

GRANULADOS BIOCLÁSTICOS – ALGAS CALCÁRIAS

Gilberto T. M. Dias

Received August 23, 2000 / Accepted August 07, 2001

Os granulados bioclásticos marinhos, no Brasil, são formados principalmente por algas calcárias (*Maerl* e *Lithothamnium*, na França). Apenas as formas livres (*free-living*) das algas calcárias, tais como rodólitos, nódulos, e seus fragmentos, são viáveis para a exploração econômica, pois constituem depósitos sedimentares inconsolidados, facilmente coletados através de dragagens. As algas calcárias são compostas basicamente por carbonato de cálcio e carbonato de magnésio e mais de 20 oligoelementos, presentes em quantidades variáveis, principalmente Fe, Mn, B, Ni, Cu, Zn, Mo, Se e Sr. São utilizadas para diversas aplicações: agricultura (maior volume), potabilização de águas para consumo, indústria de cosméticos, dietética, implantes em cirurgia óssea, nutrição animal e tratamento da água em lagos. A existência de amplas ocorrências de algas calcárias na plataforma continental N-NE foi relatada desde a década de 60 por pesquisadores do Instituto Oceanográfico da UFPE. O potencial de exploração econômica dos depósitos destas algas é maior do que os depósitos franceses. A plataforma continental brasileira representa, a nível global, a maior extensão coberta por sedimentos carbonáticos. De modo geral as ocorrências mais contínuas encontram-se na da plataforma média a externa. Estes depósitos, no entanto, ainda não foram explorados industrialmente. A França apesar da pequena extensão relativa de sua plataforma continental é o principal produtor de granulados litoclásticos e bioclásticos marinhos.

Palavras-Chave: Granulados bioclásticos; Algas calcárias; Plataforma continental brasileira; Recursos minerais.

MARINE BIOCLASTS - CALCAREOUS ALGAE - *Marine bioclasts in Brazil are mainly formed by calcareous algae (coralline algae). Maerl and Lithothamnium are industrial terms used in France. Only the free-living forms of calcareous algae, such as rodoliths, nodules and its erosional debris are exploited economically. They occur as unconsolidated sedimentary deposits, which are easily collected through dredging operations. The calcareous algae are formed by calcium carbonate and magnesium contenting more than 20 oligoelements, mainly Fe, Mn, B, Ni, Cu, Zn, Mo, Se and Sr. This material has several applications in industry: soil conditioner for agriculture, potabilization of water, cosmetics, food diets, bone implants, animal nutrition and treatment of water in lakes. Since the 60's researchers from the Universidade Federal de Pernambuco have reported the wide occurrence of coralline algae in the north-northeast continental shelf of Brazil. The economic potential of these occurrences is greater than in France. In fact, the extension of carbonatic sediments on the Brazilian continental shelf is the largest worldwide. They continuously cover large areas of the medium and outer continental shelf. Nevertheless, these deposits remain unexploited for industrial use. On the other hand, France with a relatively small continental shelf is the largest producer around the world in marine lithoclasts and bioclasts.*

Key words: *Marine bioclasts; Coralline algae; Brazilian continental shelf; Mineral resources.*

Universidade Federal Fluminense
Departamento de Geologia – Lagemar
Av. Litorânea s/n Gragoatá, Niterói, RJ, 24210-340, Brasil
Tel/Fax : (021) 2719.4241
gilberto@igeo.uff.br

INTRODUÇÃO

Este trabalho apresenta os principais termos usados para designar os depósitos de algas calcárias, caracterizando os métodos de investigação, seus tipos morfológicos e suas aplicações. Aproveita ainda para referenciar os primeiros trabalhos que mostram o potencial destes depósitos na plataforma continental brasileira.

Os termos granulados (*granulats*) ou agregados (*aggregates*) são usados para designar materiais minerais tais como areias, cascalhos e materiais fragmentados provenientes rejeitos de minas. Os granulados marinhos podem ser compostos por areias e cascalho litoclásticos (siliciclásticos), areias calcárias (*sables calcaires*) e algas calcárias (*maerl e Lithothamnium*).

Os granulados bioclásticos marinhos são aqueles de composição carbonática, constituídos por algas calcárias (*maerl e Lithothamnium*) ou por fragmentos de conchas (coquinas e areias carbonáticas). Na França, as areias carbonáticas (*sables calcaires*) são provenientes da destruição de organismos bentônicos com esqueleto calcário, que sob o efeito das fortes correntes, são fragmentados e depositados em ambientes específicos, na forma de dunas subaquosas (*dunes hydrauliques*). Estas areias calcárias constituem reservas de 1 bilhão de m³ e são empregadas na fabricação de cimento, ou experimentalmente, como material substitutivo das algas calcárias. Os granulados litoclásticos são usados, sobretudo na fabricação de concreto e na construção de estradas (areia quartzosa e cascalho aluvionar).

AS ALGAS CALCÁRIAS – FORMAÇÃO DOS DEPÓSITOS

O grupo das algas calcárias possui 31 a 34 gêneros e cerca de 300 a 500 espécies.

Nenhum outro tipo de alga marinha ocupa tão ampla diversidade de *habitats*, desde a zona intermarés até profundidades em torno de 200 m, as maiores registradas para as algas. Existe grande similaridade de aparência entre tipos filogeneticamente distintos das algas coralinas, tornando difícil sua classificação.

De acordo com Cabioch (1969), *maerl* é o nome dado na Bretanha, para um sedimento marinho constituído por algas vermelhas calcárias (Coralinales, Coralinacées). O nome vem de *marle* ou *marne* e designa geralmente formações sedimentares calcárias ou argilo-calcárias. Contrariamente a certas idéias admitidas, o nome não seria de origem bretã, mas provavelmente latina, de *margella* (coral). Estas algas foram durante muito tempo consideradas como sendo de natureza animal e classificadas como corais nulíporos.

As coralínáceas (algas coralinas) são algas vermelhas que precipitam em suas paredes celulares o carbonato de cálcio e magnésio, sob a forma de cristais de calcita. Os fundos de *maerl* resultam da acumulação de talos ramificados e livres de algas coralinas, pertencendo a gêneros e espécies diferentes dependendo das regiões de ocorrência nos oceanos. As algas coralinas extraídas na França são representadas pelas espécies *Lithothamnium calcareum* e *Lithothamnium coralloides*.

Estas algas podem se desenvolver inicialmente a partir de fragmentos de crostas oriundas da fragmentação de outras algas calcárias e constituir ramificações (talos), que se destacam e continuam seu desenvolvimento no estado livre, não fixos, formando depósitos sedimentares. Estes depósitos podem conter mistura de elementos abióticos (areia litoclástica). Considerado como sedimento, estes depósitos constituem interesse tanto para os geólogos como para os biólogos.

As coralínáceas são por natureza, vegetais fotossintéticos e precisam da luz para sua sobrevivência e desenvolvimento. Esta necessidade tem duas conseqüências essenciais: somente podem permanecer vivas, na superfície do fundo marinho e na crosta mais externa. A película viva, superficial, da crosta algálica, é reconhecida pela cor rosa avermelhada dos talos. A parte interna morre e perde a coloração. Outra conseqüência desta necessidade de luz se traduz pela faixa batimétrica de ocorrência dos fundos de *maerl*, relacionados com a transparência das águas. Os bancos apresentam sempre uma profundidade ideal de desenvolvimento, ou seja, a profundidade na qual os talos de alga aproveitam melhor a intensidade e a qualidade da luz é muito variável (8 m na baía de Morlaix e 60 m em

certas áreas do Mediterrâneo). Isto resulta que os bancos de *maerl* naturais só apresentam o mesmo aspecto nas condições ideais de seu ambiente. Isto se traduz para o geólogo pela importância relativa das frações algais e não algais do sedimento. Assim, certos fundos situados nos limites de suas condições ideais de vida (profundidade maior do que a ideal, excesso de turbidez) encontram-se em estado de equilíbrio precário. Isto se detecta pelo fato de os talos apresentarem uma despigmentação parcial e possuírem mais estágios de regeneração do que de crescimento normal.

De acordo com as características do sedimento associado, (areia fina x areia grossa) as formações de *maerl* abrigam biocenoses animais diferentes. Na baía de Morlaix ocorrem populações de areia grossa; em Richard ocorre uma população de sedimento heterogêneo lamoso. Cabioch (1970) cita ainda que, desde a antigüidade, o *maerl* vem sendo usado na Europa para tratamento de solos ácidos. A exploração durante muito tempo se fez de forma artesanal, sem produzir maiores impactos ao ambiente, porém nos

últimos trinta anos na Bretanha houve uma exploração industrial intensiva dos fundos de algas. Isto produziu, em amplas áreas, o desaparecimento da parte viva, superficial, dos bancos. Sua hipotética recuperação só poderia ser feita muito lentamente (vários milênios) a partir dos resíduos vivos que restaram. O lento crescimento das algas calcárias não permite que seja feita sua cultura, nem mesmo a tentativa de se fazer o repovoamento em longo prazo. É então muito importante que sejam preservados bancos ainda intactos destas algas.

Apenas as denominadas formas livres (*free-living*), tais como rodolitos, nódulos e seus fragmentos (bioclastos), são viáveis para a exploração econômica, pois constituem depósitos sedimentares inconsolidados, facilmente coletados através de dragagens. Estas formas livres (Fig.1), crescem sobre os substratos inconsolidados e são abundantes em regiões com fortes correntes de fundo ou então com períodos de intensa atividade de ondas e correntes, podendo ser periodicamente reviradas. São freqüentes em zonas de baixa herbivoria e susceptíveis

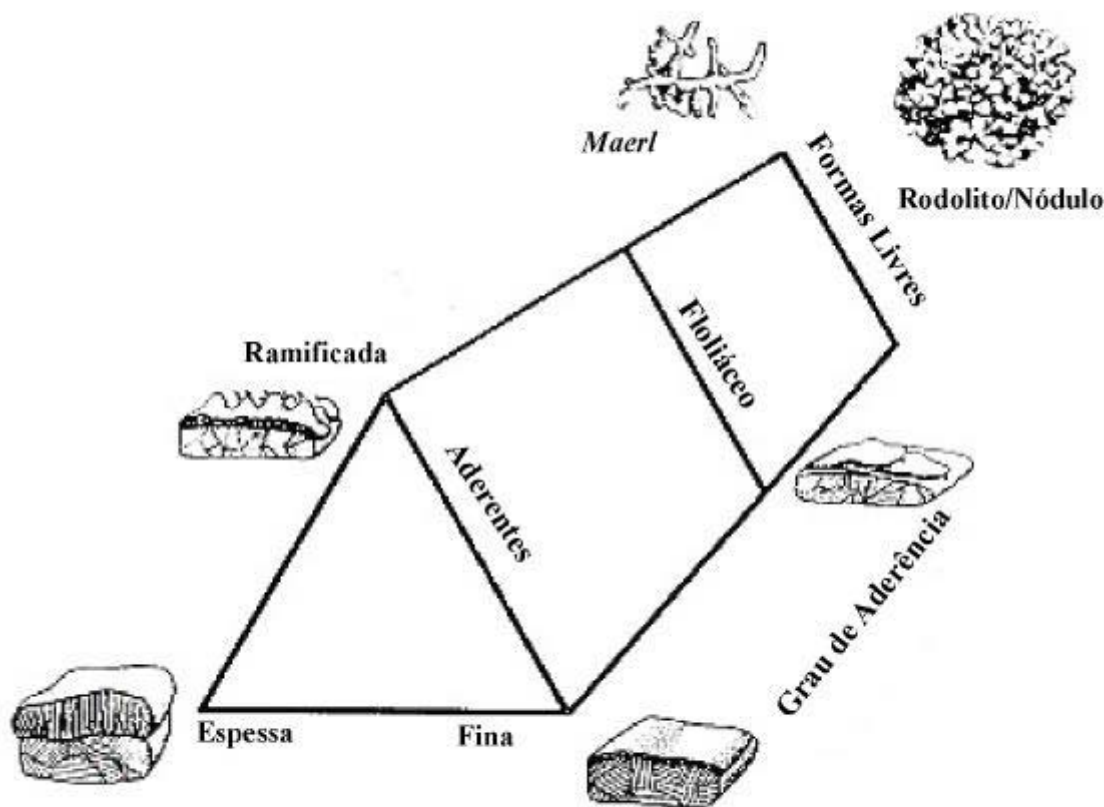


Figura 1 – Tipos morfológicos das algas calcárias incrustantes. Os vértices do prisma representam os pontos finais ao longo da evolução morfológica (Steneck, 1986).

às incrustações (*fouling*) de algas foliares (*foliose algae*, algas moles) e dos invertebrados (Steneck, 1986).

Bosence (1976) descreve as características dos bancos de algas livres da Irlanda (Mannin Bay), que são restritos em função da luminosidade local, entre profundidades de 1 a 16 metros. O desenvolvimento dos bancos é controlado por correntes induzidas pelas ondas. As formas de crescimento variam de esferoidais, elipsoidais à discoidais. Dentre estas classes, a densidade dos talos arborescentes também é variável: As formas mais densas, pouco ramificadas, (*densely branched*) são encontradas nas áreas mais expostas às correntes. Estes tipos se desenvolvem em função do rolamento sobre o fundo, propiciando a destruição dos talos (*growing apex*). As formas mais arborescentes (*open-branched*) desenvolvem-se em áreas de menor energia.

No Brasil, comumente as algas foliares (*Sargassum* spp e outras), se fixam sobre os rodolitos (Fig. 2) e podem, sob ação de correntes, atuar como “vela”, permitindo o deslocamento de ambas sobre o fundo. Em épocas de maior intensidade de correntes estas algas podem ser transportadas até as praias, produzindo o fenômeno denominado de *arribada*, muito comuns nas praias adjacentes aos bancos de algas. É desta maneira que os rodolitos chegam às praias distantes de suas áreas de ocorrências naturais.

OCORRÊNCIAS NO BRASIL

A existência de amplas ocorrências de algas calcárias na plataforma continental N-NE foi mostrada desde a década de 60 por pesquisadores do Instituto Oceanográfico - UFPe (Kempf 1970). O potencial de exploração econômica destas algas, comparando-as com o *maerl* Francês, foi descrito por Kempf (1974). Levantamentos regionais posteriores mostraram que a plataforma continental brasileira representa a mais extensa cobertura de sedimentos carbonáticos. Estes sedimentos de modo geral ocupam os setores médio e externo da plataforma, sendo representados por areias e cascalho constituídos por algas coralinas ramificadas, maciças ou em concreções, artículos de *halimeda*, moluscos, briozoários e foraminíferos bentônicos (Coutinho,

1994). O desenvolvimento de corais é restrito a certas áreas localizadas (Laborel, 1967).

As áreas explotáveis de algas calcárias na plataforma continental são limitadas em função da profundidade e dos teores de mistura com areias quartzosas. De modo geral, no Brasil, as ocorrências mais contínuas encontram-se numa região compreendida entre a plataforma média e a externa, muitas vezes em profundidades maiores que 50 m, impedindo a exploração por métodos tradicionais de dragagem que atingem geralmente a profundidade máxima de 30 m. Ao nível de detalhe observa-se grande variação dos tipos morfológicos das algas calcárias em função da profundidade de ocorrência e dos setores geográficos ao longo da plataforma continental brasileira. Um exemplo disto é a existência de grandes depósitos de algas do gênero *halimeda* no Nordeste e a inexistência destes depósitos na região SE, a presença de rodolitos maciços em certas áreas contrastando com outras onde ocorrem apenas rodolitos ramificados do tipo *maerl* ou a participação de briozoários que podem ser predominantes em certas áreas como na plataforma continental norte do ES. Foi constatada na região N-NE a existência de bancos localizados de algas coralinas, com variadas espessuras, desenvolvendo-se diretamente sobre fundo areno-quartzoso. Na Expedição Central II (bentos/geologia) do Programa REVIZEE, as dragagens biológicas revelaram, próximo à borda da plataforma na região SE, amplas áreas constituídas por algas coralinas em crostas superpostas, de espessuras variadas (milimétricas a centimétricas) dependendo da área de ocorrência. Robert Steneck (comunicação verbal) identificou as crostas globulosas encontradas na borda da plataforma, ao largo de Itapemirim/ES, como sendo do gênero *titanoderma*. Ao largo do cabo de São Tomé (RJ) estas crostas podem estar intercaladas com lamas terrígenas litoclásticas.

PROSPECÇÃO GEOLÓGICA E GEOFÍSICA

Devido à grande variedade de fácies sedimentares dos depósitos carbonáticos biodetríticos e, muitas vezes, o contato brusco entre os diferentes tipos, torna-se fundamental a realização de um



Figura 2 – Exemplo de alga calcária (rodolito) servindo como substrato para fixação de alga foliar (*foliose algae*)

imageamento do fundo submarino utilizando-se o sonar de varredura lateral durante a prospecção e mapeamento destes depósitos.

Os levantamentos já realizados comprovaram a grande utilidade do sonar de varredura lateral para o mapeamento de fundo (Fig.3), evidenciando feições totalmente desconhecidas e impossíveis de serem detectadas pelo método tradicional de mapeamento, baseado apenas em amostragens superficiais localizadas.

De acordo com Augris & Cressard (1991) as técnicas de reconhecimento utilizadas na prospecção das jazidas de granulados, se baseiam em métodos indiretos e diretos, resumidos a seguir.

Métodos indiretos:

O emprego de métodos indiretos consiste na realização de levantamentos geofísicos visando o mapeamento sistemático da cobertura sedimentar.

Basicamente utiliza-se:

- A sísmica de reflexão rasa, de alta resolução (sistema Boomer) permitindo determinar, através de perfis verticais, a espessura dos depósitos e a morfologia do substrato rochoso subjacente.
- O sonar de varredura lateral que permite mapear no plano horizontal as características morfológicas e os padrões de reflexão acústica, relacionados aos diversos tipos do fundo submarino. O sonar de varredura fornece uma “imagem acústica” do fundo, comparável a uma fotografia aérea no continente.

As imagens não dão informações diretas sobre a natureza do fundo. A “calibragem” dos diversos padrões de reflexão do sonar deve ser feita posteriormente, através de amostragens pontuais do fundo.

O interesse das informações obtidas pelo sonar

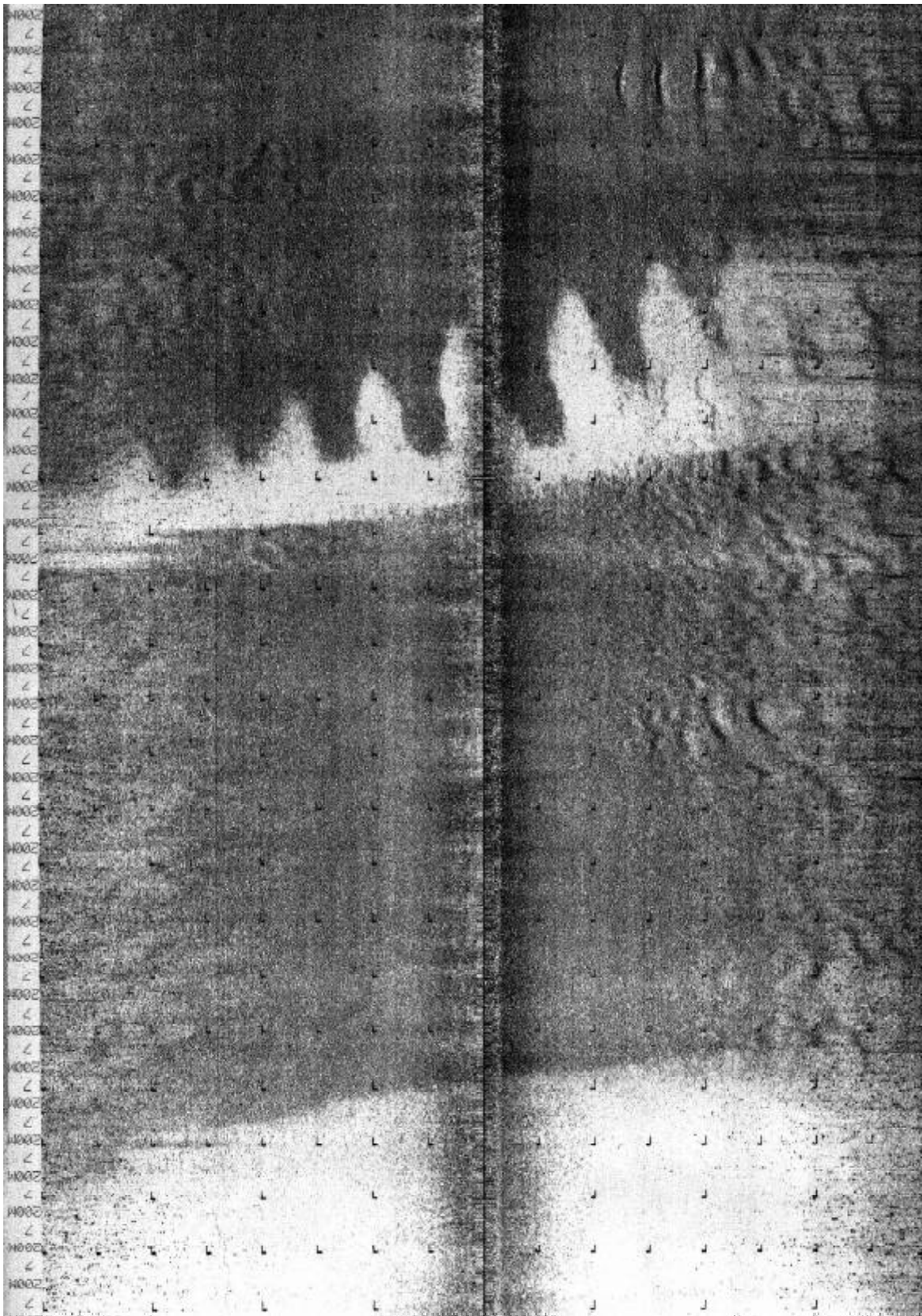


Figura 3 – Imagem de sonar de varredura lateral obtida na plataforma continental do ES, durante Expedição do Programa REVIZEE (Central II). As áreas claras do registro foram interpretadas como sendo areias grossas carbonáticas, oriundas da fragmentação de algas calcárias. As áreas escuras de maior reflexão acústica, representam o cascalho carbonático constituído por algas coralinas vivas em superfície. As marcas de referência na imagem (L) representam uma distância de 25 m.

de varredura consiste em:

- Delimitação precisa dos setores explotáveis, individualizando-se os domínios arenosos de outras facies sedimentares.
- Definição de um nível de base (*état de référence*) do fundo marinho diretamente relacionado ao projeto de exploração e também dos fundos adjacentes.
- Conhecimento indireto das condições hidrodinâmicas (correntes e ondas) e direção predominante do transporte sedimentar, permitindo avaliar o risco da extração sobre a estabilidade do litoral ou áreas localizadas de preservação ambiental.
- Informações para o planejamento das operações de dragagem ao indicar a morfologia do fundo e direção de correntes.

Métodos Diretos:

Os métodos diretos de observação consistem em amostragens pontuais da superfície de fundo, sondagens por *jet probe* e filmagens submarinas. Estes métodos permitem constatar as interpretações propostas a partir do estudo geofísico (sísmica e sonar de varredura) além de realizar a cubagem final dos depósitos existentes.

PAÍSES PRODUTORES - VOLUMES EXTRAÍDOS

A França é de longe o maior produtor de granulados bioclásticos e litoclásticos para uso industrial. A fim de preservar seus recursos no continente, principalmente a proteção dos lençóis aquíferos, realizou-se neste país (década de 70), levantamentos sistemáticos da plataforma continental, para localizar jazidas de granulados. Uma superfície total de 5000 km² foi prospectada, totalizando 6800 km de sísmica, 850 dragagens, 650 testemunhos (2500 m descritos). Paralelamente a estes levantamentos, desenvolveu-se na época, um programa de estudos sobre o impacto da exploração industrial de areias e cascalho no ambiente marinho. Os resultados destes estudos constituem importantes subsídios que podem ser aplicados em casos semelhantes no Brasil.

Os levantamentos realizados na França permitiram cubicar 33 bilhões de m³ de granulados disponíveis sobre a plataforma continental. As reservas explotáveis foram, no entanto, limitadas a 600 milhões de m³, em função dos seguintes fatores:

- Profundidade acessível às dragas francesas atuais (até 30 m).
- Presença de atividade humana conflitante com as atividades de exploração. (Pesca, maricultura, cabos submarinos, rotas marítimas e defesa nacional).
- Existência de áreas de reserva ambiental, reconhecidamente essenciais ao equilíbrio ecológico do meio marinho. Áreas de desova, flora e fauna bentônica que sustentam o alimento das espécies comerciais.
- Natureza dos sedimentos, os quais devem ser utilizados no estado bruto. Os rejeitos de um eventual beneficiamento no mar põem em risco a poluição da própria jazida.

Segundo Augris & Cressard (1991) existem em operação 32 portos (19 em Bretanha) que recebem 3 milhões de toneladas por ano de areias e cascalho siliciclástico (~ 1 milhão de toneladas por ano importados da Inglaterra). Dentre os portos da Bretanha 16 recebem ainda 600 mil toneladas por ano de substâncias calcárias (*maerl* principalmente e areias calcárias). A produção total de granulados marinhos na França representa cerca de 1% da produção total de granulados no país.

A “*Union Nationale des Producteurs de Granulats*” (UNPG) criada na França em 1966, congrega mais de 1000 empresas (15000 empregos) e movimentou 14 bilhões de Francos em 1998 (346 milhões de toneladas).

Segundo De Groot (1983) o volume anual médio de material dragado no Atlântico Norte, Mar do Norte e Mar Báltico entre 1979 e 1985 pode ser resumido a seguir:

- 40 milhões m³ de areia para construção
- 9 milhões m³ de cascalho
- 1 milhão m³ de material carbonático (conchas e *maerl*)
- 400 milhões m³ para manutenção de canais e

outras obras de engenharia (300 milhões nos EUA)

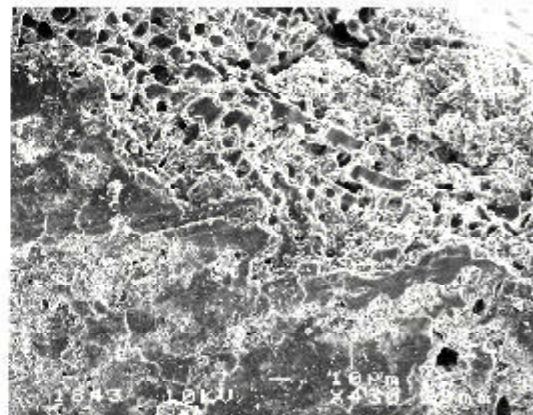
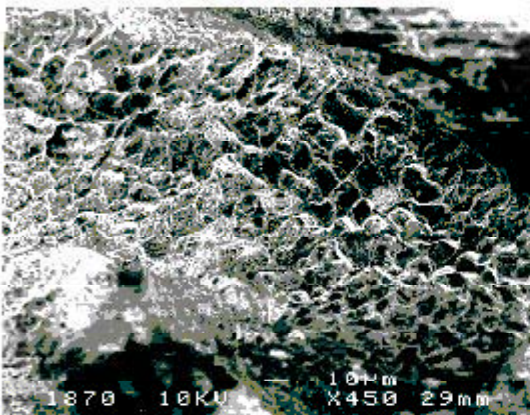
APLICAÇÕES DAS ALGAS CALCÁRIAS

As algas calcárias são compostas basicamente por carbonato de cálcio e magnésio contendo ainda mais de 20 oligoelementos, presentes em quantidades variáveis, tais como Fe, Mn, B, Ni, Cu, Zn, Mo, Se e Sr.

O produto pode ser aplicado no estado natural ou após secagem e moagem. As principais características que potencializam a atuação deste produto são atribuídas ao seguinte:

- Disponibilidade dos micronutrientes que se encontram adsorvidos nas paredes celulares, sendo assim facilmente assimiláveis pelas plantas e animais. Estes oligoelementos, necessários às plantas em pequenas quantidades, são essenciais ao nível fisiológico (reações bioquímicas de base).
- Elevada porosidade das algas (> 40%) que propicia maior superfície específica de atuação (Fig.4).

De acordo com Cressard (1991) a utilização de materiais marinhos para uso agrícola parece muito antiga. Pline em sua “Histoire Naturele” diz que a Bretanha e os gauleses inventaram uma arte de fertilizar o solo por meio de uma certa *terre marga*. Candem, em sua obra *Britannia* no início do século XVII escreveu que “o solo do Condado de Devonshire seria quase estéril se não fosse melhorado por um tipo de areia que se retira do mar e que o torna muito fértil, se impregnando de alguma forma na terra e por esta razão esta areia se compra muito caro nos lugares mais afastados da costa”.



Exemplos de Rodolitos da
Plataforma Continental do RN e ES

Ampliações MEV
X450 (RN)
X430 (ES)
X 20

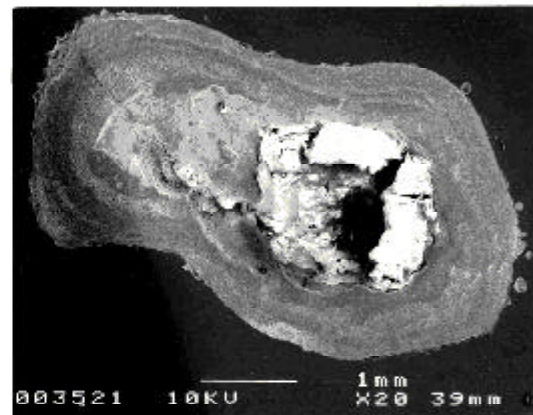


Figura 4 – Ampliações sob microscópio eletrônicas de varredura realizadas pelo autor, por cortesia da *School of Geography - The Queen's University of Belfast*, Irlanda do Norte. (a) Rodolito da plataforma continental do RN; (b) Rodolito da plataforma continental do ES; (c) Crostas concêntricas formadas em torno de um fragmento bioclástico.

De acordo com Briand, (1976), as diversas aplicações dos bioclásticos podem ser:

Agricultura

O cálcio e o magnésio são essenciais para as plantas. O Ca intervém na constituição das paredes celulares, na neutralização dos ácidos orgânicos, na resistência dos tecidos e no desenvolvimento do sistema radicular além de melhorar a resistência de frutos e grãos. As algas calcárias contribuem para o melhoramento físico, químico e biológico do solo, deixando-o mais permeável e condicionando a eficácia do complexo argilo húmico. Corrige o pH melhorando a assimilação dos elementos fertilizantes e a atividade biológica. Melhora a disponibilidade do fósforo e ativa o desenvolvimento das bactérias autotróficas responsáveis pelo processo de nitrificação. Excelentes performances foram obtidas utilizando-se uma mistura de fertilizantes (NPK) com as algas calcárias moídas, aumentando a produtividade e a qualidade dos produtos e ao mesmo tempo a rentabilidade dos fertilizantes.

Potabilização de águas

Neutralização: A agressividade da água se caracteriza por um excesso de ácido carbônico livre dissolvido que provoca corrosão das tubulações e a contaminação em elementos tóxicos. A neutralização permite controlar esta agressividade. A filtração da água sobre uma camada de algas calcárias granuladas neutraliza sem provocar incrustações, além de incorporar o Ca e o Mg. Sua superioridade em relação aos alcalinos terrosos clássicos se explica ainda em função da alta porosidade (40 a 50%) que aumenta consideravelmente a superfície de contato e conseqüentemente as trocas entre a água e seus elementos.

Indústria de Cosméticos

Na fabricação de dentifrícios e sais de banho. Cataplasmas e *enveloppments* nos Centros de Estética ou de Talassoterapia.

Dietética

Utilizado como complemento alimentar. O consumo de 3g/dia de *Lithothamnium*, cobre totalmente as necessidades de um adulto em Ca e Iodo, 80% do Fe e mais 20% de Mg. Atua ainda como agente antiácido.

Cirurgia

Como implantes em cirurgia óssea. A biocerâmica (Hidroxiapatita-Ca₁₀(PO₄)₆(OH)₂) fabricada pela substituição do carbonato do material algálico por fosfatos, oferece uma compatibilidade estrutural, química e biológica quase perfeita com os tecidos ósseos.

Nutrição Animal

Bovinos

Cálcio, Magnésio e Fósforo constituem $\frac{3}{4}$ dos minerais essenciais às vacas leiteiras. A utilização da alga no alimento (2 a 3%) e nos complementos minerais vitaminados (40%) otimiza o rendimento econômico da produção. A utilização de 200g/dia de alga cobre 60% do déficit causado pela produção do leite e 100% das necessidades de Iodo. Regulador do pH - controle da acidez.

Litières

Graças à forte capacidade de adsorção da amônia as algas calcárias são utilizadas nas “camas” dos galpões de criação intensiva de aves, porcos e ovinos. Após uma exposição de 75 ppm de amônia durante 28 dias a perda de peso dos porcos pode atingir 30%. Catalisador das reações enzimáticas, ativador da flora microbiana, reduz os riscos de anoxia e de acumulações de ácidos orgânicos provenientes da fermentação.

Tratamento de Água

Lagos - influencia as características físicas, químicas e biológicas da água (neutralização, controle de assoreamento e oligoneutralização). Regula a acidez

da água e provoca a precipitação da matéria orgânica em putrefação. A vasa orgânica adquire uma estrutura grumosa, com porosidade suficiente para restabelecer as condições aeróbicas propícias à atividade biológica. A flora bacteriana que se estabelece, estimulada também pelo aporte de oligoelementos, acelera a mineralização da matéria orgânica e a redução do volume de vasa.

Desnitrificação de Águas

Heterotrófica - As bactérias oxidam um substrato em condições anóxicas por “respiração de Nitratos”. Neste caso utiliza-se uma mistura formada por palha finamente moída (fonte de carbono) e *Lithothamnium* que serve de suporte à fixação e ao desenvolvimento das bactérias desnitrificantes.

Autotrófica - Por percolação da água em uma camada formada por grânulos de enxofre (2-5mm) e *maerl* (50/50). A biomassa desnitrificante (*Thiobacillus denitrificans*) se multiplica utilizando somente esse substrato mineral. A fonte de carbono é o carbonato de cálcio da alga que constitui ainda uma fonte de oligoelementos necessários às diferentes reações enzimáticas.

IMPACTOS AMBIENTAIS

A exploração do fundo marinho quaisquer que sejam os objetivos e precauções tomadas, produz modificações temporárias ou permanentes.

Uma das principais preocupações na França é em relação às modificações da morfologia do fundo que podem impedir temporariamente a pesca por redes de arrasto ou agravar a erosão costeira se a exploração for feita em áreas rasas, próximas à costa.

As marcas de extração podem permanecer visíveis durante vários anos em áreas de baixa mobilidade do fundo tais como nas áreas de sedimentos finos que capeiam os depósitos de cascalho extraídos no fundo dos paleocanais. Contrariamente em áreas arenosas, os vestígios da extração desaparecem mais facilmente.

A pesca por redes de arrasto ou dragagens (conchas) pode ser impactante se afetar a camada superficial do fundo submarino em grandes extensões.

A liberação da pesca da lagosta através de redes de fundo provocou polêmica ao ser constatado que estes artefatos trazem grandes quantidades de rodolitos vivos, fixos as algas foliares e são destruídos pelos pescadores para se desprenderem da rede.

Segundo Debyser (1975) dentre todos os fatores suscetíveis de alterar o meio marinho existe um fundamental no plano biológico: “o fundo marinho, sobretudo a plataforma continental, é análogo a um solo; de modo geral nos primeiros decímetros do sedimento ocorre uma atividade biológica intensa, não atuando apenas como suporte físico para os organismos microscópios, mas como uma interface, onde proliferam inúmeros organismos unicelulares, pelo fato de aí existirem concentrações de elementos nutritivos”. Estes organismos servem de alimento aos invertebrados e vertebrados bentônicos. Como regra geral a exploração dos granulados marinhos da plataforma deve ser localizada e não extensiva, concentrando-se preferencialmente nas camadas sub-superficiais (sub-fundo raso) de maneira a preservar as áreas de ocorrência das algas vivas em superfície e os demais organismos bentônicos associados. Os levantamentos do fundo submarino que serão desenvolvidos no âmbito do Programa REMPLAC deveriam em parte propiciar subsídios ao estabelecimento dos limites de áreas de extração e preservação de granulados ao longo da plataforma continental brasileira.

Os estudos de impacto ambiental devem preceder as atividades de exploração de granulados e ser direcionados para:

- Reconhecimento geológico preciso da área e da natureza dos depósitos
- Avaliação das condições hidrodinâmicas
- Enquete sobre atividades de pesca.
- Determinação da riqueza das espécies bentônicas.

CONCLUSÕES

Os granulados bioclásticos marinhos no Brasil são formados principalmente por algas calcárias (*maerl* e *lithothamnium*, na França). Apenas as formas livres das algas calcárias (*free-living*), tais como rodolitos, nódulos e seus fragmentos, são viáveis para a exploração econômica, pois constituem

depósitos sedimentares inconsolidados, facilmente coletados através de dragagens. As algas calcárias são compostas basicamente por carbonato de cálcio e carbonato de magnésio contendo ainda mais de 20 oligoelementos, presentes em quantidades variáveis, tais como Fe, Mn, B, Ni, Cu, Zn, Mo, Se e Sr. São utilizadas para diversas aplicações: agricultura (maior volume), potabilização de águas para consumo, indústria de cosméticos, dietética, implantes em cirurgia óssea, nutrição animal e tratamento da água em lagos.

A existência de amplas ocorrências de algas calcárias na plataforma continental N-NE brasileira foi relatada desde a década de 60. O potencial de exploração econômica dos depósitos destas algas é maior do que os depósitos franceses. A plataforma continental brasileira representa, a nível global, a maior extensão coberta por sedimentos carbonáticos. De modo geral as ocorrências mais contínuas encontram-se na plataforma média a externa. Estes depósitos no Brasil, no entanto, ainda não foram explorados industrialmente. A França apesar da pequena extensão relativa de sua plataforma continental é o principal produtor mundial de granulados litoclásticos e bioclásticos marinhos. Na França, existem em operação 32 portos que recebem 3 milhões de toneladas por ano de areias e cascalho siliciclástico. Dentre os 19 portos da Bretanha, 16 recebem ainda 600 mil toneladas por ano de bioclastos (maerl principalmente, e areias calcárias). Estes volumes de granulados marinhos representam, no entanto, apenas 1% da produção total dos granulados produzidos naquele país. Entre 1979 e 1985, o volume anual médio de material dragado, no Mar do Norte e Mar Báltico, foi o seguinte: 40 milhões m³ de areia para construção, 9 milhões m³ de cascalho siliciclástico, 1 milhão de m³ de material carbonático (conchas e *maerl*). O maior volume mobilizado do fundo marinho, entretanto, foi para a manutenção de canais e outras obras de engenharia totalizando 400 milhões de m³ (300 milhões nos EUA).

Os resultados dos levantamentos de prospecção geológica e os estudos ambientais, realizados na plataforma continental francesa, na década de 70, podem ser aplicados para os depósitos similares de granulados no Brasil. Do ponto de vista ambiental dentre todos os fatores suscetíveis de alterar o meio

marinho, existe um, fundamental no plano biológico: “o fundo marinho, sobretudo a plataforma continental, é análogo a um solo no sentido pedológico”. Como regra geral a exploração dos granulados marinhos da plataforma não deve ser extensiva nos primeiros decímetros de sedimento do fundo marinho, e sim se concentrar nas camadas sub-superficiais. A pesca por rede de arrasto ou dragagem para extração de conchas pode ser impactante se afetarem a camada superficial do fundo marinho em grandes extensões. A liberação da pesca da lagosta no Brasil, através de redes de fundo, provocou polemica ao ser constatado que estes artefatos trazem grandes quantidades de rodólitos vivos, fixos às algas foliares e são destruídos para se desprenderem das redes. Os levantamentos do Programa REMPLAC deveriam em parte, ser direcionados para dar subsídios ao estabelecimento dos limites de áreas de extração e preservação ao longo da plataforma continental brasileira.

REFERÊNCIAS

- AUGRIS, C. & CRESSARD A. P., 1991.** Les materiaux Marins. Revue Mines e Carriers Vol. 73 Dec. 1991
- BOSENCE D., 1976.** Ecological studies on two unattached coralline algae from western Ireland. Paleontology, vol 19, part 2, 1976, pp 365-395.
- BRIAND, X., 1976.** Lithothamne – Tradition from the past, to the future in the agrochemistry S.E.M.A., B.P. 65, Pointrieux, França.
- CABIOCH, J., 1969.** Les fonds de maerl de la baie de Morlaix et leur peuplement vegetal. Cah Biol Mar 10:139-161
- CABIOCH, J., 1970.** Le maerl des côtes de Bretagne et le probleme de sa survie. Pen ar Bed, Brest 7 (63) : 241-429.
- COUTINHO PN., 1992.** Sedimentos carbonáticos da Plataforma continental brasileira. Revista de Geologia, Fortaleza 6:65-73.
- CRESSARD A.P., 1974.** Les repercussions de l'exploitation Industrielle des sables et graviers sur l'environnement marin et sur les activités économiques du domaine maritime. CNEXO Publication du Dept. Ressources Minerales, 37 pg.

- DEBYSER J., 1975.** Les problemes de l'environnement liés a l'exploitation des sables et graviers. CNEXO note technique n. 51 octobre 1975.
- DE GROOT S. J., 1983.** Marine Sand and gravel Extraction in the North Atlantic and its Potential Environment Impact, with Emphasis on the Northsea. Ocean Management, 10 (1986) 21-36. Elsevier Science Publishers Bw.
- DIAS, G. T. M., 1989.** Depósito de algas calcárias na plataforma continental do Espírito Santo. Resumo I Simpósio de Geologia do Sudeste. Setembro/1989.
- KEMPT M., 1970.** Notes on the benthic bionomy of the N-NE Brazilian Shelf. Mar. Biol. 5(3): 213-224.
- KEMPT M., 1974.** Perspectives d'Exploitation des fonds de maerl du Plateau Continental du NE du Brésil. II Coll. Intern. Exploitation des Oceans. Bordeaux, France 2: 1-17.
- STENECK R., 1986.** The Ecology of coralline Algal crusts: convergent pattern and adaptative strategies Ann. Ver. Ecol. Syst 1986 17273-303.

NOTE ABOUT THE AUTHOR

Gilberto T. de M. Dias

Geólogo formado pela Universidade Federal do Rio de Janeiro em 1972. Pela Universidade de Bordeaux I na França, obteve em 1974 e 1976, respectivamente, o grau de mestre e doutor em Ciências de Terra. Atualmente é professor adjunto do Depto. de Geologia/LAGEMAR-UFF ministrando na pós-graduação as disciplinas de

Metodologia de Pesquisa no Mar e Geologia e Geomorfologia Costeira. Participou e coordenou diversas expedições oceanográficas no Brasil e no exterior voltadas ao estudo sobre sedimentação e estrutura da plataforma continental. Seu interesse de pesquisa envolve processos geológicos costeiros, recursos minerais marinhos e meio ambiente.

UnB - University of Brasilia Institute of Geosciences

Laboratory of Applied Geophysics

Offers graduate and undergraduate courses associated with the Geology Program of the UnB. The Laboratory is responsible for the area of specialization in Applied Geophysics belonging to the Graduate Program in Geology and leading to MSc's and PhD's degrees. The main areas of research are: airborne geophysics applied to geological mapping, mineral and hydrocarbon exploration, ground-water and, environmental studies; ground geophysics applied to mineral exploration, ground-water, environmental, forensic, and geotechnical studies; interpretation (modeling, inversion, and statistical analysis) and integration methods of geophysical data.

Visit: <http://www.unb.br/ig/labo/lga>. Contact labgeof@unb.br