

VI-221 - IMPACTO DO MINÉRIO DE FERRO PARTICULADO SOBRE O CRESCIMENTO DE MACROALGAS

Anderson Dominique Faria de Sá⁽¹⁾

Biólogo e Mestre em Engenharia Ambiental pela Escola Politécnica/Escola de Química (PEA/UFRJ), Laboratório Integrado de Ficologia, Departamento de Botânica, Instituto de Biologia, UFRJ.

Cristina Aparecida Gomes Nassar

Bióloga, Doutora, Professora Associada do Departamento de Botânica da UFRJ e Membro permanente do Programa de pós-graduação em Engenharia Ambiental (PEA/UFRJ), Laboratório Integrado de Ficologia (LIFIC), Departamento de Botânica, Instituto de Biologia, UFRJ.

Endereço⁽¹⁾: Universidade Federal do Rio de Janeiro, Centro de Ciências da Saúde, Instituto de Biologia, Departamento de Botânica, Laboratório Integrado de Ficologia. Cidade Universitária, Ilha do Fundão, Rio de Janeiro. Av. Pau Brasil 211, Prédio do CCS, Bloco A, Ilha do Fundão CEP. 21941-902 - Brasil - Tel: (21) 3938-6331 - e-mail: andersondomenique@poli.ufrj.br

RESUMO

As macroalgas são boas indicadoras da qualidade ambiental, uma vez que são totalmente dependentes da qualidade água. Este estudo teve como objetivo determinar o impacto do minério de ferro particulado no crescimento de sete espécies de macroalgas bentônicas que ocorrem em abundância em costões rochosos ao longo da costa brasileira. No laboratório as algas foram pesadas (peso úmido) e colocadas em frascos de vidro, contendo água do mar, permanecendo durante uma semana em aclimação. Posteriormente, as algas foram transferidas para frascos sem minério (controle, n=5) e frascos contendo 10 g/L de minério de ferro particulado (tratamento, n=5). A taxa de crescimento relativo (TCR) das algas foi estimada através da razão entre o peso úmido inicial e o peso úmido após 28 dias de cultivo. Após quatro semanas de teste todas as espécies apresentaram maior TCR no grupo controle: *U. lactuca* > *C. acicularis* > *D. marginata* > *P. capillacea* > *Z. tournefortii* > *C. isthmocladum* > *S. vulgare*. As espécies *U. lactuca*, *D. marginata* e *C. isthmocladum* apresentaram diferença significativa ($p < 0,05$) na TCR entre o controle e o tratamento, indicando que essas são as espécies mais sensíveis a esse particulado, sendo as mais indicadas para o uso em monitoramentos ambientais em locais sob influência de minério de ferro.

PALAVRAS-CHAVE: Minério de ferro particulado, macroalgas, monitoramento ambiental, zona costeira, crescimento relativo.

INTRODUÇÃO

Na zona costeira à alta concentração populacional torna os impactos ambientais evidentes não somente na paisagem, mas também, na pesca, alimentação e lazer. Segundo Airolti (2003) nas últimas décadas tem sido observado um aumento na turbidez da água e na deposição de sedimentos. Tais sedimentos possuem origens diversas entre elas desmatamentos, dragagens, efluentes de origem doméstica e industrial.

A indústria do aço, cujo minério de ferro é a matéria prima, é uma importante atividade econômica a nível mundial. O Brasil é um dos maiores produtores mundiais desse minério, que é exportado por via marítima. Durante o transporte, esse minério pode atingir, acidentalmente, a região costeira durante as operações de carga e descarga ou durante a navegação. Outra via de contaminação aquática, que deve ser destacada, é o lançamento de efluentes oriundos das indústrias de pelotização do minério e da lavagem de porões e esteiras transportadoras dos cargueiros (Nassar *et al.*, 2002; Nassar & Yoneshigue, 2005). A busca por espécies bioindicadoras é uma constante em programas de monitoramento marinho, sendo assim o conhecimento de como as espécies respondem frente a diferentes poluentes é de fundamental importância.

Nos ecossistemas costeiros, em especial nos costões rochosos, as macroalgas são as produtoras primárias e algumas delas, por serem estruturadoras de comunidades, são também conhecidas como espécies engenheiras (Jones, Lawton & Shachak, 1994 e 1997).

Na Baía do Espírito Santo, localizada no município de Vitória no Estado do Espírito Santo, por mais de duas décadas, a água utilizada no processo de pelotização de minério de ferro de uma indústria foi lançada na Praia de Camburi. Como resultado, o fundo do mar da baía está coberto por este minério (Mitchell *et al.*, 1990), que pode interferir em diversos processos biológicos das macroalgas, especialmente, a fotossíntese (Nassar & Yoneshigue, 2005). Segundo Nassar *et al.* (2002) as partículas de minério de ferro em alta concentração reduzem o crescimento da alga parda *Sargassum vulgare*, uma vez que ele recobre os embriões e plantas jovens. Testes em quatro espécies coletadas em uma praia com alta concentração de desse particulado, indicaram que mesmo após 12 horas sendo mantidas em água livre de minério os exemplares ainda tinham material aderido a seus talos (Nassar & Yoneshigue-Valentin, 2006).

O objetivo do presente trabalho é determinar o impacto do minério de ferro particulado no crescimento de sete espécies de macroalgas bentônicas de costões rochosos, que ocorrem em abundância ao longo da costa brasileira.

MATERIAIS E MÉTODOS

No presente estudo foram selecionadas sete espécies de macroalgas com distintas morfologias: *Chondracanthus acicularis* (Roth) Fredericq, *Codium isthmocladum* Vickers, *Dichotomaria marginata* (J. Ellis & Sol.) Lamarck, *Pterocladia capillacea* (S.G. Gmel.) Santel. & Hommers., *Sargassum vulgare* C. Agardh., *Ulva lactuca* Linnaeus e *Zonaria tournefortii* (J.V. Lamour) (Figura 1). Os exemplares foram coletados na praia de Carapebus (S 20° 14' 40,9"; W 40° 13' 1,1"), Município de Serra – ES, no verão de 2009.

As algas foram coletadas manualmente, armazenadas em recipientes térmicos e transportadas ao Laboratório de Cultivo e Fisiologia de Macroalgas Marinhas da Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ. No laboratório as macroalgas foram triadas e lavadas com água do mar, a fim de eliminar organismos e sedimentos aderidos às frondes das macroalgas que pudessem interferir nos experimentos.

Para a estimativa do peso úmido, as algas foram retiradas de dentro d'água, o excesso de umidade removido com papel absorvente e o peso determinado em uma balança digital. O peso inicial de cada espécie variou em função do porte da mesma. Em seguida, as espécies foram colocadas em frascos de vidro (3000 ml) contendo água do mar filtrada (membrana celulósica Milipore com 0,45 µm de poro). As macroalgas foram mantidas por uma semana na sala de cultivo para aclimação, sob condições controladas de irradiância (70-90 µmol.m⁻².s⁻¹), temperatura (19 a 23°C) e fotoperíodo (12:12 horas).



Figura 1: Aspecto geral das algas utilizadas no experimento (A - *Pterocladia capillacea*; B - *Sargassum vulgare*; C- *Ulva lactuca*; D - *Chondracanthus acicularis*; E - *Zonaria tournefortii*; F - *Codium isthmocladum*; G- *Dichotomaria marginata*). Fonte própria.

As sete espécies de macroalgas testadas foram transferidas para frascos contendo água do mar (controle, n=5) e frascos contendo água do mar e 10g/L de minério de ferro particulado (tratamento, n=5) (Figura 2). Nos dois casos a água do mar foi enriquecida com 1,0 ml/L de meio de cultura de Provasoli (1968). Os frascos foram mantidos sob as mesmas condições do período de aclimação. O crescimento das macroalgas foi estimado pela variação do peso úmido semanal ao longo de 5 semanas. A cada pesagem o meio de cultura foi trocado.

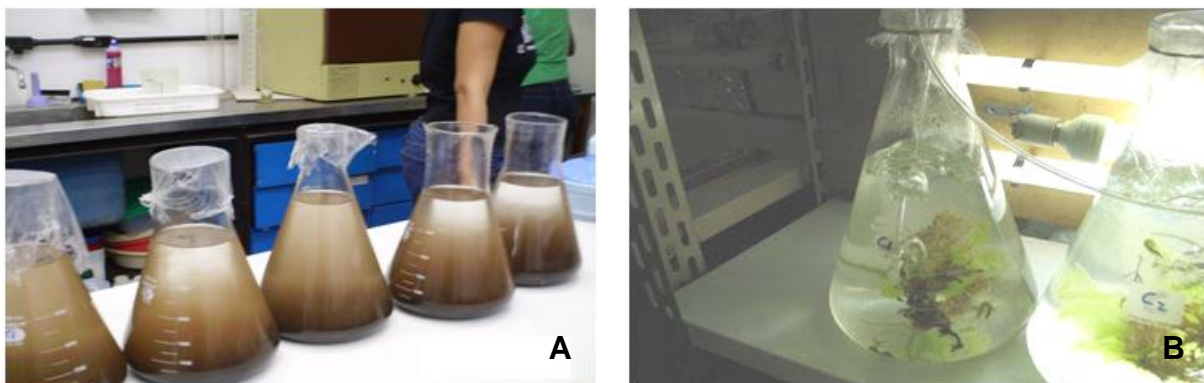


Figura 2: Frascos contendo as algas utilizadas no experimento (A - com minério de ferro particulado-tratamento; B - sem minério de ferro particulado-controle). Fonte própria.

O minério de ferro particulado utilizado foi fornecido pelas Minerações Brasileiras Reunidas, sendo composto por partículas com tamanho médio de 47 μm e composto por 67-68% de Fe^{+3} .

A taxa de crescimento relativo - TCR (Kain, 1987) das algas foi estimada através da razão entre o peso úmido inicial e o peso úmido após 28 dias de cultivo, conforme fórmula (1) a seguir:

$$\text{TCR} = 100 \times [\ln pf / \ln pi] / t \quad \text{fórmula (1)}$$

Onde pf = peso final, pi = peso inicial e t = tempo.

O teste de Mann-Whitney foi utilizado para verificar a diferença entre os resultados da taxa de crescimento relativo - TCR do grupo controle e do grupo tratamento (*Statistica 6*).

RESULTADOS

Houve crescimento de todas as espécies, tanto no grupo controle quanto no tratamento, com exceção das espécies *Sargassum vulgare* que apresentaram decréscimo no grupo tratamento (Figura 3).

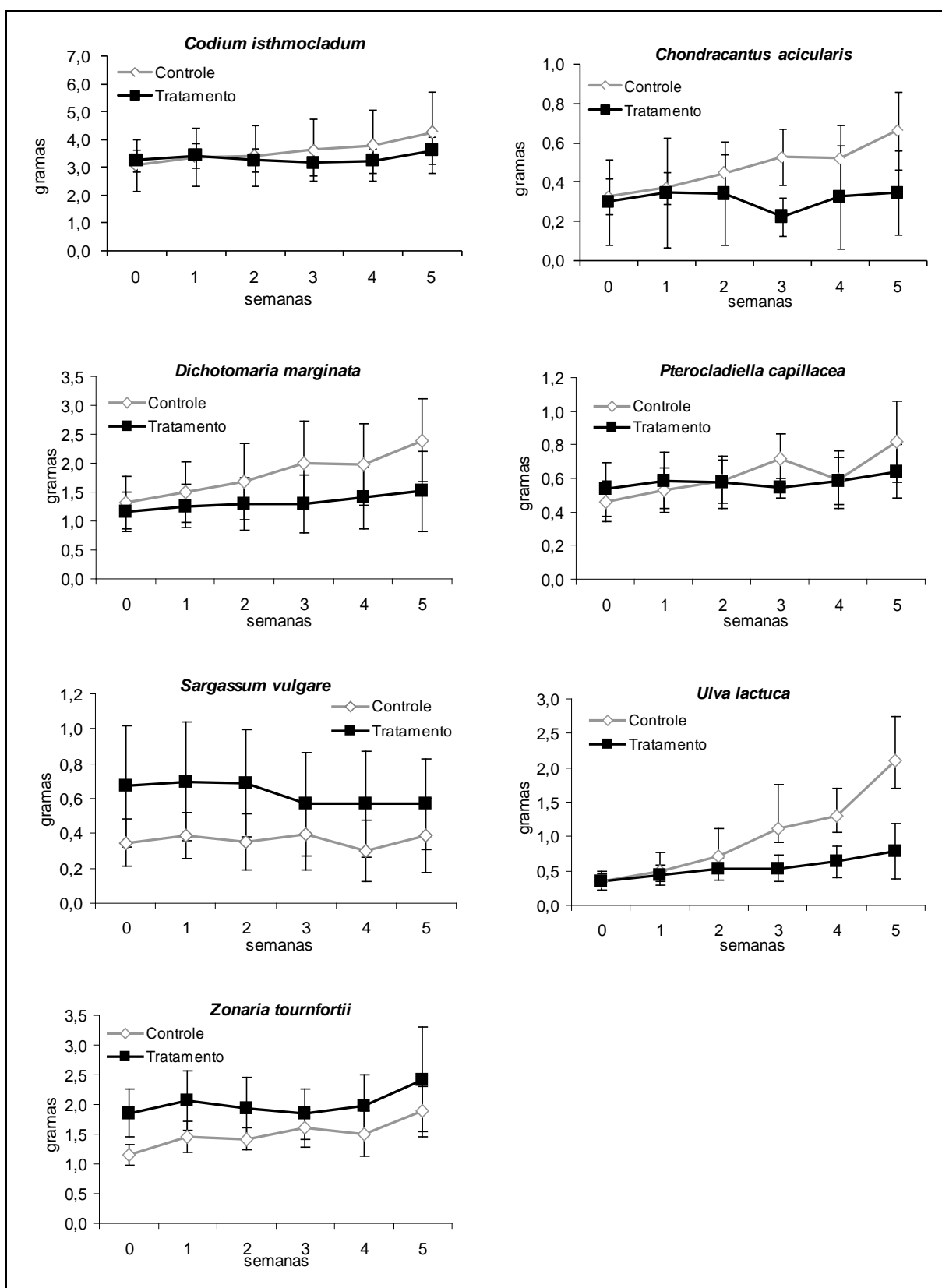


Figura 3: Média e desvio padrão do peso úmido (gramas) das macroalgas durante as cinco semanas do experimento.

Após quatro semanas de teste todas as espécies apresentaram maior taxa de crescimento relativo no grupo controle: *U. lactuca* > *C. acicularis* > *D. marginata* = *P. capillacea* > *Z. tournefortii* > *C. isthmocladum* > *S. vulgare* (Tabela 1).

Tabela 1: Taxa de crescimento das macroalgas, cultivadas por quatro semanas, com e sem a presença de minério de ferro particulado (n=5). * Diferença significativa para $p < 0,05$.

| | Controle | | Tratamento | | Teste Mann-Whitney | |
|----------------------------------|----------|---------------|------------|---------------|--------------------|-------|
| | média | Desvio padrão | média | Desvio padrão | U | p |
| <i>Codium isthmocladum</i> | 3,67 | 0,02 | 3,60 | 0,02 | 0 | 0,01* |
| <i>Chondracanthus acicularis</i> | 3,91 | 0,06 | 3,64 | 0,33 | 6,00 | 0,17 |
| <i>Dichotomaria marginata</i> | 3,81 | 0,06 | 3,65 | 0,10 | 1,00 | 0,02* |
| <i>Pterocladia capillacea</i> | 3,81 | 0,15 | 3,63 | 0,13 | 4,00 | 0,08 |
| <i>Sargassum vulgare</i> | 3,50 | 0,18 | 3,45 | 0,10 | 6,00 | 0,17 |
| <i>Ulva lactuca</i> | 4,49 | 0,38 | 3,88 | 0,38 | 2,00 | 0,03* |
| <i>Zonaria tournefortii</i> | 3,69 | 0,08 | 3,63 | 0,08 | 7,00 | 0,25 |

DISCUSSÃO

Todas as espécies apresentaram menor taxa de crescimento relativo quando tiveram suas frondes recobertas pelo minério de ferro particulado. O crescimento das algas é, normalmente, limitado pelo meio ambiente (Lobban & Harrison, 1997) e, nesse caso, o minério depositado sobre as algas pode diminuir a quantidade de luz que chega à superfície do talo, reduzindo a taxa fotossintética (Nassar & Yoneshigue-Valentin, 2005) e, consequentemente, a taxa de crescimento como foi observado no presente estudo.

A alga verde foliácea *U. lactuca* foi a espécie que apresentou maior diferença entre as taxas de crescimento na presença e na ausência de minério de ferro. O gênero *Ulva* possui talo foliáceo, ou seja, possui uma alta relação superfície/volume. Steneck e Dethier (1994) afirmam que as espécies com uma alta relação superfície/volume tendem a reter mais material particulado. No estudo de Nassar e Yoneshigue-Valentin (2005) foi observado que a fronde com inúmeras dobras dessa espécie, favorece a retenção do particulado. Além de *U. lactuca*, também *D. marginata* e *C. isthmocladum* apresentaram diferenças significativas na taxa de crescimento relativo entre o tratamento e controle. O estudo de Nassar e Yoneshigue-Valentin (2005) demonstrou também que outras espécies como *Asparagopsis taxiformis*, *Ulva fasciata*, *Padina gymnospora* e *Sargassum vulgare* são capazes de reter grandes quantidades de minério em seus talos. Tal retenção pode resultar na redução da fotossíntese líquida em situação de baixa irradiância (curto período de exposição), como por exemplo, poderia se esperar em dias com alta nebulosidade. O presente trabalho se diferencia do realizado por Nassar e Yoneshigue (2005) uma vez que as algas permaneceram por um longo período expostas ao minério (5 semanas) em uma situação de baixa irradiância.

As algas aqui testadas foram coletadas em um costão onde não existe minério de ferro particulado, ou seja, elas não cresceram expostas (ou estavam adaptadas) a uma elevada carga de particulado. Parece razoável supor que o efeito do minério deve ser diferente entre algas nunca expostas a ele (equivalente à sobrevivência a um acidente agudo) e algas que cresceram onde ele era abundante e persistente (acidente crônico). Nassar e Yoneshigue (2006) e Wong *et al.* (1979) observaram que é extremamente difícil se obter exemplares livres de minério, mesmo após consecutivas lavagens, em locais onde ele é abundante. À medida que crescem, as algas tendem a incorporar as partículas em sua parede externa, ou aprisionam essas partículas na base das ramificações, em cavidades e depressões do talo. Essa incorporação pode afetar ou não a fotossíntese (Nassar & Yoneshigue, 2006) e o acúmulo de metais pesados (Nassar *et al.*, 2003). A exposição prolongada ao minério

pode levar a mudanças significativas nas comunidades marinhas e, conseqüentemente, afetar diversos elos da rede alimentar, que tem as algas como produtores primários.

CONCLUSÕES

Dentre as espécies testadas *Codium isthmocladum*, *Dichotomaria marginata* e *Ulva lactuca* tiveram o crescimento relativo influenciado negativamente pela presença de minério de ferro particulado. Tal fato, as tornam espécies promissoras para o uso em biomonitoramentos ambientais, principalmente, em casos de acidentes com o aporte de minério na região costeira rasa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AIROLDI, L. The effects of sedimentation on rocky coast assemblages. *Oceanography and Marine Biology: an Annual Review*, v.41, p.161–236. 2003.
2. KAIN, J. M. Seasonal growth and photoinhibition in *Plocamium cartilagineum* (Rhodophyta) of the Isle of Man. *Phycologia*, v.26, n.1, p.88-99. 1987.
3. JONES, C.G.; LAWTON, J. H.; SHACHAK, M. Organisms as ecosystem engineers. *Oikos*, v.69, p.373-386. 1994.
4. JONES, C.G.; LAWTON, J. H. & SHACHAK, M. Positive and negative effects of organisms as physical ecosystem engineers. *Ecology*, v.78, n.7, p.1946-1957. 1997.
5. LOBBAN, C.S.; HARRISON, P.J. *Seaweed Ecology and Physiology*. 2^{ed}. Cambridge University Press: Cambridge, 366p. 1997.
6. MITCHELL, G. J. P.; NASSAR, C. A. G.; MAURAT, M. C. S. & FALCÃO, C. Tipos de vegetação marinha da Baía do Espírito Santo sob a influência da poluição - Espírito Santo (Brasil). In: *Simpósio sobre Ecossistemas da Costa Sul e Sudeste Brasileira: Estrutura, Função e Manejo*. Anais, São Paulo: ACIESP, v.1, p.202-214. 1990.
7. NASSAR, C.A.G.; LAVRADO, H.P.; YONESHIGUE-VALENTIN, Y. Effects of iron-ore particles on propagule release, growth and photosynthetic performance of *Sargassum vulgare* C. Agardh (Phaeophyta, Fucales). *Revista Brasileira de Botânica*, v.25, n.4, p.459-468. 2002.
8. NASSAR, C.A.G.; SALGADO, L.T.; YONESHIGUE-VALENTIN, Y.; AMADO FILHO, G.M. The effect of iron-ore particles on the metal content of the brown alga *Padina gymnospora* (Espírito Santo Bay, Brazil). *Environmental Pollution*, v.123, p.301-305. 2003.
9. NASSAR, C.A.G.; YONESHIGUE-VALENTIN, Y. Retenção de minério de ferro particulado e sua influência na fotossíntese líquida das macroalgas. In: *Reunião Brasileira de Ficologia, 2004. Salvador. Formação de Ficólogos: um compromisso com a sustentabilidade dos recursos aquáticos*. Anais, Rio de Janeiro: Museu Nacional. Sociedade Brasileira de Ficologia (Série Livros, 10). p.411-421. 2005.
10. NASSAR, C.A.G.; YONESHIGUE-VALENTIN, Y. Iron ore particles on four seaweed species from Camburi Beach (Espírito Santo, Brazil). *Brazilian Journal of Oceanography*, v.54, n.2, p.155-159. 2006.
11. PROVASOLI, L. Media and prospects for cultivation of marine algae. In: WATANABE, A.; HATORI, A (eds). *Cultures and collections of algae*. Japanese Society of Plant Physiologists, Hakone, p.63-75. 1968.
12. STENECK, R.S.; DETHIER, M.N. A functional group approach to the structure of algal dominated communities. *Oikos*, v.69, p.476-498. 1994.
13. WONG, M.H.; CHAN, K.Y. HWAN, S.H. & MO, C.E. Metals contents of the two marine algae found on iron ore tailings. *Marine Pollution Bulletin*, v.10, n.2, p.56-59. 1979.