de imersão, com os respectivos erros-padrão, para a profundidade de 5 metros, registados mensalmente, ao longo do período experimental.

Através da análise da Figura 24, referente aos valores de Espessura medidos na superfície dos painéis, verificou-se uma grande variação de valores entre os diferentes tempos de imersão, logo ao fim de um mês de imersão, com valores de 0,8mm para os 6

meses e um valor de 2,2mm para os 25 meses. Para todos os tempos de imersão, à excepção dos 25 meses, verificou-se um aumento da espessura, registado até Outubro de 2005, altura na qual foi registado o valor máximo de 1,8mm para os 24 meses. Entre Outubro e Novembro de 2005 registou-se um grande decréscimo na espessura registada, com valores próximos de 1,0mm para todos os tempos de imersão. Até Maio de 2006, verifica-se uma tendência decrescente até valores próximos de 0,7mm, verificando-se um acréscimo em Junho, para valores de 1,0mm. Em Setembro de 2006 que corresponde à saída dos suportes de 18 meses de imersão, obteve-se um valor final de 0,7mm. Para os 24 e 25 meses de imersão, registaram-se em Novembro os valores mínimos de espessura, com 0,4 e 0,5mm, respectivamente. Para o mês de Março obteve-se um valor final de 0,7mm, relativo aos 24 meses e para o mês de Maio verificou-se um valor final de 0,8mm para os 25 meses.

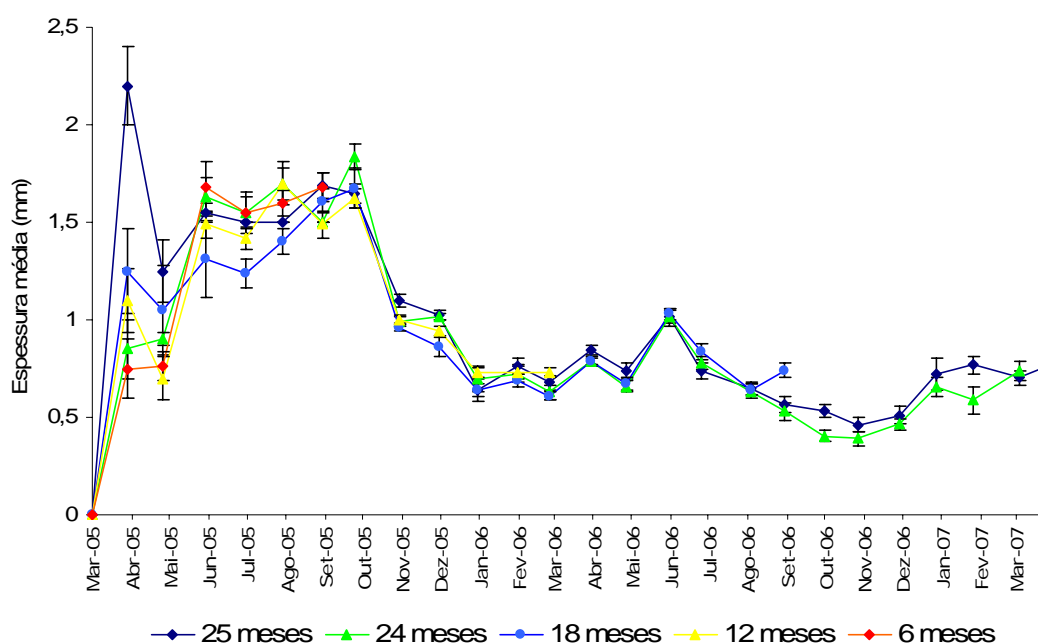


Figura 24 – Variação da Espessura média (mm) por painel, para os diferentes tempos de imersão, com os respectivos erros-padrão, para a profundidade de 5 metros, registados mensalmente, ao longo do período experimental.

Na Figura 25, verifica-se a ocorrência da família Ectocarpaceae em todas as amostras, em que para os meses de Setembro de 2005 e de 2006 apresenta valores perto dos 90% e para os meses de Março de 2006 e 2007 apresenta valores perto de 50%. A

família Ceramiaceae apresenta valores de 45% para os meses de Março de 2006 e 2007 e um valor de 3,3% para Setembro de 2006. Para a algas verdes (família Ulvaceae) registaram-se valores de 10% para Setembro de 2005 e Março 2006 e de 5% para Março de 2007. Verificou-se a presença de hidrozoários com um valor de 2% para o mês de Setembro de 2005, sendo o único mês em que se verificou a sua ocorrência, por outro lado para o mês de Setembro de 2006 verificou-se a ocorrência com cerca de 7%, de uma espécie de Briozoário (*Phyllum Bryozoa*).

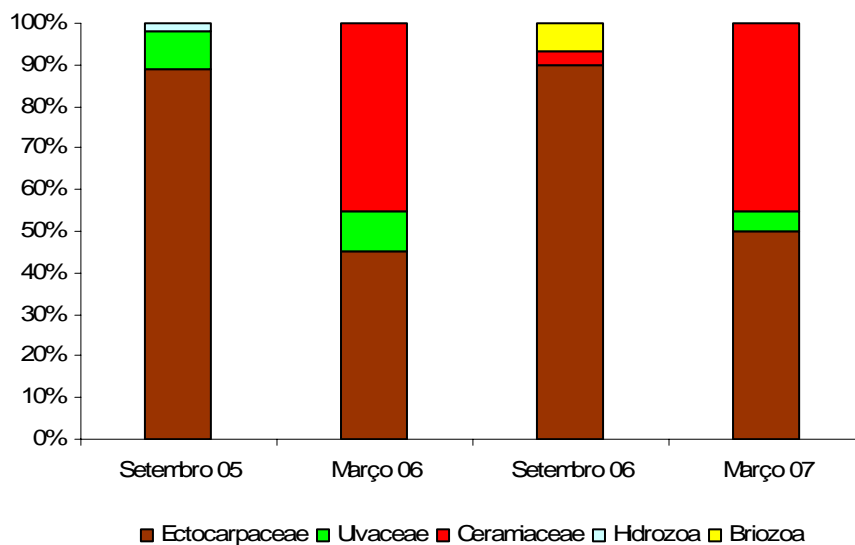


Figura 25- Percentagens médias dos diferentes grupos de organismos observados a cada seis meses, para a profundidade de 5 metros, durante o período experimental.

Na Figura 26 verifica-se que ambas as zonas apresentam a mesma tendência e que a zona limite apresenta sempre densidades superiores da espécie *B. perforatus* relativamente à zona do centro do painel. Durante o período desde Abril 2005 a Abril de 2006, as densidades mantiveram-se mais ou menos constantes, perto de 0,01 para a zona limite e próxima de zero para a zona centro, verificando-se em seguida para ambas as zonas um aumento significativo nas densidades, atingindo um máximo no mês de Maio de 2006, perto de 0,07 para a zona limite e de um valor acima de 0,03 para a zona centro. A partir Julho de 2006, verificou-se uma diminuição gradual nas densidades para ambas as zonas, atingindo em Abril de 2007 densidades idênticas.

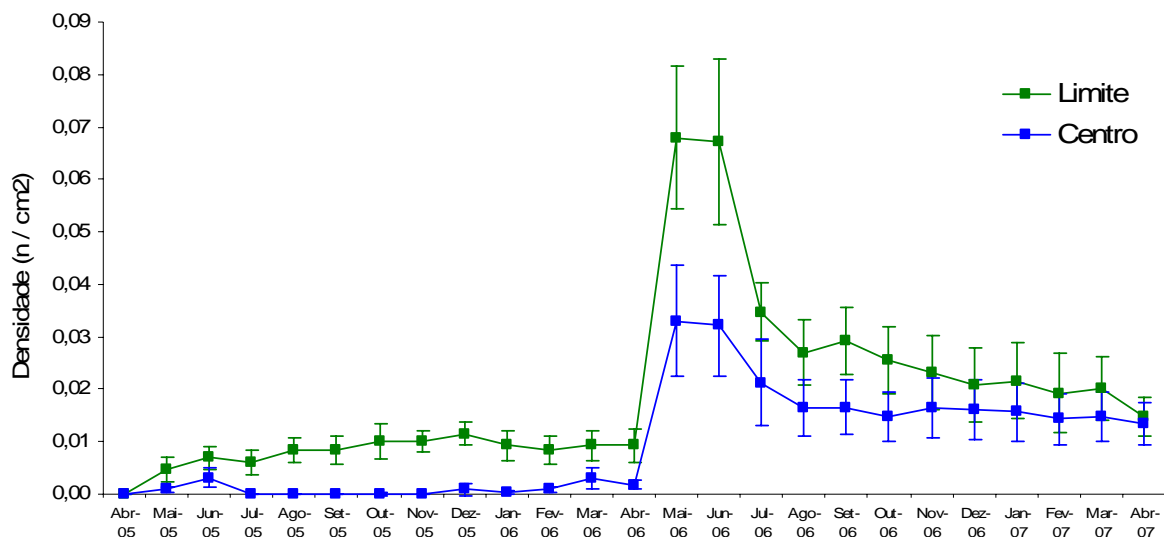


Figura 26 – Densidades (n / cm^2) (Média \pm erro-padrão) calculadas para a espécie *Balanus perforatus* para a zona limite (Edge) e para a zona central dos painéis desde Abril de 2005 a 2007.

Através da Figura 27, verifica-se para a espécie *P. triqueter* que as densidades no período de Abril de 2005 a Fevereiro de 2006, para a zona limite são superiores às apresentadas pela zona centro, mas a situação inverte-se a partir de Março de 2006. Durante o período de Junho a Agosto de 2005, verifica-se para ambas as zonas um aumento na densidade, atingindo um máximo acima de 0,02 para a zona limite. Para a zona centro o valor de densidade máxima, ocorreu em Maio de 2006, com um valor próximo de 0,015, a partir desse mês verificou-se um decréscimo contínuo nas densidades para ambas as zonas.

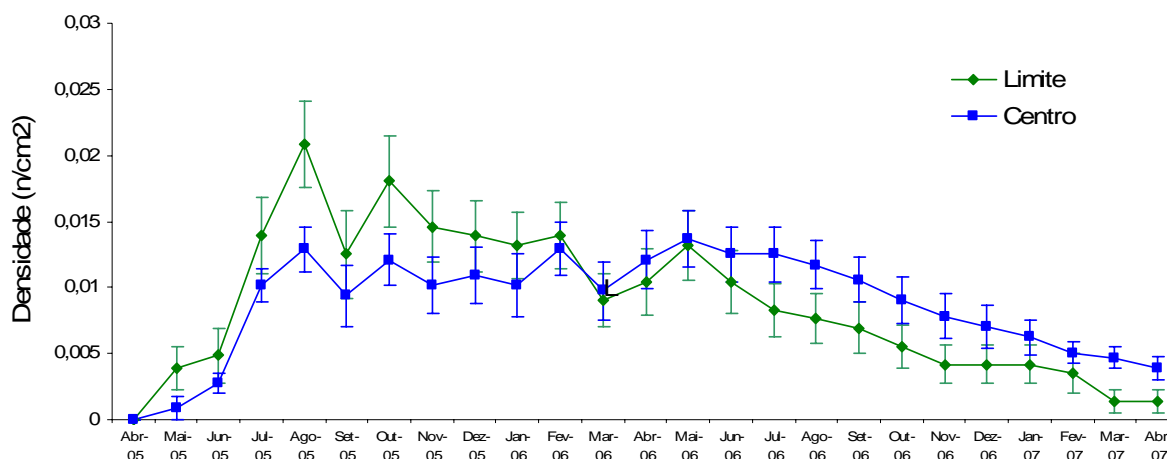


Figura 27 – Densidades (n / cm^2) (Média \pm erro-padrão) calculadas para a espécie *Pomatoceros triqueter* para a zona limite (Edge) e para a zona central dos painéis desde Abril de 2005 a 2007.

Segundo os resultados da ANOVA, apresentados na Tabela VIII, verifica-se a rejeição de H_0 , para a espécie *B. perforatus*, pois o *valor-P* obtido foi de 0,030 que é inferior a $\alpha=0,05$, o que significa que se detectaram diferenças significativas entre as densidades obtidas na zona limite, relativamente à zona centro dos painéis.

Na Tabela IX, é apresentado o resultado da ANOVA efectuada para a espécie *P. triqueter*, onde se verificou um *valor-P* de 0,062 e sendo maior que $\alpha=0,05$ implica a não rejeição de H_0 , não sendo detectadas diferenças significativas nas densidades obtidas nas duas zonas dos painéis.

Tabela VIII – Sumário da ANOVA de factor único ($\alpha =0,05$), aplicada para testar se existem diferenças significativas, entre as densidades que ocorrem na zona limite e zona centro dos painéis para a espécie *B. perforatus*.

ANOVA						
<i>Fonte de variação</i>	<i>S.Q.</i>	<i>g.l.</i>	<i>M.Q.</i>	<i>F</i>	<i>valor P</i>	<i>F crítico</i>
Entre grupos	0,0082	1	0,0082	5,52627	0,0303	4,4139
Dentro de grupos	0,0266	18	0,0015			
Total	0,0348	19				

Tabela IX – Sumário da ANOVA de factor único ($\alpha=0,05$), aplicada para testar se existem diferenças entre as densidades que ocorrem na zona limite e zona centro dos painéis para a espécie *P. triqueter*.

ANOVA						
Fonte de variação	S.Q.	g.l.	M.Q.	F	valor P	F crítico
Entre grupos	0,0003	1	0,00032	3,96054	0,0620	4,41387
Dentro de grupos	0,0014	18	0,00008			
Total	0,0017	19				

3.3. AVALIAÇÃO DE MATERIAIS

3.3.1. COBERTURA DE SILICONE (REDE)

Na Figura 28, verifica-se que para a rede com cobertura de silicone e para o controlo existe uma tendência de aumento na colmatação da malha, mas para a rede de controlo a colmatação ao fim de 62 dias de imersão é de 22%, enquanto que para a rede com silicone esse valor é praticamente de zero. A rede controlo apresenta um máximo na percentagem de colmatação da malha de 88,3% ao fim de 254 dias, que corresponde ao mês de Setembro (Tabela II), apresentando nos meses seguintes um ligeira diminuição desse valor. No caso da rede com silicone, apresentou ao fim de 254 dias de imersão um valor de PCM de 38,7%, seguida de uma ligeira diminuição, atingindo em seguida um valor máximo de 42,7% ao fim de 431 dias. O valor final da rede de silicone apresentou um valor de PCM, 33,7% inferior comparativamente ao obtido pela rede de controlo.

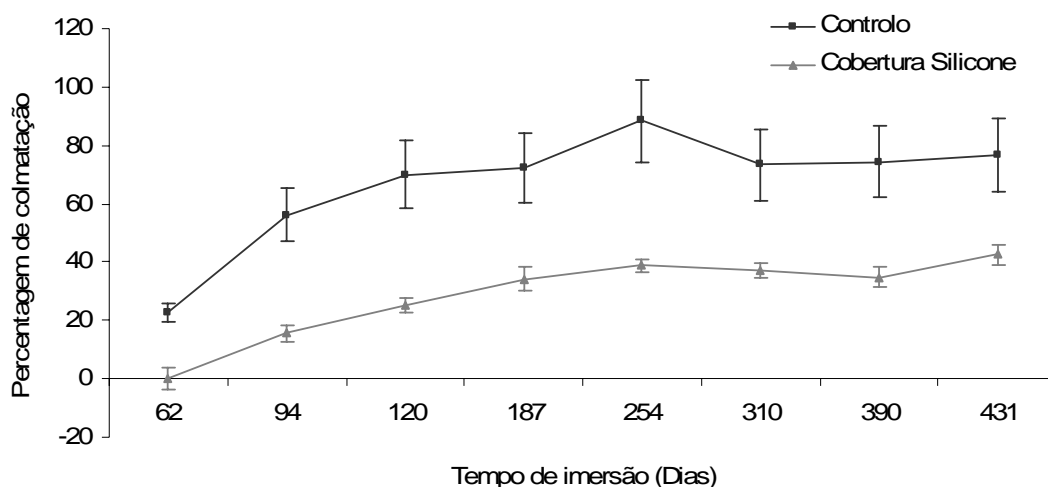


Figura 28 – Percentagem de Colmatação da Malha (Média \pm erro-padrão) para a rede de controlo e rede com cobertura de silicone em função do tempo de imersão.

3.3.2. COBERTURA DE MICROFIBRAS (REDE)

Através da análise da Figura 29, pode-se verificar que a rede com microfibras apresenta valores inferiores em relação à rede de controlo, ao longo de todo o período de imersão. Pode-se observar ainda um aumento significativo na PCM para ambas as redes ao fim de 157 dias de imersão, sendo que a rede com cobertura de fibras atinge nesse período o valor de máximo de PCM de 64,8 % e para a rede de controlo o máximo de PCM de 70,9% é obtido ao fim de 224 dias de imersão. Aos 280 dias verifica-se uma diminuição dos valores de PCM para ambas as redes, obtendo-se um valor muito próximo, na ordem dos 45%. No fim do período de estudo, verifica-se um aumento para a rede de controlo, para próximo dos 55% e uma diminuição da rede com fibras para os 35%, o que representa desta forma uma diminuição da colmatação da rede de cerca de 20%.

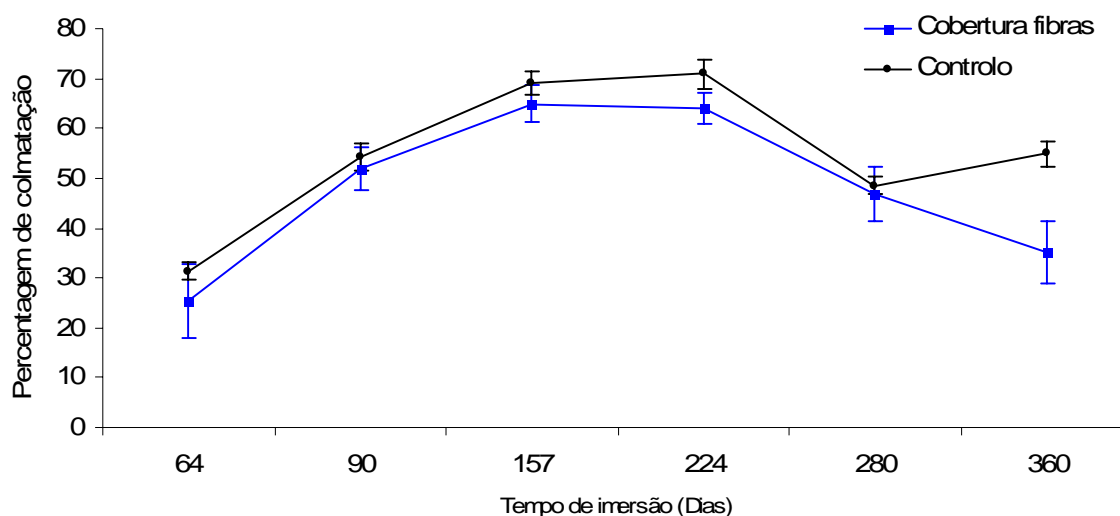


Figura 29 – Percentagem de Colmatação da Malha (Média \pm erro-padrão) para a rede de controlo e rede com cobertura de microfibras em função do tempo de imersão.

Tabela X – Resultados do teste *t-student* para a verificação de diferenças entre os valores de PCM para as redes com cobertura de silicone (TNO) e redes com cobertura de fibras (MIC).

Materiais	Dias de imersão	
TNO	62	431
P(T<=t) bilateral	0,0003	<0,05
MIC	64	360
P(T<=t) bilateral	0,359	0,004

Os valores apresentados na Tabela X, do teste de *t-student*, mostram que para a rede de com cobertura de microfibras após os 64 dias de imersão, não apresentaram diferenças significativas na PCM comparativamente ao controlo (0,359), após os 360 dias de imersão já se verificaram diferenças significativas. Para a rede de cobertura de silicone, observaram-se diferenças significativas para os dois tempos de imersão, obtendo-se para os dois casos, um valor inferior a $\alpha=0,05$.

3.3.3. COBERTURA DE SILICONE (TABULEIROS)

A Figura 30 mostra a variação da PCM para as duas rede de controlo e para as redes com os três tipos de silicone. Pode-se constatar que para todos os materiais no período entre Setembro e Outubro de 2006 ocorreu um aumento na PCM, sendo que para a rede de controlo e rede de silicone IP, foram atingidos os valores mais elevados, de 47% e 26,5% respectivamente. No mês seguinte verificou-se uma diminuição da colmatação da rede para todos os materiais. Nessa data realizou-se uma lavagem com água sob pressão, verificando-se uma diminuição da PCM, em todos os materiais, sendo que para a rede de silicone vermelho (SG), representou uma diminuição da colmatação ligeiramente superior a 50%. Em Novembro colocou-se um novo controlo (Tabela III), designado Controlo 2, entre Dezembro e Janeiro apresentou um PCM praticamente de 0% mas após dois meses apresentou um valor máximo de 30% de PCM, assim como a rede de silicone HG, apresentou também um valor máximo 27% de PCM. Para a rede com silicone SG atingiu o valor mais elevado de colmatação em Fevereiro com 24%. Em Maio efectuou-se uma nova lavagem, que como se pode observar, reduziu a colmatação em todos os materiais, tendo o seu efeito sido mais eficaz na rede de controlo 2, pois reduziu a colmatação em cerca de 44%, verificou-se ainda a obtenção

de um valor negativo por parte da rede de silicone IP, o que indicando a perda de silicone da superfície do painel.

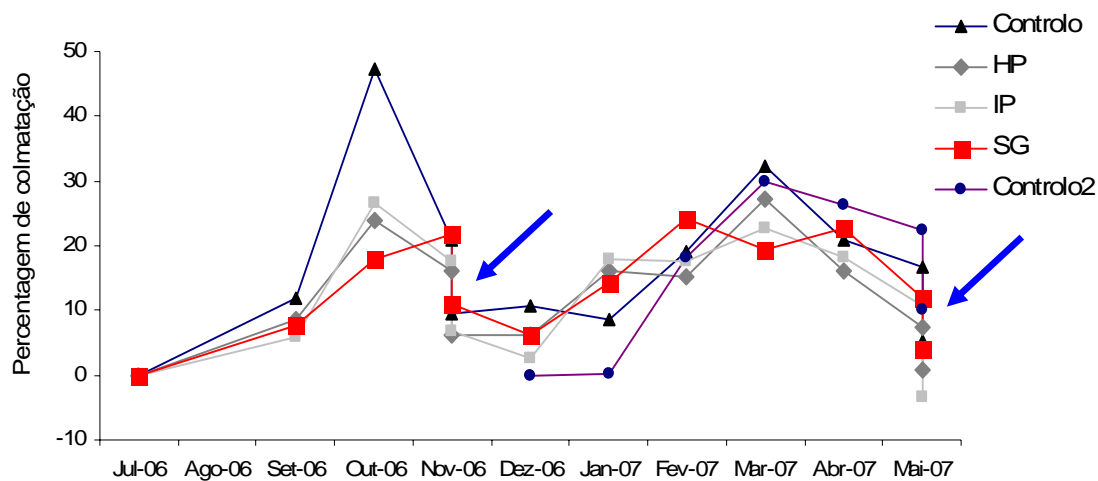


Figura 30 – Percentagem de Colmatção da Malha, para os diferentes tipos de silicone e os dois controlos ao longo de todo o período de imersão (Setas a azul indicam o momento da lavagem com água sob pressão). Valores negativos correspondem à perda de silicone da superfície do painel.

Com base na Figura 31, verifica-se que a rede de controlo apresenta valores de biomassa sobre o painel, bastante mais elevados comparativamente às redes com silicone, em Novembro (A.L.) a rede de controlo apresenta um valor de 14,2 g e em Maio (A.L.) um valor de 23,5gr. Verifica-se que ambas as lavagens tiveram um efeito positivo na remoção de biomassa da superfície do painel. Para o controlo 2, verifica-se também que a lavagem teve um efeito positivo, baixando a biomassa de 13,4gr para 4,7gr. Entre as redes com cobertura de silicone verificou-se uma tendência semelhante, com biomassas reduzidas inicialmente, IP com 4gr, SG com 4,6gr e HG com 6,9gr. A lavagem, teve um efeito na redução da biomassa das redes com silicone, mas também causou a perda de silicone para as redes SG e IP logo após a primeira lavagem e em todas as redes com silicone após a segunda lavagem como se pode observar pelos valores negativos obtidos. A rede com silicone IP perdeu um total de silicone de 8,3gr, a rede SG perdeu cerca de 4,8 gr e a rede HG perdeu um total de 2,8gr.

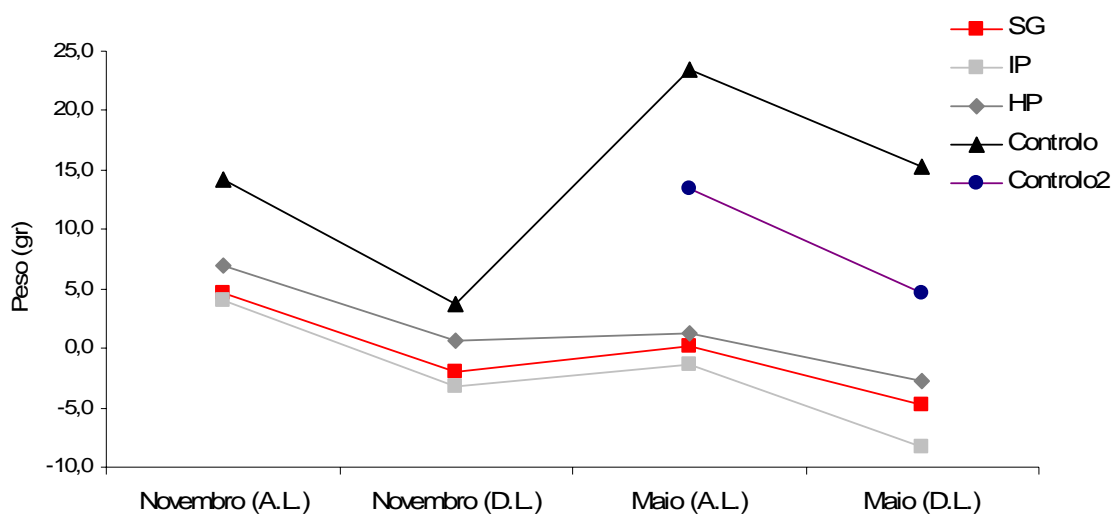


Figura 31 – Variação da biomassa (gr) presente sobre os painéis de rede, para os diferentes tipos de silicone e para os dois controlos. (A.L. – antes da lavagem; D.L. – depois da lavagem). Valores negativos correspondem a perda de silicone da superfície do painel.

4. DISCUSSÃO

A direcção do vento na região de Sagres condiciona a temperatura da água do mar, como é descrito nos trabalhos de Fiúza (1983); Afonso (1998); Loureiro *et al* (2005), os resultados obtidos neste trabalho, sugerem a mesma tendência, de que em períodos de vento do quadrante Norte, ocorre uma diminuição da temperatura da água, resultante do afloramento de águas mais frias e períodos de vento de Sul e de Este determinam a ocorrência de águas com temperaturas mais elevadas. A ocorrência deste evento, foi facilmente observada durante o período entre Junho e Setembro de 2006, onde sequências de vento de Norte, seguidos por curtos períodos de vento de Sudeste, resultaram em variações de temperatura bastante significativas. Embora esta relação seja evidente, o fenómeno de afloramento costeiro não ocorre instantaneamente, sendo que, segundo Fiúza (1983), é necessário que o vento ocorra por um período superior a um dia, para que este fenómeno se desenvolva.

Ventos de sudoeste apresentaram valores de intensidade média elevados, com valores de temperatura da água mais baixos comparativamente com ventos de sudeste. Este facto poderá estar associado à origem da água, o vento de SW desloca

principalmente água de origem atlântica, pelo contrário, o que vento de SE desloca água de origem mediterrânea.

A amplitude de temperatura registada neste trabalho, com um valor ligeiramente acima dos 10°C, é superior aos valores apresentados por outros autores (Afonso, 1998; Manco, 2000; Brown *et al*, 2003; Loureiro *et al*, 2005) para a região de Sagres, a temperatura mínima registada, também foi inferior, por outro lado, Afonso (1998) apresenta um valor superior para a temperatura máxima, com 24°C.

A variação dos valores de temperatura entre os diferentes autores, pode estar associada aos diferentes tempos de amostragem, de poucos meses (Loureiro *et al*, 2005) até os 18 meses (Brown *et al*, 2003). Por outro lado, o regime de ventos predominantes e a intensidade do vento que ocorreram durante cada estudo, podem ter sido determinantes.

A salinidade apresentou uma variação reduzida (35,5-36,5 PSU), valores muito próximos dos registados por Loureiro *et al*, (2005), mas por outro lado, os valores apresentados por Afonso (1998) e por Brown *et al* (2003), apresentam variações de salinidade elevadas, entre os 25 e os 40 PSU. A variação da salinidade neste estudo, como se observou durante a amostragem, esteve associada a fenómenos atmosféricos, onde durante a ocorrência de chuva se registou o valor mais baixo. Em períodos de céu limpo devido à radiação solar mais intensa, a taxa de evaporação é superior levando a um aumento da salinidade, estes factores são também referidos por Afonso (1998) para explicar a variação dos valores de salinidade. O coeficiente de correlação obtido entre a salinidade e a temperatura apresenta uma relação positiva ($r = 0,580$), indicando que o aumento da temperatura da água do mar pode indicar um aumento da salinidade.

Associado ao afloramento de águas de fundo ricas em nutrientes como consequência da ocorrência de ventos adequados, ocorre o desenvolvimento de organismos fotossintéticos (Loureiro *et al*, 2005), nomeadamente diatomáceas, dinoflagelados e cocolitoforídeos (Afonso, 1998). A clorofila-*a* é um pigmento fotossintético produzido por estes organismos e pode servir como indicador da produção primária. Os valores obtidos de clorofila-*a* apresentaram uma grande variação, sendo que a concentração mais elevada, de 3,4 mg/m³ é superior ao valor máximo apresentado por Manco (2000) aproximadamente de 2,2 mg/m³, mas comparativamente mais baixo do que os obtidos por Afonso (1998) e por Loureiro *et al*, (2005), com 9,6 e 6,2 mg/m³, respectivamente. Os períodos em que ocorreram os valores mais elevados de clorofila-*a* parecem estar associados a períodos em que ocorreram temperaturas baixas, por exemplo, os valores

obtidos durante Julho e Agosto de 2005, desta forma Afonso (1998) refere que a clorofila-*a* pode ser um indicador da ocorrência de afloramento costeiro. O coeficiente de correlação obtido indica a existência de uma relação negativa entre a temperatura e a clorofila-*a*, indicando que uma diminuição na temperatura está relacionado com o aumento de concentração de clorofila-*a*, a correlação obtida apresentou um valor pouco robusto ($r = -0,463$), contrariando a correlação obtida por Loureiro *et al* (2005) ($r = -0,70$). Por outro lado, nos períodos de Inverno, embora se verifiquem temperaturas baixas, ocorre uma baixa concentração de clorofila-*a*, como se pode verificar após Setembro de 2005, o que pode indicar não uma limitação pelos nutrientes, mas sim por uma diminuição da intensidade da radiação solar. Durante este período de baixa concentração de clorofila-*a* (de Setembro 2005 a Julho 2006), as ostras cultivadas apresentavam um peso mais baixo que o normal, facto que foi preocupante porque em Dezembro, devido ao Natal, é o período em que as ostras atingem o valor de mercado mais elevado em França (com.pess. Jean-Jacques Guignard, 2005).

Nos períodos em que ocorreram valores elevados de clorofila-*a*, verificaram-se valores de turbidez elevados, coincidentes com reduzidas profundidades de disco de Secchi. Esta tendência é coincidente com dados apresentados por Loureiro *et al*, (2005) e por CRAB (2007). Apesar de se verificar esta relação, o coeficiente de correlação determinado entre a profundidade de Secchi e a clorofila-*a* foi reduzido. De facto alguns valores em que se verificaram profundidades de Secchi reduzidas, coincidiram com baixas concentrações de clorofila-*a*, o que poderá indicar que uma alta turbidez da água não significa directamente uma concentração elevada de clorofila-*a*, o que poderá ser devido à presença de matéria em suspensão não fotossintética, como sedimentos, por outro lado uma grande agitação marítima da superfície da água ou o reflexo do sol na superfície da água, poderá levar a uma leitura menos correcta da profundidade de Secchi.

As correlações estimadas entre os diferentes parâmetros ambientais apresentaram valores reduzidos. A razão para esta situação poderá estar relacionada com a amostragem, devido ao número reduzido de dados e como foram recolhidos directamente na aquacultura, sendo só possível a deslocação ao local em situações de mar relativamente calmas, o que poderá ter causado um enviesamento dos dados e levando a correlações pouco robustas. Este problema de falta de correlação entre os factores abióticos é referido por CRAB (2007) e sugere que através do uso de dados

mais numerosos recolhidos por entidades competentes, poder-se-ia alcançar uma melhor correlação.

Na experiência de recrutamento mensal, verificaram-se diferenças consideráveis no peso e espessura entre as duas profundidades testadas. No entanto, não se verificou para a profundidade de 2 metros um recrutamento sempre superior do que o obtido para os 5 metros, como seria de esperar, devido a existir uma maior disponibilidade de luz, que poderia favorecer o recrutamento de algas, como é referido por Braithwaite and McEvoy (2005). Este facto está associado, como se verificou durante o decorrer da experiência, na dificuldade em manter os diferentes suportes na mesma inclinação, afectando dessa forma a incidência de luz sobre os painéis. A inclinação do substrato é referida por Brown (2005) e por Qvarfordt *et al* (2006) como um factor que pode influenciar o recrutamento de organismos. Apesar das diferenças verificadas entre as duas profundidades ocorreram, durante o período de Maio a Agosto de 2005, os valores mais elevados tanto no peso como na espessura sobre os painéis, o que poderá indicar um período de recrutamento preferencial. Durante este período verificaram-se as maiores concentrações de clorofila-*a* o que poderá indicar que os organismos que colonizaram os painéis nesse período, poderão ter sido mais abundantes e contribuído para a concentração de clorofila-*a*. A clorofila-*a* pode ser usada para quantificar microalgas presentes em biofilmes como é referido por Marrs *et al* (1999). Com base nos coeficientes de correlação estimados entre o peso e espessura, para ambas as profundidades, obtiveram-se fortes correlações, o que indica que a variação para o peso pode estar associada a um aumento da espessura sobre os painéis. De facto para a profundidade de 2 metros, essa relação é explicada em 87% dos casos e para os 5 metros em cerca de 80% dos casos. Apesar das fortes correlações obtidas, a medida do peso parece ser mais rigorosa e detectar variações mais ténues comparativamente com a medida de espessura. Este facto pode ser observado nos meses em que foi registada uma espessura de zero, mas em que se registaram valores de peso próximos de 1 grama. Por outro lado, o método de determinação da espessura, que é baseado na medição de 3 pontos aleatórios na superfície do painel e que pode levar a uma grande variação dos resultados, caso um desses pontos coincida com um exemplar da espécie *B. perforatus*, que pode atingir segundo Saldanha (1995) uma altura de 20mm, contrastando com o valor de espessura média máxima obtida, que foi de 1,6 mm. Por outro lado, o peso pode aumentar significativamente sem um aumento correspondente da espessura, se considerarmos o caso da espécie *P. triqueter* que cresce em comprimento formando o

tubo calcário, mas em que a espessura, altura do seu corpo, se mantêm relativamente constante.

Devido às variações verificadas na inclinação de suportes, mesmo para a mesma profundidade, fizeram-se algumas alterações nos suportes de forma a poder verificar a variação entre as duas profundidades e também ao longo dos meses. Como resultado da análise de variância não se verificaram diferenças entre os 2 e 5 metros o que poderá indicar que esta diferença de 3 metros não é suficiente para justificar um recrutamento diferenciado sobre os painéis, como é referido por Braithwaite and McEvoy (2005), que indica que as algas devido à sua dependência da luz se encontram mais a superfície mas que por outro lado o recrutamento de invertebrados aumenta em função do aumento de profundidade. Railkin (2004) refere que este facto se deve à relação das larvas relativamente à luz, assim algumas apresentam fototactismo positivo e outras negativo, outras há que numa determinada fase apresentam fototactismo positivo e na altura da fixação ao substrato apresentam fototactismo negativo. Desta forma, para detectar uma variação do recrutamento em função da profundidade, seria talvez necessário colocar painéis à superfície, outros junto ao fundo e outros a meio da coluna de água. Através da análise de variância, detectaram-se diferenças significativas nos pesos obtidos sobre os painéis entre os meses amostrados. Verifica-se que em Junho 2006 se obteve o valor de peso sobre os painéis mais elevado, que coincide com o máximo obtido também em Junho, mas para o ano de 2005. Ragg (1993) refere que devido a condições mais favoráveis e a um maior número de esporos e de larvas, ocorre um desenvolvimento mais rápido de uma camada filamentosa sobre as superfícies de conchas imersas durante os meses de Junho e Julho, na zona de Sagres. De modo geral parece existir uma tendência de um maior recrutamento, com base nos valores de peso, no período a seguir ao Inverno até ao final da Primavera.

Relativamente às percentagens obtidas dos diferentes grupos de organismos, observa-se uma presença constante de algas castanhas sobre os painéis de recrutamento, nomeadamente algas pertencentes à família Ectocarpaceae. De acordo com Braithwaite and McEvoy (2005) o género *Ectocarpus*, coloniza frequentemente equipamentos de aquaculturas. De facto verificou-se “*in situ*” que as cordas onde se fixaram os suportes estavam totalmente cobertas por algas, principalmente algas castanhas da família Ectocarpaceae. Desta forma a comunidade de algas existente nas cordas, devido à sua proximidade ao substrato, como é referido por Raikin (2004), terão sido a principal fonte de propágulos para colonização dos painéis. Por outro lado Braithwaite and

McEvoy (2005) refere que o género *Ectocarpus* é um dos primeiros colonizadores das superfícies, como foi registado num estudo realizado na Escócia. Verificou-se também a presença de algas verdes da família *Ulvaceae*, embora com percentagens geralmente inferiores às algas castanhas, o que contraria os dados obtidos por Corredeira (1998) para o mesmo local e profundidade semelhantes, que obteve uma maior percentagem de algas verdes, na ordem dos 60%, para os meses de Setembro e Outubro. Em função dos resultados obtidos não se observa uma variação sazonal marcada, como seria de esperar, pelo facto das algas verdes serem oportunistas com um crescimento rápido (Corredeira, 1998) e aproveitarem a ocorrência de condições favoráveis. As diferenças entre as percentagens de algas castanhas e algas verdes podem estar associadas à rugosidade dos painéis, Railkin (2004) refere que a espécie *Ectocarpus siliculosus* apresenta uma preferência por superfícies ligeiramente rugosas ao oposto do género *Ulva* que prefere superfícies mais lisas. A ocorrência da espécie *O. geniculata* na frente dos painéis entre Julho e Setembro de 2005, está associada à inclinação dos suportes, como foi observado na altura da amostragem, a frente dos painéis estava na zona de sombra o que limitou o desenvolvimento das algas permitindo o desenvolvimento de colónias deste hidrozoário. Por outro lado, Berntsson and Jonsson (2003) apresentam para esta espécie maiores recrutamentos em Junho e em Setembro, o que também poderá justificar a maior ocorrência desta espécie nos painéis. Verificou-se mensalmente na face posterior dos painéis a presença de hidrozoários, especialmente nas zonas de sombra, o que indica que este tipo de organismos ocorre durante todo o ano. Ragg (1993) refere a presença da espécie *Obelia longissima* em sacos de ostras na aquacultura de Sagres. Railkin (2004) e Braithwaite and McEvoy (2005) referem que este tipo de organismos se fixa frequentemente em equipamentos de aquacultura e em barcos. Relativamente ao género *Ceramium*, verificaram-se percentagens relativamente baixas ao longo do estudo o que poderá estar associado a que estas algas estão mais sujeitas à fotoinibição e ocorrem a maiores profundidades (Corredeira, 1998). A sua ocorrência parece ser mais frequente nos períodos de Inverno, onde a radiação solar é menos intensa não permitindo o desenvolvimento rápido de espécies oportunistas, não estando dessa forma sujeitas a uma intensa competição.

Durante o período de Março a Novembro de 2005, nas raspagens efectuadas sobre os painéis, verificaram-se um total de 8 espécies diferentes, das quais 7 são algas, 3 espécies de algas castanhas, 3 espécies de algas verdes e uma espécie de alga vermelha. Corredeira (1998) para o mesmo local refere a ocorrência de 2 espécies algas verdes e 2

vermelhas e uma espécie de alga castanha, mas em que as espécies são diferentes das observadas neste trabalho, o que poderá estar relacionado com o diferente substrato utilizado. As três espécies de algas castanhas registadas neste trabalho, ocorreram entrelaçadas entre si e devido ao seu tamanho reduzido, característico da família Ectocarpaceae (Cardinal, 1964) dificultou bastante a sua identificação. Espécies desta família assim como o género *Ulva*, apresentam um grande potencial reprodutivo devido à sua distribuição cosmopolita (Braithwaite and McEvoy, 2005) podendo dessa forma provocar problemas em aquaculturas (Railkin, 2004; Braithwaite and McEvoy, 2005) embora seja referido que estes efeitos sejam menos significativos em jaulas de peixe (Braithwaite and McEvoy, 2005). Das três espécies de algas verdes registadas a *U. flexuosa* e a *U. compressa* foram as mais comuns. Das algas vermelhas registou-se só o género *Ceramium*, enquanto Corredeira (1998) registou os géneros *Ceramium* e *Porphyra*, para o mesmo local, e Ragg (1993) registou a ocorrência da espécie *Ceramium rubrum* sobre conchas de mexilhões, em Sagres. Relativamente às 3 espécies do género *Ulva*, identificadas neste estudo não se encontrou na bibliografia consultada problemas especificamente associadas a estas espécies, mas a espécie *Ulva rígida* é referida no estudo de Hodson *et al* (2000) como sendo a principal espécie a colonizar sobre redes enquanto Braithwaite *et al* (2007) refere o género *Ceramium* como o taxón mais frequente também para redes. Estes dois géneros são indicados por Braithwaite and McEvoy (2005) como epífitos, causando problemas em aquaculturas de produção de algas com valor comercial.

Com a experiência de recrutamento mensal, pretendia-se identificar os períodos em que ocorriam o picos de recrutamento das espécies que causam mais prejuízos para a aquacultura em Sagres. O género *Mytilus* é o que causa mais problemas na aquacultura em Sagres (com. pess. Dr. John Icely, 2005) mas não se verificou a sua ocorrência na parte frontal dos painéis. Este facto poderá estar associado à sua posição vertical, pois Railkin (2004) refere que este género prefere fixar-se na parte superior de superfícies horizontais. Mas, por outro lado, verificou-se uma grande concentração de mexilhões na parte posterior dos painéis (Figura 32), provavelmente devido a esta zona estar mais protegida das forças hidrodinâmicas (fluxo das correntes) pelo suporte de PVC e em que as larvas terão selectivamente escolhido este local, mais abrigado e com mais pontos de fixação, para os bissos. O mesmo efeito se verificou relativamente à espécie *B. perforatus* que preferencialmente se fixou na zona posterior do painel em detrimento da zona frontal (Figura 32).

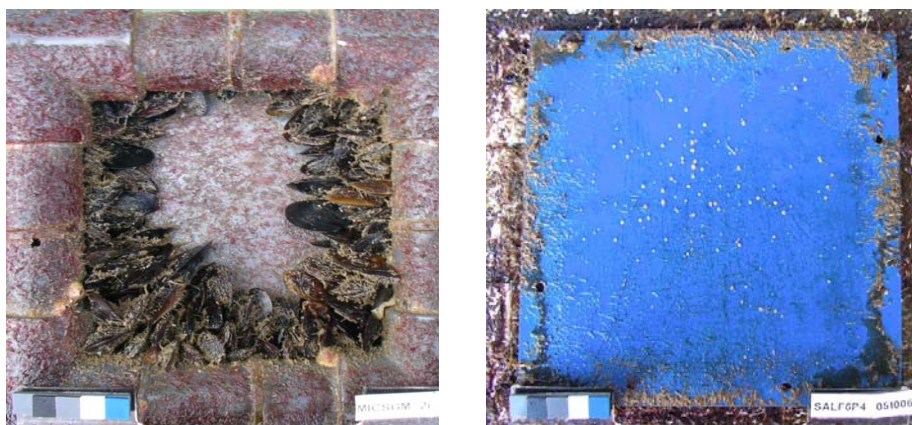


Figura 32 – Acumulação de organismos na parte posterior dos painéis de recrutamento, de mexilhões (à esquerda) de cracas, hidrozoários, briozoários e anfípodas (à direita)

Na experiência de sucessão biológica verificou-se um pequeno aumento do peso durante o primeiro mês da experiência, podendo este facto dever-se ao tempo necessário para o condicionamento da superfície e em que se criaram condições de facilitação para a fixação e crescimento de organismos que contribuísem significativamente para um aumento do peso. WHOI (1952) refere que painéis que estão continuamente imersos, apresentam uma crescente taxa de colonização por parte de larvas de *Balanus*, comparativamente à taxa de colonização sobre painéis renovados diariamente, como resultado do desenvolvimento do biofilme. Yebra *et al*, (2004) indica que após uma semana se fixam esporos de macroalgas e em 2 a 3 semanas se inicia a fixação de organismos como o género *Balanus* e *Spirorbis*.

Comparando o peso obtido no primeiro mês de imersão com o mesmo mês da experiência de recrutamento mensal verifica-se que os valores são semelhantes o que significa que o recrutamento foi idêntico e deveu-se principalmente à fixação de algas castanhas da família *Ectocarpaceae*. No mês de Junho verificou-se um aumento significativo no peso e que coincidiu com a altura de maior recrutamento mensal, em peso, o que poderá dever-se ao aumento de larvas e esporos resultantes de condições propícias neste período (Ragg, 1993), como já foi referido anteriormente e também pelo o aumento da fixação e crescimento das espécies *B. perforatus* e *P. triqueter*. Para Sagres o peso máximo foi obtido em Outubro, ao fim de 7 meses de imersão, com um valor médio de 50,7gr (equivalente a 1,27 kg/m²), em contraste um local no sudoeste da Irlanda, utilizando o mesmo tipo de painéis, obteve um peso médio máximo de 4,5 kg, ao fim de 25 meses de imersão (CRAB, 2007). Alguns valores de peso sobre redes são

indicados por Braithwaite and McEvoy (2005) de 1,4 kg/m² após 21 dias de imersão também refere que numa aquacultura de salmão na Escócia se desenvolveu uma comunidade de organismos sobre a rede com 18 toneladas, Yan *et al* (2006) indica valores para o Golfo Beibu, na China de 7,9 kg/m². Os valores obtidos em Sagres sobre os painéis, comparativamente com estes valores são bastante mais baixos reduzidos, mas Ragg (1993) indica para o mesmo local, que a espécie *Mytilus galloprovincialis* representou entre 35 a 45% do peso total presente em sacos de ostras. Após Outubro de 2005, verificou-se um decréscimo no peso, que poderá estar associado à redução do recrutamento, a fenómenos de competição ou mesmo por acção herbívora de alguns peixes. De facto, a partir desta altura, o peso, apesar de ligeiras variações, pareceu manter-se constante entre as 25 e 30gr. Também nesta experiência, mesmo após 25 meses de imersão não se verificou a fixação de mexilhões na superfície frontal dos painéis, que caso acontecesse poderia resultar num aumento elevado do peso. Relativamente à espessura, verificou-se uma variação semelhante à ocorrida com o peso ao longo do estudo, mas apresentou uma maior variabilidade de valores nos meses iniciais entre os diferentes replicados. Na bibliografia consultada não se encontraram dados relativos à espessura das comunidades de organismos que se formam nas superfícies, do ponto vista macroscópico.

Em relação aos grupos de organismos observados nas raspagens dos painéis, verificou-se, ao fim de seis meses de imersão (Setembro de 2005), uma dominância de algas castanhas relativamente às algas verdes e uma pequena percentagem de hidrozoários. Este facto pode dever-se à maior quantidade de propágulos de algas da família Ectocarpaceae, é referido por Phillippi *et al* (2001) que o género *Feldmania* tem o seu pico de recrutamento no mês de Setembro, que colonizaram os painéis inicialmente, e ao longo do tempo estes desenvolveram-se limitando o espaço disponível para a fixação de algas verdes. Em Março de 2006 (12 meses de imersão) verificou-se uma grande percentagem de algas vermelhas, relativamente às algas verdes e ligeiramente maior do que as algas castanhas, embora seja indicado que os esporos de algas vermelhas não são móveis e o assentamento seja um processo passivo (Hodson *et al*, 2000; Phillippi *et al*, 2001). Os esporos poderão ter ficado presos na estrutura filamentosa (Phillippi *et al*, 2001) formada pelas algas castanhas e terem crescido sobre a superfície do painel. Outro aspecto é indicado por Bazes *et al* (2006) que indica que uma espécie do género *Ceramium* produz substâncias bioactivas que funcionam contra o desenvolvimento de algas do género *Ulva*, o que poderá explicar a baixa percentagem

das mesmas sobre os painéis. Após 18 meses de imersão (Setembro 2006) verificaram-se percentagens de algas castanhas semelhantes a Setembro de 2005, mas não se verificou a presença de algas verdes coincidindo com a ausência de recrutamento observada na experiência de recrutamento mensal. Por outro lado, verificou-se a presença de uma espécie de briozoário que apresentou uma percentagem superior que as algas vermelhas. Phillippi *et al* (2001) refere que espécies de briozoários recrutam no mês de Agosto, tendo desta forma sido detectado em Setembro. Mais uma vez, verificou-se que além de outros exemplos já mencionados os briozoários recrutavam abundantemente na parte de trás dos painéis, especialmente nas zonas de sombra. Após 24 meses de imersão (Março de 2007), verifica-se que as percentagens das diferentes algas são semelhantes às obtidas para o mesmo mês do ano anterior. Independentemente destes resultados é preciso ter em conta que estas percentagens foram estimadas apenas em função de 5 cm² de cada painel, e no caso da experiência de sucessão só se puderam fazer raspagens dos painéis de 6 em 6 meses, coincidindo com retiradas de alguns suportes. O ideal seria ter efectuado avaliações mensais destes painéis para uma melhor observação da sucessão das espécies, mas tal não foi possível porque era necessário cumprir a experiência em função do protocolo do projecto CRAB.

Com base nas contagens feitas através das fotografias dos painéis, calcularam-se as densidades para as espécies *B. perforatus* e *P. triqueter*, com o objectivo de determinar a ocorrência do efeito de limite, “Edge effect”. Com base na análise de variância verificou-se que para a espécie *B. perforatus* as densidades foram superiores para a zona limite do painel, o oposto do que ocorreu para a espécie *P. triqueter*, para a qual não se detectaram diferenças significativas entre a zona limite e central do painel. Hamer *et al* (2001) indica que para que a fixação desta espécie ocorra é necessário a presença de um biofilme, preferencialmente biofilmes com mais de 21 dias, assim esta espécie poderá ter-se fixado indiscriminadamente sobre qualquer área do painel, desde que existisse a presença do biofilme. Relativamente à espécie *B. perforatus* verificou-se que muitas vezes se fixava preferencialmente junto às braçadeiras eléctricas, que seguravam o painel ao suporte, o que poderá ter aumentado significativamente a sua densidade na zona limite do painel,

Entre as duas espécies verificou-se uma maior densidade da espécie *B. perforatus* com um grande aumento entre Abril e Maio de 2006, período em ocorreu um pico de recrutamento, Berntsson *et al* (2000); Berntsson and Jonsson (2003) e Qvarfordt *et al* (2006) indicam o mês de Julho para o pico de recrutamento da espécie *B. improvisus*,

Brown (2005) para a espécie *B. crenatus* obteve os maiores recrutamentos durante o período da Primavera. Com base nas categorias de abundâncias definidas por Southward and Crisp (1954) para a espécie *B. perforatus*, com as densidades obtidas para Sagres podemos definir esta espécie como comum (densidades entre 0,01 e 0,1). Durante o decorrer deste trabalho verificou-se esporadicamente a ocorrência da espécie *Balanus amphitrite* sempre com poucos indivíduos. Esta espécie também foi registada para Sagres por Brown *et al* (2003). Para a espécie *P. triqueter* parece existir um pico de recrutamento entre Junho e Agosto de 2005, outro mais reduzido em Outubro 2005 e um outro entre Março e Maio de 2006. Chapman *et al* (2007) indica para esta espécie, um período de recrutamento entre Maio e Outubro, mas com um período mais intenso entre Maio e Junho, Brown (2005) obteve um maior recrutamento desta espécie durante o período de verão.

Ao longo deste trabalho, usando a metodologia definida pelo projecto CRAB, conseguiu-se identificar períodos críticos de recrutamento e alguns grupos de organismos responsáveis pelo recrutamento, mas esta metodologia também apresentou algumas falhas, pois ao não se observar a fixação de mexilhões na parte frontal do painel, poderíamos assumir que esses organismos não são significativos, mas do ponto de vista do aquacultor é precisamente a espécie mais problemática, em Sagres. Desta forma, considerando só a parte frontal dos painéis, obtém-se uma visão reduzida das espécies responsáveis pelo processo de acumulação nas superfícies. De facto a parte posterior dos painéis apresentou uma maior diversidade de espécies. Resultados obtidos na Noruega, numa aquacultura que participou no projecto CRAB (Bømlo Skjell), mostraram que ocorreu uma grande diferença no desenvolvimento das comunidades sobre os painéis, quando colocados no exterior e no interior das lanternas de ostras. Mas apesar deste tipo de situações, o projecto CRAB foi o primeiro a abordar o “biofouling” do ponto de vista da indústria da aquacultura e este projecto levou à realização de ensaios em cerca de 10 locais diferentes por toda a Europa, envolvendo aquaculturas de bivalves e de peixes. Devido a esta razão foi necessário otimizar uma metodologia que pudesse ser facilmente efectuada pelos próprios produtores e ser replicada nos diferentes locais. Devido a este esforço conjunto, foi possível identificar diferenças ao nível das espécies e períodos de recrutamento entre os diferentes locais, verificando-se diferenças marcadas entre o sul e o norte da Europa (CRAB, 2007). Algumas estratégias “anti-fouling” foram também testadas neste projecto desde o controlo biológico, com

ouriços e gastrópodes, até testes de materiais não tóxicos em redes, que foram testados em Sagres.

No teste da rede com cobertura de silicone, verificou-se ao longo de todo o período imersão que a rede com silicone apresentou uma melhor desempenho, com uma menor percentagem de colmatação da malha, comparativamente ao controlo, tendo sido comprovadas pelo teste *t-student*. A rede controlo apresentou sempre um maior número de organismos fixados na superfície, pois como é constituída por fibras de nylon entrelaçadas, apresenta um maior número de pontos de fixação. Embora esta rede não tenha nós o que aumenta a área, por exemplo Braithwaite and McEvoy (2005) refere que as redes com nós pode ter influência nos organismos que se fixam nas redes. Hodson *et al* (2006) refere que mesmo após 140 dias de imersão redes de silicone ainda apresentavam zonas livres de algas e indica que a cobertura de silicone reduziu significativamente o número de invertebrados em comparação com os controlos. A cobertura de silicone apresenta uma série de propriedades, como uma baixa energia de superfície, baixa microrugosidade, que são necessárias para minimizar a fixação química e mecânica das espécies com a superfície (Holland *et al*, 2004; Chambers *et al*, 2006) levando a sua queda quando atingem um determinado tamanho, quer por acção do seu próprio peso ou por acção de outras forças (Chambers *et al*, 2006). Assim, devido a estas propriedades a rede com silicone apresentou uma melhoria ao fim de 431 dias de imersão de 33,7% relativamente ao controlo. Embora se verifique este desempenho positivo da rede com silicone, verificou-se que, ao longo do tempo e com a sua manipulação o silicone começou a rachar e a cair, especialmente nas juntas, o que reduziu o seu desempenho, alguns destes problemas são referido por Yebra *et al* (2004).

Em relação à rede com fibras não se detectaram inicialmente diferenças significativas relativamente ao controlo, mas ao fim de 360 dias de imersão verificou-se uma melhoria de cerca de 20%. Esta rede tem como objectivo prevenir a fixação de organismos por apresentar uma textura espinhosa Yebra *et al* (2004), embora se saiba que a textura das superfície seja importante na escolha do substrato pelos organismos (Railkin, 2004), o efeito deste tipo de redes ainda não foi bem determinado (Phillippi *et al*, 2001). Efeitos positivos pelo uso deste tipo de redes são referidos por Phillippi *et al* (2001) que observou uma redução do recrutamento de algas verdes e algas castanhas, reduções no recrutamento foram também observadas para cracas e serpulídeos, no entanto aumentou o recrutamento de hidrozoários. CRAB (2007) refere que este tipo de rede não apresenta uma eficiência generalizada sobre um número alargado de espécies,

mas considera que este tipo de redes apresenta algum nível de protecção contra cracas e serpulídeos, sendo por isso, potencialmente apropriada para o uso em determinadas aplicações ou locais específicos.

Nos teste do painéis de rede de PP, os painéis com os 3 tipos de silicone apresentaram uma menor redução de área da malha relativamente ao controlo desde o inicio a experiência, o que se deve às propriedades da superfície da silicone, já referidas anteriormente. Somente após a imersão de 3 meses, o segundo controlo sofreu uma redução da área da malha que superou as apresentadas pelos 3 tipos de silicone. A lavagem com água sobre pressão, nos dois casos, resultou numa redução dos organismos presentes em todas as redes, mas após a segunda lavagem verificou-se um valor de PCM negativo para o tipo de silicone IP, o que indica a perda de silicone da rede. Olhando os dados de biomassa sobre os mesmos painéis, comprova-se que as lavagens provocaram uma redução do peso em todos os painéis, com silicones e controlo, o que está de acordo com CRAB (2007) que refere que o “Jet washing” é uma boa estratégia para remoção de organismos de redes. Mas apesar deste efeito positivo, nestes dados verifica-se que a acção da primeira lavagem provocou uma perda de silicone para os silicones IP e SG e na segunda lavagem ocorreram perdas de silicone nos três casos. Com base nestes resultados, parece que o silicone IP foi o mais frágil seguido do SG e o silicone HG revelou-se o mais resistente. As perdas de silicone foram observadas mesmo sem a acção das lavagens, talvez devido à estrutura rígida das redes de PP que apresentam superfície lisas, não permitindo uma boa aderência do silicone e arestas vivas onde a espessura do silicone era mais fina e mais sujeito a partir. Uma optimização da colocação do silicone sobre estes painéis poderá levar a um melhor desempenho destes painéis. O estudo de materiais não tóxicos, assim como de outro tipo de estratégias, poderá levar a uma melhor gestão da produção em aquacultura, resultando numa melhoria de qualidade dos produtos e a um melhor desempenho económico.

5. CONCLUSÃO

Para a zona de Sagres, ventos do quadrante Norte favorecem a ocorrência de condições propícias para o desenvolvimento de bivalves, nomeadamente o afloramento de águas de fundo ricas em nutrientes. Nesses períodos obtêm-se maiores concentrações de clorofila-*a*, valores mais altos de turbidez e em que a temperatura pode servir como

indicador para a ocorrência deste fenómeno. As variações na salinidade não foram significativas ao longo do estudo.

O recrutamento mensal, em função dos dados de peso e espessura, foi mais elevado no período entre Maio e Agosto 2005, com uma dominância de algas castanhas da família Ectocarpaceae em que se registaram três espécies diferentes, três espécies de algas verdes do género *Ulva*, algas vermelhas do género *Ceramium* e hidrozoários foram também registados.

Na experiência de sucessão biológica, verificou-se uma tendência crescente de aumento do peso e de espessura. Entre Abril e Setembro 2005, verificou-se uma dominância nas amostras de algas castanhas em Setembro 2005 e de 2006, período a seguir ao verão, nos períodos de primavera (Março de 2005 e de 2006) verificaram-se percentagens idênticas de algas vermelhas e castanhas.

Para a espécie *B. perforatus* observou-se um pico de recrutamento entre Abril e Maio de 2006, para a espécie *P. triqueter* observou-se um pico de recrutamento entre Junho e Agosto de 2005 e um menor entre Março e Maio de 2006. Para a espécie *P. triqueter* não se verificou efeito limite “Edge effect”, enquanto para *B. perforatus* esse efeito foi significativo mas pode ter sido influenciado pela presença das braçadeiras usadas para a fixação dos painéis.

Relativamente aos materiais não tóxicos em redes, verificou-se que a cobertura de silicone obteve um melhor desempenho ao apresentar valores de colmatação significativamente mais baixos do que o controlo, o desempenho da rede com cobertura de fibras foi menos significativo, embora no fim do teste tenha resultado numa melhoria de 20%. Nos painéis de rede de Polipropileno, verificou-se que os diferentes silicones apresentaram uma menor colmatação e menor peso relativamente aos controlos, mas observaram-se perdas significativas de silicone da superfície destes painéis.

Este trabalho que foi realizado em Sagres, assim como aqueles que foram realizados por toda a Europa na sequência do projecto CRAB, podem ser de grande importância para a indústria da aquacultura, porque permitem identificar quais as espécies responsáveis pelo “Biofouling” que causam maiores problemas e os seus períodos críticos de recrutamento. Desta forma é possível escolher ou tentar desenvolver estratégias, nos períodos certos, que permitam uma redução dos efeitos negativos que causam perdas económicas bastante significativas. Por outro lado, este trabalho mostrou que a monitorização regular dos parâmetros ambientais, pode ser importante porque podem indicar a ocorrência de condições propícias ou não, para os organismos

cultivados, nomeadamente períodos de baixa produção primária explicam a baixa condição das ostras.

A escolha de estratégias para além de ter em conta a eficácia contra os organismos também é preciso ter em conta o factor económico. Em Sagres foi usada uma estratégia que consistia no uso de uma segunda rede, sobre os sacos de rede das ostras, a partir de Abril, para proteger contra o recrutamento de mexilhões e de cracas, esta técnica já não é usada porque não era economicamente viável. O projecto CRAB indica que não existe uma solução que seja aplicada em todos os casos, nomeadamente devido às diferentes especificidades das espécies cultivadas, assim como diferenças ao nível geográfico, em que as espécies problemáticas podem ser diferentes, assim deve-se escolher uma ou mais estratégias, que combinadas produzam o máximo de benefícios para as espécies cultivadas e que sejam economicamente viáveis.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Afonso, A (1998). Eutrofização Natural de águas costeiras por Fenómenos de *Upwelling* na Costa Vicentina, Relatório de estágio do Curso de Biologia Marinha e Pescas, Universidade do Algarve, Faro, 42p.
- Bakker, D.P., Klijnstra, Busscher, H.J., van der Mei, H. (2003) The effect of dissolved organic carbon on bacterial adhesion to conditioning films adsorbed on glass from natural seawater collected from different seasons. *Biofouling* 19, 391-397.
- Barbosa, J. P., Fleury, B. G., Gama, B. A. P., Teixeira, V. L., Pereira, R. C. (2007). Natural products as antifoulants in the Brazilian brown alga *Dictyota paffii* (Phaeophyta, Dictyotales). *Biochemical Systematics and Ecology* 35, 549-553.
- Bazes, A., Silkina, A., Defer, D., Bernède-Bauduin, C., Quéméner, E., Braud, J., Bourgougnon, N. (2006). Active substances from *Ceramium botryocarpum* used as antifouling products in aquaculture. *Aquaculture* 258, 664-674.

- Berntsson, K.M., Jonsson, P.R., Lejhall, M., Gatenholm, P. (2000) Analysis of behavioural rejection of micro-textured surfaces and implications for the recruitment by the barnacle *Balanus improvisus*. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 251, 59-83.

- Berntsson, K.M., Jonsson, P.R. (2003). Temporal and Spatial Patterns in Recruitment and Succession of a Temperate Marine Fouling assemblage: a Comparison of Static Panels and Boat Hulls during Boating Season. *Biofouling*, Volume 19, 187-195.

- Beveridge, M. (1996). *Cage Aquaculture*. The University Press, Cambridge, 353p.

- Bettencourt, A. M., Bricker, S. B., Ferreira, J. G., Franco, A., Marques, J. C., Melo, J. J., Nobre, A., Ramos, L., Reis, C. S., Salas, F., Silva, M. C., Simas, T., Wolff W. J. (2004). Typology and Reference Conditions for Portuguese Transitional and Coastal Waters, Development of Guidelines for the Application of the European Union Water Framework Directive, INAG and IMAR, Lisbon, Portugal, 98p.

- Braithwaite, R.A. and McEvoy, L.A. (2005). Marine Biofouling on Fish Farms and Its Remediation. *Advances on Marine Biology*, Volume 47, 215-252p.

- Braithwaite, R.A, Carrascosa, M.C.C, McEvoy, L.A. (2007). Biofouling of salmon cage netting and the efficacy of a typical copper-based antifoulant. *Aquaculture* 262, 219-226.

- Brown, C.J, Albuquerque, R.M, Cragg, S.M, Eaton, R.A. (2000). Effects of CCA (Copper-Chrome-Arsenic) Preservative Treatment of Wood on the Settlement and Recruitment of Barnacles and Tube Polychaete Worms. *Biofouling* 15, 151-164.

- Brown, C.J., Eaton, R.A., Thorp, C.H. (2001). Effects of Chromated Copper Arsenate (CCA) Wood Preservative on Early Fouling Community Formation. *Marine Pollution Bulletin*, Vol. 42, 1103-1113.

- Brown, C.J., Eaton, R.A., Cragg, S.M., Gouletquer, P., Nicolaidou, A., Bebianno, M.J., Icely, J., Daniel, G., Nilsson, T., Pitman, A.J., Sawyer, G.S. (2003). Assessment of Effects of Chromated Copper Arsenate (CCA) – Treated Timber on Nontarget Epibiota by Investigation of Fouling Community Development at Seven European Sites. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology* 45, 37-47.

- Brown, C.J. (2005). Epifaunal colonization of the Loch Linnhe artificial reef: Influence of substratum on epifaunal assemblage structure. *Biofouling* 21, 73-85.

- Cardinal, A. (1964). Étude sur les Ectocarpacées de la Manche, Verlag von J.Cramer, Weinheim, 86p.

- Carrillo, A. J. and Sansón, M. (1999). Algas, hongos y fanerógamas marinas de las Islas Canarias. Clave analítica. Materiales didácticos Universitarios. Serie Biología 2. Servicio Publicaciones Universidad de La Laguna, 254p.

- Chambers, L.D., Stokes, K.R., Walsh, F.C., Wood, R.J.K. (2006). Modern approaches to marine antifouling coatings. *Surface & Coatings Technology* 201, 3642-3652.

- Chapman, N.D., Moore, C. G., Harries, D.B., Lyndon, A.R. (2007). Recruitment patterns of *Serpula Vermicularis* L. (Polychaeta, Serpulidae) in Loch Crenan, Scotland. *Estuarine and Coastal Shelf Science* 73, 598-606.

- Corredeira, C. (1998). Recrutamento de macroalgas nas costas Sul e Oeste de Sagres, Relatório de Licenciatura em Biologia Marinha e Pescas, Universidade do Algarve, Faro, 32p.
- CRAB (2007). European Best Practice in Aquaculture Biofouling. 60p. www.crabproject.com
- D'Souza, F. (2006). Single and Mixed Bacterial Species Biofilm Development on Nanopatterned Surfaces. Thesis for European Joint Master in Water and Coastal Management, Universidad de Cádiz, 65p.
- Dürr. S., Thomason, J. C., Watson, D. I. (2004) CRAB-Field Trials Protocol, Work Package 4 - Field Trials Protocol for Assessing Fouling Baseline. Internal document. www.crabproject.com
- Fiúza, A.F.G. (1983). Upwelling patterns off Portugal. Coastal Upwelling, its Sediment Record, Part A, Responses of the Sedimentary Regime to Present Coastal Upwelling, E. Suess and J. Thiede (eds), Plenum Publishing Corporation, New York, 85-98.
- Fletcher, R. L. (1988) Brief review of the role of marine algae in biodeterioration. International Biodeterioration 24, 141-152.
- Food and Agriculture Organisation of the United Nations. (2004). The State of World Fisheries and Aquaculture (SOFIA). ISBN 92-5-105177-1, FAO, Rome, 153p.
- Guignard, Jean-Jacques (2005). Comunicação pessoal.
- Hamer, J.P.; Walker, G.; Latchford, J.W. (2001). Settlement of *Pomatocerus lamarckii* (Serpulidae) larvae on biofilmed surfaces and effect of aerial drying. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology 260, 113-131.

- Hodson, S.L., Burke, C.M., Bisset, A.P. (2000). Biofouling of fish-cage netting: the efficacy of silicone coating and the effect of netting colour. *Aquaculture* 184, 277-290.

- Holland, R.; Dugdale, T.M.; Wetherbee, R.; Brennan, A.B.; Finlay, J.A.; Callow, J.A.; Callow, M.E. (2004) Adhesion and Motility of Fouling Diatoms on Silicone Elastomer, *Biofouling*, Vol.20, Taylor & Francis, 323-329.

- Icely, J.D (2005). Comunicação pessoal.

- IMO (2002). Focus on IMO, Anti-fouling systems. www.imo.org.

- INE/DGPA. (2007). Estatísticas da Pesca, 2006. Instituto Nacional de Estatística, Lisboa, Portugal, 97p.

- Loureiro, S; Newton, A; Icely, J.D. (2005). Microplankton composition, production and upwelling dynamics in Sagres during the summer of 2001. *Scientia Marina* 69, 323-341.

- Manco, S.C. (2000). Recrutamento e Crescimento de *Mytilus galloprovincialis* em Aquacultura “Long-Line”. Relatório de estágio do Curso de Biologia Marinha e Pescas, Universidade do Algarve, Faro, 38p.

- Marrs, S.J; Head, R.M; Cowling, M.J; Hodgkiess, T; Davenport, J. (1999). Spectrophotometric Evaluation of Micro-Algal Fouling on Marine Optical Windows. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 48, 137-141.

- Patil, S.J., Anil, A.C. (2005). Quantification of Diatoms in Biofilms: Standardisation of methods. *Biofouling*, Taylor & Francis, 1-8p.

- Parsons, T.R., Maita, Y., Lalli, C.M. (1984). *A Manual of Chemical and Biological Methods for Seawater Analysis*. Pergamon Press, 173p.

- Phillippi, A. L., O'Connor, N. J., Lewis, A. F., Kim, Y. K. (2001). Surface flocking as a possible anti-biofoulant. *Aquaculture* 195, 225-238.

- Qvarfordt, S; Kautsky, H; Malm, Torleif. (2006) Development of fouling communities on vertical structures on the Baltic Sea. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 67, 618-628.

- Ragg, N.L.C. (1993). The Fouling of European Flat Oyster Grown in Hanging Culture on the Algarve Coast of Portugal. Magister Thesis of the School of Ocean Sciences, University College of North Wales, Bangor, Gwynedd, UK, 100p.

- Railkin, A.I. (2004). *Marine Biofouling, Colonization Processes and Defenses*. ISBN 0-8493-1419-4, CRC Press, 303p.

- Saldanha, L. (1995). *Fauna Submarina Atlântica, 3ª Edição, Publicações Europa-América*, 364p.

- Saldanha, H.J., Sancho, G., Santos, M.N., Puente, E., Gaspar, M.B., Bilbao, A., Monteiro, C.C., Gomez, E., Arregi, L. (2003). The use of biofouling for ageing lost nets: a case study. *Fisheries Research* 64, 141-150.

- Southward, A.J. and Crisp, D.J. (1954). The distribution of certain intertidal animals around the Irish coast. *Proceedings of the Royal Irish Academy* 57, 1-29.

- Stupak, M. E., García, M. T., Pérez, M. C. (2003). Non-toxic alternative compounds for marine antifouling paints. *International Biodeterioration & Biodegradation* 52, 49-52.

- Woods Hole Oceanographic Institute. (1952). *Marine Fouling and its Prevention*. United States Naval Institute, Annapolis, 388p.

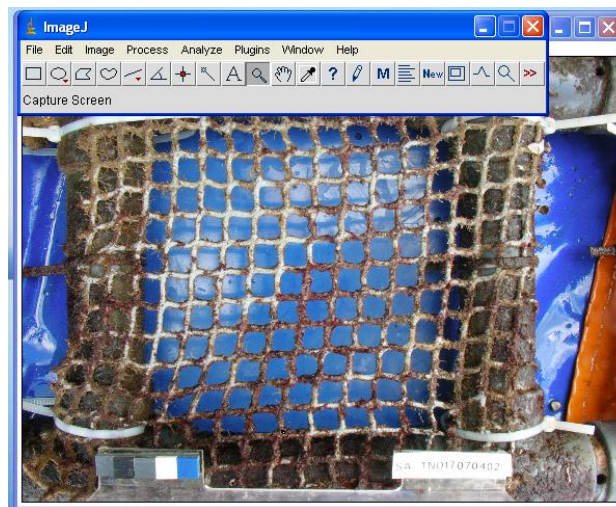
- Yan, T., Yan, W., Dong, Y., Wang, H., Yan, Y., Liang, G. (2006) Marine fouling of offshore installations in the northern Beibu Gulf of China. *International Biodeterioration & Biodegradation* 58, 99-105.

- Yebra, D.M., Kiil, S., Dam-Johansen, K. (2004) Antifouling technology- past, present and future steps towards efficient and environmentally friendly antifouling coatings. *Progress in Organic Coatings* 50, 75-104.

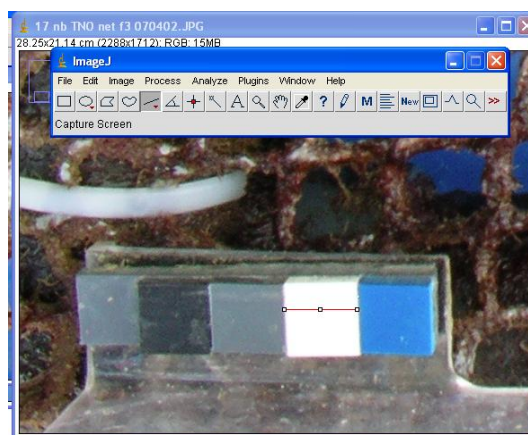
ANEXO I

Exemplo da determinação da área da malha das redes (ImageJ 1.37 v)

- Abrir a imagem pretendida (Menu/File/Open/17iiiTNO070402)



- Definir a escala (Menu/Analyze/Set Scale)



- Marcar a área a medir com a ferramenta (Freehand Selections)
- Para efectuar a medição (Menu/Analyze/Mesure) e em seguida (Menu/Analyze/Label).
- Repetir este processo para a medição de uma nova área.
- O sumário dos resultados (Menu/Analyze/Summarise).

