ISSN 1413-9375

Parcerias Estratégicas

Número 24 - agosto 2007

Estudos do Mar

Minerais do fundo do mar: avanços e retrocessos das negociações internacionais da convenção das Nações Unidas sobre o Direito do Mar

Arcabouço legal internacional e o espaço marinho brasileiro

Arcabouço legal nacional para pesquisa e lavra mineral no Mar Territorial, na Plataforma Continental e na Zona Econômica Exclusiva

Aspectos políticos-estratégicos dos recursos minerais da área internacional dos oceanos

Aspectos científicos dos recursos minerais marinhos

Ocorrência de recursos minerais na plataforma continental brasileira e áreas oceânicas adjacentes

Recursos minerais da plataforma continental brasileira e regiões oceânicas adjacentes do Atlântico Sul e Equatorial: aspectos socioeconômicos

Tecnologia de pesquisa, lavra e beneficiamento de recursos minerais marinhos

Memória

O Instituto Oceanográfico de São Paulo (1954)

Centro de Gestão e Estudos Estratégicos
Ciência, Tecnologia e Inovação

Parcerias Estratégicas

Número 24 - agosto 2007 - Brasília, DF

ISSN 1413-9375

Parc. Estrat. | Brasília; DF | n. 24 | p. 1-274 | ago. 2007

Parcerias Estratégicas - Número 24 - Agosto 2007
Publicação semestral do Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE)

Conselho Editorial
Lucia Carvalho Pinto de Melo (Presidenta)
Adriano Batista Dias
Bertha Koiffmann Becker
Eduardo Baumgratz Viotti
Evando Mirra de Paula e Silva
Ricardo Bielschowsky
Gilda Massari
Ronaldo Mota Sardenberg
Lauro Morhy

Editora
Tatiana de Carvalho Pires

Capa
Felipe Lopes da Cruz

Endereço para correspondência:
Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE)
SCN Quadra 2 Bloco A Edifício Corporate Financial Center salas 1102/1103
70712-900 - Brasília, DF
Tel: (xx61) 3424.9600 / 3424.9666 Fax: (xx61) 3424.9671
e-mail: editoria@cgee.org.br
URL: http://www.cgee.org.br
Distribuição gratuita

Parcerias Estratégicas / Centro de Gestão e Estudos Estratégicos. - Vol. 1, n. 1 (maio 1996)- v. 1, n. 5 (set. 1998) ; n. 6 (mar. 1999)- . – Brasília : Centro de Gestão e Estudos Estratégicos : Ministério da Ciência e Tecnologia, 1996-1998 ; 1999-

v. ; 25 cm.

Irregular.

n. 24 (ago. 2007)
ISSN 1413-9375

1. Política e governo – Brasil 2. Inovação tecnológica I. Centro de Gestão e Estudos Estratégicos. II. Ministério da Ciência e Tecnologia.

CDU 323.6(81)(05)

Esta edição da revista Parcerias Estratégicas corresponde a uma das metas do Contrato de Gestão CGEE/MCT/2007.

Os artigos publicados nesta edição são de exclusiva responsabilidade de seus autores.

PARCERIAS ESTRATÉGICAS

Número 24 · agosto/2007 · ISSN 1413-9375
Edição Especial – Estudos do Mar

Sumário

Editorial
Lúcia Carvalho Pinto de Melo 5

Apresentação
Kaiser Gonçalves de Souza 7

Minerais do fundo do mar: avanços e retrocessos das negociações internacionais da convenção das Nações Unidas sobre o Direito do Mar
Claudia Victor Pereira, Kaiser Gonçalves de Souza 11

Arcabouço legal internacional e o espaço marinho brasileiro
Kaiser Gonçalves de Souza, Claudia Victor Pereira, Manoel Barretto da Rocha Neto 41

Arcabouço legal nacional para pesquisa e lavra mineral no Mar Territorial, na Plataforma Continental e na Zona Econômica Exclusiva
Vanessa Maria Mamede Cavalcanti 61

Aspectos políticos-estratégicos dos recursos minerais da área internacional dos oceanos
Kaiser Gonçalves de Souza, Manoel Barretto da Rocha Neto, Noris Diniz, Reinaldo Santana Correia de Brito 95

Aspectos científicos dos recursos minerais marinhos
Luiz Roberto Silva Martins 115

Ocorrência de recursos minerais na Plataforma Continental brasileira e áreas oceânicas adjacentes
Luiz Roberto Silva Martins, Kaiser Gonçalves de Souza, ... 137

Recursos minerais da Plataforma Continental brasileira e regiões oceânicas adjacentes do Atlântico Sul e Equatorial: aspectos socioeconômicos
Luciano Borges 191

Tecnologia de pesquisa, lavra e beneficiamento de recursos minerais marinhos
Kaiser Gonçalves de Souza, Luiz Roberto Silva Martins 231

Recursos minerais marinhos: fatos portadores de futuro, prioridades de estudo no Brasil e projetos estruturantes
Kaiser Gonçalves de Souza, Luiz Roberto Silva Martins, Vanessa Maria Mamede Cavalcanti, Claudia Victor Pereira, Luciano Borges 247

MEMÓRIA

O Instituto Oceanográfico de São Paulo (1954) 263

Editorial

A vastidão do mar brasileiro conquistou nossa pauta. A revista Parcerias Estratégicas (RPE), de número 24, publica nesta edição especial nove artigos elaborados por especialistas de diferentes áreas do conhecimento sobre os aspectos socioeconômicos, político-estratégico, questões internacionais e ambientais relacionados aos recursos minerais da plataforma continental brasileira e áreas oceânicas adjacentes do Atlântico Sul e Equatorial. Pela atualidade do tema, o conjunto de artigos contribui para a construção de uma agenda de prioridades na área de ciência, tecnologia e inovação. Inicialmente, os textos foram preparados para subsidiar o estudo "Mar e Ambientes Costeiros" trabalho solicitado ao CGEE pelo Núcleo de Assuntos Estratégicos (NAE) da Presidência da República, objetivando apoiar as autoridades no desafio de formular uma política estratégica para o mar brasileiro. Agradecemos a Antônio Teixeira, do CGEE, e a Kaiser de Souza, cedido pelo Serviço Geológico do Brasil (CPRM) e coordenador técnico dos estudos, pelo competente trabalho e capacidade de mobilização de parceiros, que refletem no conjunto de estudos aqui apresentados.

Complementando a série de artigos sobre o mar, compartilhamos com os leitores na seção Memória, um texto escrito em 1954 sobre a criação do Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo (USP) e que revela fatos interessantes da história da ciência. Documento publicado anteriormente a esse período relata que "o país, cheio de riquezas terrestres, não se interessa por essa extensão infinita de água salgada, que lança ondas impetuosas ao longo de suas extensas costas". Esse seria o primeiro argumento para a criação de uma instituição que cuidasse dos "nove mil quilômetros de costas marítimas e um dos maiores planaltos continentais do mundo" e que justificaria o "lançamento dessa semente", como descreve

o artigo. Missão cumprida e o instituto foi criado em 1946 por decreto-lei. Para sua consolidação, uma nova lei, em 1951, transfere a instituição para a USP, tornando-se referência brasileira no setor. Vale a leitura.

Registramos nesta edição a reunião do Conselho Editorial da RPE no CGEE, ocorrida em julho deste ano. Por suas valiosas contribuições e sugestões, a experiência heterogênea dos conselheiros tem sido de fundamental importância para o aperfeiçoamento da política editorial da revista. Alegra-nos acompanhar o processo de evolução que a publicação vem passando periodicamente e pelo padrão de qualidade que vem se mantendo.

Finalmente, agradecemos aos nossos leitores e colaboradores pelas suas opiniões, sugestões e contatos, que representam para nós um incentivo para continuar fazendo a Parcerias Estratégicas uma publicação cada vez melhor.

Lúcia Carvalho Pinto de Melo
Presidenta
Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE)

Apresentação

Os artigos publicados neste volume especial da Revista Parcerias Estratégicas divulgam o conteúdo integral de um trabalho que foi preparado por especialistas de diversas áreas, com o objetivo de subsidiar o estudo "Mar e Ambientes Costeiros", desenvolvido pelo Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE) por solicitação do Núcleo de Assuntos Estratégicos (NAE) da Presidência da República.

As pesquisas têm o propósito de contribuir para a ciência, tecnologia e inovação, numa visão de longo prazo, e para a ocupação efetiva do mar brasileiro e ampliação da nossa presença no Atlântico Sul e Equatorial, de forma racional e sustentável, nos planos internacional, nacional e regional, com vistas ao incremento da competitividade do país. Os textos apresentam e discutem os aspectos socioeconômicos, político-estratégicos e ambientais relacionados aos recursos minerais da plataforma continental brasileira e áreas oceânicas adjacentes do Atlântico Sul e Equatorial.

O primeiro artigo discorre sobre os avanços e retrocessos nas negociações sobre a exploração dos recursos minerais marinhos da área internacional dos oceanos que precederam o estabelecimento da Convenção das Nações Unidas sobre o Direito do Mar.

O segundo artigo trata do arcabouço legal internacional dos recursos minerais marinhos, trazendo alguns tipos diferenciados de jurisdição estabelecidos pela Convenção das Nações Unidas sobre o Direito do Mar, tais como Mar Territorial, Zona Contígua, Zona Econômica Exclusiva, Área Internacional dos Fundos Marinhos e Alto Mar que foram aplicados ao conceito de *Espaço Marinho Brasileiro*.

O terceiro artigo trata dos aspectos político-estratégicos dos recursos minerais da área internacional dos oceanos, e aponta regiões de interesse nacional para a pesquisa mineral no Atlântico Sul e Equatorial.

O quarto artigo aborda aspectos da legislação mineral e ambiental no Brasil e no exterior e sua relação com a exploração mineral marinha. Nela são apontadas algumas questões que podem vir a criar empecilhos para a exploração mineral no *Espaço Marinho Brasileiro*, com sugestões de modificações para a melhor adequação dos instrumentos existentes, tais como autorização de pesquisa, concessão de lavra e licenciamento ambiental. De vez que já existe hoje no Brasil uma forte demanda por áreas para o desenvolvimento de pesquisa mineral no mar, a discussão suscitada por esse artigo é mais do que pertinente e oportuna, pois pode evitar futuros problemas decorrentes da inadequação da legislação vigente.

O quinto artigo versa sobre os aspectos científicos dos recursos minerais marinhos, como tectônica, mudanças eustáticas do nível do mar e alterações ambientais, e compreende o ambiente de formação desses recursos e suas diferentes classificações.

O sexto artigo discorre sobre as principais ocorrências de recursos minerais na Plataforma Continental brasileira e áreas oceânicas adjacentes. Ao final, debate a adoção da Zona Costeira como um recurso minerais, a exemplo das discussões promovidas durante as reuniões do Grupo de Coordenação do Programa de Ciência Oceânica relativo a Recursos Não-Vivos (OSNLR) da Comissão Oceanográfica Intergovernamental - da Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (COI/Unesco).

O sétimo artigo discute a importância socioeconômica dos recursos minerais marinhos. Para tanto, além dos indicadores ou parâmetros tradicionalmente analisados – reserva, produção e comércio exterior –, foram utilizadas, sempre que possível e justificável, análises qualitativas enfocando três vetores que auxiliam a mensuração da importância econômica dos recursos minerais, a saber: (a) sua contribuição à cadeia de valor da economia nacional; (b) seu impacto social (avaliado à luz da imagem pública do setor); (c) sua expressão política - medida pelo espaço institucional que lhe é reservado nas estruturas e processos de gestão e implementação das políticas públicas.

O oitavo artigo apresenta um estudo sobre a tecnologia de pesquisa, e lavra dos diferentes tipos de recursos minerais que ocorrem na Plataforma Continental brasileira e regiões oceânicas adjacentes.

O nono e último artigo apresenta e discute fatos portadores de futuro, prioridades no estudo do potencial mineral marinho brasileiro e sugere uma lista de projetos estruturantes do para o desenvolvimento da atividade de mineração marinha no Brasil.

O conjunto dos textos visa ainda subsidiar a construção de uma proposta de desenvolvimento e fortalecimento de ações que contribuam para uma efetiva ampliação da presença brasileira no Atlântico Sul e Equatorial, por intermédio do reforço e consolidação de redes de cooperação formadas por órgãos governamentais, setor produtivo, instituições acadêmicas e de pesquisa e terceiro setor.

De forma mais ampla, os estudos visam:

1. Orientar o estabelecimento de estratégias governamentais relativas ao desenvolvimento científico e à exploração sustentável, no Atlântico Sul e Equatorial, dos recursos minerais marinhos presentes em áreas de grande interesse para o Brasil;

2. Indicar áreas nas quais o Brasil necessita adquirir conhecimentos científicos e tecnológicos para a pesquisa e exploração dos recursos minerais marinhos, reforçando a sua inserção no cenário mundial;

3. Propor formas de aproximação entre os setores público, acadêmico e empresarial do Brasil e estimular projetos nacionais que utilizem ciência, tecnologia e inovação como ferramentas para o desenvolvimento nas áreas marinhas e oceânicas;

4. Incentivar pesquisas científicas e tecnológicas voltadas ao conhecimento e ao aproveitamento sustentável dos recursos minerais marinhos da Plataforma Continental brasileira e áreas oceânicas adjacentes;

5. Induzir a criação de núcleos de atividades e promover o aproveitamento de recursos da Plataforma Continental brasileira e áreas oceânicas adjacentes;

6. Discutir aspectos relacionados à sustentabilidade ambiental e ao arcabouço legal de atividades de exploração dos recursos minerais marinhos.

Por fim, gostaria de agradecer ao apoio prestado para a elaboração desse estudo pelo Serviço Geológico do Brasil (CPRM), por meio de seu Diretor de Geologia e Recursos Minerais, o Dr. Manoel Barretto da Rocha Neto. Também gostaria de agradecer ao Cmt. Antonio José Teixeira e a Tatiana Pires, ambos do CGEE, pelo empenho na elaboração e publicação desse volume especial da Revista Parcerias Estratégicas, inteiramente dedicado às questões socioeconômicas e político-estratégicas dos recursos minerais marinhos da plataforma continental brasileira e áreas oceânicas adjacentes. .

KAISER GONÇALVES DE SOUZA
Chefe da Divisão de Geologia Marinha
Serviço Geológico do Brasil (CPRM)

Minerais do fundo do mar: avanços e retrocessos das negociações internacionais da Convenção das Nações Unidas sobre o Direito do Mar

Claudia Victor Pereira
Kaiser Gonçalves de Souza

Os recursos da Área[1], pela importância que têm como um novo 'horizonte' a ser conquistado, vêm despertando interesses cada vez maiores. Não apenas por seu valor econômico, em que pese as dificuldades de acesso, mas também, e talvez principalmente, pelo que representa em termos de recursos de grande valor científico, indiscutivelmente um grande avanço da humanidade. Exatamente por isto, desde que a possibilidade de exploração comercial destes recursos começou a se viabilizar, no início da década de 1960, inúmeros têm sido os embates sobre a posse destas riquezas do mar profundo. As maiores controvérsias se deram sobre quem e como se teria direitos a estas riquezas das áreas internacionais e, através de um tratado inédito, a comunidade internacional declara que estes recursos são "Patrimônio Comum da Humanidade". Garantir que este princípio fosse respeitado, que as definições da Conferência das Nações Unidas sobre o Direito do Mar fosse efetivamente adotada pelas nações, envolveu um longo tempo de árduas negociações.

O marco inicial das discussões sobre a exploração dos recursos minerais marinhos dos fundos oceânicos foi o discurso do Embaixador de Malta, Arvid Pardo, na Assembléia Geral da ONU em Caracas, em 1967, que chamou a atenção para o risco das riquezas minerais dos fundos marinhos serem apropriadas pelas poucas potências detentoras de recursos econômicos e tecnologia adequada para exploração em águas profundas. Pardo defendia

[1] A *Área* correspondente aos fundos oceânicos internacionais, que se situam além dos limites da jurisdição nacional, e é tratada na Parte XI da Convenção. *Recursos* significa todos os recursos minerais sólidos, líquidos ou gasosos *in situ* na área, no leito do mar ou no seu subsolo, incluindo os nódulos polimetálicos; art. 133 a, da CNUDM.

que as riquezas dos fundos marinhos internacionais constituíam "herança comum da humanidade". A exploração deste patrimônio comum deveria ser feita em benefício de todos, especialmente dos países em desenvolvimento.

À medida em que o desenvolvimento tecnológico avançava, possibilitando o aproveitamento econômico das riquezas minerais dos fundos oceânicos, aumentava a necessidade de se criar regras internacionais para o uso destes recursos. No início da década de 1960 existiam alguns consórcios voltados para atividades de mineração comercial na Área e quando o embaixador de Malta fez este discurso, já estava em curso um processo de apropriação destas riquezas.

Mas, se num primeiro momento o discurso do embaixador maltês conseguiu reverter este processo de apropriação dos recursos minerais marinhos pelos poucos que dispunham de meios para sua exploração, com a aprovação da Convenção das Nações Unidas sobre o Direito do Mar; as negociações para implementação das normas para exploração dos fundos oceânicos, contidas na Parte XI da CNUDM, a Área, que se concretizaram no acordo de 94, significaram um enorme retrocesso nos avanços conseguidos pela Convenção de Montego Bay, na Jamaica em 1982. Os órgãos e normas internacionais criados de acordo com o princípio de "patrimônio comum com justiça distributiva", foram adequados para atender aos interesses das potências econômicas com tecnologia para exploração em águas profundas.

2. A III Conferência das Nações Unidas sobre o Direito do Mar

As negociações internacionais visando o estabelecimento de regras para as questões do mar iniciaram após a 2ª Guerra Mundial, quando a situação geopolítica e econômica internacional passa por grandes transformações, inclusive no domínio do mar, com a redefinição do mapa político mundial. Algumas situações de fato começaram a ser criadas pelos países que passam a adotar medidas de apropriação territorial dos mares adjacentes à sua área continental, sob o argumento de se tratar da plataforma continental, uma extensão do continente, como fez os EUA, ou a fim de garantirem a exploração dos recursos vivos, como o fizeram o Chile e o Peru.

Com estas e outras situações criadas, a ONU convoca uma Assembléia Geral e, em 1958, é realizada a I Conferência das Nações Unidas sobre o Direito do Mar.

Desta I Conferência surgem cinco instrumentos regulando alguns temas pontuais sobre o Direito do Mar:

- a Convenção sobre o Mar Territorial e a Zona Contígua;
- a Convenção sobre a Plataforma Continental;
- a Convenção sobre o Alto Mar;
- a Convenção sobre Pesca e Conservação dos Recursos Biológicos do Mar;
- o Protocolo Facultativo sobre a Solução Obrigatória de Controvérsias.

Embora a questão da exploração dos recursos minerais marinhos nos fundos oceânicos já estivesse em pauta, esse era um assunto ainda muito incipiente para se tornar objeto de uma regulamentação internacional. Há muito já se tinha conhecimento da existência destes minerais nos fundos marinhos, mas sua viabilidade de exploração comercial ainda era apenas uma expectativa na segunda metade da década de 1950.

Com esses e outros temas controversos pendentes de definições em âmbito internacional, tais como a largura do mar territorial ou a delimitação das zonas de pesca, em 1960 foi realizada a II Conferência das Nações Unidas sobre o Direito do Mar, que não avançou muito nas discussões e não houve nenhuma definição que fosse significativa.

Independente de maiores acordos internacionais sobre esses assuntos, as pesquisas e avanços tecnológicos continuaram, ampliando os interesses econômicos sobre os recursos minerais marinhos. Com isso, ampliando também as controvérsias diante da possibilidade de apropriação dos recursos por alguns poucos, e diante da possibilidade dos danos ambientais das atividades afetarem a todos. As preocupações acabaram sendo expressas no discurso do embaixador maltês A. Pardo, quem propôs as bases essenciais para exploração dos recursos existentes no solo e subsolo das áreas oceânicas sob jurisdição internacional, que deveriam pertencer à humanidade em geral. O resultado dessa Assembléia Geral foi a criação do Comitê dos Fundos

Marinhos a fim de debater uma regulamentação para as áreas oceânicas situadas além das jurisdições nacionais.

Duas posições antagônicas se destacaram nos debates do Comitê, "de um lado, os minimalistas, que uniam países desenvolvidos, liderados pelos EUA, na defesa de um enfoque radical de livre empresa para o aproveitamento dos recursos da Área, e países comunistas liderados pela URSS, com uma concepção de nacionalismo extremo para o problema; do outro, os maximalistas, que congregavam a grande maioria dos países em desenvolvimento, a advogar o máximo de internacionalização possível no regime dos fundos marinhos. Essas duas grandes correntes eram permeadas pelos conflitos Leste-Oeste e Norte-Sul que persistiram como elemento fundamental do contexto negociador da questão até a conclusão da Convenção em 1982 (FIGUEIRÔA, p. 51)".

Como resultado das negociações do Comitê, em 1970, na Assembléia Geral da ONU foi aprovada a "Declaração de Princípios que governam os Fundos Marinhos, o leito do Oceano, e seu subsolo, além dos limites da Jurisdição Nacional". Esses eram os princípios que iriam reger o Direito do Mar nas áreas internacionais, como havia defendido o embaixador maltês ao desencadear estes debates. Os recursos da Área se tornaram patrimônio comum da humanidade a serem utilizados em benefício de todos, em especial dos países em desenvolvimento.

O próximo passo seria a III Conferência das Nações Unidas sobre o Direito do Mar, convocada em 1973, levou nove anos de longas e difíceis negociações, para em 1982 a comunidade internacional, pela primeira vez, acordar um conjunto de princípios e normas sobre os oceanos tratando de temas e jurisdições variadas, a Convenção das Nações Unidas sobre o Direito do Mar (CNUDM). Até então o que se tinha eram regras consuetudinárias, decorrentes dos usos e costumes que se estabeleceram ao longo dos anos, em sua grande maioria sobre navegação, ou então, acordos localizados entre os Estados envolvidos em determinadas matérias ou região.

No transcorrer da III Conferência as discussões relacionadas aos recursos dos fundos marinhos situados além das jurisdições nacionais, na Área, foram permeadas de grandes controvérsias durante todo o processo negociador e gerou inúmeros impasses. De um lado, os países com recursos econômicos e tecnológicos para exploração em águas profundas defendendo seus interesses de apropriação desses recursos; de outro lado, os países em

desenvolvimento, representados pelo G77, defendendo os recursos da Área como "patrimônio comum da humanidade" a ser aproveitado em benefício de todos.

Durante as reuniões (RIBEIRO, p. 49-58) realizadas nesses nove anos, até sua conclusão em Montego Bay em 1982, os dois blocos se debateram duramente, particularmente no que se refere aos recursos dos fundos oceânicos internacionais, a Área. O G77 apresentou uma proposta defendendo amplos poderes à Autoridade Internacional dos Fundos Marinhos[2] na regulamentação da mineração na Área, atendendo aos interesses dos países produtores terrestres dos metais encontrados nos nódulos polimetálicos. Tiveram a oposição dos EUA, do Japão e dos países da Comunidade Européia. Os EUA defendiam um enfoque de livre mercado e um sistema paralelo, segundo o qual partes da Área seriam reservadas à exploração em regime internacional, pela Autoridade, e outras partes seriam livres para exploração direta e em benefício próprio. Na ocasião foram aprovadas a limitação da exploração na Área e a divisão eqüitativa dos benefícios, o que gerou um impasse nas negociações. Impasse este que resultou em um novo texto enfatizando a necessidade de se fortalecer a economia mundial e aumentar a disponibilidade de recursos minerais. Acabou-se optando por um sistema paralelo de exploração a ser feito tanto pela Autoridade, por meio da Empresa[3], quanto pelos Estados, com regras de limitação da produção e de proteção aos países em desenvolvimento, um mecanismo antimonopólio e a revisão do sistema após um certo prazo.

A partir de então, as controvérsias voltaram-se para as forma de deliberação das decisões da Autoridade. Os países detentores de tecnologia defendiam possibilidades de veto ou voto ponderado. Os países do G77 defendiam igual peso para todos e decisões por maioria. Acabou se chegando a um acordo com um sistema de maioria complexas, com um quorum que varia de acordo com a matéria em discussão.

Antes mesmo de terminar este processo de discussão, os EUA anunciavam que não se vinculariam à Convenção das Nações Unidas sobre o Direito do Mar, sob o argumento de que o processo decisório estabelecido

[2] Autoridade Internacional dos Fundos Marinhos. Entidade criada pela III CNUDM para aplicação dos princípios e regras que regem a conduta dos Estados em relação à parte do mar denominada Área.
[3] A Empresa é o braço operacional da Autoridade, que deveria exercer as atividades de exploração na Área.

não daria aos países com grandes investimentos, um papel que protegesse seus interesses e as regras sobre transferência de tecnologia obrigatória violavam os princípios de economia de mercado e de propriedade intelectual.

A Convenção sobre o Direito do Mar foi aprovada em 30 de abril por 130 votos favoráveis, 4 contra e 17 abstenções. Os votos contrários foram dos EUA, Israel, Turquia e Venezuela. "... os Estados Unidos se opunham à natureza, reputada "dirigista", do regime da Área; ao passo que Israel repudiava especialmente a possibilidade de a Organização para a Libertação da Palestina se beneficiar da explotação dos recursos da Área. A grande maioria das abstenções proveio dos países da Europa Ocidental, por causa do regime definido para a Área, e dos países socialistas, que consideravam que algumas das provisões da Convenção sobre investimentos pioneiros favoreciam indevidamente os EUA (FIGUEIRÔA , p 62)."

Ao final, em dezembro de 1982, em Montego Bay, na Jamaica, celebrou-se a cerimônia de abertura do tratado à assinaturas. Foram 117 países que assinaram a Convenção, entre eles o Brasil, que veio a ratificá-la em 1988. Como um dos tratados mais extensos e complexos já negociados em âmbito internacional, a Convenção das Nações Unidas sobre o Direito do Mar entrou em vigor em 16 de novembro de 1994, um ano após o 60º país ratificá-la.

Juntamente com a Convenção, a III Conferência aprovou duas resoluções relacionadas diretamente com a exploração dos fundos oceânicos: a Resolução I que trata da Comissão Preparatória da Autoridade Internacional dos Fundos Oceânicos e do Tribunal Internacional do Direito do Mar e a Resolução II, destinada à proteção dos investimentos realizados antes da entrada em vigor da Convenção.

A CNUDM em suas Partes e Anexos, define um quadro detalhado de regulamentação dos espaços oceânicos:

Parte I – introdução
Parte II – mar territorial e zona contígua
Parte III – estreitos utilizados para a navegação internacional
Parte IV – estados arquipélagos
Parte V – zona econômica exclusiva
Parte VI – plataforma continental

Parte VII – alto mar
Parte VIII – regime das ilhas
Parte IX – mares fechados ou semi-fechados
Parte X – direito de acesso ao mar a partir do mar dos Estados sem litoral e liberdade de trânsito
Parte XI – a área
Parte XII – proteção e preservação do meio marinho
Parte XIII – investigação científica marinha
Parte XIV – desenvolvimento e transferência de tecnologia marinha
Parte XV – solução de controvérsias
Parte XVI – disposições gerais
Parte XVII – disposições finais
Anexo I – espécies altamente migratórias
Anexo II – comissão de limites da plataforma continental
Anexo III – condições básicas para a prospecção, exploração e aproveitamento
Anexo IV – estatuto da Empresa
Anexo V – conciliação
Anexo VI – estatuto do Tribunal Internacional do Direito do Mar
Anexo VII – arbitragem
Anexo VIII – arbitragem especial
Anexo IX – participação das Organizações Internacionais
Resolução I – criação da Comissão Preparatória da Autoridade Internacional dos Fundos Marinhos e do Tribunal Internacional do Direito do Mar
Resolução II – sobre investimentos preparatórios nas atividades pioneiras relacionadas com nódulos polimetálicos.

Especificamente sobre os recursos minerais dos fundos marinhos, o tema sobre o qual nos detemos, a Parte XI da Convenção trata da Área e da Autoridade. Em outras disposições da Convenção encontramos matérias correlatas, o Anexo III trata das condições para uso dos recursos da Área, o Anexo IV traz o Estatuto da Empresa, e as Resoluções I e II da Ata Final cuidam, respectivamente, da Comissão Preparatória e dos investimentos pioneiros na Área.

3. O Acordo para a implementação da Parte XI, a Área

A adesão à Convenção deveria ser integral, não admitindo reservas às suas partes, inclusive à Parte XI, relativa à explotação dos fundos oceânicos (RIBEIRO, p. 58), a mais controvertida. Porém, apesar da Convenção ter finalizado seus trabalhos, as divergências sobre este tema não se encerraram com a abertura da CNUDM para assinaturas em 1982. Muito pelo contrário, os países detentores dos meios de exploração em águas profundas, descontentes com as deliberações da III Conferência, prosseguiram em suas tentativas de reverter as regras estabelecidas para os fundos oceânicos, gerando mais uma longa rodada de difíceis negociações, até a Convenção das Nações Unidas sobre o Direito do Mar começar a vigorar em 16 de dezembro de 1994. Durante este processo de discussão foram feitas muitas alterações entre o que propunha a Convenção das Nações Unidas sobre o Direito do Mar e os resultados do Acordo para a Implementação da Parte XI, a Área.

Os países detentores de tecnologia, particularmente os EUA[4], não concordando com as definições para o aproveitamento dos recursos da Área e as formas de deliberação do órgão regulador destas atividades, a Autoridade Internacional dos Fundos Marinhos, iniciaram ações paralelas ao que havia sido definido na Convenção. Passaram a estabelecer leis próprias e a conceder licenças de exploração, principalmente na região da fratura de Clarion-Clipperton, onde existe uma concentração bastante expressiva de nódulos polimetálicos. Essas iniciativas paralelas levaram a Comissão Preparatória da Autoridade Internacional dos Fundos Marinhos e do Tribunal Internacional do Direito do Mar, a declarar ilegal a exploração dos recursos marinhos que não estivessem de acordo com o regime definido na Parte XI da Convenção.

As discussões para a elaboração de regras relativas à explotação dos recursos dos fundos marinhos iniciada pela Comissão Preparatória a partir de 1988, foram marcada por tentativas no sentido de se modificar o regime estabelecido pela CNUDM para a Área. Foram introduzidas várias alterações na Resolução II, que trata dos investimentos nas atividades pioneiras[5] com

[4] Estados Unidos, Reino Unido, República Federal da Alemanha, Bélgica, França, Itália, Japão e Países Baixos, os que possuíam capitais investidos nos quatro consócios em operação na época.

nódulos polimetálicos, atendendo as demandas dos países que possuíam recursos econômicos e tecnológicos para exploração em águas profundas.

Com o fato de a maioria dos países que poderiam promover a exploração dos recursos da Área não aderirem à Convenção, aliada a fatores econômicos com o desestímulo ao aproveitamento destes recursos decorrente do aumento da produção terrestre dos minerais encontrados nos nódulos polimetálicos, a implementação da Convenção poderia não ser efetivada. Diante disto, a ONU inicia, em 1990, um processo de negociações com estes países no qual foram identificados os pontos críticos no texto da Convenção de Montego Bay: os custos; a Empresa; o processo decisório; a Conferência de Revisão; a transferência de tecnologia; a limitação da produção; o fundo de compensação; os termos financeiros dos contratos, e as considerações ambientais. (FIGUEIRÔA , p. 85)

A participação dos países mais avançados na exploração marinha buscava, adequar o texto da Convenção aos seus interesses, antes de sua entrada em vigor, que se aproximava com o aumento no número de ratificações. As negociações se intensificaram, passando a ter inclusive uma maior participação dos EUA que até então se mantinha distante.

Em todo este processo de discussão a possibilidade de intervenção dos países com menor capacidade de exploração mineral marinha foi cedendo lugar aos interesses dos países que detinham os meios de exploração em águas profundas, incluindo aí aqueles que sequer faziam parte da Convenção.

Como resultado destas discussões, em julho de 1994 a Assembléia Geral da ONU adotou o Acordo para a Implementação da Parte XI da Convenção das Nações Unidas sobre o Direito do Mar. Como o Acordo só passaria a vigorar a partir de 1996, passou a vigorar provisoriamente como forma de garantir que a Convenção não seria aplicada independentemente de suas normas.

Durante esta vigência provisória, os Estados que não fossem partes da Convenção ou do Acordo, poderiam participar do regime da Área e mesmo da Autoridade, com todos os direitos e obrigações de um membro pleno.

[5] Nos termos da Resolução II da CNUDM, as atividades pioneiras correspondem aos empreendimentos, comprometimentos financeiros, estudos, desenvolvimento de tecnologias, extração de amostras de nódulos e outras atividades relacionadas com a identificação, descoberta, análise sistemática e avaliação de nódulos polimetálicos e com a determinação da viabilidade técnica e econômica de sua extração.

Assim, Estados não membros da Convenção ou do Acordo, como os Estados Unidos e o Canadá, puderam participar da Autoridade, tomar assento na Assembléia, no Conselho, na Comissão Jurídica e Técnica e no Comitê de Finanças, fazendo valer seus interesses em igualdade de condições com os membros efetivos da CNUDM.

O Acordo resultou em um instrumento esdrúxulo, elaborado por procedimentos alheios àqueles previstos no texto convencional (FIGUEIRÔA, p. 115) da Convenção, a ser aplicado conjuntamente com as normas da Convenção de Montego Bay, como se fossem um único. Em caso de conflitos, prevalecem as normas do Acordo sobre as da Convenção.

A previsão de uma Conferência de Revisão para avaliar os resultados e proceder às alterações convenientes foi suprimida. A revisão das matérias passou para ser feita pela Assembléia, sob recomendação do Conselho da Autoridade, onde os países detentores dos meios de exploração poderiam bloquear qualquer tentativa em desacordo com seus interesses. Isto foi decorrência das mudanças no processo decisório onde os países menos favorecidos perdem muitos mecanismos definidos na Convenção para beneficiá-los.

O conceito de "patrimônio comum da humanidade", um dos princípios que rege a Área e sob o qual foi concebido a Autoridade, deixou de ter grande parte de seu conteúdo de justiça distributiva. A Autoridade Internacional dos Fundos Marinhos, que exerceria um papel preponderante na proteção da Área em benefício da humanidade e em especial dos países em desenvolvimento, perdeu diversas prerrogativas, restando apenas a função essencialmente reguladora e fiscalizadora da atuação dos Estados e dos consórcios privados na Área. A Empresa, o órgão operacional da Autoridade, até hoje ainda não está funcionando. Um dos poucos avanços do Acordo foi o de ampliar a ênfase nas questões ambientais dentro das competências da Autoridade.

4. Resultados do acordo

4.1 A Área

Em relação à Área especificamente, não existiram alterações ao texto da Convenção. A Área correspondente aos fundos, marinhos e oceânicos

que se situam além dos limites da jurisdição nacional é tratada na Parte XI da Convenção, que define a Área e seus recursos como "patrimônio comum da humanidade", com justiça distributiva. A liberdade dos mares é também todos terem igualmente condições de acesso ao mar e a seus benefícios.

Os recursos da Área compreendem todos os minerais sólidos, líquidos ou gasosos *in situ* no leito do mar ou no seu subsolo, incluindo os nódulos polimetálicos, as crostas cobaltíferas e os sulfetos polimetálicos. Uma vez extraídos da Área, os recursos são referidos como minerais, e seus extratores podem dispor destes minerais livremente.

Embora não integrem o "patrimônio comum da humanidade" os recursos vivos e os objetos históricos e arqueológicos situados na Área, a Autoridade Internacional dos Fundos Marinhos está encarregada de sua proteção e preservação. Em caso de descoberta de qualquer objeto de natureza arqueológica ou histórica a Autoridade Internacional dos Fundos Marinhos deverá ser informada do que se trata e de sua localização, e será retransmitido à Unesco, a responsável na proteção destes objetos, tendo em conta os direitos preferenciais do país, de origem cultural, histórica e arqueológica.

4.2 A AUTORIDADE INTERNACIONAL DOS FUNDOS MARINHOS

A Autoridade Internacional dos Fundos Marinhos é uma organização internacional autônoma de caráter supranacional, por meio da qual os Estados-membros organizam e controlam as atividades na Área, com vista ao aproveitamento dos recursos minerais ali localizados. É a institucionalização da cooperação internacional que tem entre suas finalidades garantir que utilização dos fundos marinhos beneficie toda a humanidade. A distribuição eqüitativa dos benefícios auferidos pela gestão da Área deve ter em conta os interesses e necessidades dos Estados em desenvolvimento e dos povos que não tenham alcançado a plena independência.

A Autoridade é constituída de uma Assembléia, um Conselho, uma Comissão Jurídica e Técnica, um Comitê de Finanças, a Empresa e o Secretariado. O Brasil é membro do Conselho desde sua formação em 1996, até 2008, quando serão feitas novas eleições pela Assembléia.

Na administração da Área, a Autoridade deve atuar em bases comerciais e se subordinar às limitações espaciais (a jurisdição se restringe à Área), materiais (a competência é sobre os recursos minerais *in situ* na Área) e legais (atuar de acordo com as normas e procedimentos definidos na Convenção).

Para exercer suas funções a Autoridade é dotada de amplas competências e provida de um braço operacional, que é a Empresa. Ela deverá competir com as empresas privadas ou estatais na exploração dos recursos da Área através de um regime de concorrência organizado pela Autoridade. Embora deva agir de acordo com princípios comerciais, o faz na qualidade de parte da Autoridade, em nome e no interesse de toda a humanidade. Para muitos países com condições de exploração da Área, ela é uma ameaça a seus interesses comerciais e, com isto, estabeleceram condições que limitam a eficácia dos mecanismos de garantia de implementação da Empresa. A igualdade de tratamento imposta pelo Acordo eliminou os privilégios que garantiriam sua entrada em operação. Os Estados Partes não têm mais a obrigação de financiar uma área de mineração para a Empresa, e o dever da transferência de tecnologia também foi eliminado. Sem acesso ao capital e à tecnologia necessárias, a Empresa ficou na dependência dos contratantes para poder se tornar uma realidade efetiva. Até lá o Secretariado da Autoridade exercerá suas funções: os estudos e monitoramento de atividades relacionadas à exploração dos recursos da Área, as questões ambientais, as pesquisas científicas e os avanços tecnológicos relacionados a essas atividades.

A Autoridade deve pautar-se pelos princípios da igualdade soberana dos Estados-membros, o que não impede o reconhecimento de que existem desigualdades materiais entre eles, em especial no que tange à acessibilidade aos recursos da Área. Implica em um tratamento desigual para a correção das desigualdades existentes, e não para reforçá-las. Essa igualdade soberana foi parcialmente violada pela alteração do sistema de composição e de votação no Conselho, adotadas pelo Acordo, que concede um direito de veto que pode bloquear a adoção de qualquer decisão de fundo para a qual a Convenção não exija consenso. Decisões que afetam o "patrimônio comum de toda a humanidade" podem ser bloqueadas por apenas sete Estados-membros.

Além do sistema de votação, o Acordo para Implementação da Parte XI da CNUDM implicou em várias outras mudanças no que originalmente havia sido aprovado na Convenção de Montego Bay.

O caráter da Assembléia, a quem compete a adoção da política geral como órgão supremo da Autoridade, reduziu-se praticamente à chancelar decisões tomadas pelo Conselho que, em termos práticos, representa o órgão máximo da Autoridade. São poucas as funções significativas da Assembléia, a maioria subordinada ao exercício em conjunto com o Conselho. Em matérias que o Conselho também tenha competência, bem como as de natureza administrativa, orçamentária ou financeira, a Assembléia só pode decidir baseada nas recomendações desse órgão. Em matéria de competência ficou estabelecida a predominância do Conselho sobre a Assembléia.

O Conselho é o órgão executivo da Autoridade e centro de seu poder decisório. Com as polêmicas geradas durante as negociações de constituição deste Conselho, prevaleceu a posição dos países com tecnologia para a exploração da Área. A composição foi outro ponto de discussões, ficando definida a posição dos países que defendiam a representação de interesses, garantindo uma maior participação no Conselho, em detrimento de uma representação geográfica eqüitativa, já tradicionalmente utilizada. Também o sistema de votação teve negociações difíceis e prevaleceu a representação de interesses que apenas reforçam as desigualdades econômicas e tecnológicas entre os Estados. Ao final, da forma como se definiu seu processo decisório, o Conselho ficou, na prática, incapaz de cumprir adequadamente suas funções sem o consentimento dos grupos de interesses minoritários, dotados de capacidade de bloquear decisões em praticamente todas as questões importantes de competência da Autoridade.

Houve uma redução na autonomia financeira da Autoridade. A Comissão de Planejamento Econômico foi extinta e suas funções foram absorvidas pela Comissão Jurídica e Técnica. Foi criado um Comitê de Finanças onde os Estados desenvolvidos garantiram maioria absoluta. O fundo de assistência econômica para beneficiar os países em desenvolvimento produtores terrestres dos minerais encontrados na Área, foi restringido, reduziram os recursos e a concessão da assistência será decidida caso a caso pelo Conselho, sob recomendação do Comitê de Finanças.

O Acordo de 1994 retirou da Autoridade o poder de controle da produção mineral da Área, tornou-se sem efeito as disposições sobre as políticas de produção, previstas no art. 151 da Convenção, e as condições básicas para a prospecção, exploração e aproveitamento dos nódulos polimetálicos contidas no Anexo III.

Diante de todas estas dificuldades a Autoridade Internacional dos Fundos Marinhos só se tornou operacional em 1996.

5. O REGULAMENTO PARA A PROSPECÇÃO E EXPLORAÇÃO DE NÓDULOS POLIMETÁLICOS NOS FUNDOS OCEÂNICOS INTERNACIONAIS

Os primeiros minerais dos fundos marinhos a serem conhecidos e despertarem interesse econômico foram os nódulos polimetálicos. Os debates sobre a regulamentação das atividades de mineração nos fundos marinhos internacionais foram os mais polêmicos durante todo o processo de negociações da comunidade internacional. E não por acaso, foi sobre estas atividades um dos primeiros temas sobre os qual se debruçou a Autoridade.

As condições básicas que estabelecem as linhas mestras para as atividades de mineração dos nódulos polimetálicos na Área, foram definidas no Anexo III da Convenção. Dando continuidade à estas definições a Comissão Especial nº. 3 da Comissão Preparatória da Autoridade e do Tribunal, entre 1984 e 1990 encarregou-se da elaboração de uma proposta regulamentação destas atividades. Esse trabalho acabou não sendo aproveitado uma vez que ficou defasado diante das alterações impostas pela adoção do Acordo em 1994.

Diante disso, em 1997 a Comissão Jurídica e Técnica da Autoridade iniciou os debates para a elaboração de um Regulamento para Prospecção e Exploração dos Nódulos Polimetálicos na Área, aprovado pela Assembléia da Autoridade em julho de 2000. É a base legal dos planos de trabalho para exploração de nódulos polimetálicos e contêm várias referências à proteção do ambiente marinho, com uma série de diretrizes para o levantamento dos impactos resultantes da exploração de nódulos polimetálicos. Entre essas incluem-se o estabelecimento de zonas de referência, implementação de programa de monitoramento, submissão de informações específicas, e responsabilidades por impacto ambiental.

5.1 PROSPECÇÃO E EXPLORAÇÃO DOS NÓDULOS POLIMETÁLICOS

Como a primeira peça jurídica produzida pela Autoridade, o Regulamento para Prospecção e Exploração dos Nódulos Polimetálicos na Área, tem aplicação imediata e deve ser empregado conjuntamente com a Convenção e o Acordo como um único instrumento.

As negociações para elaboração desse regulamento se debateram principalmente sobre a proteção do ambiente marinho e o sigilo dos dados e informações. Havia grande oposição ao princípio da precaução[6], com a exigência de garantias ambientais e a responsabilização pelos danos ambientais após a fase de exploração. A aplicação deste princípio representou um avanço fundamental no regime da Área, compatibilizando-o com os avanços verificados desde a Rio-92. A fórmula encontrada para conciliar as posições conflitantes foi o comprometimento do contratante para que sejam adotadas todas as medidas necessárias fazendo uso da melhor tecnologia na medida em que seja razoavelmente possível. Caberá no futuro estabelecer os critérios para a determinação dos limites do "razoavelmente possível" e julgar o uso das melhores opções tecnológicas disponíveis ao contratante (FIGUEIRÔA , p. 142-143).

Em relação ao sigilo das informações, alguns Estados mineradores queriam a autonomia das empresas quanto à definição do caráter confidencial dos dados e informações e manutenção indefinida do sigilo, devido ao elevado custo da pesquisa, e o caráter sensível, do ponto de vista comercial, de grande parte desta informação. A eles confrontavam-se as posições da maior parte dos Estados-membros da Autoridade que pretendiam impor limites a esse sigilo, com a disponibilização de dados como uma forma de facilitar o acesso dos Estados menos favorecidos às tecnologias para o desempenho dessas atividades e a transparência das informações necessárias ao bom funcionamento dos órgãos da Autoridade. Adotou-se uma definição ampla, ficando a critério do contratante o que deve ser considerado confidencial, o sigilo permaneceria por um período de dez anos e a cada cinco anos serão revisados para determinar a necessidade da preservação do sigilo.

---

[6] Princípio 15 da Declaração do Rio sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (Eco-92): "de modo a proteger o meio marinho, o princípio da precaução deve ser amplamente observado pelos Estados, de acordo com suas capacidades. Quando houver ameaça de danos sérios ou irreversíveis, a ausência de absoluta certeza científica não deve ser utilizada como razão para postergar medidas eficazes e economicamente viáveis para prevenir a degradação ambiental".

O texto integral do Regulamento é composto por 40 artigos distribuídos em nove Partes e quatro Anexos. As Partes disciplinam as atividades de prospecção e exploração dos nódulos, a proteção e a preservação do meio marinho na condução dessas atividades, o sigilo dos dados e informações, a solução de controvérsias e os procedimentos em caso de localização de recursos minerais que não sejam os nódulos ou de objetos culturais ou arqueológicos. Os Anexos são notificações e pedidos de planos de trabalho para a exploração, um modelo de contrato e cláusulas pétreas. Adicionalmente a Comissão Jurídica e Técnica da Autoridade preparou recomendações para orientar os contratantes das possíveis repercussões ambientais da exploração, descrevendo os procedimentos para reunir dados básicos e para monitorar as atividades que possam causar graves danos ao ambiente marinho na Área.

O preâmbulo, em conformidade com a Convenção, reafirma que os recursos da Área são "patrimônio comum da humanidade" e que as atividades econômicas devem beneficiar a humanidade como um todo.

A primeira Parte do Regulamento contém uma série de definições que não constavam da CNUDM. Os nódulos polimetálicos são definidos como os recursos da Área que consistem de depósitos ou acúmulos de nódulos, sobre ou imediatamente abaixo da superfície dos fundos marinhos, que contêm manganês, níquel, cobalto e cobre (FIGUEIRÔA , p. 135).

O texto do Regulamento amplia o entendimento de mineração, estendendo-se à investigação científica e ambiental, comércio e indústria de mineração. Distingue três fases de mineração dos nódulos polimetálicos: a prospecção, a exploração e a explotação. Embora essa última, a lavra para fins comerciais tenha sido definida, o regime das atividades de explotação não foram objeto de regulamentação, o Regulamento trata apenas das fases de prospecção e de exploração.

A Prospecção está definida como pesquisa da potencialidade dos depósitos minerais, incluindo estimativas de sua composição, tamanho, distribuição e valor, sendo possível a extração de minerais para testes e não existe limitação de tempo para estas atividades. Não confere direito algum sobre os recursos ou a região pesquisada, que somente poderá ser obtido mediante o contrato de exploração ou explotação. Dois ou mais prospectores podem atuar numa mesma região da Área.

É necessário que o secretário geral da Autoridade seja notificado das atividades de prospecção, que recusará projetos em área que já tenham exploração ou explotação, em área reservada à Autoridade ou naquelas em que existam riscos de danos graves ao ambiente marinho. O secretário geral informará periodicamente a identidade dos prospectores e as áreas em que se realizam as prospecções.

O prospector está obrigado a cooperar com os programas de capacitação relacionados à pesquisa científica, proteção do ambiente marinho e transferência de tecnologia; a informar imediatamente a ocorrência de acidente relacionado à prospecção e que provoque grave dano ao ambiente; e deverá apresentar um relatório anual contendo a descrição geral da pesquisa e os resultados obtidos.

Não há, nem na Convenção nem no Regulamento, uma distinção clara entre a prospecção e a investigação científica, a pesquisa básica e a pesquisa aplicada. (ESCOBAR, p. 43). A investigação científica é livre para todos os Estados[7], e deve ser feita em benefício de toda a humanidade. Sem esta clara distinção, em algumas circunstâncias as atividades de pesquisa aplicada, entendidas como a prospecção, podem ser exercidas como se fossem pesquisas científicas (FIGUEIRÔA , p. 135).

A Exploração foi definida como a prova de equipamentos coletores, análise dos sistemas de mineração, de processamento e de transporte; estudos ambientais, técnicos econômicos e comerciais, protegidos por direitos exclusivos da área explorada.

A Parte III do Regulamento determina quem pode submeter um projeto de exploração, o conteúdo dos projetos, as taxas cobradas e os critérios de avaliação dos mesmos. Podem submeter projetos de exploração à Autoridade: a Empresa, isoladamente ou em cooperação, e os Estados Partes, empresas estatais, pessoas jurídicas ou físicas, desde que patrocinadas pelo referido Estado, a quem cabe a responsabilidade de fazer cumprir os termos do contrato e respeitar a Convenção.

[7] CNUDM, art. 256 – Investigação científica marinha na área – Todos os Estados, independentemente da sua situação geográfica, bem como as organizações internacionais competentes, têm o direito, de conformidade com as disposições da parte XI, de realizar investigação científica marinha na área.

O Regulamento para fins de exploração requer a apresentação de diferentes tipos de informações, tanto antes da aprovação como durante as operações.

Para exercer as atividades de exploração há necessidade de aprovação de um pedido junto à Autoridade contendo o plano de trabalho especificado no contrato já celebrado, e a apresentação de diversos tipos de informações, nas diferentes fases de aprovação e operação das atividades na Área. O art. 18 do Regulamento traz as informações que devem ser apresentadas no pedido de aprovação do Plano de Trabalho:

- a descrição geral da exploração com o período de duração, deve incluir um programa de atividades para um período imediato de cinco anos que inclua a descrição dos estudos ambientais, técnicos, econômicos e outros pertinentes;
- uma descrição detalhada de um programa de estudos de referência oceanográfico e ambiental, dados ambientais básicos, que facilitem a avaliação dos impactos das atividades de exploração;
- uma avaliação preliminar dos possíveis efeitos sobre o ambiente advindos da exploração;
- um detalhamento das medidas sugeridas para a proteção e preservação do ambiente marinho;
- um programa prático de capacitação do pessoal da Autoridade e dos países em desenvolvimento, atendendo ao art. 15 do Anexo III da Convenção e ao art. 27 do Regulamento. O Acordo para a Implementação da Parte XI, apesar de haver eliminado os dispositivos sobre transferência de tecnologia, não fez o mesmo em relação à obrigação de capacitação de pessoal. Os primeiros resultados de capacitação desenvolvidos pelos investidores abarcaram principalmente as ciências geológicas, seguido da metalurgia, da eletrônica e da ecologia. (ESCOBAR, p. 45)

O Plano de Trabalho uma vez aprovado pelo Conselho, será celebrado um contrato entre a Autoridade e o contratante. A vigência dos contratos será de 15 anos, após o qual o deverá ser solicitada a aprovação do projeto de explotação.

O Regulamento mantém o sistema de reserva de áreas para as atividades da Empresa ou de países em desenvolvimento, definido no art. 8 do Anexo III da Convenção. Cada pedido deve cobrir uma área total, não

necessariamente contínua, com uma superfície e um valor comercial estimativo suficientes para permitir duas operações de mineração. O peticionário apresentará áreas que possam ser divididas em duas partes de igual valor comercial estimativo e comunicará os dados obtidos referentes às duas partes da área. Os dados devem referir-se ao levantamento cartográfico, à amostragem, à concentração dos nódulos e ao seu teor em metais. A Autoridade designará qual parte será reservada exclusivamente para a realização de atividades por intermédio da Empresa ou em associação com Estados em desenvolvimento. A área designada tornar-se-á uma Área Reservada assim que o plano de trabalho para a área não reservada tiver sido aprovado e o contrato assinado.

Todos os sete investidores pioneiros registrados perante a Comissão Preparatória já assinaram os contratos de exploração de 15 anos com a Autoridade. Os primeiros foram assinados em 2001. O último investidor pioneiro a celebrar o contrato de exploração com a Autoridade no regime definitivo foi a Índia em 2002, que havia sido a primeira a obter o registro de investidor pioneiro perante a Comissão Preparatória em 1987. Seis contratos são para exploração na Fratura Clarion-Clipperton e o sétimo é com a Índia para uma área na Bacia Central do Oceano Indico.

5.2 A proteção ambiental

Os fundos oceânicos apresentam características ambientais únicas, com uma flora e fauna toda própria, adaptadas às condições de ausência de luminosidade, pressão altíssima e temperatura muito baixa. Na zona abissal, de profundidades iguais ou maiores 4.000m, concentra-se grande número de espécies, mas com números pequenos de exemplares, o que aumenta os riscos de extinção. Em Clarion-Clipperton, uma região de ocorrência de nódulos polimetálicos, encontra-se uma fauna endêmica, limitada a esse ambiente marinho e não se sabe se a vida existente nessas zonas subsistiria caso ocorra exploração em toda a extensão desta área.

A proteção do ambiente marinho está disciplinada na Parte V do Regulamento, embora também esteja contida em várias outras disposições no conjunto do texto.

Foram estabelecidos procedimentos que permitem avaliar o impacto ambiental na medida em que se desenvolvem as atividades de mineração, de uma maneira progressiva. Isto contribui para facilitar a avaliação e melhorar os procedimentos de mineração, permitindo uma avaliação das

conseqüências ambientais na fase inicial e depois de iniciadas as operações de exploração, os procedimentos e as tecnologias adotadas. Isto ocorre porque as obrigações ambientais têm natureza progressiva, uma vez que durante a fase inicial de exploração (sensoriamento remoto, retirada de pequenas amostras) os impactos são mínimos. Apenas com o início das atividades de testes de coleta e processamento dos nódulos os riscos ambientais se evidenciam, quando então o contratante é obrigado a efetuar a avaliação prévia de impacto ambiental e apresentar propostas para sua minimização (FIGUEIRÔA , p.138). O Regulamento tem a primeira etapa de avaliação ambiental que acompanha o pedido de licença para exploração, com informações científicas, medições biológicas, químicas, físicas, sedimentológicas, oceanográficas e outras a serem utilizadas como referência básica que possibilitem realizar as avaliações de impacto ambiental; e a segunda etapa é uma avaliação posterior sobre os testes de mineração, apoiada nos dados de referência básica do estado inicial da área explorada.

As informações ambientais exigidas pelo Regulamento são:

- descrição geral do Programa de Exploração, incluindo as atividades e os estudos a se realizar.;
- definição e delimitação da extensão da área reservada e o valor comercial estimado;
- avaliação preliminar dos efeitos das atividades propostas;
- avaliação posterior considerando os estudos e bases de referência;
- descrição das medidas propostas para proteção e preservação do meio marinho;
- programa de monitoramento dos efeitos.

Dentro do princípio da precaução, a Avaliação de Impacto Ambiental é uma antecipação das conseqüências das atividades mineradoras sobre o ambiente marinho, sendo utilizada como uma ferramenta para decidir sobre a validade ambiental dos planos de trabalho. Qualquer atividade, seja de prospecção ou de exploração, não poderá ser exercida se implicar em graves danos ambientais e, caso ocorram acidentes durante a operação das atividades, o secretário geral da Autoridade deverá ser notificado imediatamente. Enquanto o Conselho estuda as decisões a serem tomadas, o secretario geral tomará medidas para prevenir, conter e reduzir ao mínimo o dano ambiental causado.

Entre as condições exigidas para a celebração de um contrato de exploração pela Autoridade, inclui-se a avaliação prévia do impacto ambiental, a proposição de medidas para prevenir ou minimizar os impactos e a prova da capacidade tecnológica para essa prevenção e controle de danos ao meio marinho. Os contratantes devem monitorar os efeitos de suas atividades e apresentar relatórios anuais.

Os pontos críticos com maior potencial de danos ambientais na mineração são:

- dragagem e coleta dos nódulos, construção, funcionamento e manutenção de instalações no solo dos fundos oceânicos;
- descarga dos resíduos de água do navio-mineiro;
- processamento dos nódulos.

A avaliação ambiental deve partir da premissa de que a alteração do ambiente é inevitável e sempre haverá impactos, mas os impactos podem reduzir-se com a adoção de medidas preventivas nos métodos de mineração, tanto na superfície quanto nos fundos oceânicos.

A vigência dos programas de exploração é de 15 anos e a cada cinco anos será apresentado ao Conselho da Autoridade um relatório sobre o cumprimento das obrigações do contratante referentes à proteção e preservação do ambiente marinho.

Caso o contratante solicite, posteriormente, direitos de explotação, deverá definir zonas de referência para efeitos e zonas para preservação. As "zonas de referência para efeitos" são aquelas em que se medirão os efeitos sobre o meio marinho da exploração; estas zonas deverão ser representativas das características ambientais da Área. Já as "zonas de referência para a preservação" são aquelas em que se vedará qualquer atividade mineradora, de modo a permitir que os ecossistemas dos fundos marinhos se mantenham estáveis e para que se possam avaliar as mudanças na flora e fauna.

6. SULFETOS POLIMETÁLICOS E CROSTAS COBALTÍFERAS

Após tratar das atividades com os nódulos polimetálicos, os primeiros recursos descobertos na Área que despertaram grandes interesses econômicos, a Autoridade passou a discutir os novos recursos descobertos nas regiões profundas dos oceanos.

Em 1998, o governo da Federação Russa requisitou oficialmente que a Autoridade adotasse regras também para os sulfetos polimetálicos e as crostas cobaltíferas. A partir de então passou-se também a discutir o regime jurídico para estes outros recursos da Área.

Vários foram os trabalhos organizados pela Autoridade sobre os sulfetos polimetálicos e as crostas cobaltíferas. Em 2000 foi realizada uma oficina de trabalho sobre a situação das perspectivas dos recursos minerais dos fundos marinhos que não fossem os nódulos polimetálicos. Em 2001 foi apresentado ao Conselho da Autoridade o documento "Considerações relativas ao regulamento para a prospecção e a exploração de sulfetos polimetálicos hidrotermais e crostas cobaltíferas na Área"[8], contendo um resumo dos debates acerca dos possíveis elementos que deveriam constar em um regime de prospecção e exploração dos sulfetos polimetálicos e das crostas cobaltíferas.

Dando continuidade a esses debates, visando a preparação de um regulamento através da Comissão Jurídica e Técnica, foi organizado em 2002 um seminário que concluiu pela necessidade de se proceder com cautela na preparação do regulamento, tendo em conta as incertezas relativas às atividades na Área. O conhecimento destes recursos ainda muito precário impunha a necessidade de se assegurar o levantamento de dados e informações suficientes para a proteção e preservação do ambiente marinho. Um cuidado que progressivamente vem sendo incorporado para as atividades na Área. Era necessário assegurar que a Autoridade recebesse informações suficientes.

Essas discussões prosseguiram em 2003 ampliando para outros temas como o sistema de concessão de áreas para as atividades de prospecção e exploração, a utilização de sistemas de direitos progressivos ao invés de concessões e o aperfeiçoamento do sistema paralelo utilizado para os nódulos polimetálicos, aplicado às crostas cobaltíferas e aos sulfetos polimetálicos.

6.1 Projeto de regulamento sobre prospecção e exploração de sulfetos polimetálicos e crostas cobaltíferas na Área

Com todas estas questões colocadas, a Secretaria preparou um projeto completo de regulamento para mineração dos sulfetos e das crostas, baseado

[8] ISBA/7/C/2.

no já existente para a mineração dos nódulos polimetálicos, que foi submetido ao Conselho em 2004[9]. Estava colocada a necessidade de se estimular as atividades com estes outros recursos da Área, possibilitando aos prospectores direitos sobre determinadas áreas (que o Regulamento dos nódulos não prevê) e a prioridade para efetivar os contratos de exploração.

Durante as sessões em 2005 o Conselho identificou no projeto de regulamento, uma série de questões que requeriam um exame mais aprofundado. Para tanto, a Secretaria preparou algumas atividades e elaborou documentos técnicos esclarecendo aspectos do projeto de regulamento, que são abordados a seguir.

Uma oficina de trabalho realizada em março de 2006 que tratou das crostas cobaltíferas e da fauna dos montes submarinos. A principal conclusão foi sobre a dificuldade de se estabelecer diretrizes para a prospecção e exploração, dado pequeno número de amostras que se tem da fauna dos montes submarinos. A exigência de coleta de amostra está apenas nos momentos da exploração e explotação, o que traz conseqüências significativas para a elaboração de um entendimento sobre o endemismo, até que ponto uma espécie está limitada a uma região geográfica específica. O endemismo é uma característica de enorme importância não apenas para as crostas cobaltíferas como também para os sulfetos polimetálicos, dado que suas jazidas se apresentam em áreas localizadas, em contraste com a ampla distribuição dos nódulos polimetálicos. Devido a esta baixa densidade dos dados se torna difícil definir diretrizes para o estabelecimento de linhas de base ambientais, diretrizes das zonas de conservação marinhas e das zonas de referência para os efeitos. Com isso, o seminário recomendou que se realizassem investigações a fim de se aumentar o conhecimento a respeito.

A outra oficina de trabalho realizada em julho, pouco antes das reuniões da Autoridade em agosto de 2006, tratou sobre as Considerações Tecnológicas e Econômicas da Mineração das Crostas Cobaltíferas e Sulfetos Polimetálicos. Nele foram analisados alguns aspectos do Projeto de Regulamento e sua aplicação a possíveis situações de mineração. Entre as conclusões aponta-se a dificuldade de tratar as crostas cobaltíferas e os sulfetos polimetálicos num mesmo regulamento.

[9] ISBA/10/C/WP.1.

Também essa oficina de trabalho levantou as dificuldades com a carência de amostras e estudos detalhados que limitava sobremaneira a compreensão das condições físicas, geoquímicas e biológicas existentes nos lugares que poderiam ser objeto de exploração destes recursos. Completamente diferente dos nódulos polimetálicos que possuíam uma ampla base de conhecimentos prévios, acumulados ao longo dos anos de prospecção, os sulfetos e as crostas contam com uma base de dados precária. A Comissão jurídica e técnica da Autoridade reconheceu a importância das recomendações feitas no seminário, de que os contratantes realizassem programas de aquisição de dados para preparar as diretrizes ambientais, mas reconheceu também que impor um conjunto amplo de requisitos em matéria de reunião de dados seria pouco prático e desestimularia os programas de exploração desses recursos.

Para uma melhor análise do projeto de regulamento, o Conselho havia solicitado que alguns pontos específicos fossem aclarados: a relação entre a prospecção e exploração; uma análise mais detalhada das disposições relativas à proteção e preservação do ambiente marinho e uma análise do sistema proposto para participação da Autoridade. Para isso foram convidados especialistas a fim de fornecerem o suporte técnico necessário. As conclusões destes estudos[10] estão a seguir.

Referente ao melhor detalhamento entre a prospecção e exploração, a prospecção nos artigos 2 a 4 do projeto segue a redação do regulamento dos nódulos, mas recomendou-se a inserção de requisitos adicionais. O primeiro exige que os prospectores facilitem, na medida do possível, os dados que podem ser pertinentes à proteção e preservação do ambiente marinho. É uma recomendação que vai mais além das previstas no Anexo II da Convenção no que se refere a revelação de dados potencialmente valiosos do ponto de vista comercial, está justificado por um interesse coletivo mais amplo de aumentar os conhecimentos do meio marinho nas áreas em que se encontram os sulfetos e as crostas, de modo que possam submeter-se a estudos científicos independentes. O segundo requisito, sobre a proteção e preservação do meio marinho durante a prospecção constante no artigo 5 do projeto de regulamento, impõe ao prospector a mesma obrigação geral existente no regulamento para os nódulos, de evitar, reduzir e controlar a contaminação e outros riscos ambientais. Devem reduzir ao mínimo ou eliminar os efeitos

[10] ISBA/12/C/2 .

adversos da prospecção e os demais conflitos e interferências possíveis com as atividades de investigação científica. Estas interferências são identificadas na proximidade jurídica entre prospecção e investigação científica. A maioria das atividades de prospecção não danosa ao ambiente marinho pode ser realizada na Área sobre a base de investigação científica que, em conformidade com o artigo 87 da Convenção, é uma das liberdades de Alto Mar e se pode exercer de acordo com o previsto nas Partes VI e XIII. Estes requisitos introduziram novas obrigações que não estavam no Anexo III da Convenção.

Quanto aos possíveis efeitos da exploração de sulfetos e crostas no ambiente marinho, uma das conclusões mais importantes destes estudos foi que ainda não se sabia o suficiente sobre a biodiversidade e endemismo dos montes submarinos, os ecossistemas onde que se encontram as crostas. O ambiente em que se encontram os sulfetos e as crostas são distintos dos que se encontram os nódulos. Os nódulos aparecem em planícies abissais, que não apresentam limites enquanto possibilidade de mineração; ao contrário, tanto os respiradouros hidrotermais (onde se encontram os sulfetos polimetálicos), como os montes submarinos (onde se encontram as crostas cobaltíferas), são ecossistemas de menor escala com fronteiras definidas. Este fator tem por si só implicações profundas para a recolonização posterior às alterações. Eles exibem peculiaridades que possibilitam uma maior presença de espécies endêmicas que as planícies abissais onde se encontram os nódulos. Nos montes submarinos o endemismo é especialmente intenso, como conseqüência das correntes mais poderosas que caracterizam estes acidentes geográficos e de seu isolamento topográfico. A suscetibilidade do ecossistema frente à perturbação dependerá do grau e da amplitude do endemismo. As mesmas correntes que determinam as linhas fronteiriças destes ecossistemas podem transportar as possíveis plumas de sedimentos advindas das atividades mineradoras para outras áreas, com repercussões sobre as áreas adjacentes. As plumas de sedimentos produzidas dependem das técnicas de extração, que permanecem desconhecidas em sua maior parte, e das condições topográficas do lugar.

Em relação às crostas cobaltíferas, a fauna associada tende a ser caracterizada mais por animais filtradores que pela fauna móvel que se alimenta dos materiais depositados, o que apresenta implicações na recolonização pós-impacto. As plumas de sedimentos são mais danosas aos animais filtradores uma vez que seu aparato digestivo pode ser obstruído.

Também a fauna móvel que se alimenta dos materiais depositados sofreria com a alteração da sedimentação pelas atividades de mineração. Até o momento não existem estudos biológicos detalhados sobre as comunidades associadas às crostas cobaltíferas; é necessário se avaliar com precisão o endemismo dos montes submarinos e criar uma base de dados global, pois são poucos os montes submarinos conhecidos que foram submetidos a uma ampla amostragem. Essas foram mais exaustivas nas zonas pouco profundas e de média latitude, apesar da maioria dos montes submarinos se encontrar em profundidades intermediárias e latitudes próximas ao equador. Essa zona equatorial pouco estudada é também a que apresenta um maior potencial para mineração de crostas.

Os depósitos de sulfetos polimetálicos estão associados aos mananciais hidrotérmicos ativos ou extintos dos fundos marinhos situados em zonas de atividades vulcânicas, cordilheiras em expansão, zonas de subducção das placas tectônicas em profundidades de 1.400 a 3.500 m. Segundo os dados que se dispõem, foram localizados aproximadamente 100 sítios de mineralização hidrotérmica no fundo do mar (possíveis depósitos de sulfetos polimetálicos), dos quais estima-se que apenas 12 sejam susceptíveis de explotação. Desses, apenas dois estão na Área, isso porque a investigação científica marinha foi mais intensa nas zonas dentro dos limites das jurisdições nacionais. Aproximadamente 80% dos 60.000 km que compõem as áreas de expansão dos fundos marinhos se encontra na Área e a ampliação das pesquisas científicas marinha poderia localizar novos depósitos.

As fontes hidrotermais ricas em metais associados a atividades vulcânicas nos limites das placas tectônicas não só concentram grandes depósitos de sulfetos polimetálicos com também dispersam metais no oceano, contribuindo com a formação das crostas cobaltíferas e dos nódulos polimetálicos, além de proporcionar energia química proveniente do interior da Terra que nutre a microfauna que se encontra na base da cadeia alimentar do ecossistema das fontes termais. Alguns desses micróbios são fontes importantes de novos compostos com aplicações industriais e medicinais. Para a exploração dos recursos foi sugerido que as atividades comerciais de mineração se concentrassem nos depósitos inativos uma vez que as condições instáveis dos respiradouros ativos dificultam os trabalhos. De qualquer maneira, as comunidades biológicas nos sítios inativos são relativamente desconhecidas, dificultando a previsão dos possíveis efeitos de sua exploração. Existe também a dificuldade de se distinguir entre os depósitos

inativos e os latentes, já que esses últimos podem reativar-se em conseqüência de exploração comercial, o que poderia produzir efeitos tanto positivos como negativos. Considerou-se importante obter um histórico de informações suficientes dos possíveis depósitos para documentar as condições naturais preexistentes às provas de extração, de modo que se possa chegar a compreender os processos naturais presentes, entre os quais a dispersão e sedimentação de partículas, e a sucessão da fauna bentônica.

Sobre a participação da Autoridade identificou-se a dificuldade de se comparar sulferos polimetálicos e crostas cobaltíferas com os nódulos polimetálicos devido suas diferentes naturezas. No caso dos nódulos que são bidimensionais, é relativamente fácil dividir uma possível jazida em duas áreas de valor comercial semelhante. Os sulfetos e as crostas são tridimensionais, não existem dois casos iguais e pode variar substancialmente a qualidade dos depósitos em um mesmo monte submarino. Seria impossível estabelecer duas áreas com o mesmo valor comercial. Se propôs que ao invés de adotar uma área reservada para a Autoridade, conceder à Autoridade o direito de preferência para participação na explotação dos recurso, em uma mineração livre de riscos. Além da oportunidade de uma empresa conjunta, introduziu-se outra alternativa de um acordo para repartir a produção com a Autoridade.

Esses estudos foram apresentados durante o período seguinte de reuniões da Autoridade, a 12ª sessão em 2006, e gerou um amplo debate para decidir de que maneira o Conselho devia abordar as questões técnicas pendentes, entendeu-se que a Secretaria revisaria novamente o projeto de Regulamento. Para a revisão acordou-se que seriam regulamentos distintos para mineração de sulfetos polimetálicos e para as crostas cobaltíferas. A prioridade é para os sulfetos a fim de que a Comissão possa examinar a fundo o Regulamento em 2007. O projeto de Regulamento para as crostas cobaltíferas deverá ser preparado para exame em 2008.

7. Considerações finais

Assim que os regulamentos forem concluídos, outras áreas de mineração também poderão ser requisitadas por dezenas de países que já se lançaram em atividades de prospecção desses recursos. As áreas requisitadas poderão incluir regiões promissoras situadas no Atlântico Sul, limítrofes à

Plataforma Continental Jurídica brasileira. Daí considerarmos extremamente importante que também o Brasil venha a desenvolver esforços para pesquisas e exploração desses recursos, particularmente aqueles que se encontram em nossa Plataforma Continental e em suas imediações. Atualmente, já nos destacamos com tecnologias avançadas de exploração de gás e petróleo em áreas oceânicas, que podem ser aproveitadas e adaptadas às necessidades de exploração dos recursos minerais dos fundos marinhos. Também no que se refere às pesquisas, o Brasil tem um importante papel a cumprir na formação de um banco de dados sobre o Atlântico Sul e Equatorial, considerando a extensão de nosso território marítimo. Seria de grande valia para projetos futuros que fôssemos o aglutinador das pesquisas e dados de uma região marítima sobre a qual possuímos a jurisdição sobre sua maior parte, fomentando uma cooperação sul-americana para a formação de um banco de dados científicos.

Agradecimento

Os autores agradecem ao Serviço Geológico do Brasil (CPRM) pelo apoio à preparação desse artigo, por intermédio do seu Diretor de Geologia e Recursos Minerais, o Dr. Manoel Barretto da Rocha Neto.

Referências

ESCOBAR, Jairo. *El impacto producido por la actividad minera em los fondos profundos oceânicos sobre los recursos genéticos y el reglamento para la prospección y exploración de nódulos polimetálicos en la zona*. [S.l.]: CEPAL, 2004.

FIGUEIRÔA, Christiano Sávio Barros et al. Direito dos fundos marinhos internacionais: o patrimônio comum da humanidade vinte anos após a Convenção de Montego Bay. In: TRINDADE, Antônio Augusto Cançado. *A nova dimensão do direito internacional público*. Brasília: Instituto Rio Branco, 2003.

RIBEIRO, Maria Cecília de Goes. *A autoridade internacional dos fundos marinhos*. 1988. Dissertação (Mestrado em Direito)- Faculdade de Direito, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1988.

Resumo

Este trabalho trata das negociações internacionais sobre a exploração dos recursos minerais existentes nos fundos marinhos além das jurisdições nacionais, que apesar das dificuldades de acesso despertam grandes interesses econômicos e científicos. Foram muitos anos de embates políticos que culminaram com a Convenção das Nações Unidas sobre o Direito do Mar, e prosseguiram com as negociações posteriores para se estabelecer um Acordo para a Implementação da Parte XI, a Área. Com a viabilização tecnológica para a exploração dos nódulos polimetálicos surgiu a necessidade de se estabelecer regras para estas atividades, o Regulamento sobre Prospecção e Exploração dos Nódulos Polimetálicos na Área. A descoberta e o acesso a outros recursos, como as crostas cobaltíferas e os sulfetos polimetálicos, implicou em definições de novas regras, uma vez que as já estabelecidas para os nódulos não se adequavam. Atualmente a Autoridade Internacional dos Fundos Marinhos vem promovendo discussões para a elaboração de regulamentos para cada um dos recursos.

Abstract

This work presents and discusses aspects of international negotiations for the exploration of minerals resources located in the seabed beyond national jurisdiction, which, resulted in the elaboration of the Part XI of the United Nations Convention on the Law of the Sea and the related Agreement. It also approaches negotiations related to the establishment of regulations for prospecting and exploration of polymetallic nodules, polymetallic sulphides and cobaltrich ferromanganese crusts prepared by the International Seabed Autority.

Os Autores

Claudia Victor Pereira é geógrafa, formada pela USP. Desenvolveu atividades profissionais nas áreas de cartografia geotécnica e riscos geológicos urbanos; de assessoria técnica parlamentar sobre questões ambientais na Assembléia Legislativa de São Paulo, com participação nos processos de elaboração sobre recursos hídricos e gerenciamento costeiro. Atualmente é assessora parlamentar do Serviço Geológico do Brasil (CPRM), no Congresso Nacional.

Kaiser Gonçalves de Souza é geólogo formado na Universidade do Vale do Rio dos Sinos (Unisinos-RS) e doutor em geologia marinha pela Universidade de Paris. Concluiu o pós-doutorado no Instituto de Geociências e Recursos Naturais em Hannover (Alemanha). Fez treinamento em exploração de recursos minerais marinhos patrocinado pela Comissão Preparatória da Autoridade Internacional do Leito Marinho e do Tribunal Internacional das Leis do Mar (Nações Unidas) e especializou-se em assuntos relativos à Convenção das Nações Unidas sobre o Direito do Mar. Atuou como especialista em recursos do mar no Ministério da Ciência e Tecnologia em colaboração com a Comissão Interministerial de Recursos do Mar. Trabalhou como Geólogo Marinho na Autoridade Internacional dos Fundos Marinhos (Nações Unidas), (Jamaica), onde contribuiu para o desenvolvimento de atividades visando o aproveitamento sustentado de recursos minerais marinhos localizados em áreas oceânicas além das jurisdições nacionais. Atualmente exerce a função de Chefe da Divisão de Geologia Marinha, no Serviço Geológico do Brasil (CPRM), onde sua principal atuação tem sido na implementação do Programa de Avaliação da Potencialidade Mineral da Plataforma Continental Jurídica Brasileira (Remplac).

Arcabouço legal internacional e o espaço marinho brasileiro

Kaiser Gonçalves de Souza
Claudia Victor Pereira
Manoel Barretto da Rocha Neto

A Convenção das Nações Unidas sobre o Direito do Mar, denominada Convenção neste texto, é resultado de nove anos de negociações entre centenas de países, e foi aprovado durante a III Conferência das Nações Unidas sobre o Direito do Mar, realizada em Montego Bay (Jamaica) em dezembro de 1982. Entretanto, só entrou em vigor em julho de 1994, após um longo debate entre países desenvolvidos e países em desenvolvimento. As principais questões que pautaram esse embate estavam ligadas à exploração dos recursos minerais marinhos. Alguns dos direitos e deveres atribuídos aos Estados-Parte da Convenção são decorrentes dos direitos consuetudinários, já consolidados pelos usos e costumes da navegação internacional; outros, que foram incorporados, adotaram regras internacionais já consolidadas, como a proteção da diversidade biológica.

A Convenção define um quadro detalhado de regulamentação dos espaços oceânicos, dos limites da jurisdição nacional, do acesso aos mares, da navegação, da proteção e preservação do ambiente marinho, da exploração e conservação dos recursos biológicos, da investigação científica marinha, da exploração dos recursos minerais dos fundos oceânicos e de outros recursos não biológicos, além da solução de controvérsias: estabelece direitos e deveres sobre as zonas dos oceanos e regulamenta todas as atividades a elas relacionadas. Segundo a Convenção o Estado costeiro tem direito a um Mar Territorial, a uma Zona Contígua, a uma Zona Econômica Exclusiva e a uma Plataforma Continental – se esta existir –, as quais são regidas por direitos e jurisdições específicas. A Convenção também assegura que todos os Estados têm direitos e deveres no que concerne à exploração dos recursos minerais do leito marinho situado além dos limites das jurisdições nacionais.

Os limites das jurisdições nacionais e internacional foram especificados nas delimitações de espaços marinhos, cada qual com diferentes graus de jurisdição:

Nas áreas de jurisdição nacional:

- o Mar Territorial;
- a Zona Contígua;
- a Zona Econômica Exclusiva;
- a Plataforma Continental.

Nas áreas de jurisdição internacional:

- o Alto Mar;
- a Zona Internacional do leito marinho, denominada Área.

Mar Territorial e Zona Contígua

Todos os Estados costeiros têm direito a um Mar Territorial, que não pode exceder 12 milhas marítimas a partir das linhas de base[1]. Com algumas exceções relacionadas à navegação de passagem inofensiva, o Estado costeiro exerce soberania sobre seu Mar Territorial, incluindo suas águas, seu solo e subsolo, e o espaço aéreo sobrejacente, com direitos exclusivos sobre seus recursos vivos e não-vivos.

Como medida de proteção ao seu território, o Estado costeiro pode estabelecer uma Zona Contígua que não se estenda além de 24 milhas marítimas das linhas de base a partir das quais o Mar Territorial é medido. O Estado não tem soberania nessa região, mas deve fiscalizá-la para evitar e reprimir infrações às normas sanitárias, fiscais, de imigração e outras vigentes em seu território.

Na verdade, essa Zona Contígua sobrepõe-se à Zona Econômica Exclusiva e, com isto, acumula os direitos e as obrigações de cada uma delas, que não são excludentes ao contrário, complementam-se.

[1] A linha de base é a marca mais baixa deixada pela água ao longo da linha da costa. Para facilitar o traçado da linha nos locais em que a costa apresenta recortes naturais profundos adota-se o método das linhas de base retas, ligando pontos de coordenadas geodésicas estabelecidos ao longo da costa: esse procedimento reduz as reentrâncias do litoral.

Zona Econômica Exclusiva (ZEE)

Além do Mar Territorial, os Estados devem estabelecer uma Zona Econômica Exclusiva que não se estenda além de 200 milhas marítimas das linhas de base a partir das quais a largura do Mar Territorial é medida. Embora o Estado costeiro não tenha jurisdição absoluta sobre a Zona Econômica Exclusiva, ele tem direitos de soberania exclusivos para a exploração e o aproveitamento, a gestão e a conservação dos recursos marinhos vivos e não-vivos do leito do mar, de seu subsolo e das águas subjacentes. O Estado costeiro também exerce jurisdição sobre as investigações científicas marinhas, a colocação e utilização de ilhas artificiais, a instalações e estruturas e a proteção e preservação do ambiente marinho. A navegação e o sobrevôo, bem como outros usos internacionalmente lícitos, são inteiramente livres para todos.

Nas disposições relativas à Zona Econômica Exclusiva, a Convenção apresenta várias sugestões e indicativos sobre gestão e conservação dos recursos vivos, mas não se atém à pesquisa e ao aproveitamento dos recursos minerais marinhos: limita-se a estabelecer a soberania dos Estados costeiros sobre tais recursos. Ainda assim, é importante ressaltar que a Convenção estabelece a necessidade de o Estado costeiro ter na devida conta os direitos e os deveres dos outros Estados.

Os direitos da Zona Econômica Exclusiva devem ser exercidos em conformidade com o que estabelece a Convenção para a Plataforma Continental mesmo porque, em boa medida, as áreas da Zona Econômica Exclusiva e da Plataforma Continental se sobrepõem.

Plataforma Continental

A Plataforma Continental é o prolongamento submerso de massa terrestre constituída pelo seu leito, subsolo, talude e elevação continental. Não compreende nem os grandes fundos oceânicos, com as cristas oceânicas, nem o subsolo. A Convenção considera Plataforma Continental a área que se estende além do Mar Territorial do Estado costeiro em toda a extensão do prolongamento natural do seu território terrestre até a borda exterior, entendida como a sua margem continental.

Quando a Plataforma Continental geológica se estende além das 200 milhas marítimas, a Convenção preconiza certos critérios para o

estabelecimento dos limites externos: 350 milhas marítimas das linhas de base, ou 100 milhas marítimas da isóbata de 2500m de profundidade. Nesses casos, a plataforma passa a ser denominada "Plataforma Continental Jurídica".

Entendendo a Plataforma Continental como uma extensão submersa do território, a Convenção reconhece a soberania do Estado costeiro para fins de exploração e aproveitamento dos recursos marinhos nela existentes. Entretanto, essa soberania não é plena pois não inclui as águas marinhas e o espaço aéreo sobrejacente, restringindo-se aos recursos não-vivos do leito e do subsolo, além dos organismos vivos pertencentes a espécies sedentárias, isto é, organismos que em estágio coletor são imóveis ou incapazes de se locomover, exceto por constante contato físico com o leito ou o subsolo.

De acordo com os direitos de soberania, se o Estado costeiro não explorar e aproveitar os recursos minerais da Plataforma Continental, ninguém mais poderá fazê-lo sem o seu expresso consentimento.

Apesar da exclusividade sobre esses recursos, as atividades na Plataforma Continental, bem como na Zona Econômica Exclusiva, devem se dar segundo a política ambiental da Convenção, de proteção e preservação do ambiente marinho. O Estado deve adotar leis e regulamentações não menos efetivas do que as regras internacionais de práticas e procedimentos recomendados para prevenir, reduzir e controlar a poluição das atividades de exploração e aproveitamento dos recursos marinhos, e também de instalações, estruturas e ilhas artificiais sob sua jurisdição.

Em relação à investigação científica marinha, seus termos não foram definidos na Convenção, mas esta especifica que sua realização na Zona Econômica Exclusiva e na Plataforma Continental deve ser conduzida com o consentimento do Estado costeiro. Isto significa que o Estado costeiro pode permitir projetos científicos marinhos de outros Estados ou de competência de organizações internacionais, desde que pautados por propósitos pacíficos e voltados ao aumento do conhecimento científico sobre ambientes marinhos, de forma a beneficiar toda a humanidade. O Estado costeiro deve estabelecer regras e procedimentos que assegurem que essa concessão não seja retardada ou negada sem razão.

O Estado costeiro pode, segundo seu próprio discernimento, negar este consentimento se o projeto: a) for de significância direta para a exploração

e o aproveitamento dos recursos naturais, vivos ou não-vivos; b) envolver perfuração na plataforma continental, uso de explosivos ou introdução de substâncias prejudiciais ao ambiente marinho; c) implicar a construção, a operação ou o uso de ilhas artificiais, instalações e estruturas.

Embora em sua Parte VI a Convenção deixe claro que o Estado costeiro exerce direitos de soberania sobre a exploração e o aproveitamento dos recursos naturais em sua Plataforma Continental, e que ninguém pode empreender tais atividades sem o expresso consentimento deste. A Parte XIII define que, além dos limites da Zona Econômica Exclusiva e da Plataforma Continental Jurídica, o Estado costeiro não poderá exercer o poder discricionário de recusar consentimento para projetos de pesquisa que influenciem a exploração e o aproveitamento dos recursos marinhos. Isto não se aplica àquelas áreas nas quais o Estado costeiro esteja desenvolvendo, ou venha a fazê-lo, ações destinadas ao aproveitamento e à exploração dos recursos naturais. Daí a enorme importância de definir os principais recursos e áreas de interesse nacional, possibilitando o exercício dos direitos soberanos do país sobre eles.

ÁREA INTERNACIONAL DOS OCEANOS

Para as áreas internacionais dos oceanos, que está além dos limites da soberania nacional[2], a Convenção estabelece dois tipos de jurisdições: uma delas refere-se ao Alto Mar, e a outra a Área, refere-se os Fundos Marinhos.

ALTO MAR

O Alto Mar compreende todos os espaços marinhos não incluídos na Zona Econômica Exclusiva, no Mar Territorial ou nas águas interiores de um estado. Segundo a Convenção, o Alto Mar está aberto a todos os Estados costeiros ou sem litoral, que nele têm total liberdade de navegação e sobrevôo, além de poder colocar cabos e ductos submarinos e construir ilhas artificiais e outras instalações permitidas pelo direito internacional. Desde que considerados os interesses de outros Estados no exercício da liberdade de Alto Mar, qualquer Estado está livre para exercer atividades pesqueiras e investigações científicas nessa área.

[2] O Mar Territorial, a Plataforma Continental e a Zona Econômica Exclusiva.

O Alto Mar deve ser utilizado para fins pacíficos, e nenhum Estado poderá legitimamente pretender submeter qualquer porção dessa área à sua soberania. Os Estados devem cooperar entre si na conservação e na gestão dos recursos vivos nas zonas em Alto Mar.

Área e Autoridade Internacional dos Fundos Marinhos

A Área corresponde aos fundos marinhos e oceânicos que se situam além dos limites da jurisdição nacional, tratada na Parte XI da Convenção. A Convenção define a Área e seus recursos como "patrimônio comum da humanidade", com justiça distributiva, que todos tenham condições iguais de acesso ao mar e aos seus benefícios.

Os recursos da Área compreendem todos os minerais sólidos, líquidos ou gasosos *in situ* no leito do mar ou no seu subsolo. Uma vez extraídos da Área, os recursos são referidos como minerais, e seus extratores podem deles dispor livremente.

A Convenção também estabelece uma organização internacional autônoma de caráter supranacional – a Autoridade Internacional dos Fundos Marinhos –, por meio da qual os Estados-Parte organizam e controlam as atividades, visando o aproveitamento dos recursos minerais localizados na Área. A Autoridade tem, entre suas finalidades, garantir que a utilização dos fundos marinhos internacionais beneficie efetivamente toda a humanidade.

A Autoridade é constituída por uma assembléia, um conselho, uma comissão jurídica e técnica, um comitê de finanças, sua empresa e seu secretariado. O Brasil é membro do conselho desde a sua formação, em 1996, e nele tem presença assegurada até 2008, quando a assembléia procederá a novas eleições.

Na administração da Área, a Autoridade deve atuar em bases comerciais e subordinar-se às limitações espaciais, a jurisdição se restringe à Área; materiais, a competência da Autoridade limita-se aos recursos minerais *in situ* da Área, e legais, atuando de acordo com as competências, normas e procedimentos definidos na Convenção. Para exercer as suas funções, a Autoridade é dotada de amplas competências e provida de um braço operacional de ação direta no domínio econômico, que é a Empresa. Entre

as atividades da Empresa estão a extração, o transporte, o processamento e a comercialização dos recursos minerais da Área.

As discussões que pautaram a elaboração da Convenção, desde o início, em 1973, até a sua entrada em vigor, em 1994, envolveram inúmeros interesses, e as questões relacionadas à Área originaram as maiores controvérsias durante todo o processo negociador, gerando grandes impasses. Mesmo tendo sido aprovado por mais de 130 países, com apenas quatro votos contrários, boa parte dos países que possuíam recursos econômicos e tecnológicos para a exploração da Área permaneciam fora da Convenção, descontentes com seus termos. Diante disso, em 1990, o secretário geral da ONU, preocupado com a eficácia da Convenção, inicia um diálogo chegando a um acordo para a implementação da Parte XI, a Área, pouco antes de iniciar sua vigência em 1994.

Um dos primeiros grandes resultados dos trabalhos desenvolvidos pelos órgãos da Autoridade foi o estabelecimento de regulamentos para a prospecção e a exploração de nódulos polimetálicos na Área. As linhas mestras das atividades de prospecção, exploração e aproveitamento dos recursos da Área, foram definidas no Anexo III da Convenção, e formam a base legal para a aprovação de planos de trabalho para a exploração de nódulos polimetálicos. A sua elaboração possibilitou, até o presente momento, a assinatura de contratos de exploração por parte de seis dos sete investidores pioneiros.

Esses regulamentos contêm igualmente várias provisões referentes à proteção do meio ambiente marinho, com uma série de diretrizes para o levantamento do possível impacto ambiental resultante da exploração de nódulos polimetálicos. Dentre essas diretrizes incluem-se o estabelecimento de zonas de referência, a implementação de programas de monitoramento, a submissão de informações específicas e a responsabilidade pelo impacto ambiental.

A regulamentação das operações de intervenção na Área partiu de um ponto de vista de justiça distributiva, com a promoção do acesso de todos os países em desenvolvimento por meio da Empresa e de normas sobre reserva de áreas, transferência de tecnologia e treinamento de pessoal, além da proteção aos países em desenvolvimento produtores terrestres dos minerais da Área através do controle da produção mineral, de um sistema

de compensação econômica e da participação da Autoridade em acordos de *commodities*.

Foi criado um sistema de reserva de áreas que permite que os países em desenvolvimento se beneficiem dos resultados das atividades prévias de localização, levantamento topográfico e avaliação de campos de nódulos comercialmente viáveis realizadas pelos Estados desenvolvidos ou por seus consórcios privados. Por esse sistema, o proponente de um plano de trabalho deve indicar uma área passível de ser dividida em duas de valor comercial equivalente, cabendo à Autoridade designar uma delas, como área reservada, para o exercício de atividades geridas exclusivamente pela Autoridade, por intermédio da Empresa ou de países em desenvolvimento.

Até o presente momento, oito agências governamentais submeteram à Autoridade seus planos de trabalho para a exploração de nódulos polimetálicos nos oceanos Pacífico e Índico.

Estas regras referem-se à exploração dos nódulos polimetálicos. Os outros recursos da Área como sulfetos polimetálicos e as crostas cobaltíferas passaram a ser tema para regulamentação pela Autoridade após o governo da Federação Russa requisitar oficialmente, em 1998. A partir de então, a Autoridade passou também a discutir o regime jurídico para esses outros recursos minerais.

No momento, a Autoridade está prestes a finalizar a elaboração de regras para a exploração dos sulfetos polimetálicos e das crostas cobaltíferas. Tão logo esse trabalho seja concluído, outras áreas de mineração também poderão ser requisitadas por dezenas de países que já iniciaram atividades de prospecção desses recursos. As áreas requisitadas poderão incluir regiões promissoras situadas no Atlântico Sul, limítrofes à Plataforma Continental Jurídica brasileira. Por serem indissociáveis dos recursos não-vivos, aspectos como a biodiversidade e a investigação científica marinha da Área passaram a integrar as preocupações da Autoridade.

Proteção e preservação do meio ambiente marinho

A Convenção das Nações Unidas pelo Direito do Mar (CNUDM) concede ao Estado costeiro o direito de soberania de aproveitar seus recursos minerais segundo sua política ambiental e de acordo com o dever de proteger e preservar o ambiente marinho. O Estado deve adotar leis e regulamentações

a fim de prevenir, reduzir e controlar a poluição do ambiente marinho a partir, ou em conexão, com as atividades do leito e instalação e estruturas das ilhas artificiais sob sua jurisdição, que não deve ser menos efetiva do que as regras internacionais, padrões, práticas e procedimentos recomendados e estabelecidos.

A Convenção estabelece em sua Parte XII a obrigação dos Estados de proteger e preservar o meio marinho.

Nas áreas de jurisdições nacionais, os Estados têm soberania para exploração dos recursos naturais de acordo com suas políticas ambientais, em conformidade com o dever de proteção do ambiente marinho. Devem tomar medidas para prevenir, reduzir e controlar a poluição, que sejam compatíveis com as preconizadas pela Convenção.

Para as áreas de jurisdição internacional, a Convenção estabelece que na Área o regime jurídico é essencialmente voltado para a exploração e aproveitamento recursos minerais geridos pela Autoridade. Em sua Parte XI, que trata dos recursos da Área e sua Parte XIII, que trata da investigação científica, a Convenção traz recomendações gerais para a preservação do ambiente marinho dos impactos das atividades mineradoras, dando competência para a Autoridade adotar normas e procedimentos no sentido de prevenção, redução e controle da poluição proveniente destas atividades. São regulamentações que também devem proteger as águas de Alto Mar, sobrejacentes à Área e à Plataforma Continental, que podem sofrer os impactos decorrentes da explotação e transporte dos minerais dos fundos marinhos.

Regulamentações posteriores à Convenção sobre as atividades na Área adotam medidas que visam a efetiva proteção das intervenções que possam causar danos ao ambiente marinho interferindo no balanço ecológico. Entre as condições exigidas para a celebração de um contrato de exploração, incluem-se a avaliação prévia do impacto ambiental, a proposição de medidas para preveni-los e minimizá-los, e a prova da capacidade tecnológica para tal.

Para a prevenção e controle de danos ao ambiente marinho a Autoridade requer dos exploradores:

1) Uma avaliação preliminar de possíveis impactos das atividades de exploração no ambiente marinho;

2) Um programa de estudos que sirvam de referência básica, ambiental e oceanográfica, que possibilite avaliar o potencial impacto ambiental das atividades de exploração mineral marinha, e;

3) Propostas para a prevenção, a redução e o controle de possíveis impactos ao ambiente marinho, como poluição e outras ameaças.

O ESPAÇO MARINHO BRASILEIRO

As áreas delimitadas pela Convenção como Mar Territorial, Zona Econômica Exclusiva e Plataforma Continental, possuem diferentes graus de jurisdição e soberania dos Estados costeiros. Cada qual exige políticas públicas distintas de planejamento e gestão do uso sustentável dos recursos naturais marinhos e para tanto é necessário a realização do Zoneamento Ecológico Econômico.

De acordo com os critérios estabelecidos pela Convenção para a delimitação da Zona Econômica Exclusiva, a brasileira estende-se por toda a costa, englobando também as áreas situadas no entorno de Fernando de Noronha, Trindade e Martins Vaz, Atol das Rocas, São Pedro e São Paulo, totalizando 3.500.000km^2 .

Atendendo aos critérios estabelecidos pela Convenção para a delimitação da Plataforma Continental Jurídica, o governo brasileiro realizou o Programa de Levantamento da Plataforma Continental Brasileira, que permitiu ao Brasil apresentar uma proposta às Nações Unidas para estender sua plataforma além das 200 milhas marítimas em aproximadamente 1.000.000km^2.

Tão logo a ONU delibere sobre a matéria, a exclusividade soberana do país para a exploração dos recursos naturais da Zona Econômica Exclusiva, somada àquela da Plataforma Continental, incidirá sobre uma área total de aproximadamente 4.500.000km^2, o que representa mais da metade da área do território brasileiro emerso, que tem 8.500.000km^2. A Figura 1 ilustra claramente tais dimensões.

Figura 1. Localização da Zona Econômica Exclusiva e da Plataforma Continental Jurídica brasileira. Os limites exteriores da Plataforma Continental além das 200m.m. foram submetidos, em 2004, à deliberação na ONU

Apesar de sua expressiva dimensão, essas áreas de exploração exclusiva não têm sido objeto de pesquisa mineral sistemática, à exceção do petróleo e do gás. Até o presente momento, toda a extensão dos fundos marinhos sob jurisdição brasileira permanece praticamente desconhecida quanto à potencialidade de seus recursos minerais que, pelo pouco que se sabe, pode ser enorme, com reais possibilidades de contribuição para o desenvolvimento do país.

A potencial importância dos recursos minerais marinhos pode ser facilmente observada se atentarmos para as discussões que permearam as negociações de elaboração e implementação das regras internacionais para as áreas oceânicas. Os principais embates se deram exatamente sobre a exploração dos recursos marinhos em áreas internacionais, objeto das controvérsias que muito contribuíram para o longo processo de discussão que se estendeu desde o discurso do embaixador maltês Arvid Pardo na Assembléia Geral da ONU em 1967, até começar a vigorar a Convenção das Nações Unidas sobre o Direito do Mar, em 1994. Foram 27 anos de

negociações para se chegar a um acordo internacional sobre a exploração e aproveitamento dos recursos minerais dos fundos oceânicos. Isso demonstra a importância estratégica do domínio do conhecimento da exploração dos recursos minerais marinhos para o desenvolvimento de um país.

O Brasil, assim como todos os Estados-Parte da Convenção, tem o direito de explorar os recursos minerais da Área.

Considerando o valor econômico, real e potencial, dos minerais já conhecidos como os nódulos polimetálicos, as crostas cobálticas e os sulfetos polimetálicos, e suas ocorrências em locais estratégicos nas áreas adjacentes à Zona Econômica Exclusiva e Plataforma Continental brasileiras, o Brasil não pode deixar de conhecer e avaliar os recursos minerais dos fundos marinhos adjacentes aos seus limites jurisdicionais.

Sob o ponto de vista econômico e político-estratégico é importante requisitar junto à Autoridade a permissão para explorá-los. Isso possibilitaria o domínio sobre essas áreas adjacentes aos limites jurisdicionais brasileiros, o que, em termos de Segurança Nacional é estratégico (figura 2). Daí a

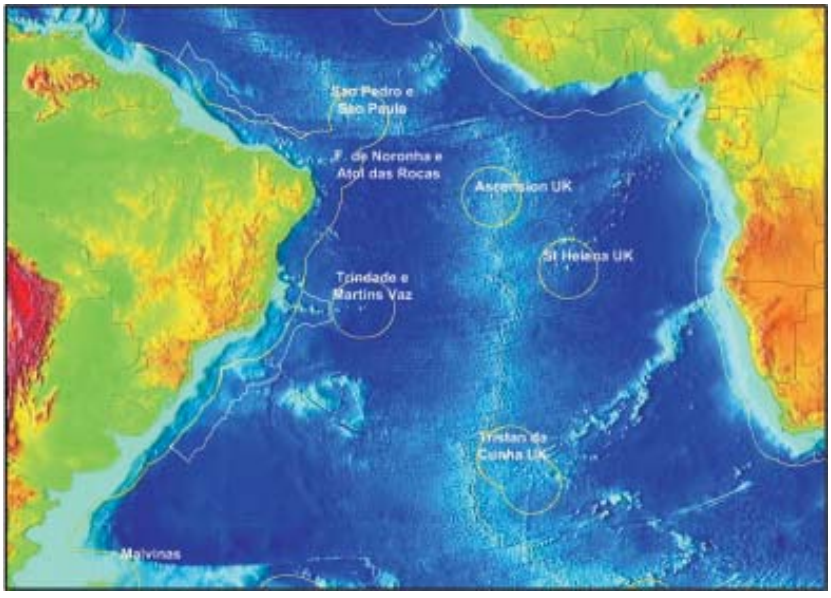


Figura 2. Atlântico Sul e Equatorial mostrando a localização das diferentes Zonas Econômicas Exclusivas, e a extensão da Plataforma Continental brasileira.

importância de realizarmos estudos sistemáticos, consistentes e aprofundados sobre as ocorrências minerais nessas áreas.

Caso o Brasil venha a requisitar estas áreas para a exploração de recursos minerais, elas também poderão ser integradas ao Espaço Marinho Brasileiro.

Partindo dessa premissa, e como postulam SOUZA e VICTOR (2007), o espaço marinho brasileiro do Atlântico Sul e Equatorial pode ser visto sob duas perspectivas diferentes:

1) aqueles que têm valor político-estratégico, pois sua identificação e requisição para exploração nas áreas internacionais dos oceanos, em especial aquelas situadas no oceano Atlântico Sul e Equatorial adjacentes à Plataforma Continental brasileira, garantem uma ampliação da área de soberania nacional, e

2) aqueles que têm valor socioeconômico por estarem situados na Plataforma Continental brasileira e terem a capacidade de movimentar a economia e gerar empregos em curto e médio prazos.

POLÍTICA NACIONAL PARA OS RECURSOS DO MAR

A exploração dos recursos minerais marinhos nas águas sob jurisdição brasileira, como o Mar Territorial, a Plataforma Continental e a Zona Econômica Exclusiva, encontram-se na área de atuação da Política Nacional para os Recursos do Mar e do Plano Setorial para os Recursos do Mar.

A Política Nacional para Recursos do Mar tem por finalidade fixar as medidas essenciais para a integração das áreas marinhas ao espaço brasileiro com o uso sustentável dos recursos, tanto os vivos quanto os não-vivos, que apresentem interesse para o desenvolvimento econômico e social do país. São planos em programas plurianuais e anuais, setoriais e comuns, elaborados pela Comissão Interministerial para os Recursos do Mar, e desdobram-se em ações específicas.

Compete à CIRM, nos termos da legislação em vigor, coordenar os assuntos relativos à consecução da Política do Mar e propor, ao presidente da República, as prioridades para os programas e ações que a integram.

A implementação das atividades relativas aos recursos do mar se dá de forma descentralizada, por meio de diversos agentes, no âmbito de vários

ministérios, estados, municípios, instituições de pesquisa, comunidade científica e iniciativa privada, de acordo com as suas respectivas competências e em consonância com as diretrizes estabelecidas na Política do Mar. Ao buscar o uso sustentável dos recursos marinhos, leva em consideração a Política Nacional do Meio Ambiente" (Lei 6.938/81 – Brasil, 1981).

Plano Setorial para os Recursos do Mar

O Plano Setorial para os Recursos do Mar – configurado no III Plano Básico de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, regulamentado pelo Decreto n° 85.118/80, de 03 de setembro de 1980 (Brasil, 1980), elaborado a cada quatro anos –, constitui um desdobramento da Política do Mar. O planejamento de todas as atividades relacionadas aos recursos marinhos nos diversos órgãos envolvidos guarda conformidade com suas diretrizes.

O Plano Setorial atual, o sexto de uma série iniciada em 1982, vigorará no período que se encerra em 2007. O objetivo geral é conhecer e avaliar as potencialidades dos recursos vivos e não-vivos das áreas marinhas sob jurisdição nacional e adjacentes, visando a gestão e o uso sustentável desses recursos, e a distribuição justa e eqüitativa dos benefícios derivados dessa utilização.

Assim como a Política do Mar, o Plano Setorial está em consonância com os instrumentos básicos do Direito Internacional – que definem a moldura jurídica global e balizam as ações que cada país deve desenvolver para que seja alcançada uma meta comum de uso sustentável dos recursos do mar – do qual o Brasil é signatário.

O Plano Setorial é condicionado ainda pela legislação interna, como a própria Constituição de 1988, que já incorpora os conceitos de espaços marítimos definidos pela Convenção, considera o Mar Territorial e os recursos da Zona Econômica Exclusiva e da Plataforma Continental como bens da União e a Zona Costeira como patrimônio da União.

Entre as várias iniciativas previstas para o estudo das potencialidades de recursos do mar está o Programa de Avaliação da Potencialidade Mineral da Plataforma Continental Jurídica Brasileira, cujo objetivo principal é conhecer o solo e o subsolos marinhos da Plataforma Jurídica Brasileira, seus recursos minerais e as questões ambientais de manejo e gestão integrada destes recursos.

O conhecimento do meio físico do espaço marinho brasileiro deve ser ampliado, de forma a servir como instrumento para o planejamento e a implementação das políticas públicas voltadas ao ordenamento do território marinho, visando o manejo sustentável dos recursos naturais. Esse conhecimento também poder ser utilizado para a execução de estudos de zoneamento ecológico-econômico e de gestão territorial de toda a Zona Costeira, emersa e submersa.

Zona Costeira

Para o pleno dimensionamento do mar e dos ambientes costeiros é necessário considerar a definição de Zona Costeira. De acordo o art. 2º, parágrafo único, da Lei n° 7.661, de 16 de maio de 1988, Zona Costeira é "o espaço geográfico de interação do ar, do mar e da terra, incluindo seus recursos renováveis ou não, abrangendo uma faixa marítima outra terrestre" que foram definidas pelo Plano Setorial de Gerenciamento Costeiro.

Os limites terrestres são formados por 295 municípios situados ao longo da costa brasileira que compõem as bacias hidrográficas litorâneas, e outros definidos a partir de critérios estabelecidos pelo Plano Setorial de Gerenciamento Costeiro. Em sua parte submersa, os limites da Zona Costeira abrangem as 12 minhas náuticas que integram o Mar Territorial. Um recorte gerencial permite acessar a rede de atores e instituições cuja atuação incide nesse espaço, estruturando um processo de gestão do uso dos recursos naturais e de ordenamento desse espaço.

Considerações finais

O Espaço Marinho Brasileiro é constituído por um Mar Territorial (MT), uma Zona Contígua, uma Zona Econômica Exclusiva e uma Plataforma Continental sobre os quais o Brasil tem direito de soberania para fins de exploração e aproveitamento, conservação e gestão dos recursos naturais, vivos e não-vivos das águas sobrejacentes ao leito do mar e do leito do mar e seu subsolo. Segundo a Convenção, o Brasil também deve adotar leis e regulamentações a fim de prevenir, reduzir e controlar a poluição do ambiente marinho a partir, ou em conexão, com as atividades de exploração e instalação de estruturas artificiais em áreas sob sua jurisdição,

que não deve ser menos efetiva do que as regras internacionais, padrões, práticas e procedimentos recomendados e estabelecidos.

O Espaço Marinho Brasileiro possui uma área aproximada de 4.500.000 quilômetros quadrados, e representa mais da metade da área do território brasileiro emerso, que é de 8.5000.000 quilômetros quadrados.

A zona internacional do leito marinho, denominada de Área, situa-se além da jurisdição brasileira. A Convenção declara a Área e seus recursos como patrimônio comum da humanidade e cria a Autoridade Internacional dos Fundos Marinhos (ISBA), que é a organização por intermédio da quais os Estados Partes organizam e controlam as atividades na Área, particularmente com vistas a gestão de seus recursos. O Brasil, assim como todos os Estados Partes da Convenção, têm o direito de explorar os recursos minerais da Área.

Sob o ponto de vista político-estratégico, o Brasil tem o interesse de conhecer e avaliar os recursos minerais adjacentes à sua plataforma continental e de requisitar à Autoridade Internacional dos Fundos Marinhos a permissão para explorá-los. Caso o Brasil venha a requisitar áreas para exploração de recursos minerais em zonas internacionais dos oceanos, essas zonas também podem ser consideradas como fazendo parte do Espaço Marinho Brasileiro.

Dentro desse conceito, os recursos minerais do Espaço Marinho Brasileiro do Atlântico Sul e Equatorial hoje podem ser vistos sob duas perspectivas diferentes:

a) aqueles que têm um valor socioeconômico como granulados litoclásticos (areias e cascalho), granulados bioclásticos (carbonatos), pasceres (ouro, diamante, platina, cometa, ilmenita, rutilo, zircão, etc), fosforitas, evaporitos, enxofre, carvão e hidratos de gás, que estão situados na plataforma continental brasileira e podem movimentar a economia e gerar empregos a curto e médio prazo;

b) aqueles que têm um valor político-estratégico como nódulos polimetálicos e crostas cobaltíferas e sulfetos polimetálicos, pois sua identificação e requisição para exploração em áreas internacionais dos oceanos, em especial em áreas situadas no

oceano Atlântico Sul e Equatorial adjacentes à Plataforma Continental Brasileira, garantem uma ampliação da soberania nacional.

Agradecimento

Os autores agradecem ao Serviço Geológico do Brasil (CPRM) pelo apoio à preparação desse artigo, ao Dr. Cláudio Scliar e a Dra. Noriz Diniz da Secretaria de Geologia, Mineração e Transformação Mineral do Ministério de Minas e Energia pelas proveitosas discussões e às estagiarias Marina Lima de Queiroz, Hyala Queiroz Valente da Silva e Milena Oliveira Marchão pelas pesquisas na Internet e formatação do texto.

Referências

CONVENÇÃO das Nações Unidas Sobre o Direito do Mar. [S.l.]: Diretoria de Hidrografia e Navegação, 1984. Versão em língua portuguesa com Anexos e Acta Final da Terceira Conferência das Nações Unidas sobre o Direito do Mar.

Resumo

A Convenção das Nações Unidas sobre os Direitos do Mar estabelece direito e deveres sobre as zonas dos oceanos e regulamenta todas as atividades relacionadas. Segundo a Convenção, o Estado costeiro tem direito a um mar territorial, uma Zona Contígua, uma Zona Econômica Exclusiva, e uma Plataforma Continental (se esta existir), sobre as quais têm direitos e jurisdições específicas em cada uma delas.

O espaço marinho brasileiro, constituído por um Mar Territorial, uma Zona Contígua, uma Zona Econômica Exclusiva, e uma Plataforma Continental; possui uma área aproximada de 4.500.000 quilômetros quadrados representa mais da metade da área do território brasileiro emerso, que é de 8.5000.000 quilômetros quadrados.

A zona internacional do leito marinho, denominada de Área, situa-se além da jurisdição brasileira. A Convenção declara a Área e seus recursos como patrimônio comum da humanidade e cria a Autoridade Internacional dos Fundos Marinhos que é a organização por intermédio da quais os Estados Partes organizam e controlam as atividades na Área, particularmente com vistas à gestão de seus recursos. O

Brasil, assim como todos os Estados Partes da Convenção, têm o direito de explorar os recursos minerais da Área.

Sob o ponto de vista político-estratégico, o Brasil tem o interesse de conhecer e avaliar os recursos minerais adjacentes à sua plataforma continental e de requisitar à Autoridade Internacional dos Fundos Marinhos a permissão para explorá-los. Caso o Brasil venha a requisitar áreas para exploração de recursos minerais em zonas internacionais dos oceanos, estas zonas também podem ser consideradas como fazendo parte do espaço marinho brasileiro, e garantem o predomínio brasileiro em áreas internacionais adjacentes às de jurisdição nacional.

Abstract

The United Nations Convention on the Law of the Sea establishes rights and obligation over the oceans and regulates related activities. It ensures that the coastal States have specific rights, jurisdiction and duties in the territorial sea, contiguous zone, exclusive economical zone, continental shelf. The Convention also declares that the international seabed area (the Area) and its resources are the Common Heritage of Mankind and establishes the International Seabed Authority, the organization through which States Parties to the Convention organize and control activities in the Area, particularly with view to administering its resources. The Brazilian marine geographic space, including Territorial sea, Contiguous Zone, Exclusive Economic Zone and Continental Shelf, has a surface of approximately 4.500.000 square kilometers. Brazil, as all the other States Parties of the Convention, has the right to explore the mineral resources of the Area. Under the political and strategic point of view, Brazil should know and assess the potential mineral resources and allocated areas for exploration adjacent to its continental shelf. Allocated areas would be considered as part of the Brazilian geographic marine space and could ensure the Brazilian leadership in the Southern and Equatorial Atlantic Ocean.

Os Autores

KAISER GONÇALVES DE SOUZA é geólogo formado na Universidade do Vale do Rio dos Sinos (Unisinos-RS) e doutor em geologia marinha pela Universidade de Paris. Concluiu o pós-doutorado no Instituto de Geociências e Recursos Naturais em Hannover (Alemanha). Fez treinamento em exploração de recursos minerais marinhos patrocinado pela Comissão Preparatória da Autoridade Internacional do Leito Marinho e do Tribunal Internacional das Leis do Mar (Nações Unidas) e especializou-se em assuntos relativos à Convenção das Nações Unidas sobre o Direito do Mar. Atuou como especialista em recursos do mar no Ministério da

Ciência e Tecnologia em colaboração com a Comissão Interministerial de Recursos do Mar. Trabalhou como Geólogo Marinho na Autoridade Internacional dos Fundos Marinhos (Nações Unidas), (Jamaica), onde contribuiu para o desenvolvimento de atividades visando o aproveitamento sustentado de recursos minerais marinhos localizados em áreas oceânicas além das jurisdições nacionais. Atualmente exerce a função de Chefe da Divisão de Geologia Marinha, no Serviço Geológico do Brasil (CPRM), onde sua principal atuação tem sido na implementação do Programa de Avaliação da Potencialidade Mineral da Plataforma Continental Jurídica Brasileira (Remplac).

Claudia Victor Pereira é geógrafa, formada pela USP. Desenvolveu atividades profissionais nas áreas de cartografia geotécnica e riscos geológicos urbanos; de assessoria técnica parlamentar sobre questões ambientais na Assembléia Legislativa de São Paulo, com participação nos processos de elaboração sobre recursos hídricos e gerenciamento costeiro. Atualmente é assessora parlamentar do Serviço Geológico do Brasil (CPRM), no Congresso Nacional.

Manoel Barretto da Rocha Neto é geólogo pela Universidade Federal da Bahia (UFBA), mestre em Geologia Econômica (UFBA) e professor do Instituto de Geociências da UFBA. Foi do Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM), da Companhia Baiana de Pesquisa Mineral (CBPM) e trabalhou em várias empresas de mineração, destacando-se a Companhia de Ferro Ligas da Bahia e é diretor da Associação Baiana de Geólogos e do Sindicato de Engenheiros da Bahia e vice-presidente da Federação Interestadual do Sindicato de Engenheiros. Atualmente é o diretor de Geologia e Recursos Minerais da CPRM.

Arcabouço legal nacional para pesquisa e lavra mineral no mar territorial, na plataforma continental e na zona econômica exclusiva

Vanessa Maria Mamede Cavalcanti

Embora possua uma costa de mais de 8.000 km, o Brasil ainda não acordou para o grande potencial existente no fundo marinho em recursos minerais passíveis de exploração, só tendo até hoje sido explorados, devendo ser ressaltado que com grande êxito, os hidrocarbonetos.

A explotação de granulados marinhos ocorre na Europa há mais de 50 anos, tendo sido a França a pioneira com a extração de granulados carbonáticos. Atualmente, vários países do Hemisfério Norte, como Estados Unidos, Reino Unido, França, Suécia, Bélgica, Alemanha, Finlândia, Dinamarca, Japão, Polônia, entre outros, explotam granulados marinhos de suas plataformas continentais, para utilização tanto como agregado na construção civil e na recuperação de perfis de praias (granulados siliciclásticos) quanto para utilização, principalmente, na agropecuária e tratamento de água (granulados carbonáticos).

Pláceres marinhos têm sido explorados em diversas regiões do mundo, sendo a principal fonte de titânio proveniente da ilmenita e rutilo oriundo de depósitos de praias da Austrália, África, Ásia, Américas do Norte e do Sul. Destacam-se, ainda, por seu alto valor econômico agregado, os depósitos marinhos de diamantes da África do Sul e Namíbia, os depósitos de cassiterita do sudeste da Ásia, e os depósitos de ouro do Alaska e Nova Zelândia.

A maioria desses países é membro do Internacional Council for Exploration of de Sea (ICES), possuindo uma legislação própria para a extração mineral no mar. A permissão para extração, de um modo geral, leva em consideração os efeitos que as atividades de extração mineral podem causar na pesca, na navegação, na erosão costeira e nos ecossistemas bentônicos.

Outros recursos minerais como nódulos polimetálicos, crostas cobaltíferas, sulfetos polimetálicos, fosfato e hidratos de gás são recursos futuros, visto que sua explotação ainda não é operacional.

No caso do Brasil, não existe nada na legislação que seja específico para a pesquisa e lavra mineral no mar, pois embora exista no Estado do Espírito Santo uma concessão de lavra que data da década de 1980, somente a partir de 1999 começou a ser requerida uma grande quantidade de áreas para pesquisa mineral.

No início da década de 1980 foram requeridas as primeiras áreas na plataforma continental do Estado do Espírito Santo, para pesquisa de granulado carbonático, denominado, à época, de "calcário conchífero", mas embora uma concessão de lavra tenha sido outorgada em 1986, o empreendimento não teve continuidade, estando em fase de licenciamento ambiental junto ao Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis (Ibama).

A partir de 1999 houve um incremento nos requerimentos de pesquisa na plataforma continental do Estado do Espírito Santo, e em 2001 a solicitação de guia de utilização em processos de autorização de pesquisa na plataforma continental do município de Aracruz causou uma série de problemas, tanto com relação à questão ambiental quanto com relação à proximidade da área indígena de Caieiras Velhas. Na época, ocorreu, inclusive, uma audiência pública na Comissão de Defesa do Consumidor, Meio Ambiente e Minorias da Câmara dos Deputados sobre o "Projeto de explotação de calcário biogênico de algas alcárias em Santa Cruz no Estado do Espírito Santo".

Devido aos problemas e a repercussão política que o assunto teve no Estado, o Ibama emitiu duas licenças ambientais para extração mineral por guia de utilização, mas as cancelou posteriormente.

Até fevereiro de 2007 constavam do cadastro do Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM), na plataforma continental, 150 títulos em vigor para pesquisa e lavra mineral distribuídos nos estados do Espírito Santo, Bahia, Maranhão, Pernambuco e Rio de Janeiro, sendo 32 requerimentos de pesquisa, 109 alvarás de autorização de pesquisa (sendo 64 com relatório final apresentado), 15 requerimentos de lavra e uma concessão de lavra. Dos títulos em vigor, 142 foram requeridos para

granulados carbonáticos, sete para ilmenita e um para ouro. Com relação ao licenciamento ambiental, em 2006 ocorreram duas audiências públicas para empreendimentos de extração mineral de granulados carbonáticos.

Neste trabalho serão mostrados alguns pontos da legislação mineral e ambiental brasileira, as questões que podem vir a criar empecilhos para a pesquisa e lavra mineral no fundo marinho, aspectos da legislação em outros países e sugestões de modificações para tornar mais fácil à autorização para pesquisa/lavra e o licenciamento ambiental para uma explotação mineral sustentável.

Aspectos legais para pesquisa e lavra mineral no Mar Territorial, na Plataforma Continental e na Zona Econômica Exclusiva

O Mar Territorial está definido no artigo 1.º da Lei n. 8.617/93 da seguinte forma: "O mar territorial brasileiro compreende uma faixa de 12 milhas marítimas de largura, medidas a partir da linha de baixa-mar do litoral continental e insular brasileiro, tal como indicada nas cartas náuticas de grande escala, reconhecidas oficialmente no Brasil".

A Plataforma Continental Jurídica está definida no artigo 11 da Lei n. 8.617/93 da seguinte forma: "A plataforma continental do Brasil compreende o leito e o subsolo das áreas submarinas, que se estendem além do seu mar territorial em toda a extensão do prolongamento natural de seu território terrestre até o bordo exterior da margem continental, ou até uma distância de 200 milhas marítimas das linhas de base, a partir das quais se mede a largura do mar territorial, nos casos em que o bordo exterior da margem continental não atinja essa distância".

A Zona Econômica Exclusiva brasileira está definida no artigo 6.º da Lei n. 8.617/93 da seguinte forma: "A zona econômica exclusiva brasileira compreende uma faixa que se estende das 12 às 200 milhas marítimas, contadas a partir das linhas de base que servem para medir a largura do mar territorial".

Constituição Federal

O Artigo 20 define que: "Os recursos naturais do Mar Territorial e da Plataforma Continental, bem como os da Zona Econômica Exclusiva, incluem-se entre os bens da União".

O artigo 225 estabelece que: "Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao poder público e à coletividade o dever de defendê-la e preservá-la para as presentes e futuras gerações". Este artigo incumbe ao poder público "exigir, na forma da lei, para instalação de obra ou atividade potencialmente degradadora do meio ambiente, estudo prévio de impacto ambiental, a que se dará publicidade". Determina, ainda, que "aquele que explorar recursos minerais fica obrigado a recuperar o meio ambiente degradado, de acordo com solução técnica exigida pelo órgão público competente, na forma da lei".

Legislação mineral

A atual legislação que regula a pesquisa e lavra mineral no Brasil não faz nenhuma distinção entre áreas submarinas e terrestres.

O Código de Mineração, Decreto-Lei n.º 227/67, modificado pela Lei n.º 9.314/96, regula os direitos sobre os recursos minerais do país, seu regime de aproveitamento e a fiscalização da pesquisa, da lavra e de outros aspectos da indústria mineral pelo governo federal.

Os regimes de aproveitamento das substâncias minerais estão descritos no artigo 2.º do Código de Mineração:

– Os regimes de aproveitamento das substâncias minerais, para efeito deste código, são:

  I - regime de concessão, quando depender de portaria de concessão do Ministro de Estado de Minas e Energia;

  II - regime de autorização, quando depender de expedição de alvará de autorização do Diretor-Geral do Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM);

  III - regime de licenciamento, quando depender de licença expedida em obediência a regulamentos administrativos locais e de registro da licença no Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM);

  IV - regime de permissão de lavra garimpeira, quando depender de portaria de permissão do Diretor-Geral do Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM);

V - regime de monopolização, quando, em virtude de lei especial, depender de execução direta ou indireta do Governo Federal.

O aproveitamento de substâncias minerais no Mar Territorial, Plataforma Continental e Zona Econômica Exclusiva depende de alvará de autorização de pesquisa, do Diretor-Geral do DNPM, e de concessão de lavra, outorgada pelo Ministro de Estado de Minas e Energia.

Durante a vigência do alvará de autorização de pesquisa deverá ser realizada pesquisa mineral, conforme definida no Código de Mineração:

– "Art. 14 – Entende-se por pesquisa mineral a execução dos trabalhos necessários à definição da jazida, sua avaliação e a determinação da exeqüibilidade do seu aproveitamento econômico.

§ 1º A pesquisa mineral compreende, entre outros, os seguintes trabalhos de campo e de laboratório: levantamentos geológicos pormenorizados da área a pesquisar, em escala conveniente, estudos dos afloramentos e suas correlações, levantamentos geofísicos e geoquímicos; aberturas de escavações visitáveis e execução de sondagens no corpo mineral; amostragens sistemáticas; análises físicas e químicas das amostras e dos testemunhos de sondagens; e ensaios de beneficiamento dos minérios ou das substâncias minerais úteis para obtenção de concentrados de acordo com as especificações do mercado ou aproveitamento industrial.

§ 2º A definição da jazida resultará da coordenação, correlação e interpretação dos dados colhidos nos trabalhos executados, e conduzirá a uma medida das reservas e dos teores.

§ 3º A exeqüibilidade do aproveitamento econômico resultará da análise preliminar dos custos da produção, dos fretes e do mercado."

O detentor do alvará de autorização de pesquisa fica obrigado, de acordo com o item V do art. 22, a realizar os respectivos trabalhos de pesquisa, devendo submeter à aprovação do DNPM, dentro do prazo de vigência do alvará, ou de sua renovação, relatório circunstanciado dos trabalhos, contendo os estudos geológicos e tecnológicos quantificativos da

jazida e demonstrativos da exeqüibilidade técnico-econômica da lavra, elaborado sob a responsabilidade técnica de profissional legalmente habilitado. Excepcionalmente, poderá ser dispensada a apresentação do relatório, na hipótese de renúncia à autorização de pesquisa, conforme critérios fixados em portaria do Diretor-Geral do DNPM.

O Código de Mineração previa no item IV do art. 22 que: "A pesquisa em leitos navegáveis e flutuáveis, nos lagos e na plataforma submarina, somente será autorizada sem prejuízo ou com ressalva dos interesses da navegação ou flutuação, ficando sujeita, portanto, às exigências que forem impostas nesse sentido pelas autoridades competentes". As alterações ditadas pela Lei 9.314/96 suprimiram a necessidade de o DNPM fazer uma consulta prévia ao Ministério da Marinha para outorgar uma autorização de pesquisa na plataforma continental, pois a nova redação do item IV diz que: "O titular da autorização responde, com exclusividade, pelos danos causados a terceiros, direta ou indiretamente decorrentes dos trabalhos de pesquisa".

Após concluídos os trabalhos de pesquisa e dentro do prazo de vigência do alvará de autorização de pesquisa deverá ser apresentado relatório final dos trabalhos de pesquisa, o qual será analisado conforme previsto no artigo 30 do Código de Mineração:

– "Art. 30. Realizada a pesquisa e apresentado o relatório exigido nos termos do inciso V do art. 22, o DNPM verificará sua exatidão e, à vista de parecer conclusivo, proferirá despacho de:

  I - aprovação do relatório, quando ficar demonstrada a existência de jazida;

  II - não aprovação do relatório, quando ficar constatada insuficiência dos trabalhos de pesquisa ou deficiência técnica na sua elaboração;

  III - arquivamento do relatório, quando ficar demonstrada a inexistência de jazida, passando a área a ser livre para futuro requerimento, inclusive com acesso do interessado ao relatório que concluiu pela referida inexistência de jazida;

  IV - sobrestamento da decisão sobre o relatório, quando ficar caracterizada a impossibilidade temporária da exeqüibilidade técnico-econômica da lavra, conforme previsto no inciso III do art. 23.

§ 1º. Na hipótese prevista no inciso IV deste artigo, o DNPM fixará prazo para o interessado apresentar novo estudo da exeqüibilidade técnico-econômica da lavra, sob pena de arquivamento do relatório.

§ 2º. Se, no novo estudo apresentado, não ficar demonstrada a exeqüibilidade técnico-econômica da lavra, o DNPM poderá conceder ao interessado, sucessivamente, novos prazos, ou colocar a área em disponibilidade, na forma do art. 32, se entender que terceiro poderá viabilizar a eventual lavra.

§ 3º. Comprovada a exeqüibilidade técnico-econômica da lavra, o DNPM proferirá, ex officio ou mediante provocação do interessado, despacho de aprovação do relatório."

No caso da aprovação do relatório final dos trabalhos de pesquisa, o detentor do título terá, de acordo com o artigo 31 do Código de Mineração, um ano para requerer a concessão de lavra, podendo, dentro deste prazo, negociar seu direito a essa concessão. O DNPM poderá prorrogar o prazo referido, por igual período, mediante solicitação justificada do titular, manifestada antes de findar-se o prazo inicial ou a prorrogação em curso. Para requerer a concessão de lavra, deverá ser apresentado ao DNPM um plano de aproveitamento econômico da jazida mineral, o qual será analisado e poderá ser ou não aprovado.

Entende-se por lavra, de acordo com o artigo 36 do Código de Mineração, o conjunto de operações coordenadas objetivando o aproveitamento industrial da jazida, desde a extração de substâncias minerais úteis que contiver, até o beneficiamento das mesmas. Para outorga da lavra serão observadas as condições previstas no artigo 37 do Código de Mineração:

– "Art. 37 - Na outorga da lavra, serão observadas as seguintes condições:

I - a jazida deverá estar pesquisada, com o Relatório aprovado pelo DNPM;

II - a área de lavra será a adequada à condução técnico-econômico dos trabalhos de extração e beneficiamento, respeitados os limites da área de pesquisa.

Parágrafo Único - Não haverá restrições quanto ao número de concessões outorgadas a uma mesma Empresa."

A concessão de lavra terá por título uma portaria assinada pelo Ministro de Estado de Minas e Energia, por prazo indeterminado.

O detentor da concessão de lavra deverá cumprir o previsto no artigo 47 do Código de Mineração:

– "Art. 47 - Ficará obrigado o titular da concessão, além das condições gerais que constam deste Código, ainda, às seguintes, sob pena de sanções previstas no Capítulo V:

I - Iniciar os trabalhos previstos no plano de lavra, dentro do prazo de 6 (seis) meses, contados da data da publicação do Decreto de Concessão no Diário Oficial da União, salvo motivo de força maior, a juízo do DNPM;

II - Lavrar a jazida de acordo com o plano de lavra aprovado pelo DNPM, e cuja segunda via, devidamente autenticada, deverá ser mantida no local da mina;

III - Extrair somente as substâncias minerais indicadas no Decreto de Concessão;

IV - Comunicar imediatamente ao DNPM o descobrimento de qualquer outra substância mineral não incluída no Decreto de Concessão;

V - Executar os trabalhos de mineração com observância das normas regulamentares;

VI - Confiar, obrigatoriamente, a direção dos trabalhos de lavra a técnico legalmente habilitado ao exercício da profissão;

VII - Não dificultar ou impossibilitar, por lavra ambiciosa, o aproveitamento ulterior da jazida;

VIII - Responder pelos danos e prejuízos a terceiros, que resultarem, direta ou indiretamente, da lavra;

IX - Promover a segurança e a salubridade das habitações existentes no local;

X - Evitar o extravio das águas e drenar as que possam ocasionar danos e prejuízos aos vizinhos;

XI - Evitar poluição do ar, ou da água, que possa resultar dos trabalhos de mineração;

XII - Proteger e conservar as Fontes, bem como utilizar as águas segundo os preceitos técnicos quando se tratar de lavra de jazida da Classe VIII;

XIII - Tomar as providências indicadas pela Fiscalização dos órgãos Federais;

XIV - Não suspender os trabalhos de lavra, sem prévia comunicação ao DNPM;

XV - Manter a mina em bom estado, no caso de suspensão temporária dos trabalhos de lavra, de modo a permitir a retomada das operações;

XVI - Apresentar ao DNPM até o dia 15 (quinze) de março de cada ano, relatório das atividades realizadas no ano anterior.

Parágrafo Único – Para o aproveitamento, pelo concessionário de lavra, de substâncias referidas no item IV deste artigo, será necessário aditamento ao seu título de lavra."

A Portaria DNPM n.º 40/2000 define as áreas e os prazos de vigência máximos para as autorizações de pesquisa.

– "Art. 1º As autorizações de pesquisa ficam adstritas às seguintes áreas máximas:

I - dois mil hectares:

a) substâncias minerais metálicas;

b) substâncias minerais fertilizantes;

c) carvão;

d) diamante;

e) rochas betuminosas e pirobetuminosas;

f) turfa; e

g) sal-gema;

II - cinqüenta hectares:

a) as substâncias minerais relacionadas no art. 1º da Lei nº 6.567, de 24 de setembro de 1978, com a redação dada pela Lei nº 8.982, de 24 de janeiro de 1995; *(Este item contempla os materiais de uso imediato na construção civil, estando incluídos as areias e cascalhos utilizados como agregados, marinhos ou terrestres)*

b) águas minerais e águas potáveis de mesa;

c) areia, quando adequada ao uso na indústria de transformação;

d) feldspato;

e) gemas (exceto diamante) e pedras decorativas, de coleção e para confecção de artesanato mineral; e

f) mica.

III - mil hectares:

a) rochas para revestimento; e

b) demais substâncias minerais. *(Os granulados carbonáticos estão incluídos neste item).*

§ 1º Ficam adstritas a cinco hectares as áreas máximas objeto da Lei nº 9.827, de 27 de agosto de 1.999, no Decreto nº 3.358, de 02 de fevereiro de 2000, publicado no D.O.U. de 03 de fevereiro de 2000;

§ 2º Nas áreas localizadas na Amazônia Legal definida no art. 2º da Lei nº 5.173, de 27 de outubro de 1.966, o limite máximo estabelecido para as substâncias minerais de que trata o inciso I deste artigo será de dez mil hectares.

.....

Art. 3º As autorizações de pesquisa terão os seguintes prazos de validade:

I - dois anos, quando objetivarem as substâncias minerais referidas no inciso II do art. 1º, e rochas para revestimento;

II - três anos, quando objetivarem as demais substâncias."

A recuperação de perfis de praia com o aproveitamento de areias e/ou cascalhos marinhos não está regulada pelo Código de Mineração, conforme definido no parágrafo único do art. 3.° deste diploma legal:

"Não estão sujeitos aos preceitos deste Código os trabalhos de movimentação de terras e de desmonte de materiais *in natura*, que se fizerem necessários à abertura de vias de transportes, obras gerais de terraplanagem e de edificações, desde que não haja comercialização das terras e dos materiais resultantes dos referidos trabalhos e ficando o seu aproveitamento restrito à utilização na própria obra".

Logo, para a execução da obra, será necessária a autorização da Autoridade Marítima e da Prefeitura Municipal, bem como o licenciamento ambiental de competência do Ibama, conforme previsto na Resolução Conama n.° 237/97.

Legislação ambiental

Em 1981 foi promulgada a Lei n.º 6.938 estabelecendo a Política Nacional do Meio Ambiente. Nessa Lei estão todos os fundamentos que definem a proteção ambiental em nosso país e que, posteriormente, durante a década de 1980, foram regulamentados por meio de decretos, normas, resoluções e portarias. Nesta Lei, em inclusão contida na Lei n.º 10.165/2000, a extração mineral é considerada como atividade potencialmente poluidora, estando previsto no Artigo 10, com redação dada pela Lei n.º 7.804/89, que esta atividade dependerá de prévio licenciamento de órgão competente, integrante do Sistema Nacional do Meio Ambiente (Sisnama).

A atividade de mineração no país está condicionada a três instrumentos de controle do Poder Público, no que tange aos riscos potenciais de danos ao meio ambiente, resultantes da extração mineral, ou seja, o Estudo de Impacto Ambiental (EIA), o Licenciamento Ambiental (LA) e o Plano de Recuperação de Área Degradada (PRAD).

O Estudo de Impacto Ambiental (EIA), que precede o licenciamento ambiental de qualquer atividade de extração mineral, tem sua definição, normas, critérios básicos e diretrizes de implementação estabelecidas pela Resolução Conama n.º 001/86 (com base na Lei n.º 6.938/81), alterada e complementada pelas resoluções n.º 009/90 e nº 010/90, do mesmo Conselho. A exigência do EIA aplica-se aos empreendimentos mineiros de toda e qualquer substância mineral, com exceção daquelas de emprego imediato na construção civil. (art. 1.º da Lei nº 6.567/78, com a redação dada pela Lei n.º 8.982/95).

O EIA deve estar consubstanciado no Relatório de Impacto Ambiental (Rima), que deve ser submetido ao órgão de meio ambiente competente, integrante do Sisnama, para análise e aprovação. O Rima deve ser tornado público, para que a coletividade ou qualquer outro interessado tenha acesso ao projeto e a seus eventuais impactos ambientais e possa conhecê-los e discuti-los livremente. A aprovação do EIA/Rima é o requisito básico para que o empreendimento minerador possa pleitear o Licenciamento Ambiental, cuja obtenção é obrigatória para a localização, instalação ou ampliação e operação de qualquer atividade de mineração objeto do regime de concessão de lavra ou registro de licenciamento, estando regulado pelo Decreto n.º 99.274/90.

A Resolução Conama n.º 237/97 atribui ao Ibama o licenciamento ambiental de empreendimentos e atividades localizadas no mar territorial, plataforma continental e zona econômica exclusiva. O licenciamento ambiental, como nas áreas continentais, não é necessário para a pesquisa mineral.

De acordo com o Decreto n.º 97.632/89, que dispõe sobre a regulamentação do artigo 2.º, inciso VIII, da Lei n.º 6.938/81, os empreendimentos de mineração estão obrigados, quando da apresentação do EIA/Rima, a submeter o Plano de Recuperação de Área Degradada (Prad) à aprovação do órgão de meio ambiente competente. Este plano contempla a solução técnica escolhida e considerada adequada pela detentora do título minerário, à reabilitação da área degradada, resultante da atividade de extração mineral, para utilização futura.

A promulgação da Lei n.º 9.605/98 determinou a transferência das questões relacionadas a danos ambientais do âmbito administrativo para o

âmbito criminal. Essa Lei, também chamada de "Lei de Crimes Ambientais", especifica as condições nas quais os danos ambientais serão considerados e tratados como crime, com penas de indenização e de reclusão. Determina, ainda, a co-autoria dos crimes ambientais, definida para todos aqueles que, de alguma forma, atuaram na ação que determinou o dano, no caso de empresas, desde o operário comum até o presidente do conselho administrativo, além das autoridades públicas que tenham, comprovadamente, negligenciado o fato.

A Instrução Normativa Ibama n.º 46/2004, que revogou a Portaria Ibama n.º 147/97, define critérios que permitem a exploração, a comercialização e o transporte de algas marinhas no litoral brasileiro, tratando, exclusivamente, da exploração de algas vivas ou arribadas, conforme previsto no artigo 1.º:

– "Art. 1º Permitir a exploração, a explotação, a comercialização e o transporte de algas marinhas no litoral brasileiro ……

§ 2º Somente as camadas superficiais dos depósitos calcários compostas predominantemente por organismos vivos, se enquadram nesta Instrução Normativa.

§ 3º As camadas sub-superficiais são consideradas como jazidas minerais e a sua explotação deve atender às normas do Departamento Nacional de Produção Mineral - DNPM."

A citação dessa instrução normativa, muito embora não acrescente nada a questão da mineração propriamente dita, deve-se as controvérsias já geradas com relação ao material a ser extraído, se algas calcárias (vivas) ou granulados carbonáticos (não-vivos), que repercutiu negativamente na liberação dos licenciamentos ambientais para extração mineral no mar.

Autoridade marítima

De acordo com o art. 17, inciso IV, da Lei Complementar n.º 97/99:

"... cabe à Marinha, como atribuições subsidiárias particulares... implementar e fiscalizar o cumprimento de leis e regulamentos, no mar e nas águas interiores, em coordenação com outros órgãos dos Poderes Executivo, Federal ou Estadual, quando se fizerem necessárias, em razão de competências específicas...".

O parágrafo único do mesmo artigo prevê que "... é da competência do Comandante da Marinha o trato dos assuntos dispostos neste artigo, ficando designado como Autoridade Marítima para esse fim...".

A Norma da Autoridade Marítima 11 da Diretoria de Portos e Costas da Marinha do Brasil (Nornam-11/DPC), aprovada pela Portaria n.º 109/DPC, de 16/12/2003, trata em seu capítulo 3, da pesquisa e lavra de minerais no mar, prevendo que, após devidamente autorizados pelo órgão competente, os interessados deverão prestar formalmente algumas informações as capitanias (CP), delegacias (DL) ou agências (AG).

Aspectos legais para pesquisa e lavra mineral no mar em outros países

França

Na França, as substâncias minerais submarinas são regidas pelo *code minier*. Do ponto de vista jurídico, o solo e subsolo marinho fazem parte do domínio público marítimo (DPM), que abrange as 12 milhas náuticas do mar territorial e a zona econômica exclusiva (ZEE).

A exploração da plataforma continental francesa e a explotação de seus recursos naturais está submetida às disposições da Lei 68-1181, de 30/12/68. As atividades de prospecção, pesquisa e lavra mineral (granulados, hidrocarbonetos, minerais metálicos, etc.) estão submetidas às regras fixadas pelo *code minier*.

A regulamentação em vigor para explotação de recursos não-vivos contidos nos fundos marinhos de domínio público marítimo é aquela contida no *code minier* e legislação correlata.

As extrações minerais estão subordinadas à obtenção de um conjunto de três atos administrativos:

- Um título mineiro;
- Uma autorização de ocupação temporária do domínio público marítimo, denominada de autorização de domínio;
- Uma autorização de início dos trabalhos.

Os dois primeiros são obtidos simultaneamente. Somente após possuir os dois documentos a empresa poderá solicitar a autorização para início dos trabalhos.

No início do processo para obtenção de um título mineiro, durante a instrução a nível local (prefeitura), além da consulta a outros órgãos e serviços públicos, quando a área estiver localizada no fundo marinho, o pedido será submetido ao Institut Français de Recheche pour L´Explotation de la Mer (Ifremer), que dispõe de um mês para se pronunciar.

Tanto para obtenção do título mineiro quanto da autorização de início dos trabalhos deverá ser realizada uma enquête pública, com duração de um mês.

Para obtenção do título mineiro, após a conclusão da instrução local e da enquete pública, será encaminhado relatório ao Ministério das Minas para realização da instrução a nível central e a decisão sobre a concessão do título mineiro.

Para obtenção da autorização de domínio, o processo será instruído com base no *Code du domaine de l'État*, sendo esta autorização emitida pela prefeitura do departamento, estando subordinada a outorga do título mineiro.

O procedimento para obtenção da autorização de início dos trabalhos se desenvolve exclusivamente a nível local, sendo uma decisão da prefeitura. A autorização para o início dos trabalhos é obtida após a execução de certas prescrições (*état de référence*, enquete pública, consulta a outros órgãos, etc.), o que possibilita a empresa iniciar a lavra propriamente dita.

Os granulados carbonáticos marinhos (areias conchíferas e *mäerl*) foram considerados durante muito tempo como recursos pesqueiros e para sua exploração não se submetiam a nenhuma autorização, e sim a uma simples declaração.

Bélgica

A legislação exige para operações de extração de areia e cascalho no Mar Territorial ou na Zona Econômica Exclusiva uma avaliação de impacto ambiental, que deverá constar de um relatório de impacto ambiental (EIR) para obtenção da licença. Depois de obtida a licença, todas as atividades de exploração estão sujeitas a um programa de monitoramento contínuo.

A legislação para extração de areia e cascalho em ambiente marinho foi modificada em setembro/2004. Uma mudança muito importante na legislação nova é que uma licença só pode ser dada se o ministério responsável para o ambiente marinho der parecer positivo para emissão da licença. Na lei anterior, o Ministério de Negócios Econômicos poderia dar uma licença até mesmo quando o ministério responsável pelo ambiente marinho tinha tido pronunciamento desfavorável.

Foi criada a comissão consultiva para coordenar a administração da exploração continental e marinha, e a cada três anos é elaborado um relatório que descreve os resultados do monitoramento contínuo, o qual é apresentado à comissão consultiva, que baseada nos resultados, sugere modificação nos regulamentos, nas zonas de controle e exploração, bem como formula políticas relativas à exploração de areias e cascalhos.

Outro fato interessante na legislação belga é a existência de zonas de exploração e de controle, ou seja, o governo define quais áreas são ou não acessíveis para exploração. Essas zonas são modificadas de acordo como o monitoramento realizado, podendo uma zona passar de uma categoria para outra após uma avaliação.

Países Baixos

Para a outorga da licença de extração de agregado marinho dentro do mar territorial é exigido um Estudo de Impacto Ambiental (EIA) e as áreas máximas são de 100 ha, com uma espessura de extração máxima permitida de dois metros, o que é comparável a extração de dois milhões de metros cúbicos.

Uma regulamentação nova está sendo formulada para a extração de sedimentos marinhos, em que a alteração mais notável é que será incluída uma distinção entre extrações de pequena escala (<10.000.000 m^3 por licença) e extrações de grande escala (>10.000.000 m^3 por licença). Para extrações de pequena escala a espessura máxima de extração será mantida em dois metros. Para extrações de grande escala, a extração de espessura maior que dois metros pode ser permitida, desde que o EIA mostre que isto não acarretará uma maior degradação ao ambiente marinho e costeiro.

Dinamarca

A Agência das Florestas e da Natureza é a responsável pela administração da extração de agregado marinho em águas territoriais e no continente.

A legislação em vigor desde 1997, denominada Ato de Matérias Primas, define a necessidade de licença para dragagem de agregados, concedidas para um período de até dez anos, devendo o interessado fazer um estudo quantitativo e qualitativo do material, bem como um estudo de impacto ambiental.

Em 2003 foram introduzidas modificações no Ato de Matérias-Primas, tornando possível a extração de outros materiais que não os agregados. Essas modificações permitem a extração de outros recursos, por exemplo, conchas, no mesmo ato administrativo. A extração mineral em profundidades menores que seis metros é permitida, porém a legislação é muito restritiva e só é dada esta permissão se for demonstrado a necessidade desse recurso e o estudo de impacto ambiental for favorável.

Reino Unido

Estão em andamento modificações na legislação existente referente à extração de agregados marinhos. A legislação em vigor prevê a exigência de Estudo de Impacto Ambiental (EIA), porém os novos regulamentos serão mais rigorosos com essas exigências e incluirão mecanismos novos para a conservação de ecossistemas marinhos e biodiversidade, contemplando áreas protegidas para espécies e habitats importantes.

Finlândia

Na legislação em vigor, a avaliação de impacto ambiental somente é requerida se a área de extração mineral for maior que 25 ha ou a quantidade de material extraído for superior a 200.000 m^3.

Espanha

Na Espanha, a jurisdição sobre o domínio litoral pertence ao Diretório Geral de Costas, que possui representações, os serviços e demarcações de costas, em cada província litorânea espanhola. Este órgão estatal possui a atribuição de autorizar qualquer extração de sedimento marinho, exceto a dragagem para fins de navegação.

De acordo com o artigo 63.2 do Ato das Costas, a exploração de sedimento marinho só é permitida para aterros e recuperação de perfis de praias, não sendo permitida para utilização do material como agregado para a indústria da construção civil. Este mesmo diploma legal também estabelece a necessidade de realização obrigatória de uma avaliação ambiental para todas as extrações de sedimento, com o objetivo de examinar seus efeitos no ambiente marinho e litorâneo, antes da mesma ser autorizada.

Quando a extração de sedimento exceder três milhões de metros cúbicos, é necessário empreender um procedimento de EIA. Para projetos menores é exigida uma avaliação ambiental.

As legislações regionais prevêem que a avaliação de impacto ambiental também é aplicável a esses projetos, e no caso de conflito com lei nacional, prevalecem as medidas de proteção mais rigorosas.

Estados Unidos

O direito sobre os bens minerais pertence ao proprietário do solo, ressalvada qualquer observação contrária contida na escritura de propriedade. Tanto a gestão da lei mineral quanto a gestão do meio ambiente são de responsabilidade dos Estados.

Praticamente todo o agregado marinho produzido é utilizado para recuperação de perfis de praias, sendo a permissão para utilização desses recursos uma atribuição do Minerals Management Service (MMS), uma agencia do U.S. Department of the Interior.

Namíbia

O crescimento da exploração e explotação marinha do diamante fez com que aumentasse o interesse do governo pela mineração marinha, estando em estudo uma estrutura legal apropriada para atender as especificidades da mineração no mar, em que os interesses ambientais deverão ser cuidadosamente considerados.

Na Namíbia, todos os direitos sobre os bens minerais são do Estado. O Ato de Minerais (prospecção e mineração), de 1992, regula a indústria de mineração no país. A política mineral foi projetada para facilitar e incentivar o setor privado para avaliar os recursos minerais e desenvolver a mineração. Existem vários tipos de licenças para pesquisa e lavra:

– Licença para Pesquisa Não Exclusiva (NEPL) é válida por 12 meses, permite a pesquisa, mas não restringe a área para outros direitos minerais.

– Licença de Reconhecimento (RL) permite a execução de levantamentos de sensoriamento remoto e são válidas por seis meses.

– Licença para Pesquisa Exclusiva (EPL), em que as áreas não excedem 1000 km² e são válidas por três anos, com duas renovações de dois anos cada. O mapa geológico de avaliação do depósito mineral e um plano de trabalho, incluindo cronograma físico-financeiro, é pré-requisito indispensável para a emissão da licença.

– Licença de Retenção do Depósito Mineral (MDRL) permite que os projetos bem-sucedidos retenham direitos aos depósitos minerais que não são viáveis para exploração imediata, sendo válidos por até cinco anos.

– Licença de Mineração (ML) pode ser concedida a cidadãos e empresas registradas no país, sendo válidas para a vida útil da mina ou, inicialmente, por 25 anos, renovável por mais 15 anos.

Antes do licenciamento, excetuando NEPL e RL, os interessados têm que concluir um contrato ambiental como o Departamento de Ambiente e Turismo, em que é exigido o EIA.

África do Sul

Ao contrário da maioria dos países do mundo, o proprietário dos direitos aos recursos minerais não era o Estado e, sim, os fazendeiros (proprietários de terra), que davam opção de exploração as grandes companhias de mineração. Esta lei dificultou o desenvolvimento do setor mineral no país.

No final de 2000, entrou em vigor uma nova legislação mineral que, entre outros avanços, reconhece que os recursos minerais são uma herança comum de todos os africanos do sul e pertencem coletivamente a todos eles.

Com o advento da nova legislação, muitos dos tradicionais mineradores de diamante podem ser obrigados a abrir mão de parte de suas concessões, o que fez com que alguns partissem para a avaliação de depósitos marinhos.

Os avanços significativos nas técnicas de pesquisa e recuperação tornaram os depósitos de diamante marinhos acessíveis. Embora o tamanho desses diamantes seja geralmente menor que os produzidos no continente, a qualidade é muito superior. Inicialmente, a costa ocidental da África do Sul foi dividida em 20 concessões de mineração, em que as áreas são arranjadas em faixas de 30 km de largura, perpendiculares a linha de costa, sendo cada faixa subdividida em quatro zonas:

- A zona de concessão "a" (de 31,49m da linha de baixa mar a 1000m além da linha de preamar);
- A zona de concessão "b" (varia entre 4 – 6 km);
- A zona de concessão "c" (estende-se até a isóbata de 200m);
- A zona de concessão "d" (até a isóbata de 500m).

As áreas de "c" e "d", devido à profundidade da água e o ambiente hostil, requerem recursos financeiros e tecnológicos significativos e ficam limitadas as grandes companhias mineradoras. Nas outras zonas, onde são aplicadas tecnologias conhecidas e aprovadas de exploração e explotação mineral, as empresas menores podem operar.

Austrália

Na Austrália, os recursos minerais pertencem a Coroa, apesar de não haver pagamento de *royalties* ao Governo Britânico, mas os Estados e Territórios possuem jurisdição sobre seus recursos minerais.

Durante a fase de prospecção/pesquisa são adotados alguns tipos de licença, como Licença de Prospecção, Licença de Prospecção Distrital e Permissão de Exploração; já na fase de outorga da lavra, os instrumentos legais são o Requerimento de lavra, Licença de Desenvolvimento Mineral e Contrato de Lavra. Existe ainda a Licença de Retenção, em que o detentor do título pode reter a área por cinco anos, pagando taxas enquanto espera melhores condições econômicas para a explotação.

O sistema adotado é de quadrículas, cujas áreas máximas são variáveis, sendo de 19.000 ha em Western Austrália e 25.000 ha em South Austrália. Os direitos de lavra tem prazos de 20 a 25 anos.

Em South Austrália existe uma legislação específica denominada Offshore Minerals Act 2000, que regulamenta a pesquisa e lavra mineral (à exceção do petróleo) nas primeiras três milhas náuticas do seu Mar Territorial. Constam neste diploma legal os seguintes tipos de licença:

- Licença de Exploração, para a fase de pesquisa mineral;
- Licença de Retenção, assegura a retenção dos direitos durante a transição de um projeto da fase de pesquisa à fase de lavra e autoriza a extração mineral, mas não a operação comercial da mina.
- Licença de Lavra, cobre toda a fase de lavra do projeto.
- Licença de Trabalho, pode ser necessário quando a exploração e/ou a lavra incluir atividades que não estão diretamente relacionadas com a exploração e/ou a lavra.
- Licença Especial, será necessária para realização de investigação científica, serviços de reconhecimento geológico ou outros e retirada de pequenas amostras para coleção em águas costeiras.

O Ministério de Recursos Naturais e o Ministério do Meio Ambiente trabalham em conjunto nas questões de controle ambiental na mineração. A agência federal EPA (*Environment Protection Agency*) trabalha em conjunto com os Estados e Territórios na avaliação de impactos, cabendo a esses últimos seu controle e fiscalização.

SUGESTÕES QUE PODEM SER INCLUÍDAS NA LEGISLAÇÃO BRASILEIRA

As peculiaridades do ambiente marinho demandam que sejam criados alguns instrumentos específicos dentro da legislação mineral e ambiental, a fim de que a pesquisa e lavra mineral sejam mais bem desenvolvidas e de forma sustentável, incluindo ainda a necessidade que a atividade pesqueira e as outras atividades marinhas sejam convenientemente protegidas.

A seguir estão relatadas algumas sugestões, que caso fossem incluídas na legislação mineral e ambiental, seriam de grande valia para o desenvolvimento da mineração marinha e sua sustentabilidade. As sugestões

aqui apresentadas terão aplicação mais direta na exploração de granulados e pláceres, pois são os recursos minerais passíveis de exploração em curto prazo, já havendo demanda para eles no Brasil. No entanto, também serão de grande valia quando for viabilizada a exploração de outros recursos minerais, que, dependendo da necessidade, à época, também poderão necessitar de novas modificações a serem introduzidas na legislação.

Legislação mineral

As sugestões a seguir poderão vir a ser incorporadas à legislação mineral por Portaria do Ministro de Estado de Minas e Energia e/ou do Diretor-Geral do DNPM.

Fase de Requerimento de Pesquisa

1) Criação de uma comissão técnica no DNPM, a qual caberá a análise técnica de todos os requerimentos de pesquisa protocolizados em área do Mar Territorial, Plataforma Continental e Zona Econômica Exclusiva. Esta comissão poderá realizar vistoria prévia na área a ser autorizada para pesquisa, caso ache necessário, com o objetivo de verificar ou comprovar a existência de situação que possa vir a inviabilizar a concessão de lavra. A comissão dispõe de um prazo de 30 dias para se pronunciar, prorrogável por mais 30 dias, ao cabo do qual, se não houver pronunciamento, entende-se que não existem restrições à emissão da autorização. O parecer desfavorável da comissão ocasionará o indeferimento do requerimento de pesquisa e o imediato bloqueio da área para futuros requerimentos de pesquisa.

A criação dessa comissão seria importante para evitar que fossem outorgados alvarás de autorização de pesquisa em locais inviáveis para a extração mineral, tanto do ponto de vista ambiental quanto pela interferência com outras utilizações do mar, evitando assim que fossem realizados investimentos em áreas cuja explotação mineral não pudesse ser viabilizada.

2) Incluir no artigo 1.º da Portaria DNPM n.º 40/2000, um parágrafo aumentando o valor máximo da área para pesquisa mineral no Mar Territorial, na Plataforma Continental e na Zona Econômica Exclusiva:

§ 3.º Nas áreas localizadas no Mar Territorial, na Plataforma Continental e na Zona Econômica Exclusiva definidos na Lei n.º 8.617, de 4 de janeiro de 1993, o limite máximo será de cinco mil hectares.

3) Incluir no artigo 3.º da Portaria DNPM n.º 40/2000, um parágrafo aumentando o prazo de vigência das autorizações de pesquisa mineral no Mar Territorial, na Plataforma Continental e na Zona Econômica Exclusiva:

§ Único. As autorizações de pesquisa de áreas no Mar Territorial, na Plataforma Continental e na Zona Econômica Exclusiva definidos na Lei n.º 8.617, de 4 de janeiro de 1993, terão prazo de validade de três anos, qualquer que seja a substância mineral.

A necessidade de modificação no limite máximo das áreas para pesquisa mineral e no prazo de validade do alvará de autorização de pesquisa, deve-se as peculiaridades do ambiente marinho, que refletem tanto na dificuldade de acesso quanto na pesquisa propriamente dita, que requer pessoal e equipamentos especializados. A título de exemplo, se hoje alguém quiser pesquisar areia (agregado para construção civil) na plataforma continental deverá requerer áreas de 50 ha e terá um prazo de dois anos para pesquisa.

Fase de autorização de pesquisa

1) A aprovação do Relatório Final de Pesquisa fica vinculada à apresentação das seguintes informações:
   - batimetria da área e entorno (cartografia morfo-batimétrica);
   - distância da costa;
   - história geológica do depósito;
   - fonte do material;
   - cartografia morfo-sedimentar
   - qualificação do material;
   - distribuição do tamanho das partículas do sedimento;
   - extensão e volume do depósito;
   - estabilidade e/ou mobilidade natural do depósito;
   - espessura do depósito;

- natureza do depósito subjacente;
- morfologia do fundo oceânico, inclusive ocorrência de formas de leito;
- expectativa de vida útil do depósito;
- atividades de extração próximas (existentes ou em projeto);
- potencial de recuperação da área afetada.

2) A aprovação do Plano de Aproveitamento Econômico fica vinculada à apresentação das seguintes informações:

Dragagem:

- volume total a ser extraído;
- volume máximo anual e intensidade da dragagem;
- especificações do equipamento a ser utilizado;
- espessura máxima a ser removida;
- profundidade máxima de extração, a forma e a área de depressão resultante;
- onde ocorrerá o peneiramento (a bordo da draga ou não);
- sobre a deposição de rejeito (frações finas ou grossas) das águas de sangramento;
- quantidade de dragas em operação simultânea;
- rotas e malha de operação da draga;
- tempo exigido para completar o carregamento da draga;
- número de dias por ano com operação de dragagem;
- local de desembarque e beneficiamento;

Interferências com as outras utilizações do mar:

- a freqüência, a duração e o período dos trabalhos;
- a importância econômica da pesca dentro da área concedida;
- as rotas marítimas;
- as zonas militares;
- plataformas de exploração de óleo e/ou gás;
- as utilizações civis do fundo (extrações adjacentes, cabos e oleodutos submarinos);

- as zonas de depósitos de rejeito de dragagens portuárias;
- destroços de naufrágios (com indicação de seu valor histórico);
- áreas protegidas de importância cultural, histórica, científica ou biológica;
- as zonas de lazer (pesca esportiva, mergulho, etc.)
- toda necessidade de rejeito no mar de materiais inúteis, resultantes do tratamento em terra do material extraído;
- existência de áreas ou projetos de extração próximos.

Fase de concessão de lavra

A atividade de extração marinha deve ser continuamente monitorada para haver um registro permanente a disposição tanto das autoridades gestoras quanto das empresas de extração. A informação obtida permitirá a essas autoridades fiscalizar a atividade do navio para assegurar que esta está sendo desenvolvida em conformidade com as condições específicas da autorização e investigar denúncias de existência de atividades irregulares de dragagem. As sanções serão aquelas já previstas no Código de Mineração e legislação correlata.

O monitoramento em meio marinho é geralmente realizado pelas seguintes razões:

- verificar se as condições da autorização são respeitadas (monitoramento de conformidade);
- evidenciar o impacto espacial e temporal da dragagem (monitoramento de impacto).

LEGISLAÇÃO AMBIENTAL

Devido às peculiaridades do ambiente marinho, seria importante a edição de uma resolução do Conama específica, em que constasse que em todos os EIA/Rima's para empreendimentos de extração mineral no mar devem ser contempladas as seguintes informações:

Para avaliação do impacto físico:

- implicações da extração para os processos costeiros e próximos da praia, inclusive efeitos possíveis na praia, mudanças no

suprimento de sedimento e direção do transporte, mudanças na dinâmica de ondas e de maré;

- mudanças na topografia do fundo oceânico e no tipo de sedimento;
- exposição de substratos diferentes;
- mudanças de comportamento das formas de leito dentro da extração e em áreas adjacentes;
- o risco potencial de lançamento de contaminadores pela dragagem de agregados e exposição de substâncias naturais potencialmente tóxicas;
- o derramamento de sedimento no fundo oceânico pelo equipamento de dragagem durante o transporte e a determinação de seu impacto, em situação normal e na máxima em que a carga deverá ser suspensa;
- os efeitos na qualidade da água principalmente pelo aumento na quantidade de material em suspensão;
- implicações para circulação da água local, resultante de remoção ou criação de características topográficas novas no fundo oceânico;
- a escala de tempo para uma potencial recuperação física do fundo oceânico.

Para avaliação do impacto biológico:

- inventário da macrofauna e macroflora bentônica no interior da área e entorno;
- mudanças na estrutura da comunidade bentônica, e para qualquer espécie ou hábitats ecologicamente sensíveis que podem ser particularmente vulneráveis às operações de extração;
- os efeitos da dragagem na biota pelágica;
- os efeitos sobre a pesca e recursos pesqueiros, inclusive, áreas de desova, com consideração particular para os peixes que se reproduzem no fundo, áreas de berçário, zonas de nutrição, zonas de invernadas de crustáceos e rotas conhecidas de migração;
- os efeitos sobre as relações presa/predador (por exemplo, entre populações de bentos e peixes);
- os efeitos sobre locais protegidos por regulamentos locais, nacionais ou internacionais;

– taxa e modo de recolonização previstos, levando em conta a estrutura da comunidade inicial, mudanças temporais naturais, hidrodinâmica local e qualquer mudança prevista no tipo de sedimento;
– efeitos na flora e fauna marinhas, inclusive em aves marinhas e mamíferos;
– efeitos na ecologia dos recifes.

Interferências com as outras utilizações do mar:

– a freqüência, a duração e o período dos trabalhos;
– a importância econômica da pesca dentro da área concedida;
– as rotas marítimas;
– as zonas militares;
– plataformas de exploração de óleo e/ou gás;
– as utilizações civis do fundo (extrações adjacentes, cabos e oleodutos submarinos);
– as zonas de depósitos de rejeito de dragagens portuárias;
– destroços de naufrágios (com indicação de seu valor histórico);
– áreas protegidas de importância cultural, histórica, científica ou biológica;
– as zonas de lazer (pesca esportiva, mergulho, etc.)
– toda necessidade de rejeito no mar de materiais inúteis, resultantes do tratamento em terra do material extraído;
– existência de áreas ou projetos de extração próximos.

Avaliação de impactos

– A avaliação do impacto global é necessária para identificar e quantificar as conseqüências ambientais da proposta no mar e na costa. O EIA deve avaliar até que ponto a operação de extração proposta poderá afetar outros interesses de importância reconhecida.
– Também deve ser avaliado o potencial dos impactos cumulativos no ambiente marinho. Nesse contexto, impactos cumulativos poderiam acontecer como resultado da dragagem em um único

local, em múltiplos locais muito próximos, ou em combinação com os efeitos de outras atividades humanas (por exemplo, pesca).

– As conseqüências ambientais devem ser sumarizadas como uma hipótese de impacto. A avaliação de alguns dos impactos potenciais exige técnicas de previsão, e será necessária a utilização de modelos matemáticos apropriados, em que deve existir explicação suficiente da natureza do modelo, inclusive seus requisitos de dados, suas limitações e quaisquer suposições feitas nos cálculos.

Medidas mitigadoras

A hipótese de impacto deve incluir considerações sobre as medidas que podem ser tomadas para mitigar os efeitos das atividades de extração. Esses podem incluir:

– a seleção do equipamento de dragagem e de um calendário das operações de dragagem que limite o impacto na biota (como pássaros, comunidades bentônicas, qualquer espécie particularmente sensível, hábitats e recursos pesqueiros);
– controlar as modificações da profundidade das operações de dragagem para limitar as mudanças hidrodinâmicas e no transporte sedimentar, bem como para minimizar os efeitos sobre a pesca;
– zoneamento espacial e temporal da área a ser autorizada para extração, para proteger a pesca sensível ou respeitar acesso à pesca tradicional;
– prevenir o peneiramento a bordo ou minimizar o sangramento do material de passagem quando fora da área de dragagem para reduzir a expansão da pluma de sedimento em suspensão;
– definir áreas de exclusão para prover refúgios para hábitats ou espécies importantes, ou mesmo, outras áreas sensíveis.

Monitoramento de conformidade condicionado a licença ambiental

Será da competência da autoridade reguladora que emitiu a licença, tratando-se de requisito essencial para o controle efetivo da extração mineral marinha, e deve ser realizado para assegurar que as atividades estão sendo desenvolvidas em conformidade com o previsto na licença.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A legislação mineral, com alguns ajustes sugeridos ao longo do texto, poderá suprir perfeitamente as necessidades oriundas das especificidades da pesquisa e lavra mineral em ambiente marinho. No entanto, sua aplicabilidade pode ser comprometida pela falta de pessoal especializado e recursos materiais por parte do órgão fiscalizador, no caso o DNPM.

Com relação à legislação ambiental, por ser muito extensa, avançada e conflitante, vem criando uma série de dificuldades para sua aplicação, necessitando de uma compatibilização. A modificação sugerida poderá minimizar os problemas hoje existentes, mas também poderá ter sua aplicação comprometida, pelos mesmos motivos citados acima, ou seja, a falta de pessoal especializado e recursos materiais por parte do órgão fiscalizador, no caso o Ibama.

Uma maior integração entre as instituições envolvidas na fiscalização, ou seja DNPM e Ibama, poderia minimizar os problemas existentes, principalmente com relação a falta de pessoal especializado e recursos materiais para as atividades de fiscalização no mar.

Agradecimento

O autor agradece ao apoio recebido da Secretaria de Geologia, Mineração e Transformação Mineral (SGM) do Ministério de Minas e Energia, por intermédio do Secretario Dr. Cláudio Scliar e do Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM), ao Diretor Geral Dr. Miguel Antônio Cedraz Nery.

REFERÊNCIAS

AUSTRÁLIA. *Offshore minerals act, 2000*. Austrália: [s.n.], 2000. 154 p.

AUSTRÁLIA LEXADIN. *Mining law*. Disponível em: <http://www.lexadin.nl/wlg/legis/nofr/oeur/lxweaus.htm>. Acesso em: 2007.

B. SOBRINHO, G. H. *Atribuições e responsabilidades da autoridade marítima na zona costeira*. [S.l.: s.n.], 2004. 8 p.

BRASIL. Departamento Nacional de Produção Mineral. *Legislação mineral*. Disponível em: <http://www.dnpm.gov.br>. Acesso em: 2007.

_____. Ministério do Meio Ambiente. *Legislação ambiental.* Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/legi.cfm>. Acesso em: 2007.

FARIAS, E. G. F. *Mineração e meio ambiente no Brasil.* Brasília: CGEE: PNUD, 2002. 39 p.

FREIRE, W. *Direito ambiental aplicado à mineração.* Belo Horizonte: Editora Mineira, 2005. 236 p.

INSTITUT FRANÇAIS DE RECHERCHE POUR L'EXPLOITATION DE LA MER - IFREMER. *Cadre réglementaire actuel.* Disponível em: _<http://www.ifremer.fr/drogm/Realisation/Miner/Sable/reglement.htm>. Acesso em: 2007.

INTERNATIONAL COUNCIL FOR THE EXPLORATION OF THE SEA - ICES. *Report of the Working Group on the Effects of Extraction of Marine Sediments on the Marine Ecosystem:* 1–5 April 2003. Belgium, 2003. 104 p. (ICES CM 2003/E:07).

_____. _____: 30 March-2 April 2004. Germany, 2004. 102 p. (ICES CM 2004/E:07).

_____. _____: 5-8 April 2005. Spain, 2005. 102 p. (ICES CM 2005/E:06).

_____. _____: 4-7 April 2006. Ireland, 2006. 91 p. (ICES CM 2006/MHC:07).

PINTO, U. R. ***Consolidação da legislação mineral e ambiental.*** 9. ed. Brasília: [s.n.], 2004. 589 p.

TEIXEIRA, A. T. et al. *Análise comparativa da mineração:* África do Sul, Austrália, Brasil, Canadá e Estados Unidos. Brasília: DNPM, 1997, 124 p.

Textos Legais Citados

Constituição da República Federativa do Brasil de 1988

Decreto-Lei

Decreto-Lei n.º 227, de 28 de fevereiro de 1967. Dá nova redação ao Decreto-lei n.º 1.985, de 29 de janeiro de 1940 (Código de Minas) e institui o Código de Mineração.

Lei Ordinária

Lei n.º 5.173, de 27 de outubro de 1.966. Dispõe sobre o Plano de Valorização Econômica da Amazônia; extingue a Superintendência do Plano de Valorização Econômica da Amazônia (SPVEA), cria a Superintendência do Desenvolvimento da Amazônia (SUDAM), e dá outras providências.

Lei n.º 6.567, de 24 de setembro de 1978. Dispõe sobre regime especial para exploração e o aproveitamento das substâncias minerais que especifica e dá outras providências. (Regime de Licenciamento)

Lei n.º 6.938, de 31 de agosto de 1981. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências.

Lei n.º 7.804, de 18 de julho de 1989. Altera a Lei n.º 6.938/81, que dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, a Lei n.º 7.735/89, a Lei n.º 6.803/80, e dá outras providências.

Lei n. 8.617, de 4 de janeiro de 1993. Dispõe sobre o mar territorial, a zona contígua, a zona econômica exclusiva e a plataforma continental brasileiros, e dá outras providências.

Lei n.º 8.982, de 24 de janeiro de 1995. Dá nova redação ao art. 1º da Lei n.º 6.567/78, alterado pela Lei n.º 7.312, de 16 de maio de 1985.

Lei n.º 9.314, de 14 de novembro de 1996. Altera dispositivos do Decreto-lei n.º 227/67 (Código de Mineração), e dá outras providências.

Lei n.º 9.605/98, de 12 de fevereiro de 1998. Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências.

Lei n.º 9.827, de 27 de agosto de 1.999. Acrescenta parágrafo único ao art. 2.º do Decreto-Lei n.º 227, de 28 de fevereiro de 1967, com a redação dada pela Lei n.º 9.314/96.

Lei n.º 10.165, de 27 de dezembro de 2000. Altera a Lei n.º 6.938/81, que dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, e dá outras providências.

Lei Complementar

Lei Complementar n.º 97, de 9 de junho de 1999. Dispõe sobre as normas gerais para a organização, o preparo e o emprego das Forças Armadas.

Decreto

Decreto n.º 97.632, de 10 de abril de 1989. Dispõe sobre Plano de Recuperação de Área Degradada pela Mineração.

Decreto n.º 99.274, de 6 de junho de 1990. Regulamenta a Lei n.º 6.902/81 e a Lei n.º 6.938/81, que dispõem, respectivamente sobre a criação de Estações Ecológicas e Áreas de Proteção Ambiental e sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, e dá outras providências.

Decreto n.º 3.358, de 02 de fevereiro de 2000. Regulamenta o disposto na Lei nº 9.827, de 27 de agosto de 1999, que "acrescenta parágrafo único ao art. 2º do Decreto-Lei n.º 227, de 28 de fevereiro de 1967, com a redação dada pela Lei nº 9.314, de 14 de novembro de 1996".

Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA

Resolução CONAMA n.º 001, de 23 de janeiro de 1986. Estabelece critérios básicos e diretrizes gerais para o Relatório de Impacto Ambiental (RIMA).

Resolução CONAMA n.º 009, de 6 de dezembro de 1990. Dispõe sobre normas específicas para a obtenção da licença ambiental para a extração de minerais, exceto as de emprego imediato na construção civil.

Resolução CONAMA n.º 010, de 6 de dezembro de 1990. Dispõe sobre o estabelecimento de critérios específicos para a extração de substâncias minerais de emprego imediato na construção civil.

Resolução CONAMA n.º 237, de 19 de dezembro de 1997 – Dispõe sobre os procedimentos e critérios utilizados no licenciamento ambiental.

Outras

Portaria IBAMA n.º 147, de 17 de novembro de 1997. Regula a permissão de exploração dos campos naturais de algas por pessoas físicas ou jurídicas. Revogada pela Instrução Normativa IBAMA n.º 46/2004.

Portaria DPC n.º 109, de 16 de dezembro de 2003. Aprova a Norma da Autoridade Marítima 11 da Diretoria de Portos e Costas da Marinha do Brasil (NORMAM-11/DPC).

Portaria DNPM n.º 40, de 10 de fevereiro de 2000. Revê limites máximos de áreas para pesquisa mineral.

Instrução Normativa IBAMA n.º 46, de 13 de agosto de 2004. Regula a exploração, a explotação, a comercialização e o transporte de algas marinhas no litoral brasileiro.

Norma da Autoridade Marítima 11 da Diretoria de Portos e Costas da Marinha do Brasil (NORMAM-11/DPC) de 2003. Normas da Autoridade Marítima para

Obras, Dragagens, Pesquisa e Lavra de Minerais sob, sobre e às Margens das Águas Jurisdicionais Brasileiras.

Loi 68-1181, du 30 décembre 1968: Relative à l'exploration du plateau continental et à l'exploitation de ses ressources naturelles. (Legislação Francesa)

Resumo

Neste trabalho são abordados alguns aspectos da legislação mineral e ambiental no Brasil e no exterior, e sua relação com a exploração mineral marinha.

São ainda discutidas algumas questões que podem vir a criar empecilhos para a exploração mineral no mar, bem como são sugeridas algumas modificações para uma melhor adequação dos instrumentos existentes para autorização de pesquisa, concessão de lavra e licenciamento ambiental, visando uma explotação mineral sustentável.

Como já existe hoje no Brasil uma demanda por áreas para pesquisa mineral no mar, a discussão aqui aberta é mais do que pertinente e oportuna para evitar problemas futuros pela inadequação da legislação vigente.

Abstract

I*n this work we approach some aspects of the mineral and environmental legislation in Brazil and its relation with the sea mineral exploration.*

Some questions that can also create problems for the mineral exploration in the sea are argued. We also suggest some modifications for adequacy of the mineral and environmental legislation.

In Brazil already we have demand for areas for mineral research in the sea; as soon as this quarrel is opportune to prevent future problems.

A Autora

VANESSA MARIA MAMEDE CAVALCANTI é geóloga do Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM), especialista em Terrenos Sedimentares, e mestre em geologia na Universidade Federal do Ceará (UFCE). É orientadora da equipe de Desenvolvimento e Arrecadação do 10.º Distrito do DNPM (Fortaleza), e presta assessoria à diretoria-geral do DNPM em assuntos relacionados à pesquisa e lavra de recursos minerais marinhos.

Aspectos políticos-estratégicos dos recursos minerais da área internacional dos oceanos

Kaiser Gonçalves de Souza,
Manoel Barretto da Rocha Neto
Noris Diniz
Reinaldo Santana Coreia de Brito

O interesse econômico pelos recursos minerais da área internacional dos oceanos teve início nos anos 1950, quando Mero (1959), pesquisador da Universidade de Berkeley (EUA) analisou a rentabilidade dos depósitos de nódulos polimetálicos localizados no leito marinho e demonstrou que:

a) o teor de níquel dos nódulos era igual ou superior àquele das jazidas terrestres lateríticas pobres, que vinham sendo aproveitadas;

b) o teor de cobre dos nódulos era superior àquele dos porfiritos cupríferos já explorados à época;

c) o teor de cobalto dos nódulos era similar àquele de certos depósitos em fase de produção;

d) o teor de manganês dos nódulos equiparava-se àquele das jazidas australianas, que estavam em vias de ser aproveitadas.

Entretanto, somente em meados da década de 1960 as indústrias de mineração passaram a se interessar por essa fonte potencial de metais, iniciaram a prospecção e passaram a estudar os sistemas de explotação e tratamento metalúrgico dos nódulos polimetálicos.

A tomada de consciência do valor econômico que poderiam ter os nódulos polimetálicos localizados no leito marinho, e a intensificação das atividades voltadas ao aproveitamento desses recursos, conduziu o então presidente dos Estados Unidos da América, Lyndon Johnson, a manifestar-se contra a possibilidade de criação de "uma nova forma de competição colonial entre as potências marítimas" e contra "a corrida desmesurada para a utilização dos leitos marinhos além das jurisdições nacionais", em 1966.

Naquela ocasião, o presidente Johnson afirmou que os leitos marinhos são e deveriam permanecer como "herança de todos os seres humanos".

Em 1967, o embaixador Arvid Pardo, representante de Malta, chamou a atenção da Assembléia Geral das Nações Unidas sobre a possível apropriação dos leitos marinhos por parte de Estados tecnologicamente avançados e colocou em pauta o conceito revolucionário de "patrimônio comum da humanidade", referindo-se a todos os recursos minerais, aí se incluindo os hidrocarbonetos situados além das jurisdições nacionais. Em 1970, a Assembléia Geral das Nações Unidas adotou a Declaração de Princípios pela qual o leito dos oceanos e seu subsolo situados além das jurisdições nacionais, bem como seus recursos minerais, são patrimônio comum da humanidade.

Os anos 1970 e 1980 foram marcados por uma intensa atividade relacionada ao futuro do aproveitamento dos recursos minerais marinhos. Vários consórcios de mineração foram formados e atuaram intensamente na prospecção de nódulos polimetálicos e no desenvolvimento de sistemas de mineração e beneficiamento dos metais de valor econômico contidos nos nódulos.

As previsões de algumas empresas de mineração indicavam um retorno anual de investimento da ordem de 35% na explotação dos nódulos polimetálicos.

Tais estimativas, que se revelaram extremamente otimistas, alarmaram os países produtores dos metais de valor econômico – níquel, cobre, cobalto e manganês – existentes nos nódulos. Assim, essas nações exerceram forte pressão nas negociações realizadas durante a III Conferência das Nações Unidas sobre o Direito do Mar. Como resultado, mais da metade do texto final da Convenção se refere à gestão dos recursos minerais do leito marinho situado além das jurisdições nacionais.

Recursos minerais da parte internacional dos oceanos

Nódulos polimetálicos

Os nódulos polimetálicos, ou nódulos de manganês, são concreções ricas em metais de valor econômico, tais como manganês, cobre, níquel e cobalto. Eles ocorrem geralmente em grandes profundidades, em torno de

4.000m. Embora os nódulos do Atlântico geralmente não atinjam os teores em metais encontrados naqueles do Pacífico (2,2% de níquel, 1,7% de cobre, 0,25% de cobalto e 30% de manganês), várias ocorrências de nódulos polimetálicos são conhecidas em regiões adjacentes à costa brasileira.

No Brasil, as ocorrências conhecidas de nódulos polimetálicos foram registradas, na maioria quase absoluta, por navios de pesquisa de instituições estrangeiras.

Durante o cruzeiro Chain-115, realizado em 1974 com a participação do Projeto de Reconhecimento Global da Margem Continental (Remac), uma dragagem efetuada no Platô de Pernambuco, entre 2.200 e 1.750m de profundidade, recuperou cerca de 150 quilogramas de material constituído predominantemente por nódulos polimetálicos, de alta esfericidade e denso recobrimento metálico, além de rochas calcárias, vasas de globigerina, lamas e fragmentos de rochas ígneas envolvidas por óxido de ferro. Os nódulos, cujas formas dominantes são esféricas e ovais, têm dimensões variáveis, com diâmetros entre 2 e 12 centímetros; contudo, alguns fragmentos incompletos sugerem a existência de nódulos maiores. Em mais de 90% dos nódulos recuperados, o núcleo é constituído de fosforita, e o recobrimento metálico que o circunda concentricamente tem espessuras que variam entre 0,5 e 7,5 centímetros (Melo; Guazelli; Costa, 1978). A composição química dos nódulos do Platô de Pernambuco apresenta um teor de 27,88% de fósforo nos núcleos de doze amostras analisadas; no recobrimento periférico foram medidos teores de 20 a 30% de manganês, de 30% – em média – de ferro, de 0,20 a 1,40% de níquel, de 0,6 a 1,55% de cobalto, de 0,04 a 0,23% de cobre, de 0,08 a 0,53% de chumbo e de 0,12% – em média – de zinco.

Em outro cruzeiro, realizado em 1976, o Projeto Remac, juntamente com a Diretoria de Hidrografia e Navegação da Marinha do Brasil, voltou a recuperar, naquele platô, nódulos e crostas manganesíferas. Foi reportada a ocorrência de nódulos polimetálicos com núcleo de fosforita, recuperados em duas dragagens efetuadas no flanco nordeste do platô, e de crostas de manganês e ferro em várias outras dragagens (GUAZELLI; et al, 1977). Uma testemunhagem realizada em torno de 2.200m de profundidade no flanco sudeste do platô mostrou um horizonte formado de crosta de ferro e manganês, comprovando a hipótese de que a concentração preferencial de elementos metálicos no Platô de Pernambuco ocorre no seu flanco leste, desde a porção sudeste até a nordeste.

As demais ocorrências conhecidas foram compiladas por Xavier (1978). Ainda que aquelas que podem ser notadas ao longo do Canal Vema ou nos flancos da cadeia Vitória-Trindade possam refletir zonas de maiores concentrações, tal afirmação é prematura porque os levantamentos efetuados no Atlântico Sul são escassos. Parece mais plausível considerar que os achados acima mencionados indicam que essas zonas foram mais amostradas e objeto de maior número de levantamentos.

Nos anos futuros, a economia será o fator principal e a tecnologia desempenhará o papel de elemento suporte. Exemplo disso é o rápido aumento da demanda de níquel na última década, em conseqüência da crescente industrialização da China, da Índia e de outros países em desenvolvimento. Também a demanda de cobalto cresceu em virtude de sua utilização na obtenção de maior densidade de energia em baterias. Por sua vez, o cobre passou a ser mais procurado, para responder à crescente industrialização automobilística.

Crostas cobaltíferas

Tipicamente encontrados em montes submarinos nos quais existe influxo modesto de sedimento, esses depósitos vêm sendo considerados como possíveis fontes de manganês, cobre, níquel, e principalmente cobalto. Os melhores depósitos até agora encontrados em cadeias de montes submarinos localizadas em diferentes profundidades situam-se nas porções central e leste do Oceano Pacífico.

Crostas cobaltíferas ocorrem em pavimentos de espessura superior a 2,5m, principalmente em montes submarinos. A principal importância dessas crostas é a presença de cobalto, níquel, cobre e manganês, além de cádmio e molibdênio. As profundidades de ocorrência de crostas variam de 400 a 4.000m, porém as mais ricas em cobalto encontram-se geralmente entre 800 e 2.200m, na zona de mínimo de oxigênio.

Estão normalmente associadas a crostas polimetálicas formadas por óxidos de manganês e ferro, que incorporam outros metais em sua estrutura. Geralmente são encontradas em superfícies expostas do fundo oceânico e em declives de montes submarinos. Em algumas áreas, as crostas possuem níveis elevados de cobalto, sendo denominadas crostas cobaltíferas.

Crostas de ferro-manganês ricas em cobalto foram objeto de estudo no Oceano Pacífico por Hein et al. (1999).

Crostas cobaltíferas foram amostradas em montes submarinos da costa leste brasileira e amplamente estudadas na Elevação do Rio Grande, situada em área adjacente à Plataforma Continental Brasileira. No entanto, estudos mais aprofundados sobre o potencial mineral desse recurso nunca foram realizados no Brasil.

Sulfetos polimetálicos

Pesquisas sobre os depósitos de sulfetos polimetálicos e os recursos biotecnológicos a eles associados provenientes do assoalho oceânico são conduzidas por inúmeras instituições acadêmicas e governamentais ao redor do mundo. Os depósitos de sulfetos polimetálicos freqüentemente contêm altas concentrações de cobre (calcopirita), zinco (esfalerita) e alumínio (galena), além de ouro e prata.

Concentrações extremamente elevadas de ouro foram recentemente encontradas em um tipo de depósito epitermal marinho, até então identificado apenas em regiões continentais. Devido à alta concentração de metais preciosos e de base, os depósitos de sulfetos polimetálicos têm atraído investimentos de parte da indústria mineral em zonas econômicas exclusivas de alguns países e também em áreas internacionais, as quais estão sob a jurisdição da Autoridade. A extração de tais depósitos aparenta ser viável tanto econômica quanto ambientalmente, devido às vantagens que apresenta sobre os depósitos terrestres, e provavelmente tornar-se-á uma realidade nas próximas décadas.

No Atlântico Sul, esses recursos foram pouco estudados, mas podem estar presentes ao longo da cordilheira meso-atlântica e nas proximidades do Arquipélago São Pedro e São Paulo, que integra a Zona Econômica Exclusiva do Brasil. Em que pese a sua importância, esses recursos não têm sido objeto de estudos aprofundados ou de aproveitamento no Brasil.

Atualmente, os sulfetos polimetálicos têm atraído mais atenção das indústrias de mineração do que os nódulos polimetálicos. Alguns sítios de interesse econômico já foram identificados no Oceano Pacífico. Os países líderes nesse campo são os Estados Unidos da América, a França, a Alemanha,

o Reino Unido, o Japão, a Rússia, a Austrália, a China e a Coréia do Sul. Em alguns países, como Portugal e Itália, a exploração de sulfetos marinhos também vem sendo desenvolvida nos últimos anos.

Início das atividades de prospecção de nódulos polimetálicos do leito marinho

O início das atividades de prospecção de nódulos polimetálicos de leito marinho foi marcado pelo envolvimento de mais de 40 empresas de mineração, provenientes de dezesseis países diferentes (Lenoble, 1996).

Quatro consórcios foram formados nos EUA entre 1974 e 1977:

- *Kennecott Consortium* (KCON) – criado em janeiro de 1974, incluindo uma empresa norte-americana, duas inglesas, uma japonesa e uma canadense;
- *Ocean Mining Associates* (OMA) – formado em 1974 por duas empresas norte-americanas, uma belga e cinco japonesas;
- *Ocean Management Incorporated* (OMI) – fundado em 1975 por uma empresa canadense, quatro alemãs e dezenove japonesas;
- *Ocean Minerals Company* (OMCO) – constituído em 1977 por duas empresas norte-americanas e uma holandesa.

Na França, a Sociedade *Le Nickel* e o Centro Nacional para a Explotação dos Oceanos (CNEXO) – posteriormente transformado em *Institut Français de Recherche pour l'Exploitation de la Mer* (Ifremer) – associaram-se em 1970 para conduzir as primeiras prospecções no sul do Oceano Pacífico. Em 1974, o Comissariado para Energia Atômica (CEA) e o Estaleiro *France Dunkerque* se associaram àqueles anteriormente mencionados para formar a Associação Francesa para o Estudo e a Prospecção de Nódulos (Afernod/Ifremer).

No início dos anos 1980, os russos iniciaram uma prospecção sistemática no Oceano Pacífico utilizando navios de grande porte. Em 1985, constituíram uma empresa de mineração para nódulos polimetálicos (*Yuzhmorgeologiya*) que, contando com mais de 1.200 funcionários, desenvolveu equipamentos especialmente adaptados à prospecção dos nódulos.

Em 1982, o Japão criou uma empresa de mineração, denominada *Deep Ocean Research and Development* (Dord) que agrupava 49 organismos, incluindo alguns que já faziam parte dos consórcios formados nos Estados Unidos da América.

A Índia começou a prospecção do Oceano Índico no início dos anos 1980, contando com meios técnicos da Alemanha. Em seguida, desenvolveu sua própria competência para continuar os trabalhos por conta própria.

Em meados da mesma década, vários países socialistas, incluindo Polônia, Bulgária, Cuba, República Checa, República Eslovaca e Federação Russa, constituíram um consórcio internacional (*Interoceanmetal Joint Organization* – IOM), para prospectar nódulos no Oceano Pacífico Central. Nesta década, também a China e a Coréia constituíram suas empresas para exploração de nódulos polimetálicos.

À exceção da Índia, que desenvolveu suas atividades no Oceano Índico, todos os outros países concentraram suas ações de prospecção no Pacífico, onde os nódulos apresentam teor mais elevado de níquel e cobre.

Convenção das Nações Unidas sobre o direito do mar e o acordo de implementação da Parte XI da Convenção

Nos termos da Convenção, a Área inclui o leito do mar, os fundos marinhos, e o seu subsolo além do limite das jurisdições nacionais. A Área e seus recursos minerais são declarados pela Convenção como "patrimônio comum da humanidade". Assim sendo, todos os direitos sobre estes recursos minerais pertencem à humanidade. A Convenção estabelece ainda que as atividades realizadas na Área devem ser organizadas, realizadas e controladas pela Autoridade, em nome da humanidade como um todo. Nenhum Estado ou pessoa jurídica, singular ou coletiva, poderá reivindicar, adquirir ou exercer direitos relativos aos minerais extraídos da Área, a não ser de conformidade com a Parte XI da Convenção.

Algumas das disposições da Parte XI da Convenção estabeleciam que países e empresas que se lançassem na explotação de recursos minerais marinhos na Área deveriam transferir tecnologia e financiar operações de explotação por parte da Autoridade, por meio de sua Empresa, em nome dos países em desenvolvimento. Diante disso, 17 países, na maioria

desenvolvidos, abstiveram-se de assinar a Convenção impedindo, desta forma, a sua universalização. Segundo os países desenvolvidos, tais disposições eram economicamente inaplicáveis e penalizavam consideravelmente as empresas que poderiam vir a explotar os recursos minerais da Área.

Um acordo de implementação das disposições sobre a Área foi então negociado entre os países em desenvolvimento e os países desenvolvidos. Esse acordo tinha como objetivo inicial assegurar que a Autoridade fosse estabelecida sob as bases de um custo mínimo de funcionamento, visto que a explotação dos recursos minerais da Área não se tornariam realidade nos próximos 15 ou 20 anos.

Tais negociações modificaram várias disposições sobre a Área, contidas na Parte XI da Convenção, consideradas inaceitáveis pelos os países desenvolvidos. As competências da Autoridade foram reduzidas, ao mesmo tempo em que se fortalecia o papel dos países desenvolvidos que passaram a participar do Conselho da Autoridade, mesmo os que não haviam assinado a Convenção em Montego Bay, na Jamaica. Em 1993, um ano antes de a Convenção entrar em vigor, a grande maioria dos países que detinham capitais e tecnologias para a exploração dos recursos da Área ainda permaneciam fora da Convenção.

O conceito de "patrimônio comum da humanidade" com justiça distributiva, sobre o qual foram estruturadas as ações da Autoridade e de seus órgãos, ficou esvaziado com as alterações implementadas durante as negociações. Assim, a Autoridade e seus órgãos passaram a obedecer a critérios de rentabilidade, com vistas à redução máxima dos custos para os Estados-Parte.

As mudanças introduzidas no funcionamento da Empresa, braço executivo da Autoridade, dificultaram a sua viabilidade operacional, e ela somente será implantada quando for aprovado o primeiro plano de trabalho para a exploração da Área. Até que comece a operar, o Secretariado da Autoridade desempenhará as funções a ela afetas.

Ao final, em novembro 1994, pouco antes de a Convenção entrar em vigor, chegou-se a um consenso sobre a adoção de um Acordo para a Implementação da Parte XI. O Acordo passou a vigorar provisoriamente junto com a Convenção, e deve ser interpretado e aplicado, como um único

instrumento, em conjunto com a Parte XI desta. Em caso de incompatibilidade entre tais instrumentos, prevalece o Acordo.

Situação econômica e jurídica das empresas de mineração

No início dos anos 1980, as inúmeras atividades realizadas pelas empresas de mineração já indicavam que o custo de desenvolvimento e de funcionamento da explotação de nódulos polimetálicos no leito marinho seria superior ao retorno financeiro decorrente da venda dos metais extraídos. Essa constatação surgiu ao mesmo tempo em que o preço dos metais começou a cair vertiginosamente, atingindo os seus menores valores históricos (Lenoble, 1996).

Na realidade, a situação econômica havia mudado em função da desaceleração do crescimento industrial mundial. Contudo, as empresas de mineração oceânica não se deixaram intimidar pela situação. A posse de um sítio de mineração representa um capital financeiro e estratégico que vale a pena preservar.

Os industriais norte-americanos pressionaram o seu governo para que medidas conservadoras fossem tomadas. Assim, em junho de 1980 foi adotado o *Deep Seabed Hard Mineral Resources Act*, que estabelecia que as empresas norte-americanas poderiam prospectar e mais tarde explotar os depósitos de nódulos polimetálicos situados além das jurisdições nacionais. Essa iniciativa unilateral foi seguida pelo Reino Unido, pela Alemanha, pela França e pela Rússia.

Naquela ocasião, as negociações sobre o direito do mar ainda se desenrolavam de forma complexa. A Convenção foi estabelecida em 1982, mas somente em 1994 foi concluído o Acordo Parte XI da Convenção. Apesar do Acordo, os Estados Unidos da América não ratificaram a Convenção. Portanto, os sítios atribuídos pelo governo norte-americano às suas empresas de mineração não foram reconhecidos pela Autoridade, embora também não tenham sido autorizados para nenhum outro Estado.

Desde então, sete empresas de mineração submeteram à Autoridade, segundo os termos da Convenção, os seus planos de trabalho para a exploração de nódulos polimetálicos. Assim sendo, tais empresas receberam o *status* especial de investidores pioneiros na exploração de nódulos

polimetálicos, o que lhes conferiu alguns privilégios. Os investidores pioneiros são:

- *Department of Ocean Development* (DOD) (governo da Índia);
- *Institut Français de Recherche pour l'Exploitation de la Mer* e *Association Française pour l'Étude et la Recherche des Nodules* (França);
- *Yuzhmorgeologiya* (Federação Russa);
- *Deep Ocean Resources Development Co. Ltd.* (Japão);
- *China Ocean Mineral Resources Research and Development Association* – COMRA (China);
- *Korean Deep-sea Resources Research Center* (KORDI) (Corea)
- *Interoceanmetal Joint Organization* (Polônia, Bulgária, República Checa, República Eslovaca, Cuba e Federação Russa).

Nos termos da Convenção, cada investidor pioneiro tem direito a uma área de exploração que não deve exceder 75.000km². Os pioneiros que até o momento da submissão de seu plano de trabalho não tiverem concluído a delimitação dessa área poderão reivindicar até 150.000km², mas deverão, no espaço de oito anos, restituir o excedente. A Convenção também determina que cada investidor pioneiro delimite uma outra área de mesmo tamanho e valor econômico, que passa a ser considerada como "área reservada" para atividades da Autoridade. Dessa forma, mais de 1.800.000km² dos leitos marinhos dos Oceanos Pacífico e Índico foram atribuídos aos sete investidores pioneiros e à Autoridade.

Em 2005 a Alemanha, por meio do *Bundensanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe* (BGR – Instituto Federal de Geociências e Recursos Naturais), solicitou à Autoridade outro sítio de exploração no Oceano Pacifico. Essa área, somada àquela requisitada pelos sete investidores pioneiros, representa quase 2.000.000km², o equivalente a mais de 23% da superfície do território brasileiro, ou 11 vezes a área do Estado de São Paulo.

Autoridade internacional dos fundos marinhos

A Autoridade é a organização por intermédio da qual os Estados Partes da Convenção organizam e controlam as atividades com vista ao

aproveitamento dos recursos minerais localizados na Área. Ela é constituída de uma assembléia, de um conselho, de uma comissão jurídica e técnica, de um comitê de finanças, de sua "Empresa" e de seu Secretariado. A Assembléia é composta por todos os membros da Autoridade. Em julho de 2006 ela contava com 152 Estados Partes e 57 Estados Observadores. O Brasil é Estado Parte da Autoridade desde o seu estabelecimento em 1994.

O Conselho é constituído por 36 membros dentre os Estados Partes eleitos pela Assembléia. Eles representam cinco grupos de interesse:

– Grupo A constituído por quatro membros consumidores de minerais que venham a ser extraídos da Área;

– Grupo B constituído por quatro membros que, diretamente ou por parte dos seus nacionais, tenham feito os maiores investimentos na preparação e na realização de atividades na Área;

– Grupo C composto por quatro membros que, na base da produção nas áreas sob sua jurisdição, sejam grandes exportadores líquidos das categorias de minerais que venham a ser extraídos da Área;

– Grupo D constituído por seis membros dentre os Estados Partes em desenvolvimento, que representam interesses especiais (grande população, estados sem litoral ou em situação geográfica desfavorecida, grandes importadores das categoriais de minerais que venham a ser extraídos da Área, produtores potenciais de tais minerais, e países menos desenvolvidos);

– Grupo E composto por 18 membros eleito de modo a assegurar o princípio de uma distribuição geográfica eqüitativa dos lugares do Conselho no seu conjunto. Para tal efeito as regiões geográficas devem ser: África, América Latina e Caribe, Europa Ocidental e outros estados, e Europa Oriental.

O Brasil é membro do Conselho desde sua formação em 1996. Sua presença, como integrante do grupo (E) está assegurada até 2008 quando novas eleições serão feitas pela Assembléia.

Os membros do Comitê de Finanças e a da Comissão Jurídica e Técnica são selecionados pelo Conselho, baseado na competência técnica e no princípio da repartição geográfica dos candidatos.

O Secretariado da Autoridade compreende um secretário geral que é assessorado por 17 profissionais internacionais qualificados nos domínios científicos, técnico, administrativo e legal, e por 18 funcionários locais. O Secretariado tem como função geral assessorar os outros órgãos da Autoridade.

A Empresa é o órgão da Autoridade que tem como função realizar atividades visando o aproveitamento dos recursos minerais da Área. Essas atividades incluem extração, transporte, processamento e comercialização.

Entretanto, o Acordo de Implementação da Parte XI da Convenção estabelece que a Empresa passará a ser operacional somente quando o primeiro plano de explotação de recursos minerais da Área por parte de uma outra empresa for aprovado pela Assembléia da Autoridade ou quando o Conselho receber uma aplicação para a realização de operações conjuntas com a Empresa. Enquanto a Empresa não for operacionalizada, a Secretaria da Autoridade exerce suas funções em conformidade com o Acordo de Implementação da Parte XI da Convenção.

Desde a entrada em vigor da Convenção em 1994, a Autoridade concentrou seus esforços, de um lado no estabelecimento de seus órgãos, e do outro lado na realização de seu mandato.

Um dos primeiros grandes resultados do trabalho dos órgãos da Autoridade foi o estabelecimento dos regulamentos que governam a prospecção e a exploração de nódulos polimetálicos da área internacional dos oceanos. Estes regulamentos, que estão disponíveis no *site* da Autoridade (www.isa.org.jm), formam as bases legais necessárias para a aprovação de planos de trabalho para exploração de nódulos polimetálicos. Eles contêm igualmente várias provisões referentes à proteção do meio ambiente marinho.

A elaboração desses regulamentos possibilitou, até o presente momento, a assinatura dos contratos de exploração por parte de seis dos sete investidores pioneiros.

A Autoridade aprovou igualmente uma série de diretrizes para o levantamento do possível impacto ambiental resultante da exploração de nódulos polimetálicos por parte dos contratantes. As recomendações incluem o estabelecimento de zonas de referência, implementação de programa de monitoramento, submissão de informações específicas, e responsabilidades por impacto ambiental.

De acordo com seus regulamentos, a Autoridade também tem como função monitorar as atividades a serem desenvolvidas pelos contratantes. Ela tem igualmente concentrado esforços na avaliação dos depósitos de nódulos polimetálicos existentes nas zonas reservadas para suas próprias atividades.

Regulamentação para exploração de sulfetos polimetálicos e crostas cobaltíferas

Em 1998, o governo da Federação Russa requisitou oficialmente à Autoridade que adote regras e regulamentos para a exploração de sulfetos polimetálicos e de crostas cobaltíferas, dois tipos de recursos minerais que ocorrem na Área.

Atualmente, os sulfetos polimetálicos têm atraído mais a atenção de indústrias de mineração do que os nódulos polimetálicos. Alguns sítios de interesse econômico já foram identificados no Oceano Pacífico.

Desde a primeira descoberta de fumarolas negras, sulfetos maciços e biota de sistemas hidrotermais em 1979, a exploração de depósitos de sulfetos polimetálicos e os recursos biotecnológicos associados no assoalho oceânico em centros de expansão é conduzido por inúmeras instituições acadêmicas e governamentais ao redor do mundo. Os países líderes neste campo são Estados Unidos, França, Alemanha, Reino Unido, Japão, Rússia, Austrália, China e Coréia. Em alguns países como Portugal e Itália, a exploração marinha de sulfetos marinhos também vem sendo desenvolvida nos últimos anos.

Os depósitos de sulfetos polimetálicos podem atingir consideráveis proporções (mais de 10 milhões de toneladas) e freqüentemente contêm altas concentrações de cobre (calcopirita), zinco (esfalerita) e alumínio (galena), além de ouro e prata. Concentrações extremamente elevadas de ouro foram recentemente encontradas em um tipo de depósito epitermal marinho, que até então era conhecido apenas em regiões continentais. Devido à alta concentração de metais preciosos e de base, os depósitos de sulfetos polimetálicos têm atraído o investimento da parte da indústria mineral em Zonas Econômicas Exclusivas de alguns países e também em áreas internacionais, as quais estão sob a jurisdição da Autoridade Internacional dos Fundos Marinhos. A extração de tais depósitos aparenta ser viável tanto econômica quanto ambientalmente, devido a vantagens que apresenta sobre

os depósitos terrestres, e provavelmente tornar-se-á uma realidade ainda nesta década.

No Atlântico Sul esses recursos foram pouco estudados, mas podem estar presentes ao longo das cordilheiras mesoceânicas e nas proximidades do Arquipélago São Pedro e São Paulo, que faz parte da Zona Econômica Exclusiva do Brasil.

Crostas cobaltiferas são resultado da precipitação em ambientes frios de água marinha sobre substratos de rochas duras, formando pavimentos de espessura superior a 2,50 metros. As crostas cobaltíferas ocorrem principalmente em montes submarinos onde as correntes mantiveram as rochas livres de sedimentos por milhões de anos. A principal importância dessas crostas é a presença de cobalto, niquel, cobre, manganês além de cadmio e molibidênio. As profundidades de ocorrência de crostas variam de 400 a 4000 metros, porém as mais enriquecidas em cobalto encontram-se geralmente entre 800 e 2200 metros na zona mínimo de oxigênio.

No Atlântico Sul elas são bem conhecidas na Elevação do Rio Grande (alto topográfico situado na parte oceânica em frente ao estado do Rio Grande do Sul). Segundo as informações provenientes de *workshops* sobre diferentes recursos minerais marinhos promovidos pela Autoridade, intensas pesquisas sobre sulfetos e crostas vêm sendo realizadas por dezenas de países.

Interesse político-estratégico dos recursos minerais da parte internacional dos oceanos

Como visto, vários países e empresas têm demonstrado interesse na prospecção de nódulos polimetálicos no leito marinho, o que fica expresso nos quase 2.000km² de áreas com títulos de mineração emitidos para a exploração de tais recursos, embora especialistas no assunto afirmem que esta não seja uma mineração economicamente viável.

Atualmente, a Autoridade está elaborando regras e regulamentos internacionais para a exploração de sulfetos polimetálicos e de crostas cobaltíferas que ocorrem na Área. Tão logo esses regulamentos sejam concluídos, outras áreas de mineração também poderão ser requisitadas para a exploração de sulfetos e crostas, aí se incluindo regiões do Atlântico Sul situadas junto à Plataforma Continental brasileira.

O Brasil, assim como todos os Estados-Parte da Convenção, têm o direito de explorar os recursos minerais da Área.

Considerando o valor econômico, real e potencial dos minerais já conhecidos como os nódulos polimetálicos, as crostas cobálticas e os sulfetos polimetálicos, e suas ocorrências em locais estratégicos nas áreas adjacentes à Zona Econômica Exclusiva e à Plataforma Continental brasileiras, o Brasil não pode deixar de conhecer e avaliar os recursos minerais dos fundos marinhos adjacentes aos seus limites jurisdicionais.

Sob o ponto de vista econômico e político-estratégico é importante requisitar junto à Autoridade a permissão para explorá-los. Isso possibilitaria o domínio sobre essas áreas adjacentes aos limites jurisdicionais brasileiros, o que, em termos de Segurança Nacional, é estratégico. Daí a importância de realizarmos estudos sistemáticos, consistentes e aprofundados sobre as ocorrências minerais nessas áreas.

Analisando o interesse de certos países pelos recursos minerais marinhos de mar profundo, verifica-se que o fator econômico é o menos importante. Se algum país se lançar na explotação desses recursos talvez não venha a ganhar muito, ao menos em curto prazo, mas sem dúvida terá uma tecnologia de ponta de intervenção marinha para vender, alugar ou adaptar para outras necessidades.

É importante lembrar que 95% dos oceanos não têm profundidades maiores do que 6.000m. Os países que desenvolverem tecnologia para a explotação de nódulos polimetálicos entre 4.000 e 6.000m de profundidade terão conquistado os oceanos sob o ponto de vista tecnológico e estratégico. Outro aspecto de relevância a ser destacado é que todas as ilhas que existem no planeta fazem parte da soberania de algum país. Envolve, portanto, a criação de Zonas Econômicas Exclusivas em torno dessas áreas, como previsto na Convenção.

Atualmente, os altos topográficos que não são muito profundos passam a ter um interesse estratégico para países que queiram firmar sua presença em qualquer oceano. Provavelmente nas próximas décadas, muitos altos topográficos serão requisitados para exploração de recursos minerais marinhos. Um exemplo de alto topográfico que apresenta grande interesse estratégico é a Elevação do Rio Grande, situada na zona oceânica em frente aos estados do Rio Grande do Sul (RS) e de Santa Catarina (SC). O topo

dessa elevação encontra-se a apenas 800m de profundidade, enquanto sua base está situada a mais ou menos 4.000m de profundidade.

Os oceanos constituem as últimas fronteiras políticas, estratégicas e econômicas do planeta. É importante ter em mente que as empresas que reivindicarem áreas de mineração oceânica deverão também poder contar com a proteção das forças armadas de seus países de origem, o que pode modificar o equilíbrio militar em vários oceanos.

Áreas de interesse de pesquisa mineral para o Brasil no Atlântico Sul e Equatorial

A presença do Brasil no Atlântico Sul é uma questão político-estratégica que envolve o bem-estar das gerações futuras. Essa presença pode e deve ser preparada agora da melhor maneira possível. Uma das maneiras de prepará-la é requisitar áreas de mineração oceânica situadas além do limite exterior da Plataforma Continental brasileira.

Os geólogos marinhos brasileiros estão profissionalmente capacitados para realizar um programa de levantamento dos recursos minerais das áreas situadas além dos limites da Plataforma Continental brasileira no Atlântico Sul. Para tal, é necessário que as autoridades disponibilizem os recursos.

O programa, além de produzir as informações necessárias para preparar a posição do Brasil junto à Autoridade e marcar sua presença no Atlântico Sul, poderia também reforçar o Programa de Avaliação da Potencialidade Mineral da Plataforma Continental Jurídica Brasileira, coordenado pelo Ministério das Minas e Energia no âmbito da Comissão Interministerial de Recursos do Mar.

No que concerne à geologia, três diferentes regiões podem ser vistas como ponto de partida para a pesquisa de recursos minerais em oceano profundo:

1) A primeira é constituída pela Zona Econômica Exclusiva e pela Plataforma Continental do Arquipélago São Pedro e São Paulo. Esse arquipélago, situado a 1.100km da costa do Estado do Rio Grande do Norte (RN), é parte do território brasileiro. A região é o único lugar sob a jurisdição brasileira onde existe cordilheira meso-oceânica e, conseqüentemente, tem possibilidade de

ocorrências de sulfetos polimetálicos, já citada em eventos geológicos internacionais.

2) A segunda região inclui a Zona Econômica Exclusiva e a Plataforma Continental da Ilha da Trindade e regiões oceânicas adjacentes que, ao que tudo indica, é um bom ponto de partida para a pesquisa de nódulos polimetálicos.

3) A terceira região compreende a Elevação do Rio Grande, lugar onde indubitavelmente a pesquisa de crostas cobaltíferas deveria começar - sem esquecer todos os montes submarinos que ocorrem na margem central brasileira e também os montes submarinos da Cadeia Vitória-Trindade.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O começo do século 21 parece marcar o início de um esforço sistemático para o aproveitamento dos recursos minerais localizados no leito dos oceanos além das jurisdições nacionais. Este momento histórico requer uma especial atenção por parte das autoridades brasileiras no sentido de assegurar que os recursos minerais da parte internacional dos oceanos, especialmente aqueles localizados no Atlântico Sul e Equatorial, possam vir a constituir uma reserva econômica, estratégica e política para futuras gerações brasileiras.

É importante salientar que as explorações dos recursos minerais da parte internacional dos oceanos não apresentam um valor econômico a curto ou médio prazos. No entanto, estes recursos apresentam um grande valor político-estratégico, pois sua identificação e requisição para exploração garantem uma ampliação da soberania nacional, em especial em áreas situadas no oceano Atlântico Sul e Equatorial. Entre os recursos minerais encontram-se nódulos polimetálicos e crostas cobaltíferas, e sulfetos polimetálicos.

Agradecimento

Os autores agradecem ao Serviço Geológico do Brasil (CPRM) pelo apoio à preparação deste artigo, ao Comandante Cesar Pimenta da Secretaria da Comissão Interministerial para os Recursos do Mar (SECIRM), pelas proveitosas discussões sobre o assunto, e às estagiarias Marina Lima de Queiroz, Hyala Queiroz Valente da Silva e Milena Oliveira Marchão pelas pesquisas na Internet e formatação do texto.

Referências

LENOBLE, J. P. Les nodules polymetallic: bilan de 30 Ans de travaux dans le monde. *Chronique de la Recherche Minière,* n. 524, 1996.

MERO, J. L. *The mining and processing of deep-sea manganese nodules.* California, USA: Institut of Marine Resources, 1959. 312 p.

ODUNTON, N. A.; DESOUZA, K. G. The International Seabed Authority's technical activities in respect of the development of mineral resources in the International Seabed Area. In: INTERNATIONAL CONGRESS OF GEOLOGY, 31., 2000, Rio de Janeiro, Brazil. *Proceedings…* Rio de Janeiro: [s.n.], 2000.

2 INTERNATIONAL SEABED AUTHORITY - ISA. Disponível em: <http://www.isa.org.jm/>. Acesso em: 2007.

3 INTERNATIONAL SEABED AUTHORITY WORKSHOP ON DEEP-SEABED POLYMETALLIC

NODULES EXPLORATION, 1998, Sanya, Hainan Island. *Development of environmental guidelines:* proceedings… Sanya, Hainan Island: [s.n.], 1998.

4 INTERNATIONAL SEABED AUTHORITY WORKSHOP ON PROPOSED TECHNOLOGIES FOR

DEEP SEABED MINING OF POLYMETALLIC NODULES, 1999, Kingston, Jamaica. *Proceedings…* Kingston, Jamaica: [s.n.], 1999.

5 INTERNATIONAL SEABED AUTHORITY WORKSHOP ON THE OTHER MINERAL RESOURCES THEN POLYMETALLIC NODULES, 2000, Kingston, Jamaica. *Proceedings…* Kingston, Jamaica: [s.n.], 2000.

6 INTERNATIONAL SEABED AUTHORITY WORKSHOP TO STANDARDIZE THE ENVIRONMENTAL DATA AND INFORMATION, 2001, Kingston, Jamaica. *Proceedings…* Kingston, Jamaica: [s.n.], 2001. Required by the Authority's Mining Code and Recommendations for Contractors (in preparation).

Resumo

As três últimas décadas do século 20 foram marcadas por uma intensa atividade relacionada à exploração dos recursos minerais localizados no leito dos oceanos além das jurisdições nacionais. Até o presente momento, oito agências governamentais submeteram à Autoridade Internacional dos Fundos Marinhos seus planos de trabalho para exploração de nódulos polimetálicos. Dessa forma, quase 2.000.000 km^2 de áreas de exploração (equivalente a mais de 23% da superfície do território brasileiro) situadas nos oceanos Pacífico e Índico foram atribuídos a essas agências e à Autoridade para que esta possa conduzir suas próprias atividades de exploração.

Atualmente, a Autoridade está em vias de elaboração de regras e regulamentos internacionais para a exploração de sulfetos polimetálicos e de crostas cobaltíferas que ocorrem na área internacional. Logo que a Autoridade concluir a elaboração dos regulamentos, outras áreas de mineração também poderão ser requisitadas por dezenas de paises que já se lançaram em atividades de prospecção desses recursos. As áreas requisitadas poderão incluir regiões promissoras situadas no Atlântico Sul, em frente à plataforma continental jurídica brasileira.

A exploração dos recursos minerais da parte internacional dos oceanos não apresenta um valor econômico a curto ou médio prazos. No entanto, os recursos apresentam um grande valor político-estratégico para o Brasil, pois sua identificação e requisição para exploração garantem o predomínio brasileiro em áreas internacionais, em especial, situadas no oceano Atlântico Sul e Equatorial.

Abstract

The last three decades of the twentieth century were marked by intensive activities related to the development of mineral resources located in the seabed area beyond the limits of national jurisdiction. As of today, eight governmental agencies submitted to the International Seabed Authority their plans of work for exploration of polymetallic nodules. As a result, almost 2,000,000 km² of exploration areas (more than 23% of the surface of Brazil) located in the Pacific and Indian Oceans were allocated to these governmental agencies and to the Authority to carry out exploration activities.

At the present time, the Authority is in the process of developing regulations for prospecting and exploration for hydrothermal polymetallic sulphides and cobalt-rich ferromanganese crusts located in seabed areas beyond national jurisdiction. As soon as the Authority approves these regulations, other areas may be allocated by several countries, which have already started prospecting activities for these resources. Allocated areas may be situated in the South Atlantic Ocean, adjacent to the Brazilian continental shelf.

The exploration of marine mineral resources beyond national jurisdiction has no economic interest at short or medium term. However, its identification and allocation of areas for exploration, especially these located in the South Atlantic Ocean, will constitute an economic, strategic and political asset for future Brazilian generations.

Os Autores

Kaiser Gonçalves de Souza é geólogo formado na Universidade do Vale do Rio dos Sinos (Unisinos-RS) e doutor em geologia marinha pela Universidade de Paris. Concluiu o pós-doutorado no Instituto de Geociências e Recursos Naturais em Hannover (Alemanha). Fez treinamento em exploração de recursos minerais marinhos patrocinado pela Comissão Preparatória da Autoridade Internacional do Leito

Marinho e do Tribunal Internacional das Leis do Mar (Nações Unidas) e especializou-se em assuntos relativos à Convenção das Nações Unidas sobre o Direito do Mar. Atuou como especialista em recursos do mar no Ministério da Ciência e Tecnologia em colaboração com a Comissão Interministerial de Recursos do Mar. Trabalhou como Geólogo Marinho na Autoridade Internacional dos Fundos Marinhos (Nações Unidas), (Jamaica), onde contribuiu para o desenvolvimento de atividades visando o aproveitamento sustentado de recursos minerais marinhos localizados em áreas oceânicas além das jurisdições nacionais. Atualmente exerce a função de Chefe da Divisão de Geologia Marinha, no Serviço Geológico do Brasil (CPRM), onde sua principal atuação tem sido na implementação do Programa de Avaliação da Potencialidade Mineral da Plataforma Continental Jurídica Brasileira (Remplac).

Manoel Barretto da Rocha Neto é geólogo pela Universidade Federal da Bahia (UFBA), mestre em Geologia Econômica (UFBA) e professor do Instituto de Geociências da UFBA. Foi do Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM), da Companhia Baiana de Pesquisa Mineral (CBPM) e trabalhou em várias empresas de mineração, destacando-se a Companhia de Ferro Ligas da Bahia e é diretor da Associação Baiana de Geólogos e do Sindicato de Engenheiros da Bahia e vice-presidente da Federação Interestadual do Sindicato de Engenheiros. Atualmente é o diretor de Geologia e Recursos Minerais da CPRM.

Noriz Costa Diniz é geóloga pela Universidade de São Paulo (USP), especialização em Gestão do Conhecimento pela Pontifícia Universidade Católica do Paraná (PUC/PR), especialização em Filosofia pela Faculdade de Filosofia Ciências e Letras de Moema, especialização em Curso de Interpretação da Norma ISS 14001 Sistemas pela Lloyd s Register Quality Assurance, mestrado em Engenharia Civil pela Escola de Engenharia de São Carlos e doutorado em Engenharia Civil pela Universidade de São Paulo. Foi professora adjunta na Universidade de Brasília (Unb). Atualmente é diretora do Departamento de Geologia e Produção Mineral da Secretaria de Geologia, Mineração e Transformação Mineral do Ministério de Minas e Energia (MME).

Reinaldo Santana Correia de Brito é geólogo graduado pela Universidade Federal da Bahia (UFBa), com mestrado em Mineral Exploration - Imperial College Of Sciences And Techinology e doutorado em Geologia pela Universidade de Brasília (UnB). É chefe do Departamento de Recursos Minerais da CPRM. Tem experiência na área de Geociências como professor universitário, e desenvolveu intensa atividade de Prospecção Mineral no Grupo Ferbasa e CBPM, além de ter atuado como consultor na área de geologia econômica e metalogenia.

Aspectos científicos dos recursos minerais marinhos

Luiz Roberto Silva Martins

1. Introdução

Os oceanos são considerados, de diversas formas, como fonte de alimentos (pesca e atividades correlatas) de energia renovável (marés, ondas, gradiente térmico), de combustíveis fósseis (óleo e gás), de minerais de valor econômico apreciável (81diamante, ouro), de materiais para construções (cascalho e areia), de fertilizantes (fosfatos) e de outros produtos químicos (sal) e medicinais (algas).

Utilizamos igualmente o mar de outras maneiras, como as ligadas aos aspectos turísticos (vela, natação, mergulho, pesca esportiva), como vias navegáveis para o comércio e espaço para instalação de outros dispositivos (cabos submarinos, oleodutos) e finalmente como bacias captadoras de tantos rejeitos.

Pela legislação vigente (United Nations Law of the Sea), os países possuem o direito de adjudicarem a Zona Econômica Exclusiva (ZEE), estendendo-se por 370 km (200 milhas náuticas) em direção de mar aberto (Figura 1).

Através da ZEE são assegurados direitos soberanos aos países costeiros, com o propósito de exploração, explotação, conservação e gerenciamento dos recursos naturais vivos e não-vivos das águas sobrejacentes, do piso marinho e de seu subsolo.

O atual conhecimento científico disponível sobre a ZEE é fruto especialmente dos estudos de geologia e geofísica marinha realizados nos últimos 30 anos, em face de compromissos assumidos pelos países costeiros

junto a organismos ligados às Nações Unidas, ou pela necessidade premente de buscar nos oceanos, recursos minerais carentes em seus domínios continentais. A potencialidade em termos de recursos não-vivos de cada região fisiográfica dos oceanos é apresentada na Figura 2. A partir da ilustração podemos discutir as principais características de cada um dos recursos minerais e abordá-los em termos de parâmetros de controle de sua geração.

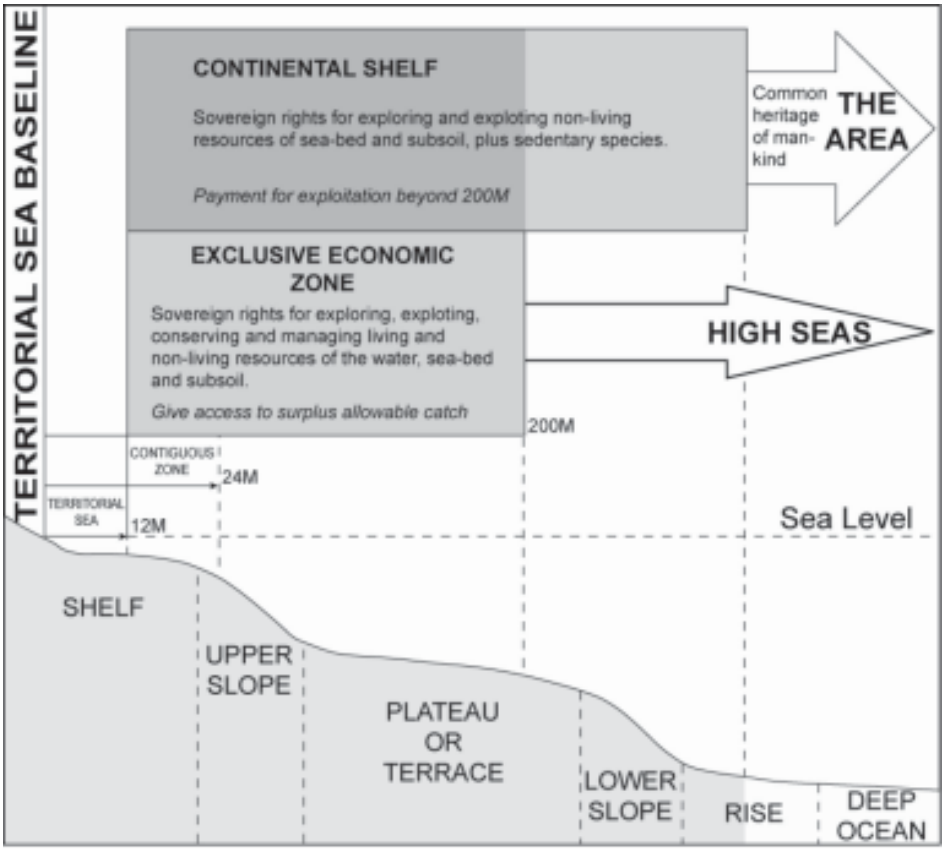


Figura 1. Zonas marítimas e suas relações com a topografia de fundo (Levy, 2000).

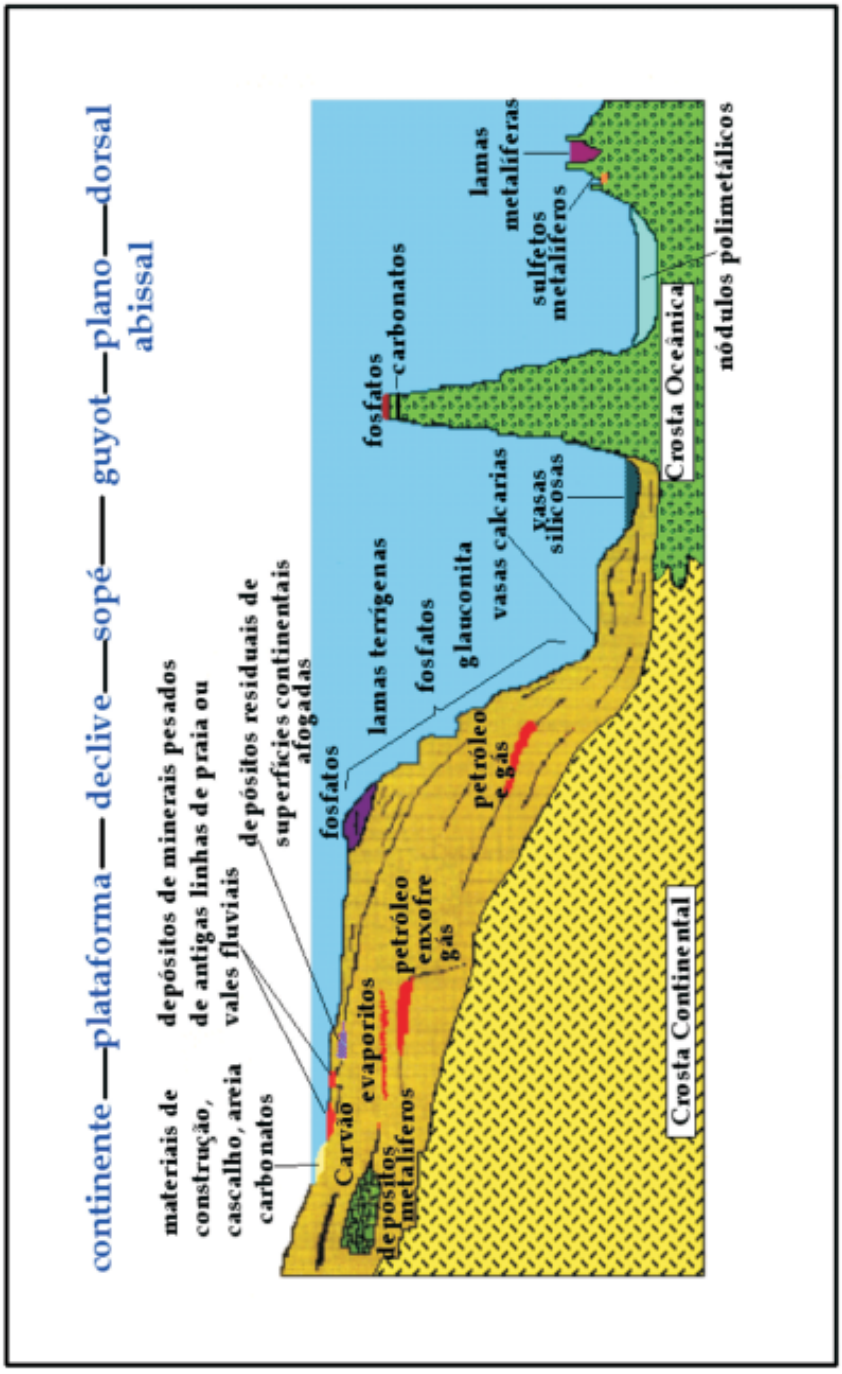


Figura 2. Representação esquemática da estrutura da margem continental e regiões adjacentes e localização de depósitos minerais (COOK, 1975).

2. Contexto geológico

A margem continental representa uma complexa porção do meio oceânico, de grande interesse científico e acentuada importância econômica, representando também o foco principal de uma interação e interdependência humana rapidamente crescentes. Tecnicamente, de acordo com a Comissão Oceanográfica Intergovernamental (COI) da Unesco, a margem continental estende-se desde os ambientes costeiros transicionais como estuários, deltas, lagunas, barreiras, marismas, planícies de marés, costões e praias arenosas, incluindo a plataforma continental, talude e o sopé continental.

Depósitos de margem continental incluem sedimentos derivados do continente que se misturam em variadas proporções com sedimentos biogênicos ou autígenos que se formam através de processos nitidamente marinhos. Tais acumulações usualmente preservam a história geológica em relação às mudanças globais.

Três fatores influenciam de forma decisiva o contexto geológico relativo a ocorrência de recursos minerais na zona costeira e margem continental adjacente-tectônica, variação do nível do mar e mudanças ambientais (MARTINS 1996). Eles não são totalmente independentes, constituindo em realidade mecanismos alimentadores para o desenvolvimento de várias inter-relações na construção da paisagem sedimentar dos ambientes marinhos e a conseqüente formação de recursos não-vivos.

2.1. Tectônica

Representa o estudo das grandes feições estruturais da Terra e suas causas, envolvendo processos como atividade vulcânica, terremotos, falhamentos, dobramentos, soerguimento e subsidência. Todos esses processos são considerados manifestações da tectônica de placas e o contínuo mecanismo de separação, colisão e subducção das mesmas.

Processos tectônicos, ao lado das estruturas sedimentares, são de fundamental importância na formação de campos de petróleo e gás e depósitos minerais tanto na zona costeira como em mar aberto. Mineralizações no fundo marinho são comumente associadas aos denominados *black smokers* que ocorrem nas dorsais meso-oceânicas, onde o novo piso oceânico é gerado.

Deformações na margem continental podem igualmente produzir estruturas tipo trapeamento para petróleo e gás. Um aumento no gradiente geotérmico sob a margem continental pode resultar na geração de hidrocarbonetos.

A formação de um sistema de montanhas no continente pode conduzir a exposição e erosão de rochas, contendo ouro, ilmenita ou diamante, que são então transportados pelos rios para as zonas costeiras, formando depósitos de placeres marinhos.

Os movimentos tectônicos não somente desempenham um papel direto na formação dos recursos não-vivos marinhos, mas também um papel indireto através de sua influência nas mudanças do nível do mar, ambientes marinhos e no clima (Figura 3). Um exemplo dessa influência em escala local é o soerguimento tectônico de uma zona costeira, produzindo uma queda relativa do nível do mar e uma mudança climática no interior.

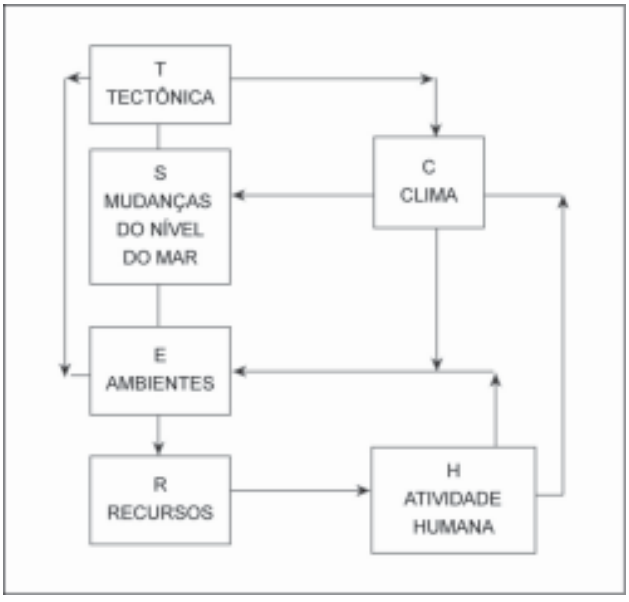


Figura 3. Mecanismo SETR (Sea level, Environment, Tectonics and Resources) do Programa OSNLR (COI/Unesco), mostrando as ligações entre variação eustática do nível do mar, mudança ambiental, tectonismo e suas influências na ocorrência de recursos marinhos não-vivos.

Numa escala global, a deriva de uma placa continental, a uma latitude elevada, pode resultar no desenvolvimento de uma ampla capa de gelo

continental, um abaixamento no nível do mar e um esfriamento global. Esses movimentos tectônicos podem ocorrer em uma variada gama de escalas.

Em regiões tectonicamente ativas como em Papua Nova Guiné, o soerguimento pode ser da ordem de milímetros a centímetros por ano. Esta alta taxa de elevação é, em parte, responsável pela preservação dos recifes elevados da península de Huox. Pode também produzir taxas mensuráveis de progradação costeira de forma que, mesmo em escala de tempo pequena, o efeito dos processos tectônicos nos recursos marinhos não-vivos pode ser bastante profundo.

A expansão do fundo oceânico ocorre em taxas de poucos milímetros por ano, conseqüentemente, a deriva de um fragmento continental a altas altitudes, pode levar milhões de anos.

Ao contrário, um esfriamento global pode resultar em um aumento no *input* de cinza vulcânica na atmosfera.

Dessa forma, podemos concluir que os processos tectônicos podem ser muito importantes na formação de recursos marinhos não-vivos. Eles podem ocorrer em escalas de poucos a muitos milhões de anos e podem afetar uma parte relativamente pequena da crosta terrestre, como no caso de soerguimento localizado ou de vastas partes do globo, como no caso do movimento de placas.

2.2 Mudanças eustáticas do nível do mar

Podem ocorrer em uma escala amplamente variável de mudanças diurnas de marés até mudanças muito maiores associadas com o desenvolvimento de capas de gelo, elevação e subsidência de grandes partes da crosta terrestre. As grandes mudanças do nível do mar que são de extensão global são referidas como eustáticas.

Durante os últimos anos, houve um aumento expressivo na documentação relativa a história das variações eustáticas do nível do mar devido especialmente aos esforços da indústria do petróleo, particularmente, através da interpretação de perfis sísmicos.

Utilizando este método, VAIL *et al* (1977), HAQ *et al* (1987) e vários outros pesquisadores, desenvolveram uma curva global de nível do mar em

que é possível reconhecer mudanças com periodicidade variando de 10^7 anos (curvas de primeira ordem) a 104 anos (curvas de quarta ordem).

Uma resolução mais apurada de 103-102 anos (essencialmente registros do Holoceno) foi desenvolvida usando evidências de feições de antigas linhas de praia, tais como recifes coralígenos e cristais de praia, e de técnicas das datações, variando de registro histórico (humano) a métodos radiométricos, paleontológicos e paleomagnéticos.

Ainda que todos os recursos marinhos não-vivos de águas rasas sejam influenciados em graus variados pelas mudanças eustáticas do nível do mar, eles reagem a diferentes escalas temporais.

Para a zona costeira, como um recurso, é necessário compreender os registros de mudança do nível do mar de 10^0 a 10^4 anos, para placeres marinhos, de 10^3 a 10^6 anos, enquanto para fosforitas, a extensão de tempo é de 10^6 a 10^8 anos.

Os mecanismos responsáveis pelas variações eustáticas do nível do mar são variados e sujeitos a muitas controvérsias.

Elevações ou abaixamento do nível do mar podem ocorrer através de mudanças na geometria da litosfera, como por exemplo, o desenvolvimento de uma nova cadeia meso-oceânica que causaria uma elevação, ou por uma depressão prévia isolada que torna ligada e inundada pelo oceano como o Mediterrâneo Messiniano. Contudo, a mais conhecida mudança eustática ocorre como resultado de mudanças climáticas e particularmente ao crescimento ou diminuição das capas de gelo polares. Tais mudanças representam uma conseqüência direta do aquecimento ou resfriamento climático. Variação climática, por sua vez, tem sido vinculada à extensão do potencial de mecanismos dirigentes, tais como, esfriamento devido à deriva de um grande fragmento continental a altas latitudes ou a um grande episódio vulcânico.

Uma série de mecanismos extraterrestres, ainda pouco compreendidos, tem sido invocados com base em suas aparentes influências nos ciclos climáticos. Os melhores mecanismos documentados são chamados de ciclos de Milankovick, que possuem periodicidade de 20.000, 40.000 e 100.000 anos. Eles resultam de variações nos elementos orbitais da Terra, tais como, excentricidade da órbita, inclinação do eixo de rotação e o "cambalear" do

eixo. Tudo isso pode combinar-se para reduzir o nível da radiação solar, conduzindo ao desenvolvimento de capas de gelo em latitudes elevadas, ao início do esfriamento global, e a um abaixamento no nível do mar.

Os ciclos de Milankovick foram documentados em várias partes do mundo, como nos terraços coralígenos elevados de Papua Nova Guiné e nas cristas de praia do sudeste da Austrália.

Em muitas áreas, muitas vezes, torna-se difícil separar variações eustáticas genuínas de mudanças no nível relativo do mar devido a soerguimento ou subsidência do continente.

Para muitos recursos marinhos não-vivos, como os "placeres", o efeito desses dois tipos de variação são essencialmente os mesmos em termos de influência na distribuição dos recursos. Contudo, em alguns casos, notavelmente as fosforitas, os episódios da fosfogênese, parecem estar mais vinculados a elevações eustáticas do nível do mar.

Em muitas situações, usando as mudanças do nível do mar para localização de depósitos, é necessário separar as mudanças relativas e eustáticas.

Um diferente tipo de análise é necessário para avaliar o efeito do chamado "efeito estufa" sobre os recursos não-vivos, particularmente, a zona costeira.

O crescente aumento de combustíveis fósseis, aumento associado ao conteúdo de CO_2 da atmosfera, e o aquecimento global produziram uma elevação do nível do mar. Em caso de manutenção da tendência atual, esta situação poderá tornar-se catastrófica para as zonas costeiras.

Tal situação tem sido objeto de muitos programas internacionais e reuniões específicas (Coastal Change/95, Bordeaux, França; Coastal Change/96, Rimouski, Canadá, A Zona Costeira como um Recurso: Aspectos científicos e tecnológicos, Caracas, Venezuela, outubro/96) ou a serem realizados futuramente auspiciados por vários organismos internacionais (Unesco, OEA, Comunidade Européia).

2.3 Mudanças ambientais

Na zona costeira, as mudanças ambientais podem ocorrer como resultado das variações eustáticas do nível do mar, de maneira tal que um

ambiente marinho raso pode tornar-se continente ou vice-versa. Tectonismo também pode afetar o ambiente de deposição de várias maneiras. Elevação do continente próximo a costa, pode resultar num aumento marcante na sedimentação, produzindo progradação da zona costeira, siltação em lagunas costeiras ou transformação de uma plataforma dominada por sedimentação carbonática para sedimentação clástica.

Mudanças ambientais podem estar ligadas igualmente a alterações climáticas que podem afetar o índice pluviométrico e conseqüente aporte de água doce à zona costeira sob a forma de água superficial e de subsuperfície. O próprio homem pode proporcionar a mesma situação através da construção de barragens em cursos fluviais, cujos efeitos sobre a zona costeira podem ser consideráveis.

Uma queda na temperatura da água local ou regional pode produzir um decréscimo no crescimento de formações coralígenas ou afetar o desenvolvimento de outros organismos.

Um aumento na incidência de tormentas ou no regime de energia presente no ambiente pode ter um efeito marcante na distribuição e concentração das areias de praia e de plataforma interna e na formação ou destruição de cristas de praia.

São conhecidos na história geológica da Terra, tempos em que ocorreram mudanças fundamentais na química dos oceanos. Em alguns casos, as alterações afetaram somente corpos de água relativamente pequenos, em especial quanto a teores de salinidade. Algumas vezes, esses eventos foram muito mais amplos, como os denominados eventos oceânicos anóxidos que, certamente, afetaram grandes porções do Oceano Atlântico.

Outros períodos da história terrestre foram caracterizados pela deposição em muitas plataformas continentais de sedimentos ricos em ferro ou fósforo e atribuídos como conseqüências de mudança ambiental (química e bioquímica) nas condições do oceano global.

Concluindo, podemos dizer que em alguns casos, os processos de eustasia, tectonismo e mudança ambiental, ocorreram de forma separada, mas comumente eles são inter-relacionados afetando a distribuição de recursos marinhos não-vivos.

Exemplos de situações de relações entre os componentes SETR (OSNLR) são encontrados na Tabela 1.

Tabela 1. Relações entre os componentes do mecanismo SETR ilustrado na Figura 3.

T——S	Desenvolvimento de uma dorsal meso-oceânica, produzindo elevação do nível do mar 10^6 - 10^7 anos.
T——E	Elevação da área fonte produzindo mudanças apreciáveis na área de deposição, tais como, destruição de recifes pelo aporte de sedimentos terrígenos 10^2 - 10^6 anos.
T——C	Deriva de placa para latitude elevada produzindo mudança apreciável no clima regional e global 10^6 - 10^7 anos
C——S	Desenvolvimento de uma capa de gelo polar produz uma queda eustática no nível do mar 10^3 – 10^6 anos.
S——E	Elevação relativa do nível do mar resultando na migração das condições parálicas através da plataforma continental (período de 10^3 - 10^5 anos).
T——S——E——R	A interação de mudanças do nível do mar, ambientes e tectônica, produz recursos não-vivos, tais como petróleo e gás (10^5 - 10^7 anos), depósitos fosfáticos (10^4 - 10^7 anos) e areia (10^3 - 10^6 anos)
R——H——E	O uso dos recursos não-vivos, seja por extração (como no caso da areia e cascalho) ou modificação (no caso da zona costeira), pode afetar os ambientes marinhos costeiros num período de 10^1 -10^3 anos.
H——C——S	A queima de combustíveis fósseis e o resultante efeito estufa, provavelmente, comanda significantes mudanças no nível do mar 10^1 - 10^2 anos.

3. Ambientes de formação

A abordagem desse tópico encontra-se embasada no elemento fundamental de que se torna impossível "explotar" um bem mineral marinho sem a realização de uma etapa "exploratória" científica, desenvolvida de

forma adequada, visando o conhecimento global da área em termos de parâmetros físicos, químicos e biológicos que conduziram a sua formação e concentração.

Apenas para exemplificar este conceito indicamos que o dimensionamento do calcário bioclástico situado na plataforma continental interna ou dos minerais pesados da zona costeira, ambos situados no Rio Grande do Sul, só foi possível através de detalhado mapeamento com comprovação da atividade biológica ou de áreas fontes e, principalmente, de mecanismos transpo-deposicionais.

Grande parte desses estudos envolve a pesquisa de aspectos vinculados especialmente à evolução paleogeográfica, na maioria dos casos vinculada às transgressões e regressões marinhas, à dinâmica sedimentar em termos de nível de energia e à conseqüente idade dos sedimentos (modernos, relictos ou palimpsesticos), à geoquímica sedimentar no quadro relativo aos processos singênicos da interface sedimento/água e seus conseqüentes produtos diagênicos, à atividade organógena, à profundidade de deposição, ao agente de transporte e à outros pontos mais específicos, dependendo da região a ser pesquisada. Todas essas informações indispensáveis à fase exploratória, constituirão a documentação básica de trabalho para qualquer iniciativa futura de avaliação do potencial econômico dos recursos não-vivos identificados.

4. Classificação

Os recursos não-vivos de mar aberto podem ser classificados segundo sua posição de ocorrência em relação às regiões fisiográficas do domínio oceânico e correspondente profundidade de ocorrência em:

a) Depósitos de mar aberto vinculados ao substrato, que são em essência equivalentes aos depósitos continentais, incluindo petróleo e gás, carvão, depósitos metalíferos, enxofre e evaporitos.

b) Depósitos minerais de oceano profundo, que são encontrados a profundidades abissais, geralmente distantes do continente, onde os sedimentos químicos e bioquímicos não são afetados pela sedimentação terrígena, como os nódulos polimetálicos.

c) Acumulação de águas rasas, ocorrentes na linha de costa e margens continentais como cascalho, areia, carbonatos, minerais pesados e fosforitas.

CRONAN (1980) estabeleceu seis grupos de minerais de acordo com seu modo de origem e ocorrência:

a) Minerais ocorrendo na margem continental, abaixo do piso marinho.

b) Depósitos detritais de agregados e "placeres" encontrados, geralmente, em zonas costeiras e que foram supridos pelo continente.

c) Depósitos de precipitados químicos, ocorrendo no piso marinho em ambientes relativamente rasos.

d) Depósitos de ferro-manganês, que são precipitados químicos sob a forma de nódulos, crostas e incrustações, contendo altas concentrações de metais como níquel, cobre, cobalto e que foram predominantemente desenvolvidos em oceano profundo.

e) Sedimentos metalíferos que são precipitados químicos de uma variedade de elementos, formados como resultado de atividade vulcânica em certas áreas.

f) Minerais autígenos menores.

Na primeira categoria, estão incluídos os depósitos de petróleo e gás, carvão, evaporitos e enxofre. No segundo conjunto associam-se acumulação de areia, cascalho, minerais pesados, enquanto os nódulos fosfáticos caracterizam o terceiro grupo. Nódulos e crostas usualmente contendo altas concentrações de metais tais como níquel, cobre e cobalto são representativos do quarto conjunto. Lamas e sulfetos metalíferos são representativos do quinto conjunto. A glauconita pode ocorrer no sexto grupo.

Santana (1979) sintetiza a classificação dos recursos minerais marinhos em:

Depósitos superficiais:

Águas rasas:

– Sedimentos calcários (recifes e biodetritos, concheiros e areias calcárias)

– Fosfatos
– Pláceres
– Minerais pesados "pesados": ouro, estanho e platina
– Minerais pesados "leves": ilmenita, rutilo, zircão e monazita.
– Grupo das gemas: diamante, rubi, safira, etc.
– Lamas metalíferas (vazas): urânio, tório, vanádio, molibdênio e níquel
– Areias e cascalho (material de construção)

Águas profundas:

– Nódulos polimetálicos-manganês, cobre, cobalto, níquel, e ferro

Depósitos sub-superficiais:

– Hidrocarbonetos
– Evaporitos: anidrita, gibsita, salgema, sais de potássio e magnésio.
– Enxofre
– Carvão

Outras classificações são numerosas na bibliografia específica, tanto de caráter geral como específico para alguns grupos de minerais, baseadas no modo de formação, profundidade de ocorrência emprego e interesse econômico do bem mineral. Cruickshank *et al.* (1993) divulgaram um completo esquema de classificação relativo aos recursos do mar (Tabela 2).

Hale & McLaren (1984) consideram apenas os minerais superficiais agrupando os depósitos com potencial em industriais e do tipo placer. Os primeiros são aqueles em que todo material dragado é utilizado. Nesta categoria estão: cascalho, areia e carbonato de cálcio bioclástico. O segundo grupo é formado por depósitos onde apenas a fração de minerais pesados é utilizada, como ouro, dinamite, rutilo, zircão, ilmenita. Para os autores, os denominados minerais industriais constituem recursos importantes tanto com relação a sua composição mineralógica (areia silicosa, por exemplo), como em suas propriedades de composição mecânica (cascalho e areia), podendo constituir variedades detritais ou químicas, dependendo de sua origem.

Fluid		Unconsolidated		Consolidated	
Seabed	Subseabed	Seabed	Subseabed	Seabed	Subseabed
Seawater Magnesium Sodium Uranium Bromine and Salts of 26 other elements	Hydrotermal Fluids Sulfur	Industrial Materials Sand and Gravel Shells Aragonite Heavy Mineral Placers Magnetite Ilmenite, Rutile Chromite, Monazite Nodules Manganese Phosphorite Muds and oozes Metalliferous Carbonaceous Siliceous	Heavy Mineral Placers Gold Platinum Cassiterite Gem stones Bedding Deposites Phosphorite	Crusts Phosphorite Cobalt Manganese Mounds and Stacks Metallic sulfides	Disseminated, Stratified, Vein or Massive Deposits Coal Phosphates Carbonates Potash Ironstone Limestone Metallic sulfides Metalic salts

Tabela 2. Classificação dos recursos minerais marinhos (CRUICKSHANK *et al.* 1993).

Depósitos marinhos detritais são derivados de rochas preexistentes que foram desintegradas e ou decompostas através de processos físicos e químicos do intemperismo. Rochas e partículas minerais que se originaram no continente foram transportados para os oceanos por processos glaciais, fluviais e eólicos onde foram submetidas a retrabalhamento e concentração por processos marinhos (energia de praias, transgressões e regressões, etc.

Depósitos químicos diferem dos detritais porque foram precipitados a partir da água do mar sob certas condições ambientais ou por meio de processos bioquímicos, como as areias aragoníticas das Bahamas.

Os depósitos de placeres ocorrem em vários ambientes marinhos e possuem um grande número de origens possíveis. Dois tipos podem ser considerados, os formados em ambientes de alta energia e aqueles acumulados em situações de baixa energia. Nas zonas de alta energia costeira, os minerais pesados são concentrados por ondas e correntes que removem de forma seletiva as frações de grãos mais leves. Ainda que os placeres de alta energia tenham recebido maior atenção, existem boas evidências que sugerem depósitos associados a ambientes de baixa energia em baías abrigadas, com ouro e platina na costa do Alasca.

Na dinâmica de formação de placeres por processos contemporâneos, concorrem muitos depósitos relictos. Nos períodos glaciais, o nível do mar esteve suficientemente baixo para expor muitas das plataformas continentais, quando os rios esculpiram canais e depositaram seus depósitos através dessa planície costeira. Nesta paisagem, praias e deltas foram formados no atual bordo da plataforma continental. Nos períodos de degelo, o nível do mar subiu resultando no retrabalhamento parcial desses depósitos, formando acumulações do tipo *palimpsest*, originalmente relictos, mas retrabalhados por dinâmica moderna. Outros permaneceram essencialmente não perturbados e foram cobertos por sedimentos recentes, enquanto outros foram preservados intactos com pouco ou nenhum recobrimento.

Conseqüentemente uma apreciável quantidade de depósitos de placeres foram formados em estágios antigos de nível do mar abatido, não foram redistribuídos pelo regime hidrodinâmico atual, e por essa razão são descritos como relíquias (vales fluviais afogados e antigas linhas de praias). Alguns desses depósitos, especialmente os ocorrentes na plataforma interna, são retrabalhados e redistribuídos pela hidrodinâmica moderna.

MARTINS (1978) estabeleceu essa relação ao estudar depósitos de calcário bioclástico da região de Albardão (plataforma interna e praia oceânica moderna). O material conchífero é proveniente de uma atividade biogênica Pleistocênica, mas retrabalhado pela dinâmica atual constituindo um depósito do tipo *palimpsest*, ou seja, originalmente relíquia (Pleistoceno) mas retrabalhado por dinâmica moderna de alta energia (Holoceno). Estudos relativos a recursos não-vivos na margem continental do Atlântico Sudoeste foram divulgados por BLISSENBACH (1979), AMARAL (1979), SANTANA (1979, 1999), MARTINS (1996) e por MARTINS & SANTANA (1999).

5. Relação dos recursos em termos de importância científica e/ou econômica

O programa Ocean Science in relation to Non Living Resources (OSNLR) – um programa global compartido pela COI/Unesco e pela Division of Ocean Affairs and Law of the Sea (Doalos/ONU, 1995 a 2002) – estabeleceu um esquema hierárquico na abordagem dos recursos minerais marinhos. Foram estabelecidos três grupos distribuídos por sua importância em:

a) Acumulações de interesse econômico e científico global relativo (areias silicosas, vasas carbonáticas ou silicosas), embora reconhecendo que possam ser importantes em algumas áreas.

b) Depósitos de interesse econômico futuro, mas de considerável interesse científico (sulfetos polimetálicos, lamas metalíferas, nódulos e crostas polimetálicas).

c) Materiais de interesse econômico, mas de interesse científico variando desde alto, como no caso de petróleo, gás e zona costeira, à intermediário, como os sedimentos carbonáticos, fosforitas, placeres, areia e cascalho.

Como o esquema é altamente dinâmico, alguns conceitos foram modificados no decorrer do programa.

De uma forma sintética, os resultados podem ser visualizados na Tabela 3:

Tabela 3. Comparação entre o significado econômico e o esforço científico relativo aos recursos marinhos não-vivos. A tabela é essencialmente dinâmica, sofrendo alterações tanto em termos global como regional.

	1. Disponi-bilidade	2. Potencial econômico	3. Interesse contemporâneo	4. Nível deesforço
Areia e cascalho	A	A	B	B
Carbonatos	A	B	B	B
Placeres minerais	A	A	B	B
Fosforitas	B	B	B	B
Areias silicosas	A	C	B	B
Vasas calcarias	A	C	C	C
Nódulos polimetálicos	B	B	A	A
Lamas metalíferas	B	B	B	C
Crostas Manganesíferas	C	C	B	B
Sulfetos polimetálicos	C	C	A	A
Petróleo e gás	B	A	A	A
Zona costeira	A	A	B	A

1. Disponibilidade

Indica a distribuição mundial do bem mineral através do oceano:

a) Abundante: presente na maioria ou em muitas regiões

b) Comum: ocorrente em várias regiões

c) Limitada: presente somente em algumas regiões

2. Potencial econômico

Considera-se que, em certas proporções, estes depósitos estão sendo atualmente explotados ou possam ser explotados em resposta às solicitações de um mercado futuro:

a) Alto: número significante de depósitos estão sendo explotados ou com potencialidade futura

b) Médio: poucos depósitos estão sendo explotados ou podem ser a médio e longo prazo

c) Baixo: sem explotação incisiva atualmente

3. Interesse contemporâneo

Mostra a taxa de crescimento do interesse cientifico desses depósitos e no número de pesquisadores que estão envolvidos ou atraídos pelo tema.

a) Alto: substancial aumento no interesse

b) Moderado: aumento relativo

c) Baixo: pequeno ou sem aumento de interesse

4. Nível de esforço

Mostra a quantidade relativa do esforço científico que está sendo atualmente direcionado ao estudo:

a) Alto: grande nível de esforço

b) Moderado: substancial nível de esforço

c) Baixo: modesto nível de esforço.

6. Considerações finais

O conhecimento científico relativo aos recursos minerais, sejam ocorrências de águas rasas como de águas profundas, representa a base fundamental para o desenvolvimento das etapas de exploração e explotação futuras. Usufruir de um bem mineral cuja história de formação e concentração não se conhece à luz da dinâmica ambiental constitui sério risco aos recursos em si, acompanhada na maioria das vezes por danos ambientais irreversíveis.

Estudos relativos à evolução paleogeográfica da margem continental e suas etapas de desenvolvimento são indispensáveis na compreensão de acumulações de granulados e minerais pesados, enquanto um conhecimento profundo de geoquímica marinha e tectônica de placas conduzirá estudos relativos à mineralização em águas profundas, ao sucesso.

Em síntese, devemos afirmar que só o conhecimento científico adequado poderá nortear as futuras etapas de exploração e de explotação.

Agradecimentos

Ao CNPq pela Bolsa de Produtividade em Pesquisa (1A) que tornou possível a realização da presente revisão. A colega Maria Luiza Correa da Camara Rosa e a professora Viviane Possamai, pela revisão do texto.

Referências

AMARAL, C. B. Recursos minerais da margem continental brasileira e das áreas oceânicas adjacentes. *Projeto REMAC,* v. 10, 1979.

BLISSENBACH, E. Prospective sedimentary mineral potential of the south american atlantic margin. In: SEMINÁRIO SOBRE ECOLOGIA BENTÔNICA Y SEDIMENTACION DE LA PLATAFORMA CONTINENTAL DEL ATLÂNTICO SUR, 1979, Uruguay. *Memorias...* Montevideo, Uruguay: UNESCO: ROSTLAC, 1979. p. 383-403.

COOK, P. J. Minerals from the oceans. In: RESOURCES OF THE SEA SYMPOSIUM, 1975, Austrália. *Proccedings...* Austrália: Royal Society of Tasmânia, 1975.

CRONAN, D. J. *Underwater minerals.* London: Academic Press, 1980. 362 p.

CRUICKSHANK, M. et al. *Marine mining on the outer continental shelf.* Washington, USA: U.S. Department of Interior, Minerals Management Service, 1993. 62 p. (Report 87-0035).

HALE, P. B., MCLAREN, P. A preliminary assesment of unconsolidated mineral resources in the canadian offshore. *The Canadian Mining and Metallurgical Bulletin,* p. 1-12, 1984.

HAQ, B. U.; HARDENBOL, J.; VAIL, P. R. Chronology of fluctuating sea levels since the triassic. *Science,* n. 235, p. 1156-1167, 1987.

LEVY, J. P. The United Nations Convention on the Law of the Sea. In: COOK, P. S.; CARLETON, C. M. (Ed). *Continental shelf limits.* New York, USA: Oxford University Press, 2000. p. 8-16.

MARTINS, L. R. Operação GEOMAR IV: Costa Sul: geologia marinha DHN. *Boletim DG 32,* v. 4, p. 1-19, 1978.

_____.*Estratégia de estudo dos recursos não vivos da margem continental brasileira.* Rio de Janeiro: CPRM, 1996. CPRM- Relatório Interno. 64 p.

_____; SANTANA, C. I. *Non living resources of the southern brazilian coastal zone and continental margin.* Porto Alegre: [s.n.], 1999. 110 p. Special Publication. OAS/IOC-UNESCO/MCT.

SANTANA, C. I. Recursos minerales del mar. In: SEMINÁRIO SOBRE ECOLOGIA BENTONICA Y SEDIMENTACIÓN DE LA PLATAFORMA CONTINENTAL DEL ATLÂNTICO SUR, 1979, Uruguai. *Memorias*... Montevidéo: UNESCO: ROSTLAC. 1979. p. 361-382.

_____. Mineral resources of the brazilian continental margin and adjacent oceanic regions. In: MARTINS, L. R.; SANTANA, C. I. (Ed.). *Non living resources of the southern brazilian coastal zone and continental margin.* Porto Alegre: [s.n.], 1999. p. 15-25. Special Publication. OAS/IOC-UNESCO/MCT.

VAIL, P. R.; MITCHUM, M. R.; THOMPSON, S. Seismic stratigraphy and global changes of sea level: global cycles of relative sea level. *American Association of Petroleum Geologists Memoir,* n. 181, p. 844-845, 1977.

Resumo

O crescente interesse científico sobre as margens continentais e regiões oceânicas adjacentes tem gerado, especialmente nos últimos anos, muitos estudos pertinentes à potencialidades de cada região em termos de recursos não-vivos.

Certos fatores e suas inter-relações são considerados como decisivos na construção da paisagem sedimentar dos ambientes marinhos (águas rasas e profundas) e a conseqüente formação dos recursos não-vivos. Sob esse prisma, processos tectônicos, mudanças eustáticas do nível do mar e mudanças ambientais representam parâmetros de controle incisivos, criando mecanismos de geração e concentração de recursos minerais, nas diferentes regiões fisiográficas dos oceanos.

Os conhecimentos dos aspectos científicos com a devida profundidade facilitam sobremaneira a fase exploratória.

Abstract

The increasing interest on continental margins and adjacent oceanic regions have generated specially over the last years, a large number of studies regarding its potential in terms of marine non-living resources.

Some control parameters and their relationship are considered as decisive in the formation of the sedimentary landscape of marine environments (shallow and deep waters) and the consequent formation of marine mineral resources. From this point of view, tectonic process, eustatic sea-level changes and environmental changes represent incisive control elements that govern generation and concentration mechanisms of the different marine mineral deposits through the physiographic regions of oceans.

Deep knowledge on scientific aspects highly contribute to the exploratory phase of such resources.

O Autor

LUIZ ROBERTO SILVA MARTINS é professor emérito da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), doutor em Ciências, livre docente em Sedimentologia. Fundador do Centro de Estudos de Geologia Costeira e Oceânica (Ceco), do Programa de Geologia e Geofísica da Marinha (PGGM) e do Curso de Pós-Graduação em Geociências. Coordenador Regional do Programme on Ocean Science in relation to Non Living Resources (OSNLR)(COI-Unesco) e do South West Atlantic Coastal and Marine Geology Group (Comar - Brasil, Uruguai e Argentina).

Ocorrência de recursos minerais na plataforma continental brasileira e áreas oceânicas adjacentes

Luiz Roberto Silva Martins
Kaiser Gonçalves de Souza

1. Introdução

A distribuição mundial desigual de recursos minerais no continente, a sensibilidade política que tal fato causa e um atento crescimento da importância na proteção e conservação dos ambientes, aumentaram o significado futuro dos minerais marinhos, além do óleo e gás. Conhecimento de sua distribuição, categoria, gênese e abundância, embora ainda imperfeito, crescem rapidamente, particularmente para aqueles minerais economicamente significantes em um futuro próximo.

Atualmente, a mais importante mercadoria (excluindo óleo e gás) minerada em mar aberto, tanto em quantidade como em valor, é composta de agregados (areia e cascalho) para a indústria da construção, seguida pelos placeres submersos de estanho, os carbonatos bioclásticos para corretivo de solo e cimento, as acumulações fosfáticas para uso em fertilizantes. As lamas ricamente mineralizadas do Mar Vermelho serão brevemente exploradas. As grandes quantidades de nódulos de manganês (polimetálicos) também devem ser consideradas como contribuição valiosa para o suprimento mundial de níquel, cobre, cobalto e manganês. Acumulações de sulfetos mapeados no Pacífico leste representam novas ocorrências a serem pesquisadas com profundidade, embora requerendo o desenvolvimento de novas tecnologias, antes de serem minerados economicamente.

A explotação de minerais marinhos depende em essência do custo competitivo de outros recursos que, por sua vez, estão vinculados ao desenvolvimento de uma tecnologia disponível de baixo custo, bem como de seu valor e quantidade disponível.

Entre os muitos fatores que determinam a distribuição dos recursos minerais marinhos, a evolução dos oceanos é de influência básica. Dessa maneira a localização dos minerais foi determinada durante os diferentes estágios de evolução oceânica.

Essas etapas são: estágios essenciais da deriva das massas continentais, quando a expansão oceânica iniciou e o fundo do rifte central foi construído de crosta oceânica como, por exemplo, no Mar Vermelho; o estágio quando o rifte alargou-se e uma dorsal foi formada no oceano, onde mais crosta oceânica foi formada expandindo a partir da dorsal, esfriando como no Oceano Atlântico; e um terceiro estágio, quando a crosta oceânica colidiu com a crosta continental, e submergiu abaixo dela, como por exemplo, no leste do Pacífico.

Sulfetos polimetálicos e sedimentos metalíferos podem ser depositados ao longo dos maiores limites de fratura e placas, na crista das dorsais, durante todos esses estágios de evolução oceânica e durante períodos de vulcanismo de arco de ilhas. Os depósitos são formados por atividade hidrotermal, particularmente em áreas tectonicamente ativas, onde o grau de expansão é alto.

Nódulos de manganês são mais abundantes em áreas com taxas inexpressivas de sedimentação e condições oxidantes, característica das grandes e profundas bacias oceânicas como, por exemplo, o Pacífico equatorial norte-leste.

Por sua vez, a distribuição dos placeres e agregados é restrita à plataforma continental e está relacionada a fatores como proximidade de área fonte no continente e mudança recentes no nível do mar. Depósitos fosfáticos marinhos estão restritos às margens continentais e associados a fenômenos de ressurgências.

Depósitos minerais do piso marinho podem ser caracterizados como não consolidados e, portanto, capazes de serem coletados diretamente por dragagem, ou consolidados requerendo energia adicional para fragmentação do depósito antes da coleta. Cada um dos tipos pode ocorrer na superfície ou abaixo da interface sedimento/água.

Depósitos não consolidados incluem materiais de construção como cascalho e areia, material bioclástico (carbonatos), placeres de minerais pesados contendo titânio, estanho e ouro; lamas metalíferas como as

encontradas no Mar Vermelho, nódulos polimetálicos e vasas silicosas e carbonáticas.

Depósitos consolidados incluem seqüências estratificadas tais como carvão e ferro, crostas como as encontradas nos montes submarinos do Oceano Pacífico, formadas por óxidos de manganês ricos em cobalto.

SANTANA (1999) sintetizou o conhecimento sobre a ocorrência de recursos minerais da margem continental brasileira e regiões adjacentes fornecendo um mapa na escala de 1:5.592.000. Trabalhos adicionais realizados pelo Serviço Geológico do Brasil e por centros de pesquisa vinculados à universidade enriqueceram o trabalho inicial com novas informações sobre areia, minerais pesados, carbonatos e fosfatos.

2. Ocorrências superficiais

2.1 Granulados siliciclásticos (areia e cascalho)

Praias, por seus aspectos estéticos e por muitas outras razões, despertam o interesse público. Elas são formadas por areia e cascalho, matéria-prima para obras e construções, e serviram durante muito tempo como fonte de material para tais aplicações.

Felizmente, o crescimento acentuado do turismo, apesar dos problemas associados que aportaram à zona costeira, serviu para o surgimento de medidas visando a sua preservação. O aumento gradativo da importância da manutenção de um campo de dunas, como elemento absorvente da energia de onda durante as ressacas, forneceu embasamento para medidas governamentais visando sua preservação, manejo, bem como de todo o perfil praial. Contudo, variações do nível do mar provocada por ação antrópica ou como causa natural vem causando sérios danos à linha de costa, através da erosão.

Essas razões são suficientes argumentos para o crescente interesse dos depósitos de areia e cascalho presentes na plataforma continental.

Areia e cascalho presentes na plataforma continental excedem em volume e potencial o valor de qualquer outro recurso não-vivo, exceto o óleo e gás. Sua utilização é dividida entre a indústria da construção e os programas de reconstrução praial, como os conduzidos pelo MMS (Minerals Management Service) na costa leste dos Estados Unidos, por exemplo. Por

serem comodidades de baixo custo é importante que o material seja minerado de local próximo ao mercado consumidor.

Em certas ocorrências, contudo, como nas costas da Sibéria, norte do Canadá, na Namíbia, no norte e leste da Austrália, as suas explotações não perfazem as condições econômicas requeridas. Da mesma forma, os depósitos de areia e cascalho situados além do limite das 200 milhas ou fora dos contornos fisiográficos da plataforma continental não são tão atraentes.

A produção de areia e cascalho provavelmente prosseguirá em locais próximos a grandes cidades e centros turísticos para mitigar locais de severa erosão praial (Edisto Beach, South Carolina, USA, é um desses casos com registro do problema e plano de recuperação, já a praia do Hermenegildo, RS, possui o problema, mas nenhum plano de *beach nourishment*). Para se ter uma idéia do crescimento da importância de areia e cascalho, calcula-se que em 1980 somente 1,5% de material usado era de origem de mar aberto. Para alguns países, contudo, a produção *offshore* é de grande significado como no Reino Unido que obtém 25% desse material em mar aberto, mas a produção maior (cerca de 50% da produção mundial de agregados) é realizada pelo Japão.

Como a mineração é desenvolvida próxima a linha de costa, uma série de cuidados devem ser seguidos com vistas a preservação ambiental. Isto ocorre no Reino Unido, onde a dragagem é regulada, sendo confinada a específicas áreas de concessões. O mesmo sucede nos Estados Unidos, onde a realização de tais trabalhos é coordenada por agências como o USGS, MMS e CERC.

A maior parte das dragagens é realizada a profundidades menores de 45 metros, estando previsto um aumento para 50-60 metros em um futuro próximo. O material pode ser minerado por meio de dragas ou bombas hidráulicas, ou ambos métodos, sempre com regras sensíveis ao ambiente marinho. Medidas governamentais restringem a mineração muito próximas à linha de costa, de duas maneiras, pela distância ou pela profundidade da lâmina d'água. Em Brunswick (Canadá), a distância é de 300 metros, enquanto no Japão a dragagem é proibida num limite de 4/5 km da costa. No Reino Unido, as licenças de mineração de mar aberto não são concedidas para águas mais rasas que 18 metros.

Danos ao fundo marinho e ao ambiente pela extração de areia e cascalho podem desenvolver-se de muitas formas. O aumento da turbidez

na água do mar pode reduzir o desenvolvimento de plantas em águas rasas, o que pode prejudicar o habitat de certas espécies de peixes e crustáceos e reduzir a captura comercial e as oportunidades de pesca recreativa. O acúmulo expressivo de lama, que muitas vezes tem que ser removida quando depositada, pode asfixiar as vegetações e recifes. Deve ser considerado também que a remoção de areia e cascalho sob a espessura uniforme de grandes áreas irá destruir a fauna de fundo e locais de procriação gerando áreas estéreis do piso marinho, que levarão muitos anos para serem recuperadas.

Sugestões existem para um dano menor ao ambiente, por meio da realização do corte de trincheiras no piso marinho, rodeadas por áreas não perturbadas, e onde é criada uma variação de relevo que poderá ser benéfica a população de peixes.

A extensa bibliografia específica sobre o tema (consultar, por exemplo, EARNEY, 1990) revela que os problemas decorrentes da mineração marinha têm sido intensamente estudados pelas nações mais desenvolvidas e algumas possíveis soluções estão atualmente bem documentadas. Métodos governamentais apontam para a realização de estudos detalhados sobre o ambiente marinho e os processos naturais de sustentação do mesmo, de forma que a legislação irá prevenir danos irreversíveis ao ambiente ou a outras atividades que utilizam o meio marinho, particularmente aquelas baseadas na utilização sustentável dos recursos vivos.

Estudos sobre estoques arenosos presentes na plataforma continental interna e de conseqüente realimentação de praias erodidas são encontrados em trabalhos como o de AMATO (1994) para a plataforma leste dos Estados Unidos. No sul do Brasil e Uruguai, estoques arenosos foram avaliados por MARTINS *et al.* (1999, 2005), MARTINS & URIEN (2004) e MARTINS & TOLDO Jr. (2006b).

Na Figura 1 são mostradas as ocorrências de areia e cascalho na plataforma leste dos Estados Unidos, enquanto na Figura 2 são apresentadas as concessões do Reino Unido, Holanda, Bélgica e França para o mesmo tipo de explotação no Mar do Norte. Na Figura 3 são representadas áreas de dragagens de areia no canal inglês e nas figuras 4 e 5 detalhes relativos a extração e estocagem de areia e cascalho. Na Figura 6 estão representadas áreas com potencial de areia, presentes na plataforma continental do Rio Grande do Sul.

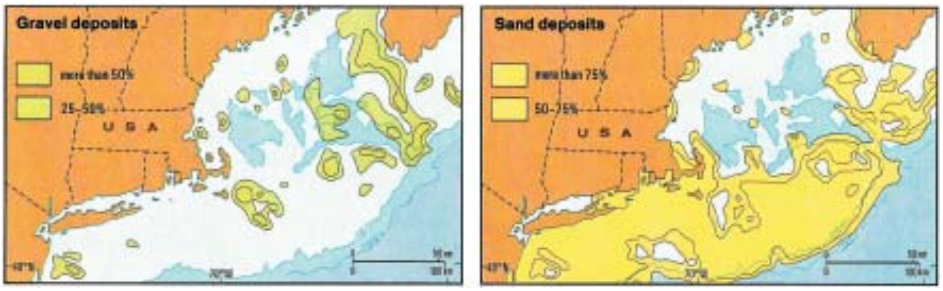


Figura 1. Areia e cascalho representam por seu volume o potencial mineral econômico mais importante da plataforma continental dos Estados Unidos (COUPER, 1983).

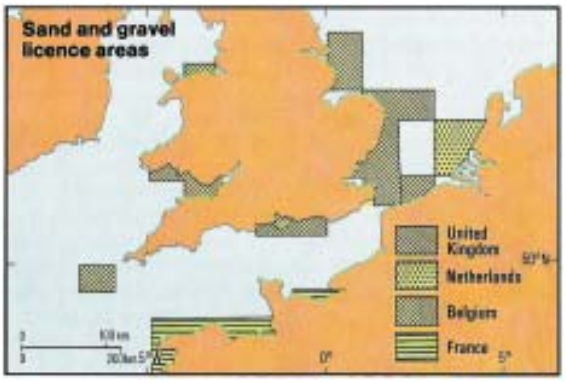


Figura 2. O Mar do Norte, uma das mais ricas áreas do mundo em areia e cascalho, foi dividido pelos paises costeiros (Reino Unido, Holanda, Bélgica e França) em áreas de concessão para dragagem. As licenças fornecidas pelas respectivas agências nacionais pertinentes, para direito de dragagem, estão sujeitas a restrições relacionadas à pesca e proteção costeira (COUPER, 1983).

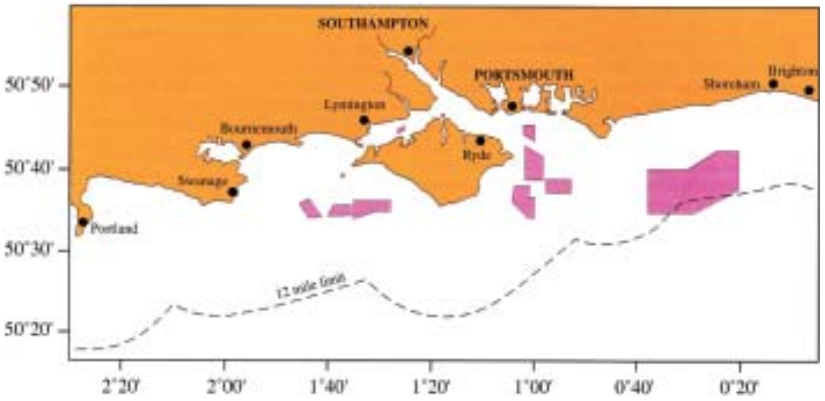


Figura 3. Áreas de dragagem de areia no canal inglês (SUMMERHAYES, 1998).

Figura 4. Cascalho sendo minerado através da draga (SUMMERHAYES, 1998).

Figura 5. Areia e cascalho de mar aberto estocado para distribuição (SUMMERHAYES, 1998).

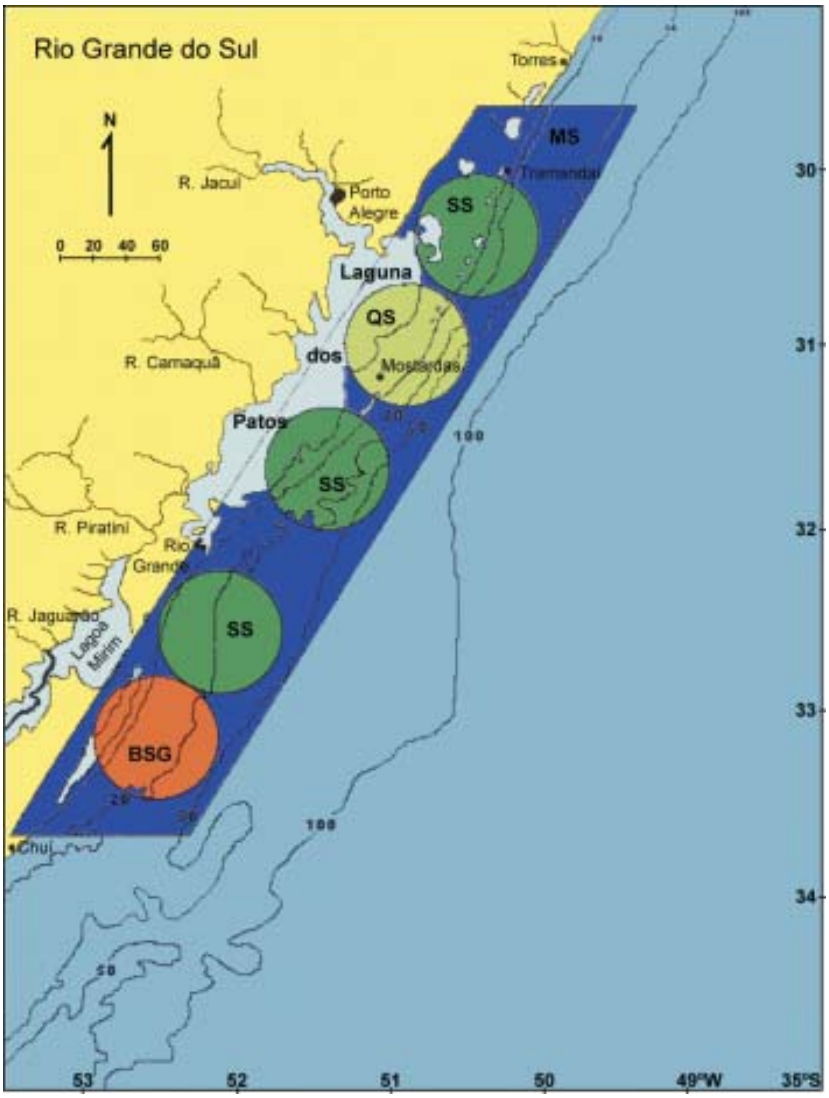


Figura 6. Potencial de areia quartzosa, areia quartzosa com bioclastos e areia e cascalho bioclástico da plataforma continental interna do Rio Grande do Sul (MARTINS *et al.*, 1999).

2.2 Granulados bioclásticos

Carbonato de cálcio é minerado como material recifal consolidado ou como acumulações bioclásticas não consolidadas recifais ou de conchas. A mineração de camadas de conchas é mais comum, enquanto recifes

coralígenos representam fontes de carbonato de cálcio, mas a utilização de corais não-vivos ou mortos aumenta a vulnerabilidade a dano mediante a ação de ondas e tempestades.

No meio marinho, o esforço mais expressivo da pesquisa encontra-se dirigido a oólitos, corais, algas coralígenas e conchas. Nas ilhas tropicais com franjas de recifes coralígenos as areias não são de quartzo, mas de fragmentos de corais de carbonato de cálcio, componente básico do cimento. Carbonato de cálcio sob a forma de conchas é também comum nas plataformas continentais.

A planta exploratória de areia aragonítica situada em Cat Cay nas Bahamas é uma das mais expressivas. Com mais de 37.500 milhões de metros cúbicos, abastecendo segmentos do mercado americano com carbonato de cálcio para corretivos de solos e cimento.

Areias calcárias denominadas *marl* são também dragadas da plataforma continental francesa para aplicação direta nos solos ácidos da Bretanha. Tais depósitos possuem composição similar às encontradas no nordeste do Brasil. A produção é bastante expressiva entre 500 e 700 toneladas/ano.

Estudo de COUTINHO (1995) na província carbonática da plataforma continental brasileira que se estende do Rio Pará (0,5°S) até as vizinhanças de Cabo Frio (23,5°S), em uma provavelmente mais longa e contínua plataforma atapetada por sedimentos carbonáticos do mundo, revelou interessantes aspectos dessa sedimentação. Os sedimentos carbonáticos que ocupam as porções média e externa da plataforma estão representados por areias e cascalhos formados por algas coralígenas ramificadas e maciças, concreções, artículos de Halameda, moluscos, briozoários e foraminíferos bentônicos.

MONT'ALVERNE & COUTINHO (1992) calcularam uma reserva de 1,96x10 toneladas considerando a isóbata entre 20 e 30 metros na plataforma continental de Pernambuco, admitindo uma espessura média 1,5 metros.

Segundo SANTANA (1979, 1999), a margem continental do nordeste e leste do Brasil até a altura de Cabo Frio possui sedimentos ricos em carbonato contendo mais de 75% de $CaCo_3$. O autor considerou uma espessura média para estes depósitos de 5 metros representando uma reserva de 2×10^{11} toneladas, correspondendo, na época, a mais de 50 vezes a reserva estimada do continente.

O conhecimento relativo aos depósitos de calcário bioclástico ocorrente na plataforma continental interna do Rio Grande do Sul, vinculado a antigas linhas de praia de alta energia (MARTINS, 1972), foi sintetizado por CALLIARI *et al.* (1999), com especial ênfase nas áreas de Albardão e Carpinteiro, representando um potencial econômico de 1 bilhão de toneladas (Figura 7). Em Santa Catarina, estudos realizados na zona costeira foram divulgados por CARUSO Jr. (1999).

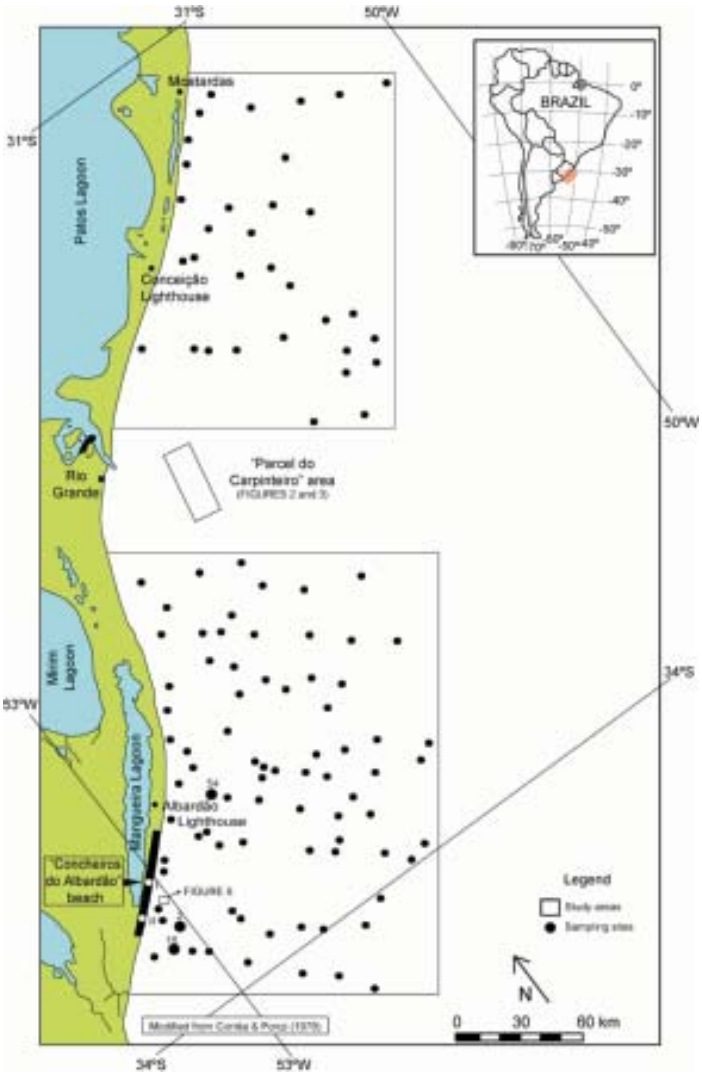


Figura 7. Localização das acumulações do Albardão e Parcel do Carpinteiro na Plataforma Continental Interna do Rio Grande do Sul (CALLIARI *et al.*, 1999).

2.3 Depósitos de placeres

Depósitos de cassiterita, ilmenita, ouro e diamante ocorrentes nas plataformas continentais são formados da mesma forma que as acumulações aluvionares fluviais. O mineral ou gema é erodido das rochas nas cabeceiras dos rios e carregado pelo curso fluvial se o fluxo é suficientemente vigoroso até sua diminuição quando as partículas mais pesadas assentam em seu leito, preferencialmente em áreas de remanso. Inundações periódicas movem essas acumulações rio abaixo, onde assentam novamente e são cobertas por outros sedimentos. Praias do mundo inteiro têm sido mineradas para muitos minerais, incluindo o diamante (Namíbia), ouro (Alasca e Nova Escócia) e cromita (Oregon).

As concentrações de minerais física e quimicamente resistentes são formadas a partir da erosão de corpos mineralisados liberados por meio do intemperismo e acumulados mecanicamente. Esses minerais podem permanecer *in situ* ou serem transportados e concentrados em areias e cascalhos ocorrentes em rios e praias, incluindo ouro nativo, platina, cassiterita (estanho), rutilo e ilmenita (titânio), magnetita (ferro), zircão (zircônio), volframita (tungstênio), cromita (cromo), monazita (cério e tório) e pedras preciosas.

Ainda que ocorram ao longo do tempo geológico (como ouro encontrado em rochas do pré-cambriano da África do Sul), a maioria formou-se nos últimos 65 milhões de anos. Depósitos importantes podem ser indicados como ouro no Alasca, areia titaníferas na Flórida, Sri Lanka, Índia, Austrália e Brasil, estanho na Malásia e Indonésia e magnetita nas praias do Japão.

Alguns dos placeres encontrados nas plataformas continentais estão situados em camadas fluviais que foram afogadas pela elevação do nível do mar a partir de -130/-150 metros durante os últimos 18 mil anos. Outros placeres são formados por meio do retrabalhamento de alguns desses depósitos aluvionares por ondas e correntes na linha de praia durante os níveis de estabilização temporária da transgressão holocêncica. Outras acumulações mais recentes representam o material erodido carregado para o mar por ação fluvial para depósitos praiais (usualmente associados a deltas), ou pela erosão de areias costeiras que contenham concentrações de minerais pesados.

Zonas rasas da plataforma continental servem para a explotação de diamante (Namíbia), Cassiterita (Malásia, Indonésia e Tailândia), (Tabela 1). Outros minerais como cromita (cromo), rutilo (titânio), ilmenita (ferro e titânio), magnetita (ferro), zircão (zirconita), monazita (terras raras) e shelita (tungstênio), foram ou estão sendo dragados em vários locais do Sir Lanka e Austrália.

Tabela 1. Relações entre profundidade e modo de ocorrência de minerais marinhos não consolidados.

MINERAL	PROFUNDIDADE		MODO DE OCORRÊNCIA			
	0-30 metros	30-200 metros	Praia	Praia submersa	Cursos submersos	Sedimentos superficiais
Ilmenita	X	X	X	X		
Rutilo	X	X	X	X		
Zircão	X	X	X	X		
Monazita	X	X	X	X		
Titânio	X	X		X		
Estanho	X	X		X		
Ouro		X	X	X	X	
Platina		X	X	X	X	
Diamante	X	X	X	X	X	
Ferro	X	X	X	X	X	
Areia	X	X	X	X	X	X
Cascalho	X	X	X	X	X	X

De uma maneira geral os depósitos de placeres não se estendem muito distante da linha de costa. Os problemas ambientais associados à mineração de placeres são similares aos ligados à explotação de areia e cascalho, exceto pela tendência seletiva e geograficamente mais limitada em área (Figura 8).

A possibilidade de mineração de placeres de mar aberto será a mesma nas acumulações costeiras e dependente de fatores como custo da exploração, obtenção de permissão para a mineração, necessidade de satisfazer

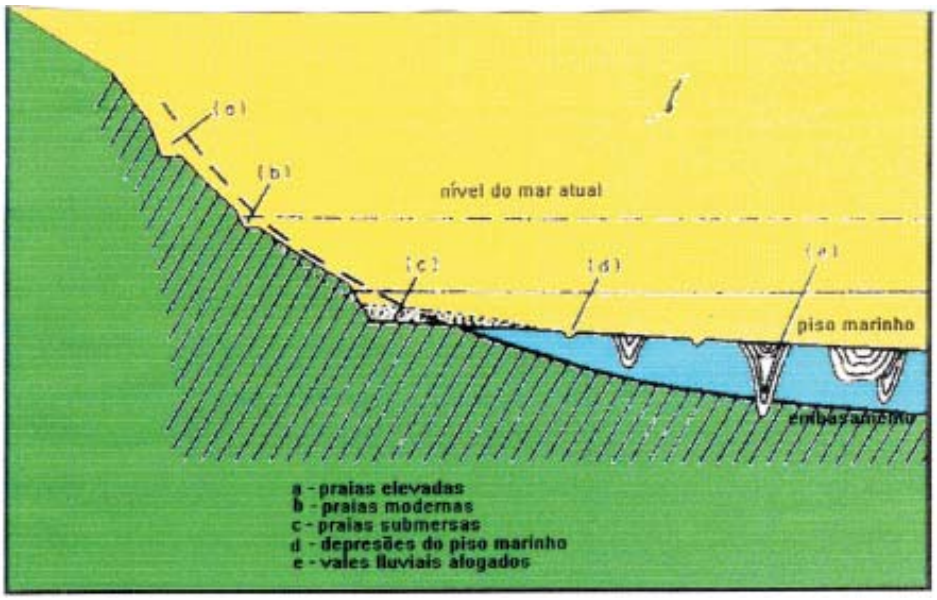


Figura 8. corrência de placeres de minerais pesados na zona costeira e plataforma continental adjacente.

regulamentos ambientais, tecnologia de beneficiamento e custos de transporte. Enquanto alguns placeres contêm recursos como ilmenita e rutilo e são amplamente distribuídos, estanho aluvial é restrito a áreas como sudeste da Ásia, onde ocorrem a partir de granitos estaníferos. Placeres comerciais de ouro são menos freqüentes e os de diamante comparativamente raros.

O sul da costa da Namíbia é a principal fonte dos diamantes marinhos. Antes de 1961 esses diamantes eram obtidos pela mineração de terraços ao norte do rio Orange. Diamantes de Kimberlitos intemperizados foram transportados pelo rio Orange e seus tributários, do rio Vaal até a zona costeira, onde foram coletados (Figuras 9, 10 e 11) e posteriormente soterrados por sedimentos calcários. Muitos diamantes foram também levados em direção norte por fortes correntes e eventualmente acumulados em areias e lamas na plataforma continental. A mineração desses diamantes de mar aberto em águas de até 35 metros de profundidade iniciaram em 1961 e prosseguiram por uma década, quando as atividades tornaram-se não econômicas para a maioria das empresas mineradoras, sendo as operações de mar aberto deslocadas para a plataforma interna. A produção em zonas internas rasas continuou com operadoras independentes usando pequenos barcos ou bombeamento para a praia. A produção em 1996 foi de 90.000

quilates. Após 1971, grandes companhias começaram a explorar em águas profundas e nos 12 anos seguintes constataram a existência de cascalhos comerciais ricos em diamantes na plataforma média em águas de até 200 metros. Esses depósitos foram explotados através de novas técnicas desenvolvidas em 1990.

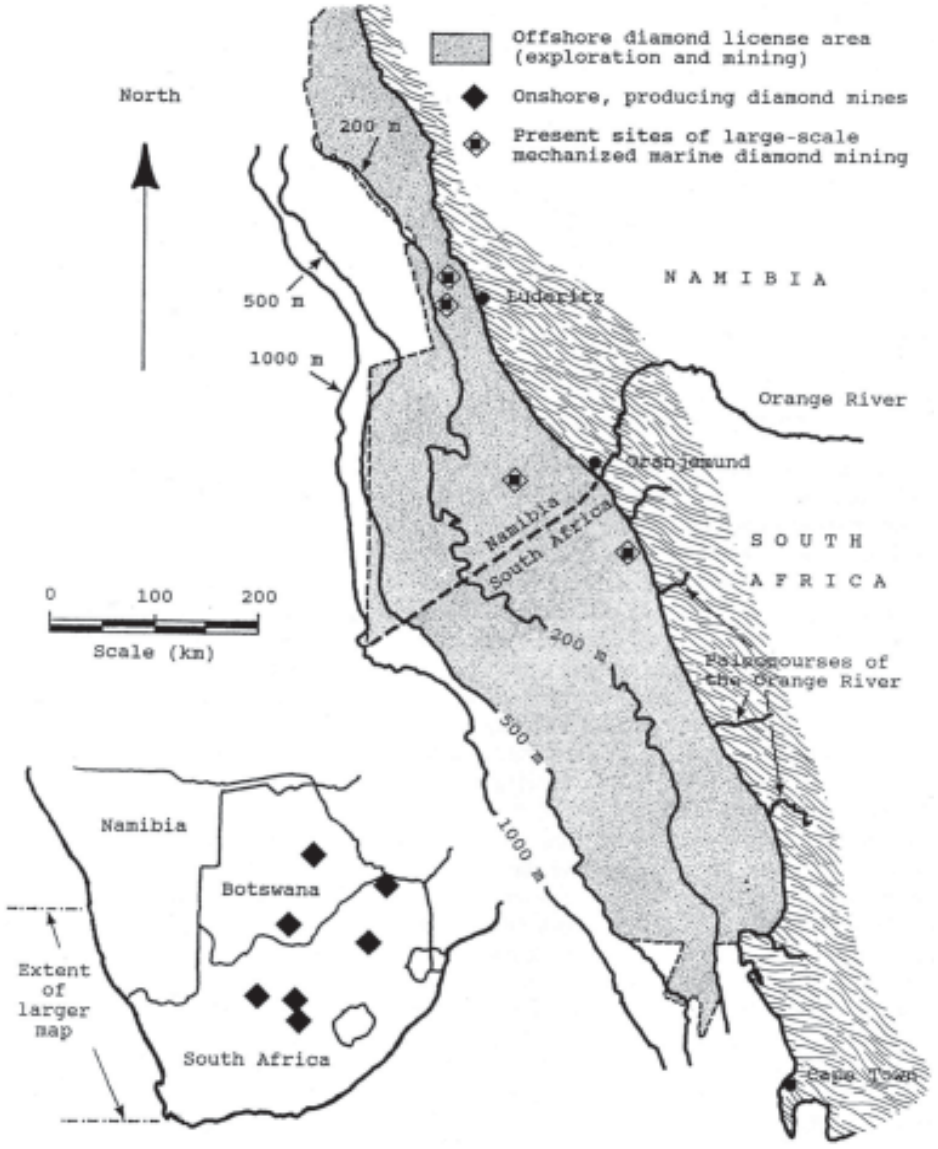


Figura 9. Áreas licenciadas para exploração e mineração do sul da África apresentando batimetria e principais pontos operacionais (GARNETT, 1999b).

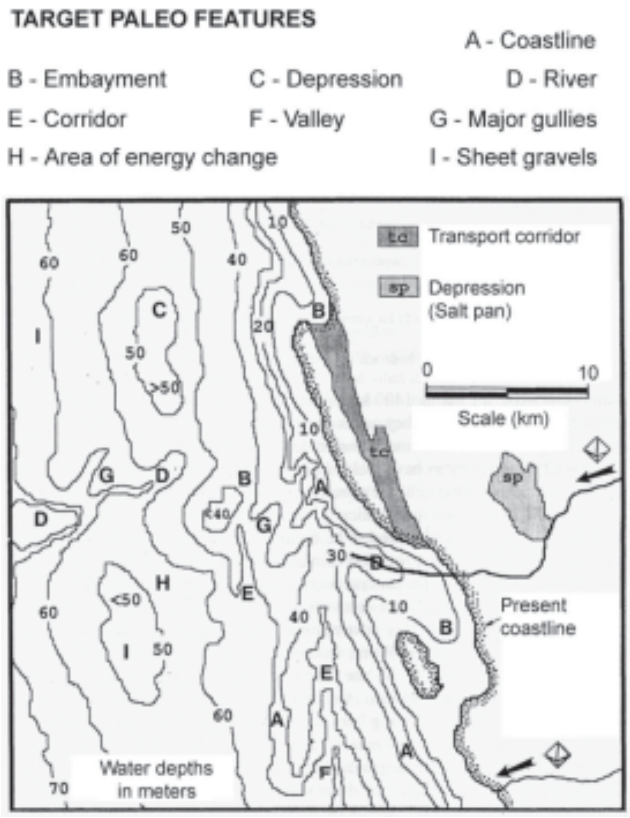


Figura 10. Feições típicas de acumulação de diamante na plataforma interna (GARNETT, 1999b).

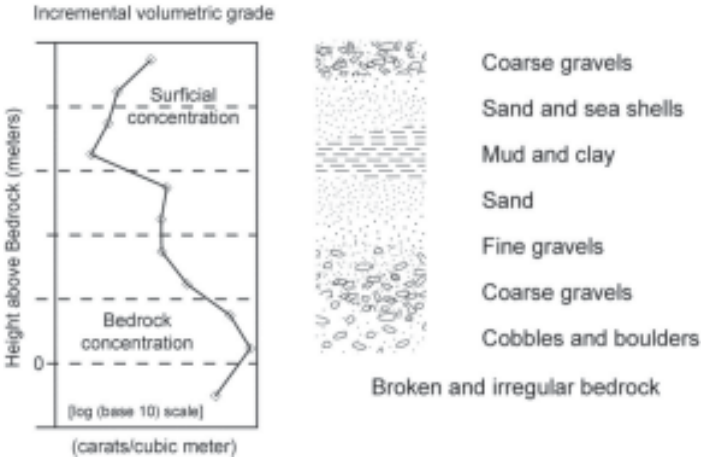


Figura 11. Perfil litológico de feição da plataforma continental interna rica em diamantes (GARNETT, 1999b).

Nesse ano, a De Beers Marine produziu 29.195 quilates na plataforma continental média e a produção subiu para 470.000 quilates em 1996, quando representou um terço da produção de diamantes na Namíbia. Em 1997, a exploração de diamante da Namíbia e África do Sul extendeu-se à isóbata de 500 metros. Os estudos revelaram que as camadas produtivas de mar aberto da Namíbia e África do Sul devem sua origem a uma complexa interação de sistemas de alta energia fluvial, marinha e eólica que operaram no oeste da costa pelo menos desde o Oligoceno.

Explorações para amostragem de diamantes ocorreram nas margens continentais de Angola, Sierra Leoa, Indonésia, Austrália (Golfos Bonaparte e Carpentaria), Rússia (Mar Branco e Mar Azov) e Canadá (Golfo Coronation).

Os placeres de diamante da costa da Namíbia e África do Sul foram transportados por cursos fluviais após sua erosão de kimberlitos situados a centenas de quilômetros no continente. Correntes litorâneas combinadas a fortes ventos e ação de ondas de elevada energia durante períodos de consideráveis mudanças no nível do mar concentraram os diamantes em paleolinhas da costa e outras feições geológicas litorâneas.

Os cascalhos existentes formam uma fixa camada sobre um embasamento irregular, ocorrendo em setores da plataforma interna e média ao longo das costas da Namíbia e África do Sul.

Placeres contendo ouro são encontrados em zonas costeiras da África do Sul, Alasca, norte do Canadá, Sibéria e Filipinas. Tanto ouro como diamante são menos abundantes progressivamente, à medida que a distância da fonte aumenta. Assim é improvável que quantidades comerciais sejam ocorrentes além da zona superior do declive continental.

Os depósitos de ouro do Alasca (Figura 12) devem sua origem a uma singular combinação de: a) mineralização primária vizinha; b) glaciação; c) falhamento recorrente da linha de costa; d) mudanças no nível do mar; e, e) uma linha de costa totalmente exposta a condições marinhas de elevada energia. A existência das concentrações pode ser resumida como sendo integrada por uma combinação de fatores: os depósitos de ouro primário foram erodidos por glaciação e redepositados como morainas laterais e terminais. Os detritos glaciais e partículas de ouro foram submetidos a

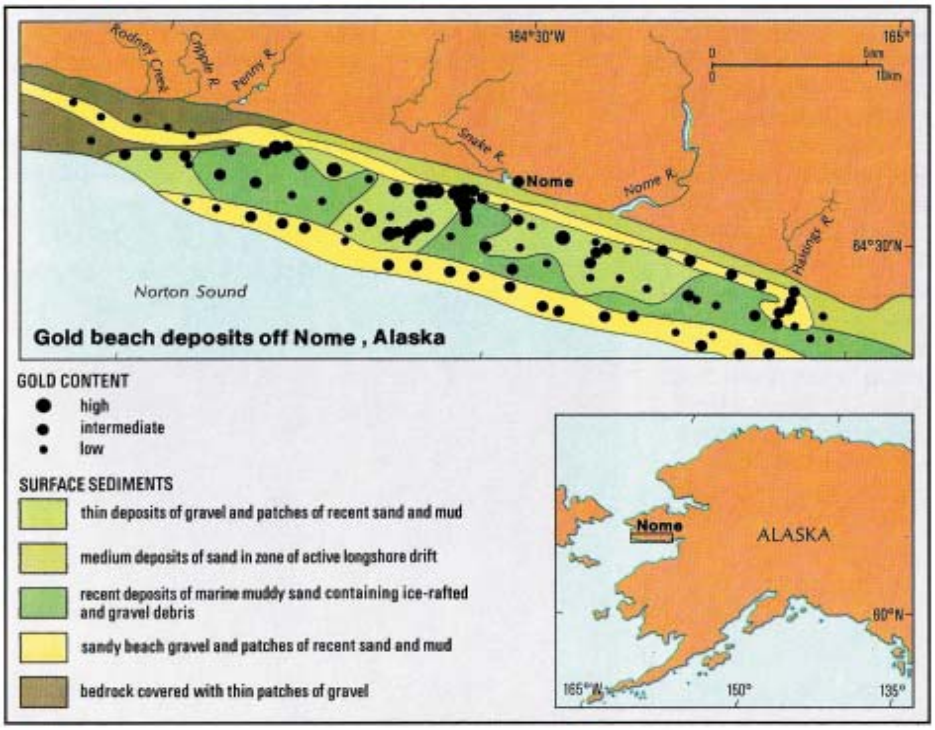


Figura 12. As praias de Nome no Alasca são conhecidas por possuírem ouro desde o século XIX. A mineração foi desenvolvida nas praias, estendendo-se mais tarde em direção ao continente, mais especificamente em praias antigas. Na zona costeira, a maior concentração de ouro é encontrada onde finas camadas de cascalho relicto, recobrem material de deriva glacial. Os depósitos de mar aberto foram mostrados por perfurações no gelo que cobrem o mar a maior parte do ano. As condições climáticas e a distância do Alasca adicionam fatores consideráveis no custo da mineração, mas com o crescente desenvolvimento da tecnologia, o interesse comercial pode aumentar (COUPER, 1983).

repetidos falhamentos ao longo de uma linha de costa climaticamente exposta, e a variações de nível do mar (GARNETT, 1999a).

Concentrações e ocorrências de minerais pesados estão presentes ao longo da zona costeira do Brasil, do Piauí ao Rio Grande do Sul, sob a forma emersa e submersa. Na parte emersa são minerados na Paraíba, Bahia, Espírito Santo e Rio de Janeiro (ilmenita, rutilo, monazite e zircão), sobressaindo as concentrações de Cumuruxatiba (Bahia) e Itabapoana (Rio de Janeiro).

A reserva de Curumuxatiba envolve 171.000 toneladas de ilmenita, 4.000 toneladas de monazita e 365.000 toneladas de zircão e rutilo (SANTANA, 1999).

Os estudos realizados na zona costeira do Rio Grande do Sul, foram iniciados por VILLWOCK *et al.* (1979), prosseguiram com MUNARO (1994) e foram sintetizados por CARUSO Jr. *et al.* (1999) conforme pode ser acompanhado na Tabela 2.

Tabela 2. Reservas de minerais pesados da região de Bujurú (RS) segundo MUNARO (1994).

LOCAL	ESPESSURA (m)	VOLUME	TONELADAS	%	CONTEÚDO
Estreito	2,92	46.790.000	74.864.000	3,22	2.412.040
Bujuru	3,62	35.638.000	72.060.000	4,59	3.309.062
Bujuru norte	3,34	49.219.000	78.750.400	4,74	3.729.000
Total	3,29	131.647.000	225.675.200	4,19	9.450.240
Reserva	1,32	22.847.000	40.280.000	3,52	1.419.358

Boa parte das acumulações estão relacionadas a linha de costa moderna e representam usualmente depósitos alongados paralelos e subparalelos à praia, com 30 a 100 metros de largura e 18 km de comprimento. Outros depósitos estão relacionados com campos de dunas Holocênicas, recobrindo terrenos Pleistoscênicos.

Um dos exemplos de explotação econômica de placeres é o de estanho do sudeste da Ásia, contendo cassiterita (SnO_2) liberada a partir de rochas duras (usualmente granitos) por processo intempérico durante tempos geológicos recentes (Figura 13).

A cassiterita migrou com auxílio da gravidade e água corrente para formar um depósito aluvial. As operações de extração situam-se preferencialmente em zonas abrigadas rasas estuarinas ou da plataforma interna. O sudeste da Ásia é uma das regiões de maior produção de estanho, com os recursos ocorrendo por uma distância apreciável de 2900 km, do norte de Burma, península da Tailândia, oeste da Malásia até as ilhas Bangka,

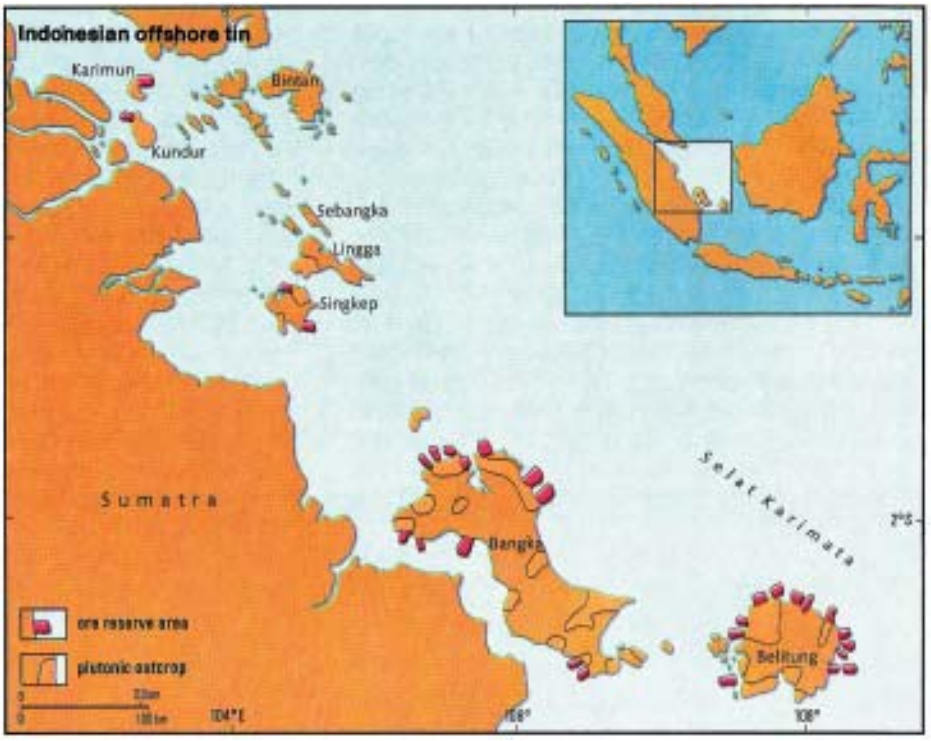


Figura 13. Indonésia é uma das principais regiões do mundo, onde placeres de mar aberto são minerados. Depósitos primários de estanho ocorrem em rochas graníticas do continente e os minerais pesados (incluindo cassiterita) foram transportados, depositados e concentrados durante o Quaternário em vales fluviais como trapas naturais que se estenderam em mar aberto.
A explotação atual está limitada a profundidades de 50 metros, mas os depósitos encontrados em profundidades maiores podem ser minerados no futuro.
O potencial desse recurso na Indonésia é estimado em 1,6 milhões de toneladas, do qual 40% é de mar aberto.

Belitung e Sengkep da Indonésia. Cerca de 7% da produção mundial de estanho provém de mar aberto.

As atividades de mineração na zona costeira e em mar aberto, países envolvidos e status atual da exploração/explotação em termos de minerais industriais e do tipo *placer*, encontram-se resumidos na Tabela 3.

Outros projetos de extração da cassiterita foram estabelecidos na baia Saint Ives em Cornwall, Inglaterra, e na península Seward no Alasca.

Tabela 3. Atividades de mineração na zona costeira e mar aberto relativo a minerais industriais e do tipo placer (HALE & McLAREN, 1984).

Commodity	Country	Current Status
Industrial Minerals		
(i) Texturally dependent: sand and gravel (aggregate)	Canada; Cuba; Denmark; France; Netherlands; Japan; Nigeria; Sweden; U.S.A.; United Kingdom	Offshore exploration and mining
(ii) Composition dependent: calcium carbonate[1] (cement, agricultural lime)	Bahamas; Brazil; Cuba; Denmark; Fiji; France; Iceland; Kenya; Republic of China; United Kingdom; U.S.A.; Mauritania	previous or ongoing offshore mining beach mining
high-grade silica sand (glass)	Finland; Canada; New Zealand	offshore mining offshore exploration/evaluation mining in harbour
Placer Minerals		
cassiterite (tin)	Indonesia; Thailand; U.S.S.R.; United Kingdom; New Zealand; Australia	offshore mining offshore pilot-scale mining offshore exploration previous beach and offshore exploration
chromite (chromium)	U.S.A.; Mozambique	previous beach mining and offshore exploration previous offshore exploration
diamonds	Namibia	beach and offshore mining
gold	Canada; New Zealand; Philippines; U.S.A.; U.S.S.R.; Fiji; India	previous beach mining/offshore exploration previous offshore mining; present status unknown previous beach mining, offshore exploration and mining Offshore exploration/mining? estuarine mining operation offshore exploration
iron sands	Brazil; Fiji; South Africa; Japan; Australia; New Zealand; Florida, U.S.A.; Philippines; Mozambique; S.W. India; Sri Lanka	beach mining beach mining previous beach and offshore mining previous beach mining previous beach mining, present status unknown previous or ongoing offshore exploration beach mining, offshore exploration
monazite (rare earths and thorium)	Australia; S.W. India; Brazil; Sri Lanka;	previous beach mining offshore exploration beach mining
phosphorite (phosphorous)	Australia; Mexico; New Zealand; U.S.A.	past or ongoing offshore exploration
platinum	U.S.A.	previous beach mining, and ongoing exploration
rutile	Australia; Brazil; S.W. India; Sri Lanka; Canada	beach mining, offshore exploration previous offshore exploration
zircon	Sri Lanka; Canada; Australia; Mozambique	beach mining, offshore exploration previous exploration previous offshore exploration

1. Includes aragonite, coral, marl and shell hash.

2.4 Fosforitas

Acumulações de fosforitas são conhecidas como ocorrentes especialmente nas plataformas continentais e parte superior do declive em muitas partes do mundo, mas a maior quantidade dos depósitos são de teor baixo e pouco espessos (BURNETT & RIGGS, (1990). Estudos detalhados de sísmica realizados na plataforma continental da Carolina do Norte e no platô Blake ao largo da Flórida revelaram a ocorrência de concentrações comerciais com espessuras de 10 metros. Igualmente, foram desenvolvidas

plantas de mineração de nódulos de fosforita ao sul da Califórnia. Os depósitos de fosforita de Chatham Rise no leste da Nova Zelândia foram cuidadosamente examinados e dimensionados com 30-100 milhões de toneladas de rocha fosfática delineada com um potencial adicional de glauconita rica em potássio, associada com a fosforita. Estudos relativos ao impacto ambiental de mineração de fosforita a profundidades superiores a 700 metros não foram ainda estabelecidas.

O termo fosforita é normalmente aplicado ao depósito sedimentar composto principalmente por minerais fosfáticos (Figura 14). Uma combinação de fatores, entre eles preço de mercado e custo da extração, têm inibido a extração de fosforita em muitos casos. Os depósitos de mar aberto oferecem uma alternativa interessante em regiões pobres em fosfato.

Figura 14. Carbonato fosfático com percentual de P_2O_5 ao redor de 15-18% dragado da plataforma continental do Marrocos (dimensão máxima 12 cm). É formado por um conglomerado de seixos de calcário fosfatizado imersos em uma matriz fosforítica onde estão presentes grãos tamanho areia verde-escuro a preto de glauconita (SUMMERHAYS, 1998).

Fosforitas compostas por cálcio-fluorapatita ocorrem em variados tamanhos desde areia até matacões e são descritos na bibliografia como ocorrentes nas margens continentais do México, Peru, Chile, Austrália, Estados Unidos e oeste da África, tendo algumas delas recebido atenção comercial.

No Brasil, SANTANA (1979) indicou a ocorrência de rochas fosfatadas no *guyot* do Ceará com teores de até 18,4% de P_2O_5). Mais tarde KLEIN *et al.* (1992) descreveram preliminarmente a ocorrência de nódulos fosfáticos na margem continental do Rio Grande do Sul.

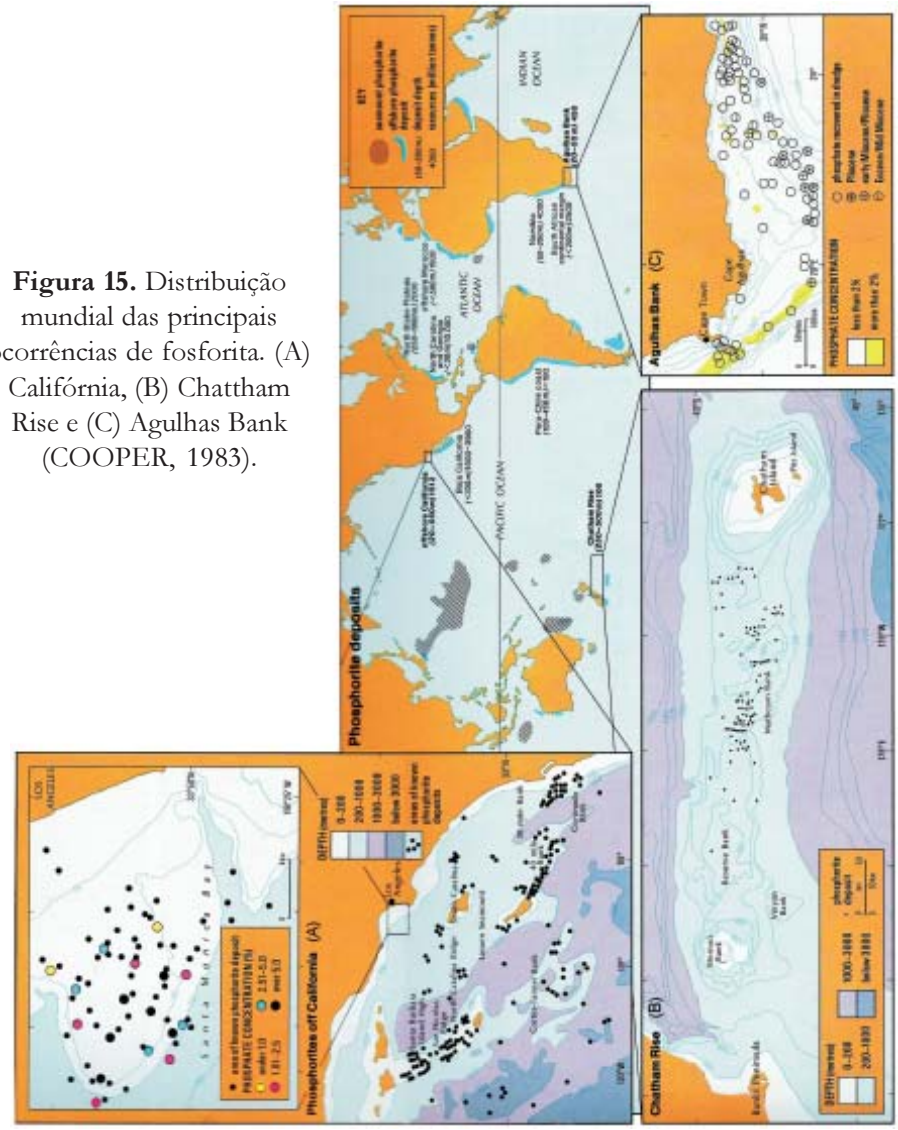


Figura 15. Distribuição mundial das principais ocorrências de fosforita. (A) Califórnia, (B) Chattham Rise e (C) Agulhas Bank (COOPER, 1983).

Figura 15. Distribuição mundial das principais ocorrências de fosforitas. Fosforitas marinhas foram descobertas como nódulos, através de dragagens realizadas no Banco Agulhas (África do Sul) durante a missão Challenger (1872-76), sendo posteriormente identificadas e descritas em outros locais. Ocorrem

normalmente nas margens continentais e partes superiores dos declives continentais a profundidades menores de 500 metros e normalmente situadas com pequenas exceções entre as latitudes 40º N e 40º S. Podem igualmente ocorrer em altos topográficos como montes submarinos, *guyots*, elevações, cristas e platôs, especialmente no Atlântico oeste.

Figura 15A. Nódulos de fosforita em Chatham Rise encontram-se amplamente distribuídos, com a ocorrência sendo acompanhada por 480 quilômetros ao longo da crista dessa feição. A maior acumulação ocorre prómixa ao meridiano 180º e a uma profundidade de 350 a 450 metros. Os nódulos possuem um tamanho de 2-4 cm de diâmetro, constituídos de calcários de foraminíferos fosfatizados, datado como de idade Mioceno Inferior e Médio. Ocorrem associados a lamas arenosas glauconíticas de coloração esverdeada que recobrem uma vasa branca de foraminíferos de idade Oligocênica. Os nódulos possuem cor cinza-oliva, superfície lisa polida e um teor de 15 a 25% de P_2O_5.

Figura 15B. Fosforitas são igualmente conhecidas como ocorrentes em larga escala no banco Agulhas, tendo se tornado uma das áreas mais intensamente estudadas no mundo. Uma variedade bastante grande de fosforitas foram identificadas, mas a mais importante em termos de concentração e distribuição está representada por calcários orgânicos fosfatizados compostos principalmente por microfósseis, foraminíferos planctônicos e conglomerados fosfáticos que contêm fragmentos desses calcários em uma matriz de glauconita, microfósseis e areia quartzosa, todos cimentados por apatita. Os dois tipos de fosforitas podem ser correlacionados com o calcário de idade Mioceno inferior a Plioceno que formam extensos afloramentos na plataforma média e externa ao nordeste da África do Sul. Uma terceira variedade, de composição mineralógica comparável, consiste de conglomerados fosfatizados caracterizados por uma mistura variável de nódulos com microfósseis e fragmentos de ossos, coincidente com o afloramento alongado de sedimentos do Paleoceno da região interna do banco Agulhas paralelo a costa ao sul do Cabo. Amostras de fosforitas do banco Agulhas revelaram um valor entre 15% de P_2O_5.

Figura 15C. Nódulos de fosforita foram identificados na Califórnia em 1937, durante uma dragagem realizada pelo Scripps Institution of Oceanography. Atualmente é conhecida sua ampla distribuição estendendo-se de Point Reyes, ao norte de São Francisco, até o golfo da Califórnia, em profundidades variáveis de 60 a 180 metros, distante poucos quilômetros da costa até o limite da plataforma. Um número elevado de mais de 30 depósitos individuais foram identificados ao sul da Califórnia, dez dos quais foram selecionados para estudos de detalhe. Os recursos foram estimados em 50 Mt de nódulos e 12,5 Mt de areias fosfáticas com um teor de P_2O_5 variável de menos de 1 a 31,4%. A ocorrência de areia fosfática da baía de Santa Mônica é de especial interesse por sua ocorrência em águas relativamente rasas de 55 metros.

2.5 Nódulos polimetálicos

Após atingir um pico em 1970, o interesse na exploração e explotação dos minerais associados ao oceano profundo declinou de forma acentuada. O interesse no aproveitamento desses depósitos, governado pela capacidade tecnológica, diminui em função da ausência de perspectivas econômicas.

Nos anos futuros, a economia será o fator principal e a tecnologia desempenhará o papel de elemento suporte. A demanda de níquel, por exemplo, em grande parte para produção de aço inoxidável, cresceu rapidamente na última década, face a crescente industrialização da China, Índia e outros países em desenvolvimento. Na Figura 16 é apresentada a presença de uma quantidade crescente de níquel na economia da China.

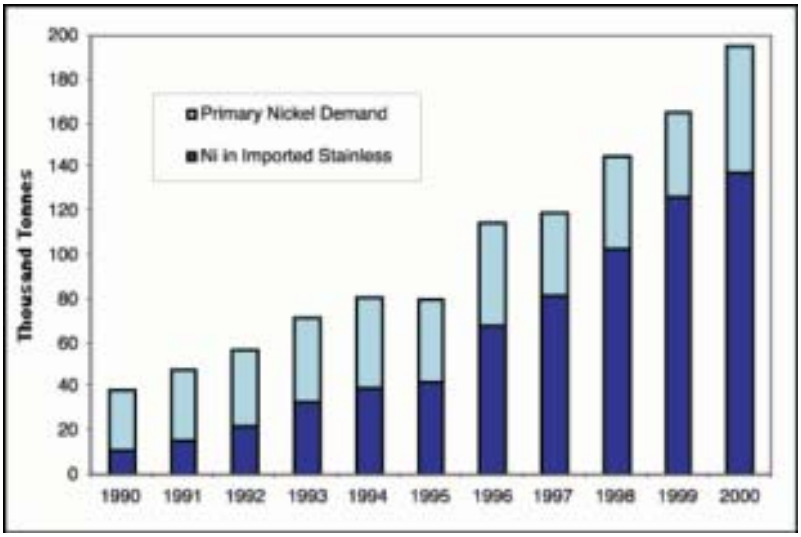


Figura 16. Consumo primário e indireto de níquel na china no período 1990-2000 (ANTRIM, 2005).

Cobalto igualmente favoreceu essa crescente demanda face a sua utilização na obtenção de maior densidade de energia em baterias. Por sua vez, o cobre também respondeu a crescente industrialização automobilística.

Nódulos polimetálicos ocorrem normalmente a grandes profundidades (ao redor de 4.000 metros) nas bacias oceânicas, não sendo significantes as ocorrências em águas rasas. Segundo SANTANA (1999), são abundantes no Pacífico Norte, tornando essa região economicamente mais atraente para

futura explotação (Figura 17). Recentemente, o Instituto Federal Alemão para Geociências e Recursos Naturais submeteu a International Seabed Authority-ISA aplicação para um contrato de exploração de uma área com nódulos polimetálicos entre o sudeste do Havaí e sudoeste da Califórnia. A aplicação de tal natureza representa a primeira, segundo as regras de contrato da ISA. BLISSENBACH (1979) indicou que a concentração média de níquel, cobre, cobalto é de 2,5 a 3,0%.

Alguns fatores devem ser considerados pelas concentrações menores encontradas no Atlântico quando comparadas com as do Pacífico. Com uma área três vezes menor, o Atlântico recebe um volume comparativamente mais alto de sedimentos terrígenos transportados através de correntes de turbidez e outros fluxos gravitacionais para a região abissal, apresentando uma taxa de sedimentação intensa e contínua, gerando um ambiente pouco propício para a ocorrência de reações diagênicas propícias ao desenvolvimento dos nódulos.

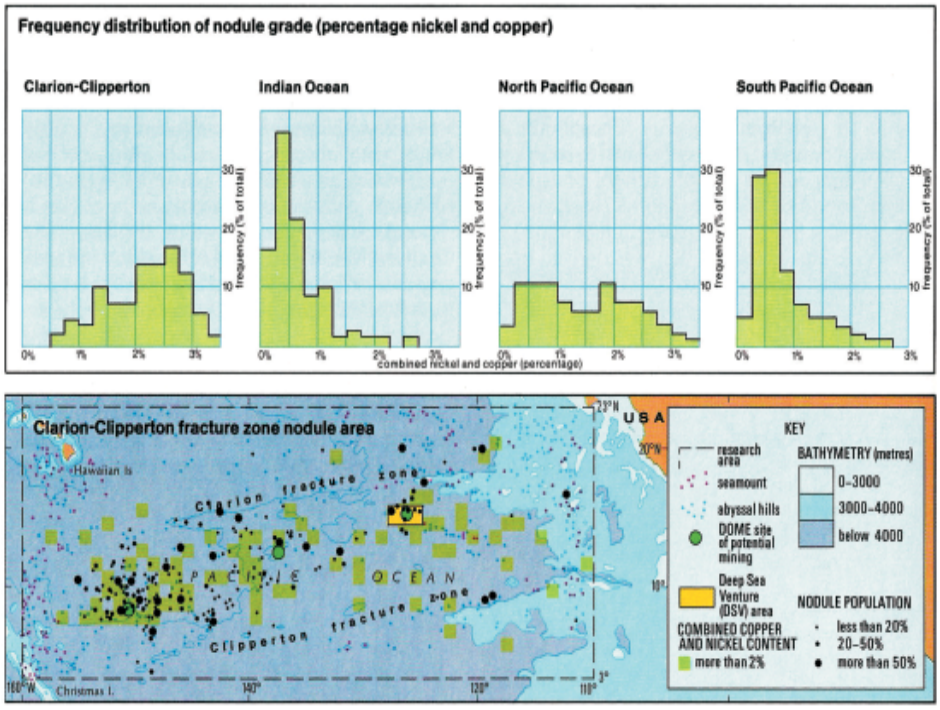


Figura 17. Zona de fratura Clarion-Clipperton e área de ocorrência dos nódulos, mostrando igualmente a distribuição de freqüência de níquel e cobre comparada as dos oceanos Índico e Pacífico (norte e sul) (COOPER, 1983).

A diferença mais importante entre os nódulos encontrados no Atlântico em relação aos de outros oceanos é, principalmente, a alta taxa de Mn/Fe, provavelmente devido à contribuição terrígena mais intensa e ao alto conteúdo de ferro presente nos sedimentos.

No Brasil, SANTANA (1999) indica uma dragagem realizada no Plateau de Penambuco a uma profundidade entre 1.750 e 2.200 metros com recuperação de 150kg de material, formado predominantemente por nódulos polimetálicos, de alta esfericidade, densa cobertura metálica e com diâmetro de 2 a 12 cm. Cerca de 90% dos nódulos recuperados possuíam um núcleo de rochas fosfáticas com lâminas concêntricas de 0,5-0,7 cm de espessura. A composição é variável com 28% de P_2O_5 no núcleo, e 20-30% de manganês, 30% de ferro, 0,6 a 1,5 de cobalto, 0,04 a 0,23 de cobre, 0,08 a 0,53 de chumbo e 0,12% de zinco metálico nas lâminas concêntricas. O autor em seu mapa apresenta outras ocorrências situadas na Zona Costeira Econômica Exclusiva.

Na zona de Clariom-Clipperton-CCZ (entre o Havaí e a Baja Califórnia), depósitos de nódulos polimetálicos encontram-se situados a nordeste do Oceano Pacífico Tropical. Duas fontes são atribuídas para os metais presentes nos depósitos: fontes hidrotermais de vulcões submarinos e fontes continentais dos rios do norte e centro do continente americano. Os nódulos apresentam quantidades significantes de manganês, níquel, cobre e cobalto (Figura 18).

Por sua vez, as concentrações de níquel e cobalto nos nódulos do Pacífico Norte são apresentadas na Figura 19.

MORGAN (1999) sintetizou o atual conhecimento sobre as potencialidades da região, estimando os recursos em milhões de toneladas para o manganês-7500, Níquel-340 Cobre-2,65 e Cobalto-78%. Segundo o autor, a área de ocorrência atinge nove bilhões de quilômetros quadrados, contendo cerca de 34 bilhões de toneladas de nódulos de manganês.

JAUHARI & PATTAN (1999) realizaram um detalhado estudo sobre a bacia central do Oceano Índico (Figura 20), enquanto STACKELBERG (1999) efetuou o mesmo trabalho, com os nódulos de manganês da Bacia do Peru.

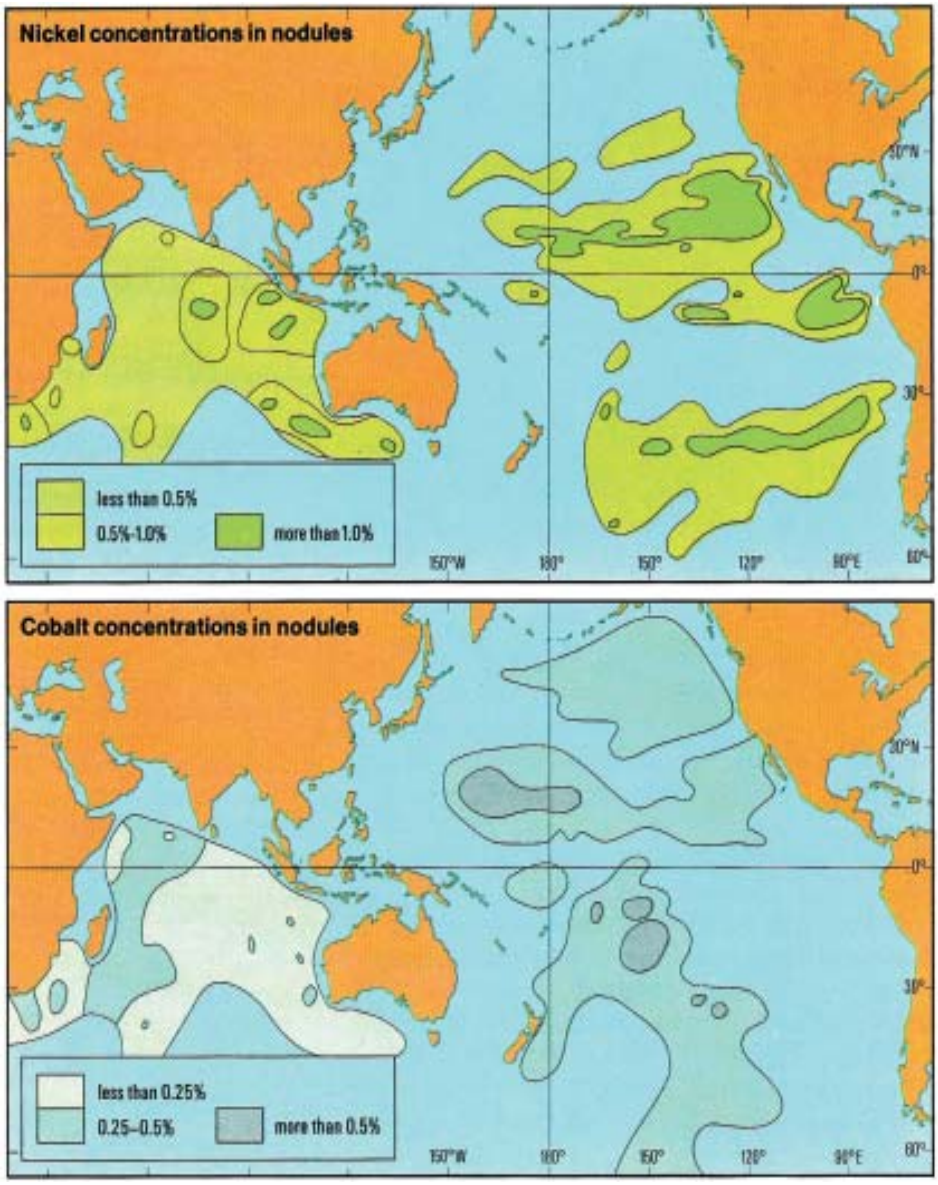


Figura 18. Concentrações de níquel e cobalto em nódulos do Pacífico Norte (COOPER, 1983).

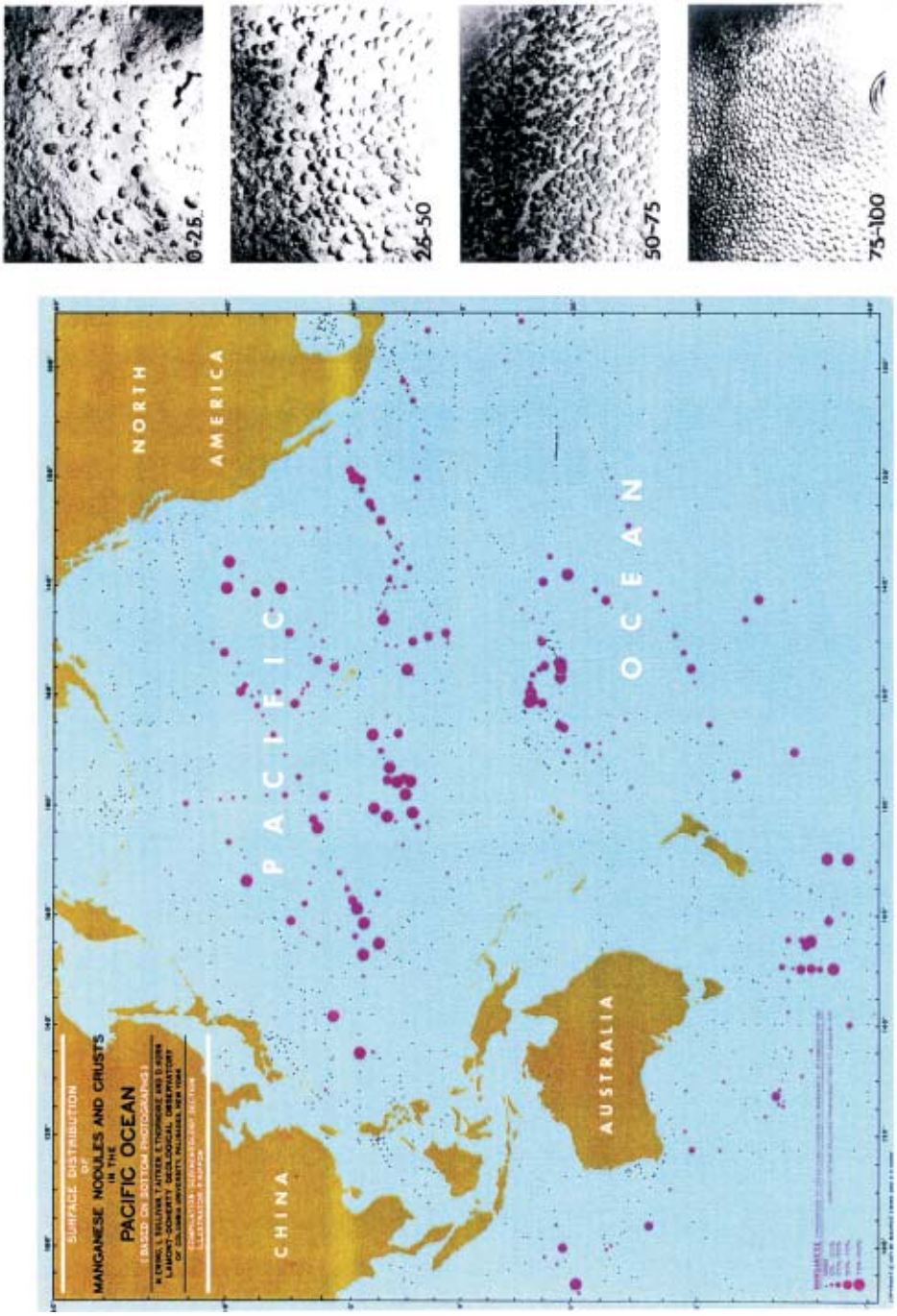


Figura 19. Concentração de nódulos polimetálicos no Pacífico Norte (HORN *et al.*, 1972).

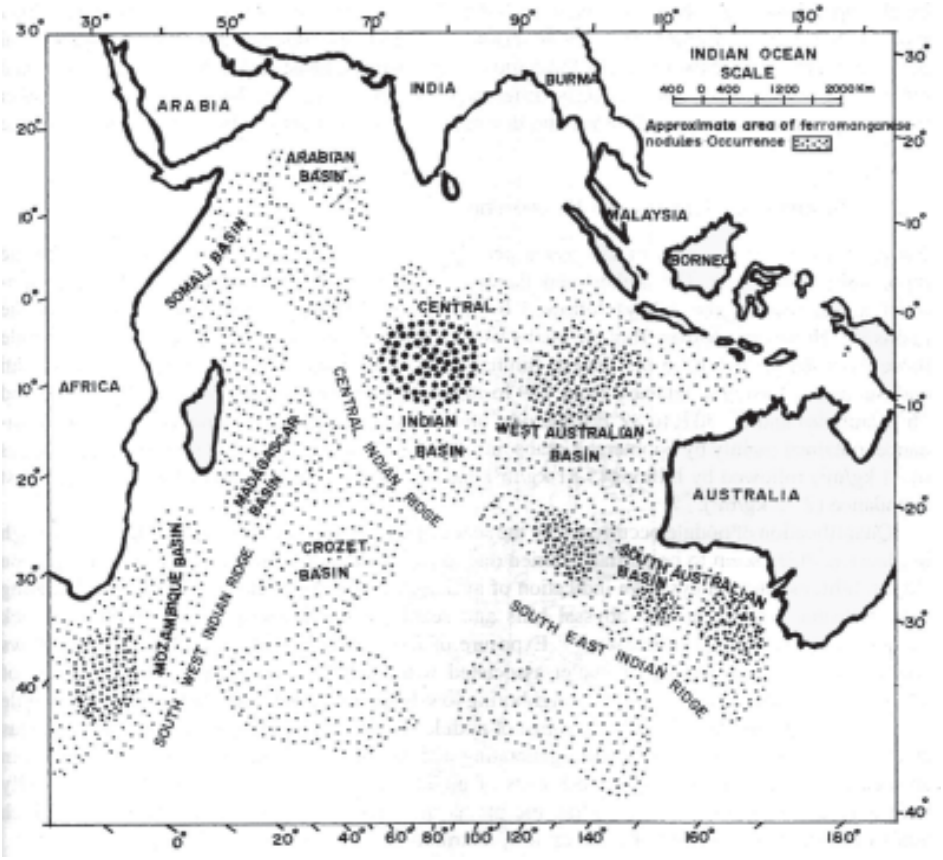


Figura 20. Ocorrência de nódulos de ferro-manganês na bacia do Oceano Índico segundo JAUHRI & PATTAM (1999).

2.6 CROSTAS COBALTÍFERAS

Em realidade, trata-se de crostas de manganês enriquecidas por cobalto e que costumam ocorrer como cobertura de substratos duros como basalto, em diversas regiões. Tipicamente encontrados em montes submarinos onde existe influxo modesto de sedimento, esses depósitos vêm sendo considerados como possível fonte de manganês e cobalto. Os melhores depósitos encontrados até agora em cadeias de montes submarinos a diferentes profundidades situam-se na porção central e leste do Oceano Pacífico e no Oceano Índico.

Estão normalmente associados a crostas polimetálicas formadas por óxidos de manganês e ferro, que incorporam outros metais em sua estrutura.

São associados a superfícies expostas do fundo oceânico e em declives de montes submarinos. Em algumas áreas as crostas possuem níveis elevados de cobalto incorporando a designação de crostas cobaltíferas.

Crostas de ferro-manganês ricas em cobalto foram objeto de estudo no Oceano Pacífico por HEIN *et al.* (1999).

2.7 Sulfetos polimetálicos e outros depósitos hidrotermais

Os primeiros depósitos de sulfetos maciços (Figura 21) foram identificados no East Pacific Rise em 1978, em uma área de colinas vulcânicas apresentando fissuras, e com incisiva atividade hidrotermal próxima ao eixo de expansão. Os depósitos são aproximadamente cilíndricos apresentando de 3 a 10 metros de altura com 5 metros de diâmetro e cores variadas: ocre, cinza, marrom e vermelha. MARCHIG (1999) ampliou o conhecimento relativo à atividade hidrotermal no East Pacific Rise e às mineralizações associadas.

Amostras coletadas revelam a presença de sulfetos de ferro, zinco e cobre em acentuadas concentrações. Outras áreas mineralizadas têm sido descobertas incluindo várias regiões entre as ilhas de Galàpagos, Equador e Juan de Fuca Ridge, ao largo do Estado de Oregon (USA).

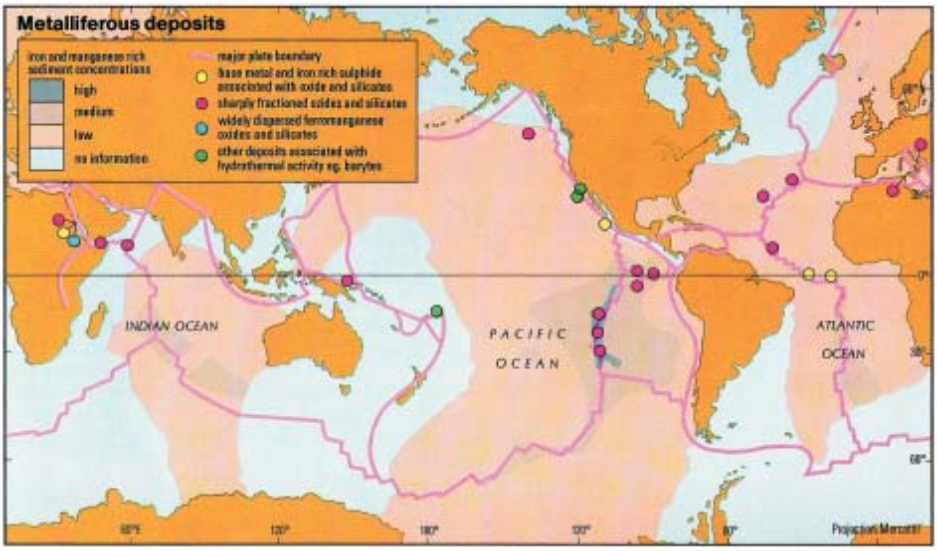


Figura 21. Depósitos metalíferos de ferro, manganês e associados de sulfetos, óxidos, silicatos e barita (COOPER, 1983).

As ocorrências necessitam de uma fase exploratória mais detalhada, antes da etapa de avaliação de sua importância econômica. Dados recentemente divulgados (2006) indicam os valores comerciais dos metais contidos em depósitos de sulfetos, crostas polimetálicas e nódulos polimetálicos (Tabela 4) e nas mais variadas regiões do oceano profundo (Tabela 5).

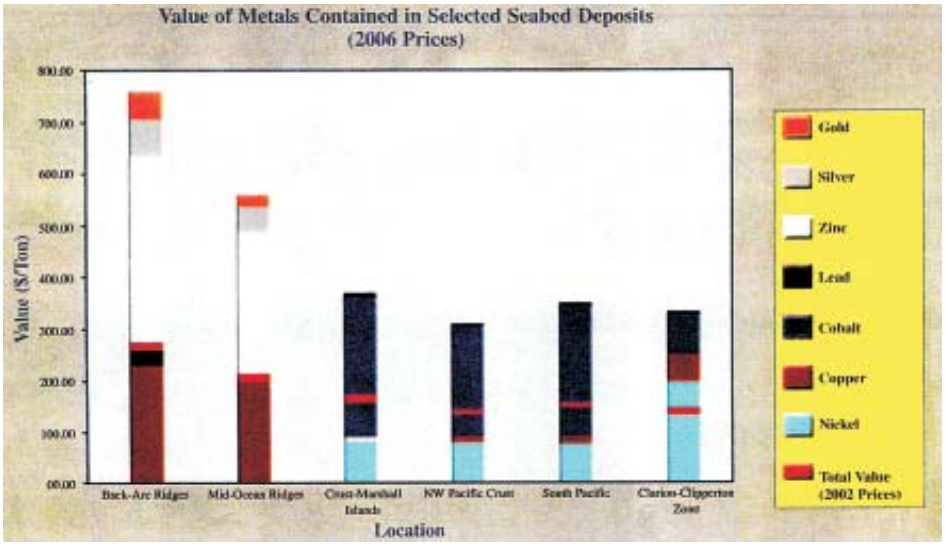
Tabela 4. Valores dos metais comerciais contidos nos depósitos de sulfeto, crostas polimetálicas e nódulos polimetálicos (ANTRIM, 2005).

Value of Contained Commercial Metals ($/Ton)

		Sulfide Deposits				Polymetallic Crusts				Polymetallic Nodules
	$/Ton	Intraoceanic Back-Arc Ridges	Intraoceanic continental Back-Arc Ridges	Cu-rich Chimney	Mid-Ocean Ridges	Marshall Islands	NW Pacific Crust	South Pacific	Indian Ocean	Clarion-Clipperton Zone
Nickel	6,771	$0.00	$0.00	$0.00	$0.00	$38.70	$36.58	$36.35	$20.48	$86.67
Copper	1,652	$84.25	$33.04	$522.02	$67.73	$1.75	$1.78	$1.77	$2.51	$16.85
Cobalt	15,198	$0.00	$0.00	$2.43	$0.00	$119.88	$96.84	$114.50	$50.85	$36.48
Lead	969	$11.63	$111.45	$0.00	$1.94	$1.74	$1.72	$0.72	$1.00	$0.44
Zinc	881	$133.04	$162.11	$0.35	$103.08	$0.76	$0.60	$0.59	$0.45	$1.23
Titanium	7,770	$0.00	$0.00	$0.00	$0.00	$85.47	$59.83	$77.70	$69.93	$41.18
Silver	145,189	$28.31	$401.59	$0.00	$20.33	$0.00	$0.10	$0.00	$0.58	$0.00
Gold	9,797,042	$28.41	$37.23	$0.00	$11.76	$0.00	$0.00	$0.00	$0.00	$0.00
Total Value of Contained Commercial Metals		$285.64	$745.42	$524.80	$204.83	$248.30	$197.45	$231.62	$145.80	$182.84

AUGUST 2006 / ST

Tabela 5. Valores dos metais contidos em depósitos de mar profundo, presentes em várias regiões.



A atividade hidrotermal no Mar Vermelho (figuras 22 e 23) acha-se ligada ao movimento divergente das placas africana e arábica e subseqüente formação de nova crosta oceânica. A formação dos depósitos hidrotermais é facilitada por duas razões:

a) o desenvolvimento de nova crosta oceânica focada em uma área relativamente pequena (depressão isolada);

b) ocorrência de salmouras salinas que favorece a preservação dos depósitos hidrotermais. Como resultado, ferro, manganês, sulfato e fácies de sedimentos sulfetados são encontrados.

Esses depósitos são únicos em comparação com outras mineralizações metalíferas em limites de placas divergentes por suas altas concentrações.

SHOLTEN *et al.* (1999) realizaram minuciosa investigação sobre as diferentes fácies sedimentares, caracterizando as denominadas fácies goetita, fácies hematita, fácies sulfeto e fácies normal. O estudo favorece uma visão ampla do complexo conjunto de minerais ocorrentes na área.

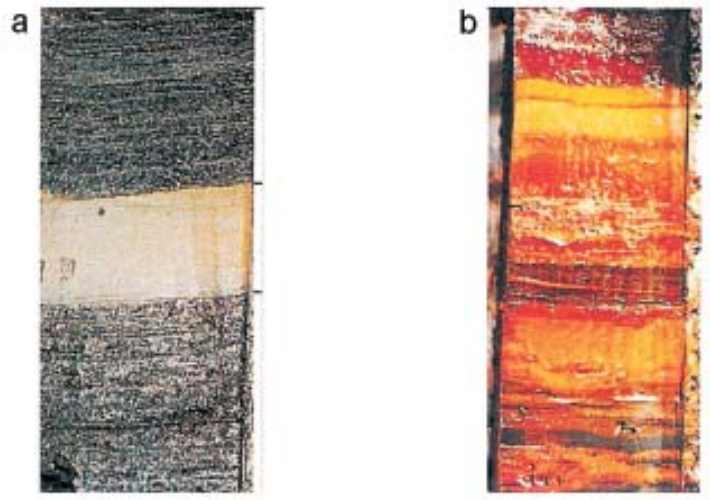


Figura 22. Camadas multicoloridas representando diferentes minerais depositados a partir das salmouras ricas em metais do Mar Vermelho: a) secção verde-cinza com 125 a 145 cm formada por sedimentos biodetríticos (carapaças de foraminíferos formadas por calcita altamente magnesiana) e mistura finamente laminada desses sedimentos com sulfetos de ferro no topo e fundo; b) secção vermelho-marrom e amarela com 125 a 165 cm, integrada por uma mistura amarelo-laranja de goetita e limonita amorfa (SUMMERHAYES, 1998).

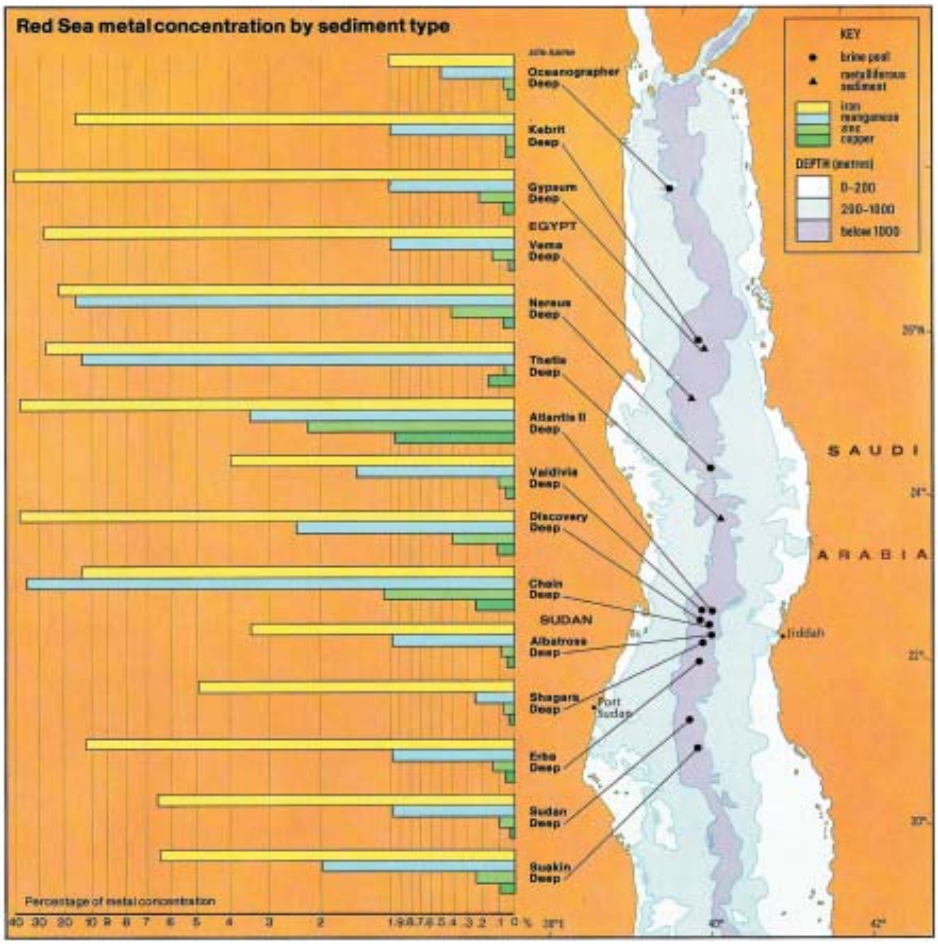


Figura 23. Lamas metalíferas do Mar Vermelho. As lamas metalíferas do Mar Vermelho foram descobertas em 1963. Ainda que investigações subseqüentes tenham mostrado que existem vários depósitos associados com salmouras quentes, somente a depressão Atlantis II é de interesse comercial. Os depósitos estão todos localizados nas partes central e norte, formados por sedimentos de granulação fina, estratificados e multicoloridos com variação química considerável. Altas concentrações de 6% de zinco, 1% de cobre e 100 ppm de prata, são encontradas em sulfetos, óxidos e silicatos. A depressão Atlantis II cobre uma área de aproximadamente 60 km^2. A lama metalífera está localizada a 2.000 metros abaixo do nível do mar, variando em espessura de 2 a 25 metros, sendo coberta por 200 metros de densa salmoura, com temperaturas registradas de 62°C. Isso sugere que a atividade hidrotermal prossegue a depositar os metais. A depressão situa-se na ZEE do Sudão e Arábia Saudita e uma comissão conjunta foi criada para administrar a exploração (COOPER, 1983).

2.8 Outras ocorrências

Glauconita: um silicato hidratado de potássio, ferro e alumínio que pode ser encontrado nas margens continentais. Segundo a maioria dos geoquímicos marinhos, trata-se de um produto autigênico produzido junto à interface sedimento-água. Alguns autores indicam ser a glauconita um produto de intemperismo marinho, o que não invalida sua condição de componente da fase denominada de halmirólise ou diagênese inicial. Ocorre normalmente com sedimentos terrígenos e contém de 2 a 9% de KO_2, servindo como fonte de potássio para fertilizantes.

Tem sido descrita nas margens continentais dos Estados Unidos (Califórnia), África do Sul, Austrália, Portugal, Nova Zelândia, Filipinas, China, Japão e Escócia.

Os grãos individuais de glauconita encontrados em lamas marinhas raramente excedem a 1 mm de diâmetro, embora possam ser também encontrados ocasionalmente, como aglomerados em nódulos de vários centímetros de diâmetro cimentados por material fosfático. Os grãos típicos de glauconita são arredondados, de coloração verde escuro, e freqüentemente apresentam forma e aparência de carapaças de foraminíferos.

Sedimentos autígenos freqüentemente resultam de processos associados com alta produtividade orgânica e elevados níveis de matéria orgânica nos sedimentos marinhos. Esses minerais, tais como fosforitas e glauconitas, são conhecidos por formarem-se dentro das áreas de grande produtividade vinculadas à ressurgência.

No Brasil, estudos sobre a ocorrência de glauconitas foram divulgados a partir da década de 1970, sendo descritos tanto em amostras superficiais como em testemunhos.

Barita: foi encontrada sob a forma de concreções nas cercanias de Colombo, no Oceano Índico. As concentrações apresentam cerca de 75% de sulfato de bário. Outras ocorrências foram descritas na Califórnia, a 304 metros. De um modo geral, ela encontra-se bastante distribuída nos sedimentos marinhos, especialmente associada a sedimentos biogênicos, usualmente como grãos individuais.

Sua origem é bastante controversa incluindo fonte hidrotermal e atividade biogênica.

Lamas orgânicas: podem estar associadas a várias regiões costeiras e foram erodidas das áreas continentais adjacentes, em pequenas bacias. Face às condições redutoras e falta de acumulação nessas bacias, esses sedimentos são preservados.

Alguns autores indicam que essas lamas podem ser usadas como fertilizantes.

Os sedimentos da Bacia Santa Bárbara ao sul da Califórnia contêm uma média de 4% de matéria orgânica.

Freqüentemente, nessas condições redutoras, sulfetos metálicos podem ocorrer (pirita especialmente).

Vasas organogênicas: no piso oceânico profundo ocorrem depósitos constituídos por material de origem biogênica, denominados de vasas organogênicas. Algumas vasas têm potencial econômico, mas encontram-se praticamente inexploradas, em face à grande profundidade de ocorrência. Dois tipos predominam, com as respectivas áreas de ocorrência governadas pelo controle de latitude podendo ser calcárias ou silicosas. As vasas calcárias (formada usualmente do foraminífero globigerina) e as vasas silicosas (diatomáceas e radiolarios).

As vasas de globigerina apresentam um teor de até 99% de carbonato de cálcio, ocupando uma área de 128 milhões de km² (36%) dos fundos dos oceanos, com espessura de até 400 metros, estimando-se existir no fundo dos oceanos um volume da ordem de um trilhão de toneladas com 200 m de espessura.

As vasas calcárias ocupam o piso marinho nos trópicos e subtrópicos, a batimétricas superiores à profundidade de compensação do carbonato de cálcio.

As vasas silicosas cobrem áreas profundas do piso marinho, abaixo da profundidade de compensação do carbonato de cálcio. Embora possuam composição bastante elevada em termos de sílica, a profundidade de ocorrência representa o maior empecilho a sua explotação econômica.

Areias compostas dominantemente por grãos de quartzo representam fonte potencial de sílica para vidro e possivelmente modelos de fundição. Várias gerações de retrabalhamento no material original são requeridas para produção de um material de alta qualidade e pureza. Embora depósitos

significantes ocorram na Finlândia e Canadá, as acumulações de alta qualidade parecem limitadas a extensões regionais.

3. Ocorrências de subsuperfície

3.1 Evaporitos

As ocorrências de evaporitos na margem continental brasileira de idade Aptiana são formadas por anidrita, gibsita, halita, potássio e sais de manganês. Os depósitos se estendem da bacia de Alagoas ao Plateau de São Paulo. SANTANA (1999) mostra o limite de mar aberto das bacias evaporíticas, baseado em perfis sísmicos de reflexão e refração, complementados por dados de perfuração. A maior largura das bacias salíferas ocorre na costa de Santos, extendendo-se por 650 km a partir do Plateau de São Paulo.

O sal ocorre tanto estratificado como formando estruturas dômicas ou do tipo almofada, com as primeiras ocorrendo nas porções norte e sul da bacia evaporítica. Nas bacias de Sergipe e Alagoas, onde os depósitos ocorrem estratificados ou formando almofadas, sais de potássio e magnésio (carnalita e silvita) foram identificadas. A ocorrência apresentando espessura de 15 a 50 metros acha-se localizada a 3.000 metros de profundidade. No mesmo mapa, SANTANA (1999) apresenta as ocorrências de domos de sal, contendo halita de alta pureza, detectados no domo de Barra Nova (ES). Os domos identificados ao norte de Abrolhos e Mucurí (BA), juntamente com os de Barra Nova, podem ser economicamente interessantes, pois são relativamente rasos e não muito distantes da costa. Como os processos de extração são bem conhecidos e não dispendiosos, os sais podem ser economicamente significantes.

Barra Nova apresenta sete domos, localizados a 30-50 km da linha de costa e a uma profundidade de 30-55 metros. Um deles apresenta-se numa situação de quase aflorante e os outros situam-se de 106 a 900 metros. Mucuri mostra dois domos com o topo do sal quase aflorando e outro com o topo situado a 800 m. Todos eles localizados de 20 a 25 km da linha de costa e recobertos por uma lâmina d'água de 20/25 metros.

3.2 Enxofre

Todas as bacias que abrigam hidrocarbonetos tendem a ter depósitos de enxofre. Eles podem ocorrer estratificados ou presentes nas rochas

capeadoras dos domos de sal. Dessa forma, é provável a existência de depósitos de enxofre bastante expressivos na margem continental brasileira, devido à presença de extensas bacias evaporíticas. SANTANA (1979) indica que na época dois projetos: "Enxofre na plataforma continental" e "Enxofre na bacia evaporítica do Espírito Santo: partes emersas", foram preparados, mas devido às dificuldades nas etapas de equipamento para perfuração e financiamento, eles foram abandonados. Também a Petrobras, pouco tempo antes, anunciou a descoberta de enxofre nas bacias de Sergipe a Espírito Santo, através de camadas estratificadas boas geradoras desse recurso.

Baseado em secções sísmicas, mapas gravimétricos e perfurações (ROCHA, 1975) foram selecionadas 21 estruturas como capazes de abrigar enxofre em suas rochas capeadoras. Localizadas na desembocadura do Rio Doce e conseqüentemente nas porções submersas da bacia do Espírito Santo, onde enxofre foi identificado, é possível que esse elemento esteja presente em suas rochas capeadoras.

Enxofre pode ser formado através da redução do sulfato de anidrita para gás sulfídrico por meio da ação de bactérias na presença de hidrocarbonetos e subseqüente oxidação do gás que libera enxofre na forma elementar.

Antigos trabalhos da CPRM na área dos domos de Janaína, Yemanjá e Mucuná, embora promissores, não prosseguiram em função de empecilhos técnicos e de financiamento.

Em Abrolhos norte, três domos estão situados de 60 a 70 km da costa, com o topo do sal localizado em 300 metros, e uma profundidade de 20-30 metros.

Na desembocadura do Rio Doce, os domos estão a uma distância de 30 a 50 km da costa, cobertos por uma lâmina d'água de 30 a 70 metros e denominados Yemanjá, Janaína, Yara, Inaê, Mucuná, Rio Doce norte e Rio Doce sul. Os cinco primeiros apresentam topo do sal a 270 m, 300 m, 750 m e 800 m respectivamente. Rio Doce norte possui seu topo recoberto por uma coluna d'água de 15 metros, enquanto o do Rio Doce sul não foi determinado.

3.3 Carvão

Inglaterra, Japão, Canadá e Austrália são países que apresentam importante ocorrência de carvão em suas plataformas continentais, geralmente formando extensões de camadas sedimentares do continente adjacente. Para se ter uma idéia da importância desses depósitos, pode-se indicar que 30% da produção de carvão do Japão e 10% da Inglaterra provêm de camadas sedimentares submarinas. A região da Nova Escócia no Canadá contribuiu com 80% do carvão extraído dos depósitos submarinos de Sidney.

No Brasil, carvão é encontrado na formação Rio Bonito, permiano médio da Bacia do Paraná. O Serviço Geológico do Brasil (CPRM), juntamente com o Departamento Nacional da Produção Mineral (DNPM), desenvolveram vários projetos na zona costeira entre Araranguá (Santa Catarina) e Tramandaí (Rio Grande do Sul). Na área próxima à praia de Santa Terezinha, localizada entre Torres e Tramandaí (Rio Grande do Sul), a CPRM perfurou alguns poços, identificando, a 700-800 metros de profundidade, camadas de carvão com espessura variável de 0,35 a 2,65 metros. As extensões das camadas de carvão foram confirmadas, embora com dados ainda insuficientes para considerar a ocorrência economicamente viável. Perfis sísmicos obtidos na plataforma continental serão necessários para uma avaliação mais consistente.

A mineração de carvão da plataforma é desenvolvida há muitos anos. Normalmente, ela é realizada pela extensão de galerias a partir da terra, sob a plataforma continental, até atingir os estratos ricos no mineral. Segundo a literatura disponível, existe uma quantidade apreciável de carvão sob a plataforma continental em muitas partes do mundo, mas sua extensão ainda é desconhecida.

Perfurações nas províncias de gás do Mar do Norte confirmaram a presença de grandes quantidades de carvão de boa qualidade nas camadas carboníferas do Permiano a uma profundidade de 7.000 metros abaixo do piso marinho. Tal situação é inacessível com a tecnologia atual de extração de carvão. As possibilidades residem no futuro, quando o carvão poderá ser extraído por uma tecnologia mais avançada.

Muitos desses depósitos de carvão podem ser explotados no futuro através de técnicas de gaseificação com plantas localizadas em ilhas artificiais. Na baía de Ariake (Japão), ilhas artificiais foram já construídas

mas destinadas a facilitar a extensão da mineração do carvão a partir do continente.

3.4 HIDRATOS DE GÁS

A busca incessante de fontes alternativas de energia a partir dos oceanos estabeleceu, no decorrer dos anos, o desenvolvimento de muitos estudos e projetos com a finalidade de fornecer um melhor conhecimento de seu potencial, bem como alguns princípios básicos fundamentais para o seu aproveitamento (MARTINS, 2003).

Por mais de um século, cientistas de várias partes do mundo detêm conhecimento sobre hidratos de gás, ocorrentes naturalmente em certas áreas dos oceanos, vinculados especialmente ao declive e à elevação continental. A partir de 1964 vem crescendo o interesse científico com conotações econômicas sobre essas acumulações. DILLON (1997) sintetizou as principais situações de acumulação de hidratos de metano (Figura 24).

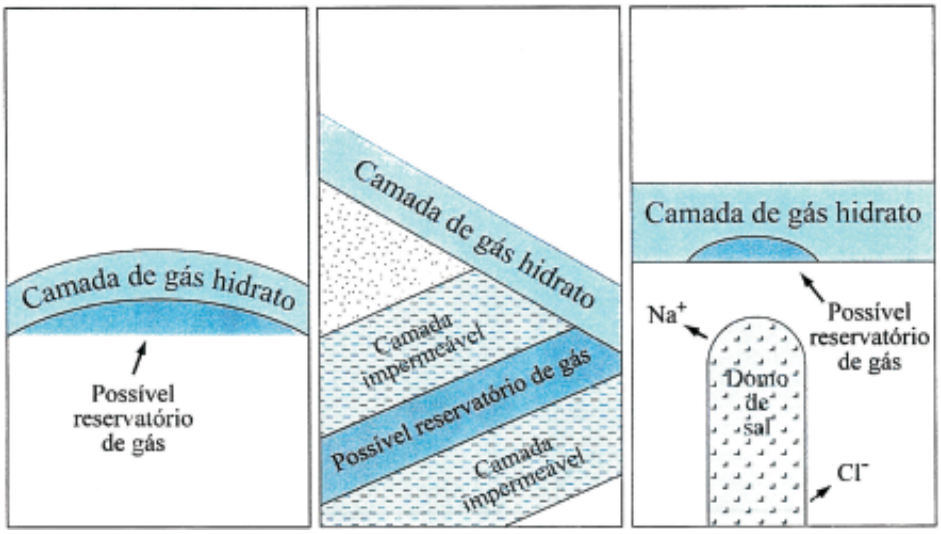


Figura 24. Situações de acumulação de hidratos de metano (DILLON, 1997).

Estudos realizados pelo United States Geological Survey (USGS) indicam que esses depósitos em nível mundial atingem o dobro dos hidrocarbonetos fósseis. Nos Estados Unidos, as reservas até aqui estudadas estão localizadas especialmente no Plateau Blake e no Golfo do México (Figura 25).

Figura 25. Hidratos de gás do cânion Mississipi (LORENSON *et al.*, 2002).

Em oceano profundo, hidratos de metano foram identificados em testemunhos geológicos obtidos através do Ocean Drilling Project (ODP), tendo surpreendido as equipes de pesquisadores, a extensão e as espessuras desses depósitos.

Hidratos de metano são substâncias sólidas semelhantes ao gelo, compostas por água e gás natural. Costumam ocorrer naturalmente em áreas onde o metano e a água podem combinar-se em condições apropriadas de temperatura e pressão. Os estudos sobre o aproveitamento dos hidratos de metano encontram-se alicerçados em cinco componentes maiores: caracterização do recurso, produção, mudanças climáticas globais, segurança e estabilidade do piso marinho. É esperado que os hidratos de metano ingressem no panorama econômico como um recurso em cenário a partir de 2010.

Os hidratos de metano constituem o maior reservatório de carbono do ambiente global (Figura 26).

Com suficientes fontes de metano e água, os hidratos são estáveis em profundidades de 150 a 2.000 metros, abaixo do *permafrost* e no fundo oceânico à profundidades maiores que 300 a 400 metros e 1.100m abaixo do piso marinho.

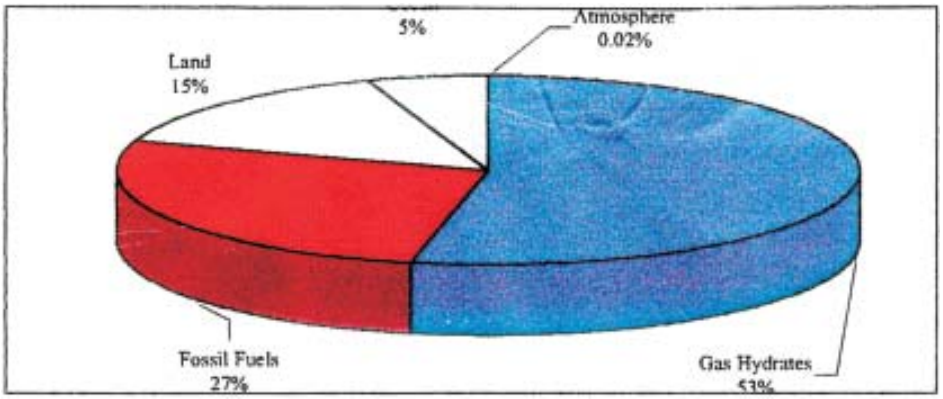


Figura 26. Distribuição do carbono no ambiente (ANTRIM, 2005).

A maior parte dos depósitos oceânicos de hidratos do metano possuem origem biogênica. Esses depósitos são encontrados nos declives continentais de margens passivas, zonas de subducção, em dobramentos e vales entre a linha de costa e as cordilheiras, acima das placas de subducção e em bacias do tipo *back-arc*.

O processo básico de recuperação do gás natural envolve quebra no equilíbrio de manutenção do hidrato e o bombeamento do gás para a superfície. Um dos métodos consiste no aumento da temperatura do hidrato por injeção termal, outro é efetuar a redução da pressão, o que resulta na dissociação do gás a partir da água, ou injetar solvente que altera as características de pressão-temperatura, favorecendo a dissociação do gás.

Japão e Índia investem fortemente na pesquisa de hidratos de gás. Os resultados desse esforço são mostrados nas Figuras 28 e 29.

O pesqueiro Ocean Selector recuperou, em missão realizada em novembro de 2000, cerca de 1 tonelada de fragmentos de hidratos de metano (Figura 27) através de uma rede de arrasto, à profundidade de 800 metros, nas cabeceiras do Canyon Barcley junto à ilha de Vancouver.

Os estudos do Brasil são ainda em pequeno número tendo TANAKA *et al.* (2003) apresentando resultados obtidos no Cone do Amazonas.

A compreensão relativa à presença de hidratos no piso marinho vem crescendo rapidamente, visando promover um melhor conhecimento sobre

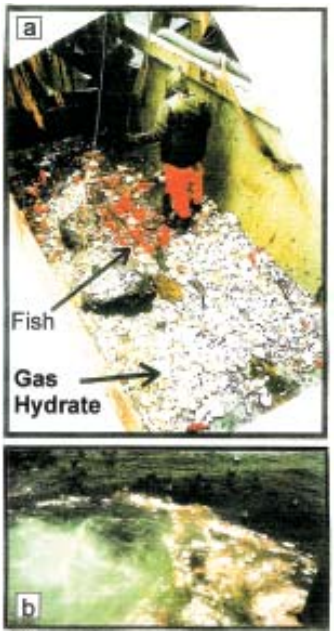


Figura 27. (a) Lascas de hidratos de metano no porão do barco pesqueiro (branco), peixes (vermelho) e rochas carbonáticas (preto). (b) Lascas de hidratos de metano descarregadas de retorno ao mar (SPENCE & CHAPMAN, 2001).

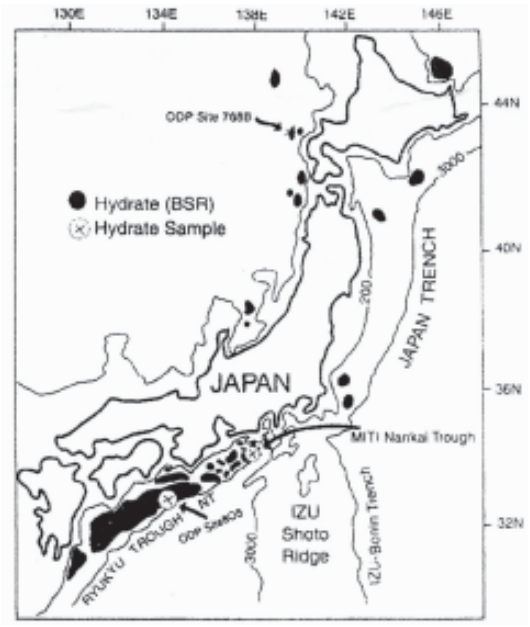


Figura 28. Depósitos de hidrato na costa do Japão (ANTRIM, 2005).

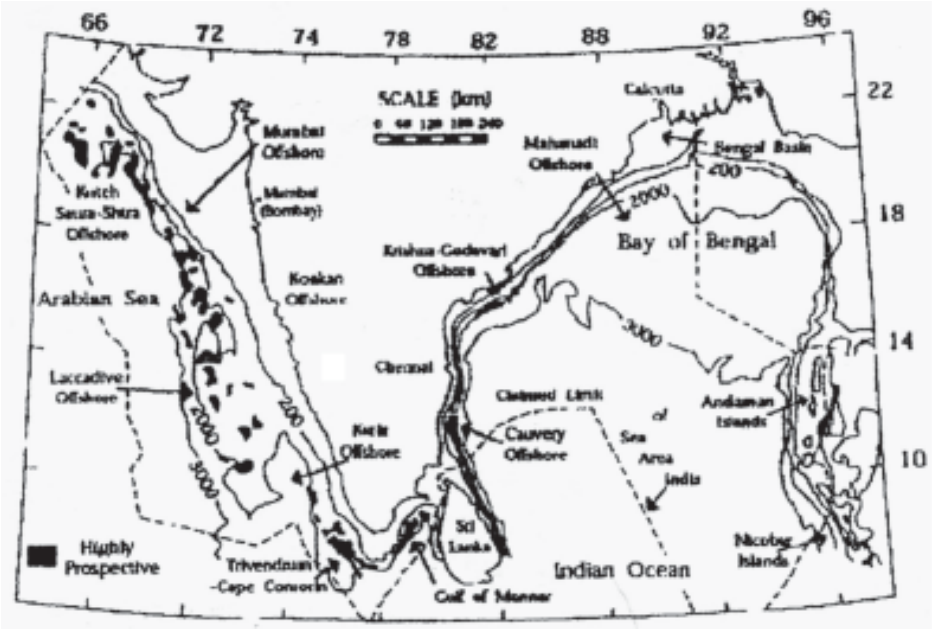


Figura 29. Depósitos de hidrato de metano na Índia (ANTRIM, 2005).

o fluxo do gás em subsuperfície, bem como dos modelos de formação e dissociação do mesmo. Além disso, a avaliação do possível impacto do gás contido nos hidratos, no clima global, só será atingida pela compreensão de como ele é liberado na coluna d'água e se o gás pode eventualmente atingir a atmosfera.

Conhecido durante algum tempo na indústria do petróleo, como um estorvo nas tubulações de óleo e gás, onde sob certas condições promovia efeito similar ao do colesterol nas artérias humanas, os hidratos de gás passaram a constituir um atraente tema a partir da década de 1960, em função de suas conotações de caráter econômico e ambiental. A atual distribuição de depósitos de hidratos de metano, conhecidas e inferidas, é apresentada na Figura 30.

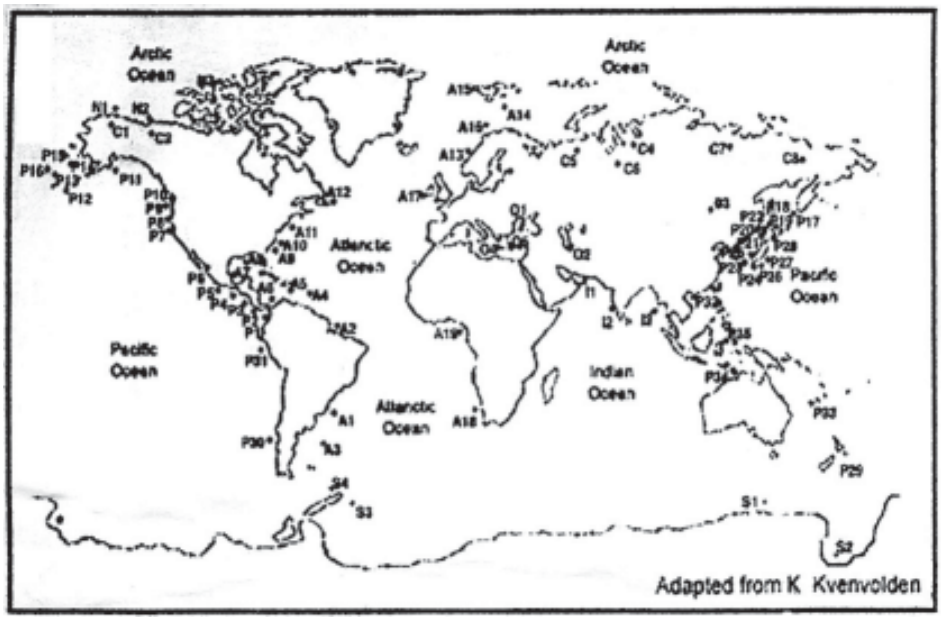


Figura 30. Ocorrência global de depósitos de hidratos de metano KVENVOLDEN (2001).

4. ZONA COSTEIRA COMO UM RECURSO

A adoção da zona costeira como um recurso não-vivo é decorrente de inúmeras discussões promovidas durante as reuniões do Grupo de Coordenação do programa "Ocean Science in relation to Non Living Resources-OSNLR" (COI/Unesco).

Em realidade, a zona costeira representa um de nossos recursos mais preciosos, pois abriga grande parte da população mundial. Trata-se de uma zona frágil que responde de maneira adversa a mudanças em seu perfil de equilíbrio. Essas mudanças podem ser naturais ou induzidas pelo homem. Os fenômenos naturais como, por exemplo, terremotos, inundações, tempestades, podem resultar em apreciáveis mudanças na linha de costa. Algumas dessas mudanças podem ser globais em extensão, como a elevação eustática do nível do mar, resultado do aquecimento global e que afetará enormemente a zona costeira, produzindo inundação marinha, salinização e destruição dos sistemas aqüíferos costeiros.

As mudanças induzidas pelo homem, como construção de portos, retirada de sedimentos do perfil praial, dragagens, podem conduzir a fenômenos de erosão costeira regional ou local. A construção de barragens pode afetar o aporte de sedimentos ou nutrientes conduzindo a drásticas mudanças tanto em recursos vivos como não-vivos da zona costeira.

O interesse despertado pela zona costeira em organismos como a Unesco e a OEA, Comunidade Européia, entre outras, conduziu a realização de inúmeras conferências, seminários, *workshops* e outras reuniões científicas sobre o tema, como a Conferência Internacional "Coastal Change" realizada em Bordeaux, França, com a participação de mais de quatrocentos cientistas e administradores costeiros. Na oportunidade, ficou clara a importância das zonas costeiras, seriamente afetadas por ações naturais e antrópicas, como erosão, salinização de aqüíferos e contaminação. Uma das metas do evento foi amplamente atingida, facilitando a comunicação efetiva entre cientistas, usuários e administradores da zona costeira, através na análise de muitas questões, tais como:

– Quais são os vários mecanismos e processos responsáveis pelas mudanças físicas ocorrentes na zona costeira?

– Como a ciência pode ser utilizada no desenvolvimento sustentável dessa região?

– Quais são as implicações socioeconômicas dessas mudanças?

Neste verdadeiro cenário de estudo e preservação da zona costeira, pelo que ela representa como um recurso em si, alguns aspectos fundamentais devem ser levados em consideração como:

– Gerenciamento integrado dos ambientes costeiros, incluindo biodiversidade;

– Exploração sustentável dos recursos marinhos vivos;

– Explotação dos recursos não-vivos, a um custo efetivo e de uma forma ambientalmente aceitável;

– Avaliação e previsão de eventos episódicos costeiros geralmente catastróficos, com vistas a minimizar seus impactos na vida humana e na infra-estrutura existente;

– Avaliação da capacidade da zona costeira em absorver as mudanças produzidas;

– Formação e fortalecimento da capacidade científica dos países menos desenvolvidos, de forma a permitir participação em programas costeiros internacionais de relevância para suas prioridades e aspirações nacionais;

– Comunicação mais efetiva dos resultados científicos aos usuários e administradores para uma melhor condução de suas ações na zona costeira;

– União mais efetiva entre ciências costeiras e a sociedade para assegurar o seu desenvolvimento e conscientização com relação à zona costeira.

A importância da zona costeira como um recurso em si é enfatizada nos trabalhos desenvolvidos pelo United States Geological Survey, que inclusive estabeleceu uma série de publicações especiais procurando indicar a importância das linhas de praias e terras baixas adjacentes. Tais documentos enfatizam que o desconhecimento desses processos trazem normalmente trágicas colisões entre o homem e a natureza. A geologia costeira e marinha, quando aplicada nessas situações, podem contribuir para a compreensão e o equacionamento de muitos desses problemas.

Em plano regional, a adoção da zona costeira como um recurso em si foi enfatizada quando da realização das 1as Jornadas Ibero-Americanas de Ciência e Tecnologia Marinha (Cartagena, 1995) e a criação de um grupo de trabalho denominado "A Zona Costeira como um recurso: aspectos científicos e tecnológicos". O grupo estabeleceu sua pauta de trabalho versando sobre:

a) Estabilidade e vulnerabilidade dos ecossistemas costeiros e a explotação sustentável de seus recursos, incluindo os aspectos socioeconômicos;

b) Efeitos a longo prazo do contínuo enriquecimento das águas costeiras por nutrientes e matéria orgânica (eutroficação e floração de algas nocivas);

c) Efeitos na zona costeira de mudanças climáticas globais (incluindo processos de erosão) e sua adequada identificação.

No Brasil, vários estudos foram desenvolvidos nos últimos anos, considerando a zona costeira como um recurso em si. A contribuição do PGGM sobre erosão e progradação do litoral brasileiro foi feita por MUEHE (2005) e representa uma contribuição de valor apreciável.

No âmbito regional (Brasil, Uruguai e Argentina) o trabalho de MARTINS *et al.* (2002), abordando aspectos erosivos da linha de costa dos três países, constitui um estudo de igual valor.

Pelas razões aqui discutidas, considera-se a zona costeira como recurso em si, merecendo, dessa forma, uma atenção compatível com sua importância na interface continente/oceano (MARTINS & TOLDO Jr., 2006b).

Figura 31. Elevação do nível do mar e erosão costeira: problemas do recurso zona costeira.

5. Considerações finais

De todos os recursos minerais discutidos no presente capítulo, nosso país tem informações de sua ocorrência em sua ZEE e área oceânica adjacente.

Os depósitos não-combustíveis, relacionados com o piso marinho, são formados por aqueles que podem ser obtidos de depósitos relativamente rasos em zonas costeiras (menos de 200 metros de profundidade), incluindo agregados como areia e cascalho, conchas e outros tipos de depósitos de carbonato de cálcio, fosforitas, placeres de minerais pesados ou gemas e depósitos de enxofre de subsuperfície. Os depósitos de mar profundo situam-se a profundidades expressivas (3.500 a 5.500 metros), requerendo uma tecnologia bastante distinta para os estudos exploratórios.

Com relação ao Brasil, o volume de informação é apenas razoável, destacando-se a heterogeneidade na profundidade e fidelidade dos dados existentes. Alguns trabalhos possuem boa qualidade de informações e foram obtidos através de programas plurianuais sob a responsabilidade de uma rede, reunindo muitas instituições (OSNLR, Remac, PGGM, por exemplo). No momento, encontram-se em desenvolvimento outros projetos similares (Remplac, Comar).

Não devem ser esquecidas as questões político-estratégicas a serem definidas pelo Brasil para os recursos minerais da Área Internacional dos Oceanos (SOUZA *et al.*, neste volume), com a criação de uma rede regional de instituições (Brasil, Argentina, Uruguai) para desenvolver atividades exploratórias na área da Elevação do Rio Grande.

Referências

AMATO, R. *Sand and gravel maps of the Atlantic Continental shelf with explanatory text US Department of the Interior.* [USA]: Minerals Management Service. Office of International Activities and Marine Minerals, 1994. (OCS Monograph MMS 93-0037).

ANTRIM, C. L. *What was old is new again:* economic potential of deep ocean minerals: the second time around. Arlington, USA: Center for Leadership in Global Diplomacy, 2005. 8 p.

BURNETT, W. C.; RIGGS, S. R. Phosphate deposits of the world. In: _____. Neogene to modern phosphorites. Cambridge, UK: Cambridge University Press, 1990. V. 3.

BLISSENBACH, E. Prospective sedimentary mineral potentials in the South America Atlantic margin. In: SEMINÁRIO SOBRE ECOLOGIA BENTONICA Y SEDIMENTACIÓN DE LA PLATAFORMA CONTINENTAL DEL ATLÂNTICO SUR, 1979, Uruguai. *Memorias*... Montevidéo: UNESCO: ROSTLAC. 1979. p. 383-403.

CALLIARI, L. J.; CÔRREA, I. C. S.; ASP, N. E. Inner shelf and seashell resources in Southern Brazil. In: MARTINS, L. R.; SANTANA, C. I. (Ed.). *Non living resources of the southern brazilian coastal zone and continental margin.* Porto Alegre: [s.n.], 1999. p. 39-49. Special Publication. OAS/IOC-UNESCO/MCT.

CARUSO JR., F. Shell deposits in the Santa Catarina coastal area, Southern Region of Brazil. In: MARTINS, L. R.; SANTANA, C. I. (Ed.). *Non living resources of the southern brazilian coastal zone and continental margin.* Porto Alegre: [s.n.], 1999. p. 69-79. OAS/IOC-UNESCO/MCT. Special Publication.

_____ et al. Heavy mineral sand deposits of the Rio Grande do Sul coastal plain Southern Brazil. In: MARTINS, L. R.; SANTANA, C. I. (Ed.). *Non living resources of the southern brazilian coastal zone and continental margin.* Porto Alegre: [s.n.], 1999. p. 50-61. OAS/IOC-UNESCO/MCT. Special Publication.

COUTINHO, P. N. Sedimentos carbonáticos da plataforma continental brasileira. In: OSNLR/COMEMIR WORKSHOP, 1992, Porto Alegre. *Anais*... Porto Alegre: [s.n.], 1992. 25 p.

COUPER, A. *Times atlas of the oceans.* New York, USA: Van Nostrand Reinhold Company, 1983. 272 p.

DILLON, W. *Gas (methane) hydrates:* a new frontier. Washington, USA: USGS Public Issues in Energy and Marine Geology, 1997. 2 p.

EARNEY, F. C. E. *Marine mineral resources.* London: Routledge, 1990. 387 p.

GARNETT, R. H. T. Marine placer gold, with particular reference to nome, Alaska. In: CRONAN, D. S. (Ed.). *Handbook of marine mineral deposits.* Boca Raton, USA: CRC Press, 1999a. Cap. 4, p. 67-102.

_____. Marine placer diamonds, with particular reference to South Africa. In: CRONAN, D. S. (Ed.). *Handbook of marine mineral deposits.* Boca Raton, USA: CRC Press, 1999b. Cap. 5, p. 103-144.

HALE, P. B.; MCLAREN, P. A preliminary assessment of unconsolidated mineral resources in the canadian offshore. *The Canadian Mining e Metallurgical Bulletin,* p. 1-12, 1984.

HEIN, J. R. et al. Cobalt-rich ferromanganese crusts in the Pacific. In: CRONAN, D. S. (Ed.). *Handbook of marine mineral deposits.* Boca Raton, USA: CRC Press, 1999. p. 239-280.

HORN, D. R.; HORN, B.; DELACH, M. N. Worldwide distribution and metal content of deep-sea manganese nodules. In: MANGANESE NODULE DEPOSITS WORKSHOP, 1972, Honolulu. *Proceedings...* Honolulu, USA: [s.n.], 1972.

HOSANG, D.; ABREU, J. G. N. Concreções fosfáticas na plataforma externa e talude superior da margem continental sul brasileira. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 41., 1997, João Pessoa. *Resumos 97...* João Pessoa: [s.n.], 2002.

JAUHARI, P.; PATTAN, J. N. Ferromanganese nodules from Central Indian Ocean basin. In: CRONAN, D. S. (Ed.). *Handbook of marine mineral deposits.* Boca Raton, USA: CRC Press, 1999. p. 171-198.

KLEIN, A. H. et al. Concreções fosfáticas no terraço do Rio Grande. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 37., 1992, São Paulo. *Resumos expandidos…* São Paulo: [s.n.], 1992. p. 202-203.

KVENVOLDEN, K. The global occurrence of gas hydrates deposits. In: _____. *Natural gas hydrates:* occurrence, distribution and detection. Washington, USA: American Geophysical Union, 2001. (Geophysical Monograph, 124).

LORENSON, T. D. et al. Gas hydrate occurrence in the Nothern Golf of México studied with giant piston cores. *EOS,* v. 83, n. 51, p. 601-607, 2002.

MARCHIG, V. Hydrotermal activity on the southern ultrafast- spreading segment of the east pacific rise. In: CRONAN, D. S. (Ed.). *Handbook of marine mineral deposits.* Boca Raton, USA: CRC Press, 1999. Cap. 11, p. 309-328.

MARTINS, L. R. Hidratos de metano: um interesse crescente. *Gravel,* n. 3, p. 131-135, 2003.

_____; TOLDO JR, E. E. Estoque arenoso da plataforma continental: um recurso estratégico para a zona costeira. *Gravel,* n. 4, p. 37-46, 2006a.

_____. Dynamics and changes of beach erosion, accretion and nourishment in Rio Grande do Sul, Brazil. *LOICZ/Imprint,* n. 1, p. 14-15, 2006b.

_____; URIEN, C. M. Areias da plataforma e a erosão costeira. *Gravel,* n. 2, p. 4-24, 2004.

_____; MARTINS, I. R.; URIEN, C. M. Sand bodies of the Santa Catarine inner continental shelf, Brazil. *Gravel,* n. 3, p. 103-109, 2005.

_____; TOLDO JR., E. E.; DILLENBURG, S. R. *Erosão costeira:* causas, análise de risco e sua relação com a gênese de depósitos marinhos. Porto Alegre: [s.n.], 2002. Cd-Rom.

_____. et al. Distribuição faciológica da margem continental do Rio Grande do Sul. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 26., 1972, Belém. *Anais...* Belém, 1972. p. 115-132.

_____. Sand deposits along Rio Grande do Sul (Brazil) inner continental shelf. In: MARTINS, L. R.; SANTANA, C. I. (Ed.). *Non living resources of the southern brazilian coastal zone and continental margin.* Porto Alegre: [s.n.], 1999. p. 26-38. OAS/ IOC-UNESCO/MCT. Special Publication.

MONT'ALVERNE, A. A.; COUTINHO, P. N. Províncias sedimentares da plataforma continental de Pernambuco. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 32., 1992, Salvador. *Anais...* Salvador: [s.n.], 1992. p. 1524-1530.

MORGAN, C. L. Resource estimates of the Clariom – Clippertom Manganese Nodule Deposits. In: CRONAN, D. S. (Ed.). *Handbook of marine mineral deposits.* Boca Raton, USA: CRC Press, 1999.

p. 145-170.

MUEHE, D. *Erosão e progradação do litoral brasileiro.* Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2006. 475 p. Programa de Geologia e Geofísica Marinha.

MUNARO, P. *Geologia e mineralogia dos depósitos de minerais pesados de Bujurú.* 1994. 90 f. Dissertação (Mestrado em Geociências)- Pós-Graduação em Geociências, UFRGS, Porto Alegre, 1994.

ROCHA, J. M. *Recursos minerais do mar:* parte 2: recursos subsuperficiais: Projeto REMAC: relatório interno. [S.l.: s.n.]: 1975. 25 p.

SANTANA, C. I. Recursos minerales del mar. In: SIMINARIO SOBRE ECOLOGIA BENTÔNICA Y SEDIMENTACION DE LA PLATAFORMA CONTINENTAL DEL ATLÂNTICO SUR, 1979, Montevideo. *Memorias…* Montevidéo, Uruguay: UNESCO/ROSTLAC, 1979. p. 361-382.

_____. Mineral resources of the brazilian continental margin and adjacent oceanic regions. In: MARTINS, L. R.; SANTANA, C. I. (Ed.). *Non living resources of the southern brazilian coastal zone and continental margin.* Porto Alegre: [s.n.], 1999. p. 15-25. OAS/IOC-UNESCO/MCT. Special Publication.

SHOLTEN, J. S. et al. Hydrotermal mineralization in the Red Sea. In: CRONAN, D. S. (Ed.). *Handbook of marine mineral deposits.* Boca Raton, USA: CRC Press, 1999. p. 369-396.

SPENCE, G. D.; CHAPMAN, N. R. Fishing trawler nets massive "catch" of metane hydrates. *EOS,* v. 82, n. 50, p. 621-627, 2001.

SUMMERHAYES, C. P. Ocean resources. In: SUMMERHAYES, C. P.; THORPE, S. A. (Ed.). *Oceanography.* London: Manson Publishing, 1998. p. 314-337.

STACKELBERG, U. von. Manganese nodules in the Peru basin. In: CRONAN, D. S. (Ed.). *Handbook of marine mineral deposits.* Boca Raton, USA: CRC Press, 1999. p. 197-238.

TANAKA, M. D.; SILVA, C. G.; CLEANNELL, M. B. Gas hydrates on the Amazonas submarine fan. In: ANNUAL MEETING [OF] FOZ OF AMAZONAS BASIN, BRAZIL AMERICAN ASSOCIATION OF PETROLEUM GEOLOGISTS, 2003, USA. *Poster session...* Salt Lake City, USA: [s.n.], 2003.

VILLWOCK, J. A. et al. Concentraciones de minerales pesados a lo largo de la costa de Rio Grande do Sul. In: SIMINARIO SOBRE ECOLOGIA BENTÔNICA Y SEDIMENTACION DE LA PLATAFORMA CONTINENTAL DEL ATLÂNTICO SUR, 1979, Montevideo. *Memorias…* Montevidéo, Uruguay: UNESCO/ROSTLAC, 1979. p. 405-414.

Resumo

Minerais ocorrentes no piso marinho podem ser derivados de fontes continentais, como areia, cascalho e placeres vinculados à atividade fluvial e dinâmica costeira (pretérita e atual) ou gerados nas bacias oceânicas como sulfetos metálicos e outros minerais associados. Depósitos de subsuperfície como evaporitos, enxofre, carvão e hidratos de gás são igualmente discutidos.

O adequado conhecimento sobre eles ainda não foi atingido, conforme pode ser constatado por meio de mapas gerais mais recentes de distribuição de minerais marinhos, levando em conta que mesmo as margens continentais são parcialmente

exploradas e que é de apenas 5% o conhecimento de detalhe sobre depósitos hidrotermais vinculados aos limites das placas.

Em realidade, os recursos minerais marinhos apresentam um volume expressivo de acentuado interesse científico e crescente valor econômico. Neste capítulo, é apresentada uma visão geral dos recursos minerais existentes em águas rasas, semi-profundas e profundas, com indicações de atividades de exploração e explotação e de interesse nacional face as ocorrências na ZEE de nosso país.

Granulados siliclásticos (areia e cascalho) e bioclásticos (carbonato de cálcio), depósitos de pláceres, fosforita, nódulos polimetálicos e outros depósitos hidrotermais, evaporitos, enxofre, carvão, hidratos de gás são brevemente discutidos.

É salientada igualmente a zona costeira como um recurso em si, conforme adotado em muitos países desenvolvidos.

Abstract

Minerals occurring on the seafloor can be derived from continental sources, such as sand gravel and placers linked with preteritous fluvial activity and coastal dynamics (past and modern), or generated in the oceanic basins, such as phosporites nodules, crusts polymetallic sulphides and other related deposits. Subsurface deposits as evaporites, sulfur, coal and gas hydrates are also discussed.

The suitable knowledge on these deposits is incomplete as it can be find out by looking to the more recent general maps of marine minerals distribution, taking into account that the continental margin is just partially explored and the detailed knowledge regarding the hydrothermal deposits linked to plate tectonics is around 5%.

In fact, the marine mineral resources show an expressive volume of scientific advantages and increasing economic value. In this chapter, we present a general landscape of the marine minerals resources occurring in shallow, semi-deep and deep waters, with indications on the exploration and explotation activities and national profit due to the occurrences in the EEZ of our country.

Lithoclast (sand and gravel) and bioclastic (calcium carbonate) aggregates, placers deposits, phosporites, polymetallic nodules and other hydrotermal deposits, evaporites, sulfur, coal and gas hydrates are briefly discussed. The adoption of the coastal zone as a resource by itself, as it is usually considered by developed countries.

Os Autores

Luiz Roberto Silva Martins é professor emérito da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), doutor em Ciências, livre docente em Sedimentologia. Fundador do Centro de Estudos de Geologia Costeira e Oceânica (Ceco), do Programa de Geologia e Geofísica da Marinha (PGGM) e do Curso de Pós-Graduação em Geociências. Coordenador Regional do Programme on Ocean Science in relation to Non Living Resources (OSNLR)(COI-Unesco) e do South West Atlantic Coastal and Marine Geology Group (Comar - Brasil, Uruguai e Argentina).

Kaiser Gonçalves de Souza é geólogo formado na Universidade do Vale do Rio dos Sinos (Unisinos-RS) e doutor em geologia marinha pela Universidade de Paris. Concluiu o pós-doutorado no Instituto de Geociências e Recursos Naturais em Hannover (Alemanha). Fez treinamento em exploração de recursos minerais marinhos patrocinado pela Comissão Preparatória da Autoridade Internacional do Leito Marinho e do Tribunal Internacional das Leis do Mar (Nações Unidas) e especializou-se em assuntos relativos à Convenção das Nações Unidas sobre o Direito do Mar. Atuou como especialista em recursos do mar no Ministério da Ciência e Tecnologia em colaboração com a Comissão Interministerial de Recursos do Mar. Trabalhou como Geólogo Marinho na Autoridade Internacional dos Fundos Marinhos (Nações Unidas), (Jamaica), onde contribuiu para o desenvolvimento de atividades visando o aproveitamento sustentado de recursos minerais marinhos localizados em áreas oceânicas além das jurisdições nacionais. Atualmente exerce a função de Chefe da Divisão de Geologia Marinha, no Serviço Geológico do Brasil (CPRM), onde sua principal atuação tem sido na implementação do Programa de Avaliação da Potencialidade Mineral da Plataforma Continental Jurídica Brasileira (Remplac).

Recursos minerais da plataforma continental brasileira e regiões oceânicas adjacentes do Atlântico Sul e Equatorial Aspectos socioeconômicos

Luciano Borges

Abordar os aspectos socioeconômicos dos recursos do ambiente marinho-costeiro exige o cuidado de compreender a dimensão temporal desses aspectos, tendo-se em conta não além do status corrente da atividade mineira nesses ambientes, sua inexorável expansão no futuro não muito distante. Para tanto, o ponto de partida deve enfocar, necessariamente, a disponibilidade de matéria-prima mineral.

Importância econômica da mineração no Brasil

Recursos e reservas[1]

As estatísticas oficiais situam o Brasil no quadro internacional como grande detentor de reservas minerais, com destaque para as reservas de Nióbio, Ferro, Alumínio, Caulim Estanho, Grafita, Talco e Magnesita. Além disso, o nível de conhecimento geológico do nosso território sugere a existência de um grande potencial para ouro, níquel, diamante, titânio, terras raras, zircônio e muitos outros minerais de interesse econômico.

Considerando os dados oficiais de reservas, a disponibilidade mineral do vasto território brasileiro é bastante confortável. Das 30 substâncias analisadas, que constam nas estatísticas oficiais, 29 estão classificadas como abundantes e uma como carente (Quadro1). Com base na relação entre reserva e produção, o Balanço Mineral Brasileiro, editado pelo Departamento

[1] A presente análise emprega os conceitos adotados pelo Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM) em suas publicações oficiais, em especial o Anuário Mineral Brasileiro.

Nacional de Produção Mineral, classifica as reservas minerais em "abundantes", "suficientes" e "carentes".

Quadro 1. Balanço Reservas (M+Id)/Produção

RESERVAS/PRODUÇÃO - 1987			SUBSTÂNCIAS	RESERVAS/PRODUÇÃO - 2000			TAXAS (4)	TAXAS (5)
ABUND.	SUFICIE.	CARENT.		ABUND.	SUFICIE	CARENT.	Líquida	Real
(1)	(2)	(3)		(1)	(2)	(3)	Crescim.	Crescim.
n.d.			AGREGADOS (Brita)	140				
104			ALUMÍNIO				2,32	2,60
			metalúrgico	311				
			refratário	580				
	15		AMIANTO	102			13,56	17,12
808			BARITA	1.632			1,32	1,33
			CALCÁRIO	887			1,50	1,52
800			CARVÃO	1.268			6,27	6,34
440			CAULIM	1.133			8,40	8,50
29			CHUMBO	90			11,25	12,54
265			COBRE	971			-2,31	-1,98
	25		CROMO		17		-1,29	0,57
		4	ENXOFRE	152			0,06	0,62
	23		ESTANHO	25			2,14	5,83
324			FELDSPATO	536			7,42	7,69
130			FERRO	77			1,24	1,67
51			FLUORITA	182			0,31	1,30
146			FOSFATO	117			0,60	1,21
787			GIPSITA	849			5,02	5,11
1520			MAGNESITA	672			-2,61	-2,50
96			MANGANÊS	51			-4,74	-4,04
572			NIÓBIO	200			2,72	4,96
444			NIQUEL	106			-1,80	-1,30
n.d.			OURO	52			-1,92	1,82
8340			POTÁSSIO	5479			0,00	0,01
		2	PRATA	74			2,19	6,10
n.d.			ROCHAS ORNAMENTAIS					
			granitos	4.107			9,90	9,95
			mármores	4.830			-2,04	-1,99
240			TALCO	207			0,52	0,90
43			TITÂNIO					
			ilmenita	60			9,16	12,39
			rutilo			7	0,99	2,62
n.d.			TUNGSTÊNIO			<4	-13,92	-12,14
29			ZINCO	52			5,65	7,89
131			ZIRCÔNIO	119			5,51	6,61

(1) Abundante: Maior ou igual a 25 anos.

(2) Suficiente: Entre 10 e 25 anos.

(3) Carente: Menor de 10 anos.

(4) Taxa Líquida Crescimento: $t=[(R_{2000}/R_{1988})^{1/12} - 1].100$ (não leva em consideração a produção ocorrida durante o período analisado).

(5) Taxa Real de Crescimento: TIR (R_{1988}, P_{1989}, P_{1990}, P_{1991},...,P_{1999}, $P_{2000}+R_{2000}$)

TIR = Taxa Interna de Retorno

R_{1988} = Reserva de 1988

P_{1989} = Produção de 1989

O nível de reservas nem sempre reflete o potencial geológico do país ou mesmo de uma unidade mineira. Assim, dados eventuais sobre insuficiência de reservas podem ter como causa tanto o baixo nível de investimento em pesquisa mineral (situação que pode ser corrigida, embora com resultados a médio e longo prazo), quanto de condições geológicas desfavoráveis (caso em que o desequilíbrio entre produção e consumo tende a ser permanente). Além disso, a amplitude dos prazos considerados para a definição dos intervalos de classe adotados oficialmente torna os critérios de classificação altamente vulneráveis aos efeitos de fatores aleatórios, como saltos tecnológicos e tendências regulatórias, em especial as que tratam de questões ambientais, entre outras.

As reservas também não têm um comportamento estático, variando no curto prazo em decorrência da própria produção mineral e, em prazos mais longos e em maior proporção, por força de efeitos combinados da exploração mineral e da evolução da tecnologia.

O Quadro 1 mostra a evolução dessa classificação entre 1987 e 2000. Observa-se que as reservas minerais aumentaram para a maioria das substâncias, mais de 25 em um total de 30, destacando-se as elevadas taxas reais de crescimento anual do amianto (17,12%), chumbo (12,54%), ilmenita (12,39%), granitos (9,95%), caulim (8,50%), zinco (7,89%) e feldspato (7,69%). Destacaram-se ainda as de zircônio (6,61%), carvão (6,34%), prata (6,10%), estanho (5,83%) e gipsita (5,11%). As quedas de reservas mais significativas foram nos depósitos de tungstênio (-12,14% ao ano), pela exaustão das minas de teor elevado e significativa redução nos preços que causou o fechamento da maioria das minas, e no manganês (- 4,04%), pelo esgotamento da mina na Serra do Navio.

Levada ao pé da letra, essa classificação deveria representar o principal indicador para guiar a tomada de decisões, tanto nos processos de definição de políticas públicas, pelo governo, quanto nos programas de investimento do setor privado, as quais deveriam enfocar prioritariamente a expansão das reservas de minerais carentes e insuficientes, seja por sua importância estratégica no abastecimento do mercado interno (objeto de ações de políticas públicas), seja pelas oportunidades de ganhos excepcionais em função da relação oferta/demanda (oportunidades para o setor privado). A realidade, porém, não é assim tão simples.

O sistema oficial de classificação de reservas minerais (medidas, indicadas e inferidas) adotada pelo Código de Mineração, estabelecido por decreto em 1967, no qual se baseiam as estatísticas oficiais (únicas disponíveis em larga escala), é meramente formal-burocrática, sem qualquer sintonia com os padrões internacionalmente aceitos para a classificação de recursos e reservas minerais. Além disso, a falta de critérios específicos, por um lado e, por outro, o uso indiferenciado dos mesmos critérios para qualquer substância mineral, fragiliza o valor estatístico das medidas quantitativas oficiais relativas à disponibilidade de matéria-prima mineral do Brasil. Esses critérios oficiais de classificação também não levam em conta a dimensão econômica como variável dinâmica na conceituação dos recursos e reservas. Os conceitos legais utilizados são genéricos, estáticos e inadequados à realidade do planejamento da produção. Assim, os dados de reserva informados ao governo (e à sociedade, em última instância) não refletem com exatidão a realidade da disponibilidade da matéria-prima mineral, sendo diferentes mesmo daqueles utilizados pelas próprias empresas, no planejamento da sua produção. A discrepância é mais evidente nos casos de substâncias com reservas abundantes, mas cuja produção é insuficiente para atendimento do consumo doméstico.

Considerando que as reservas minerais são os principais ativos das empresas de mineração, e que sua utilização é objeto de concessão pública, essa inconsistência observada em grande parte das informações disponíveis não é sequer justificável, exigindo, de imediato, um esforço conjunto entre o governo e a iniciativa privada visando à implantação de critérios racionais, internacionalmente aceitos, tanto para definição quanto para quantificação de reservas e recursos minerais no âmbito de toda a indústria mineral brasileira.

Feitas essas ressalvas quanto à validade e a natureza das estatísticas oficiais, apresentamos a seguir uma análise do contexto econômico em que se insere a mineração em geral e os recursos do ambiente marinho-costeiro em particular.

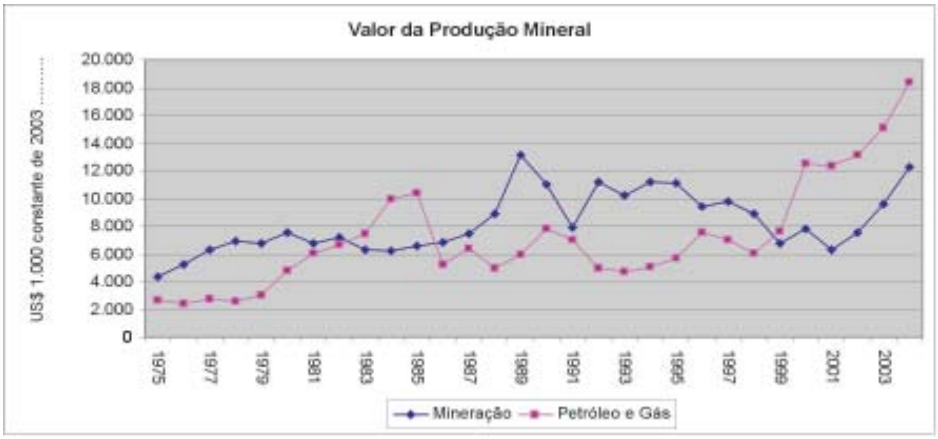
Valor da produção mineral

Entre 1975 e 2004, segundo dados do DNPM, o valor da produção mineral brasileira (VPM), incluindo petróleo e gás, registrou um crescimento real de 4,3% ao ano, passando de um total de US$ 9,90 bilhões para US$ 29,98 bilhões[2]. As principais razões desse crescimento foram o aumento da

[2] Em valores constantes, corrigidos para o dólar de 2004.

produção física e a elevação dos preços do petróleo no período, o que confere à mineração propriamente dita, um papel secundário nestas estatísticas agregadas.

Se considerado isoladamente, o valor da produção de petróleo e gás evoluiu de US$ 2,67 bilhões em 1975 para US$ 18,4 bilhões em 2004, registrando um crescimento médio de 17,8% ao ano, enquanto o valor da produção dos "minerais sólidos" evoluiu a uma taxa média anual de 3,5%, no mesmo período, passando de US$ 7,7 bilhões em 1975 para US$ 12,3 bilhões em 2004.



No mesmo período, o Produto interno Bruto (PIB) evoluiu à uma taxa média de 1,68%, saindo de US$ 357,659 bilhões em 1975 para US$ 568,186 bilhões em 2004[3].

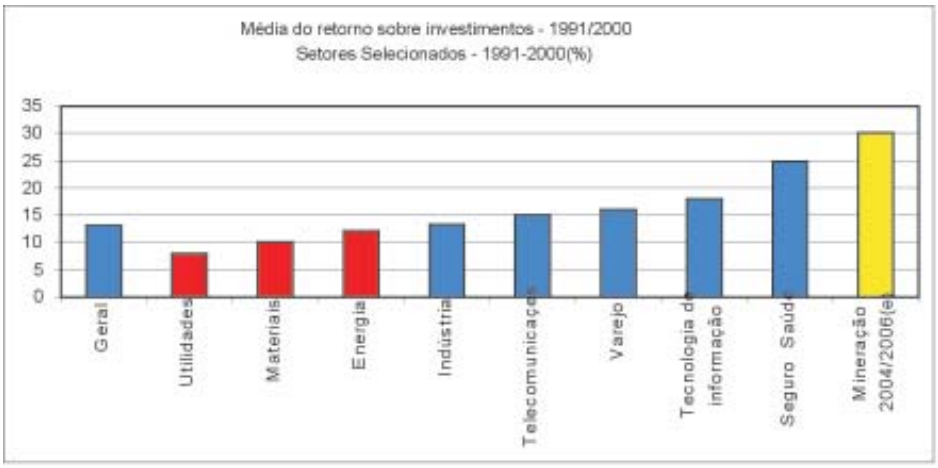
[3] Não inclui dados da economia informal, atualmente estimada em cerca de 40% do PIB.

A análise gráfica das séries históricas da evolução das taxas de crescimento do PIB e do VPM, indica um grau razoável de correlação entre esses dois indicadores. Essa conclusão é fortalecida se consideramos que as discrepâncias de correlação observadas nessa análise devem-se a excepcionalidades ocorridas no setor mineral, as quais, por sua natureza própria, excluem qualquer correlação com a realidade exterior ao setor. Assim, o pico no valor da produção verificado entre 1989-1990 deveu-se ao registro de um grande volume de ouro de garimpos, produzido ao longo da década de 1980 e, até então, mantido na informalidade por problemas de natureza fiscal e cambial. Da mesma forma, em 1992, a melhoria da coleta de estatísticas, feita pelo DNPM, sobre a produção de agregados para a construção civil (areia, cascalho e brita) levou a um aumento do VPM. Finalmente, nos últimos três anos, observa-se um certo "descolamento" do VPM relativamente ao PIB, em razão de uma conjuntura atípica para os preços dos bens minerais, sobretudo dos metais, a par de uma política de contração monetária, que impacta negativamente na evolução do PIB.

Fonte: IBGE

Nos últimos cinco anos, o crescimento anual médio do VPM foi de 12,9%, quase o triplo da média de crescimento do PIB, que foi de 4,9%. Considerando os dados dos principais setores da economia brasileira, o melhor desempenho no período ficou com a mineração, que superou mesmo alguns setores que bateram recordes históricos, como a produção industrial que alcançou 8,3%, comparativamente a 2003. Esse crescimento superou desempenhos anuais marcantes do setor, como os registrados em 1993, de 7,5%, e em 1994, de 7,6%, superando o recorde de 1986, quando a taxa de

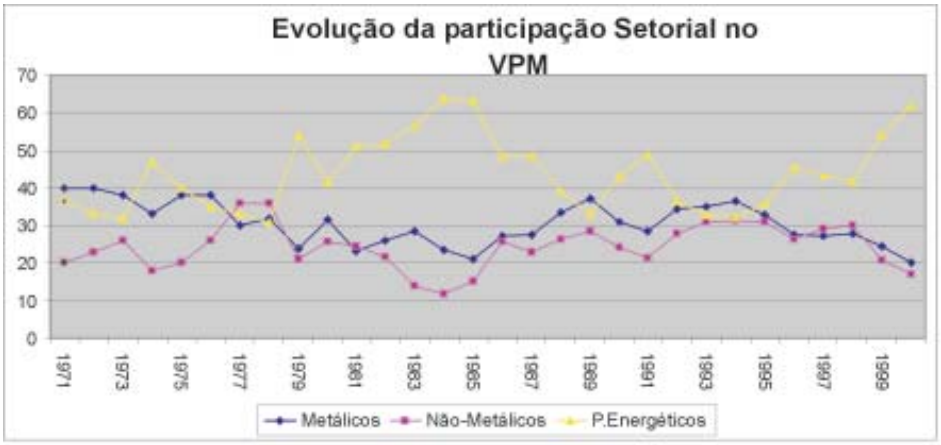
crescimento do setor atingiu 10,9%. A desagregação desse macro-indicador em 2004, entre os diferentes setores da economia, sinaliza que a agropecuária teve crescimento de 5,3%, a indústria apresentou expansão de 6,2%, a construção civil 5,7% e a extrativa mineral 4,3%. Em termos mundiais, observa-se que o setor mineral, que teve um retorno conômico abaixo da média na década passada, desponta hoje como um dos mais rentáveis.



Fonte: Goldman Sachs Commodity Research. ROIC da mineração para o período 2004/2006 estimados a partir da médias obtidas em relatórios anuías e outras informações de mercado.

Por força da demanda impulsionada pela expansão da indústria nacional e internacional, influenciada pela globalização de padrões de consumo, o Brasil já registra a produção de cerca de 50 bens minerais; sendo, 17 no grupo dos minerais metálicos, 30 nos não metálicos e três nos energéticos. Em 2005, segundo dados do Anuário Brasileiro do DNPM, o petróleo e o minério de ferro continuaram a preponderar na base da cálculo do valor da Produção Mineral Brasileira (PMB), respondendo, em conjunto, por 69% do total PMB.

Analisando a participação dos grupos minerais no valor da PMB no período 1971/2000, verifica-se que a tendência histórica de preponderância dos minerais metálicos foi alterada, com a ascensão dos minerais energéticos (petróleo e gás) e dos não-metálicos, os primeiros em função da combinação de crescimento tanto do volume de produção quanto dos preços, o segundo em função da melhoria da coleta de estatísticas, além da expansão.



Quadro 2. Participação percentual das substâncias no valor da produção mineral brasileira – 1975/2000

BENS MINERAIS	1975	1980	1985	1990	1995	2000
Metálicos	**38**	**32**	**21**	**31**	**33**	**20**
Ferro	26	18	10	11	18	13
Bauxita	2	2	2	3	2	2
Estanho	1	2	3	1	1	d
Manganês	6	2	1	1	1	0,5
Ouro	2	4	4	11	6	3
Nióbio-Tântalo	1	3	0	0	0	d
Outros	2	3	4	3	5	4
Não-Metálicos	**20**	**26**	**15**	**24**	**31**	17
Pedras Britadas e Ornamentais	1	8	4	9	7	5
Calcário	8	6	3	6	7	1,5
Sal Marinho	1	1	0	1	1	d
Amianto	1	1	0	1	1	0,52
Fosfato	1	3	2	2	2	1
Água Mineral	1	1	0	2	2	1
Magnesita	1	1	1	0	0	d
Outros	6	6	4	4	12	8
Gemas e Diamantes	**2**	**1**	**1**	**2**	**1**	**1**
Produtos Energéticos	**40**	**42**	**63**	**43**	**36**	**62**
Petróleo	36	35	55	38	30	56
Carvão	2	3	2	1	1	1
Gás Natural	2	4	6	4	4	5

Nota: d = desprezível

Fonte: Anuário Mineral Brasileiro.

PRODUÇÃO FÍSICA

O comportamento da produção da mineração, excluindo-se petróleo e gás, vista segundo seus principais segmentos, pode ser melhor avaliada pela análise dos índices de quantum, que aqui estão calculados com bases pelos preços do ano de 2000[4] para 32 substâncias minerais analisadas, englobando 90,4% do valor da indústria de mineração neste ano, representando um valor estimado em US$ 6,3 bilhões. Os dados de produção em 2004 foram baseados nas estimativas publicados no Sumário Mineral do DNPM.

O quadro abaixo apresenta a evolução da produção medida pelos índices de quantum calculados para os minerais ferrosos, não-ferrosos, construção civil, fertilizantes, industriais, metais preciosos e carvão. Os minerais metálicos se destacam pela sua importância na indústria brasileira: indústria siderúrgica, mecânica, elétrica/eletrônica, metalúrgica e química. Os não-metálicos são demandados na indústria de construção civil e cimento, química, fertilizantes, papel, perfuração de petróleo, refratários. O carvão é usado nas usinas de energia termoelétricas e, com menor importância, na siderurgia.

SETORES	1975	1980	1985	1990	1995	2000	2004
FERROSOS	100,00	127,14	149,10	182,63	214,87	248,45	296,58
NÃO FERROSOS	100,00	220,44	465,90	691,09	612,39	619,11	1.039,63
M.PRECIOSOS	100,00	257,04	554,67	1.702,40	1.295,41	1.117,59	896,48
CONSTR. CIVIL	100,00	152,21	165,15	272,98	321,07	482,25	404,40
FERTILIZANTES	100,00	664,58	2.756,43	2.345,87	3.381,03	4.385,45	4.897,31
M.INDUSTRIAIS	100,00	240,33	252,18	293,71	352,60	491,10	605,31
CARVÃO	100,00	179,04	256,49	173,96	204,40	258,01	184,98
ÍNDICE GERAL	**100,00**	**139,30**	**182,89**	**257,98**	**281,04**	**339,32**	**624,99**

Nota-se que o setor de fertilizantes apresentou um índice de crescimento exagerado (4.897,31), o que se explica pelo fato de que a produção nacional era quase inexistente nos anos iniciais da série analisada, aumentado significativamente a partir da década de 1980, quando se conseguiu a viabilidade técnico-econômica do aproveitamento de fosfatos de origem ígnea, principal fonte nacional do produto.

[4] Fonte: Balaço Mineral Brasileiro e Anuário Mineral Brasileiro (DNPM/DIPEM).

Na década de 1990, apesar da recessão econômica, o aumento expressivo dos não-ferrosos (1.039,63) decorreu das expansões na produção de bauxita e de cobre em Carajás, pela CVRD.

Desde o final da década de 1980, quando se deu o pico da produção do ouro nos garimpos no norte do país, observa-se uma queda contínua no índice dos metais preciosos.

Os demais índices em 2004 mostram um crescimento mais linear, fruto de uma oferta mais pulverizada, no caso dos minerais de emprego na construção civil, e de um baixo índice de descobertas que permitissem uma maior expansão nos demais casos.

IMPORTÂNCIA ECONÔMICA DOS RECURSOS MINERAIS MARINHOS

A análise da importância econômica dos recursos minerais, por si só, é um considerável esforço intelectual. A contextualização desse esforço no âmbito da Zona Econômica Exclusiva e do Mar Territorial trata-se de verdadeiro desafio, já que a maior parte dos indicadores tradicionais: reservas, produção preços, etc, somente estarão disponíveis, de fato e em níveis relevantes, num momento impreciso do futuro. Portanto, a forma aqui escolhida para contornar este desafio foi a escolha de uma abordagem que avalia a importância econômica dos depósitos minerais existentes nos ambientes marinho e costeiro, a partir do entendimento da importância atual dos minerais neles contidos, os quais são extraídos majoritariamente em ambientes continentais.

Para tanto, serão utilizados, sempre que possível e justificável, além dos indicadores ou parâmetros tradicionalmente analisados (reserva, produção e comércio exterior), análises qualitativas enfocando três vetores que contribuem para a mensuração da importância econômica dos recursos minerais:

1) Sua contribuição à cadeia de valor da economia nacional;
2) Seu impacto social (avaliado à luz da imagem pública do setor);
3) Sua expressão política (medida pelo espaço institucional que lhe é reservado nas estruturas e processos de gestão e implementação das políticas públicas).

Finalmente, ainda como explicação metodológica, faz-se necessário mencionar que os recursos serão analisados seguindo a classificação e seqüência de apresentação que consta no item 4, começando com as "Ocorrências Superficiais".

MATERIAIS GRANULADOS SILICICLÁSTICOS E BIOCLÁSTICOS

Como esses granulados concentram materiais utilizados em atividades econômicas primárias (agricultura e extrativismo) e secundárias (indústria)[5], ricas em sílica e carbonato de cálcio/magnésio, sua importância econômica está relacionada com a utilização destes compostos minerais. Os granulados siliciclásticos e os granulados bioclásticos são compostos por acumulações sedimentares de materiais ricos, respectivamente, em sílica e em matéria de origem orgânica (carbonatos principalmente), acumulados na zona costeira mais próxima ao Continente. Os primeiros fornecem materiais que podem ser empregados na fabricação de materiais abrasivos, filtrantes e de emprego na indústria eletrônica e de construção civil. Os últimos fornecem insumos para as indústrias cimenteira, de fertilizantes e químicas, principalmente.

Vale ressaltar que embora apresentado uma ampla gama de utilização, o uso destes materiais é sempre específico, geralmente limitado a uma das possibilidades de uso enumeradas, a qual será determinada por características específicas, decorrentes de propriedades físico-químicas, tais como a pureza e a granulometria.

Granulados siliciclásticos

No caso dos granulados siliciclásticos, os dados referentes à importância econômica, corresponderiam àqueles referentes à indústria do quartzo, os quais segundo o DNPM (Diniz, Lourival- Sumário Mineral 2005 e Anuário Mineral Brasileiro – 2005).

– Principais países produtores:

A China é o maior produtor e exportador mundial, concentrando cerca de 22% do total, sendo também o maior exportador (Tabela 1). O Brasil, aparece com 7,6% da produção, ficando em terceiro lugar no ranking internacional.

[5] Embora o DNPM (vide Sumário Mineral, inclua a mineração no segmento primário da economia, essa atividade é universalmente incluída no setor secundário.

Tabela 1. Principais países produtores de lascas e cristais de quartzo (Diniz, L. C. , Sumário Mineral 2005)

Exportações e Produção Mundial

Discriminação	Produção		Exportação	
Brasil	(1) 6.400	7,66	1.830	5,57
China	18.000	21,52	7.534	22,91
India	9.500	11,37	3.875	11,79
Itália	7.650	9,14	3.089	9,39
Espanha	6.250	7,47	2.460	7,48
Irã	5.250	6,28		
Turquia	4.200	5,02	2.633	8,01
Egito	3.200	3,82		
Portugal	2.450	2,93	1.147	3,49
EUA	2.300	2,75		
Grécia	1.400	1,67		
França	1.300	1,55		
Arica do Sul	1.100	1,31		
Outros	14.650	17,51	10.309	31,36
TOTAL	83.650	100,00	32.877	100
Brasil	(1) 6.400	7,66	1.830	5,57

(1) Segundo estimativas da ABIROCHAS, considerando a produção informal. A produção oficial (DNPM) em 2004 foi registrada em 4,33 milhões de ton. Fontes: Stone 2006.

Reservas e produção de quartzo:

Portanto, as reservas brasileiras de sílica (quartzo), que servem de fonte para materiais com aplicações e propriedades similares à dos que podem ser extraídos dos nódulos siliciclásticos, somaram, em 2005 (segundo o DNPM) cerca de 3 milhões de toneladas, enquanto os recursos totais excederam a 4 milhões de toneladas. A produção obtida a partir dessas reservas somou, em 2005, pouco mais de 17 mil toneladas de quartzo, totalmente destinadas às exportações, comum valor correspondente a pouco mais de 3,6 milhões de dólares, segundo dados do DNPM (Tabela 2).

Tabela 2. Reservas Brasileiras de Quartzo:

Anuário Mineral Brasileiro - 2005

Quartzo (Cristal) e outros Piezelétricos

Quartz (Crystal) other Piezoelectric Minerals

Tabela 3.1.1 RESERVAS MINERAIS - 2004

Unidades da Federação e Municípios

UNIDADES DA FEDERAÇÃO/ MUNICÍPIOS	RESERVAS (1)			
	Medida (t)	Indicada (t)	Inferida (t)	Lavrável (t)
QUARTZO (CRISTAL) E OUTROS PIEZELÉTRICOS	3.047.044	772.003	822.443	2.992.492
QUARTZO (CRISTAL)	3.047.044	772.003	822.443	2.992.492
ESPÍRITO SANTO	70.000	-	-	50.000
GOIÁS	131	30	-	131
MINAS GERAIS	2.977.713	771.967	822.443	2.942.361
Detalhe por Substância/UF/Município				
QUARTZO (CRISTAL)	3.047.044 t	772.003 t	822.443 t	2.992.492 t
ESPÍRITO SANTO	70.000 t	-	-	50.000 t
Mecol	70.000	-	-	50.000
GOIÁS	131 t	30 t	-	131 t
Cristalina	131	30	-	131
MINAS GERAIS	2.977.713 t	771.967 t	822.443 t	2.942.361 t
Alto Rio Doce	2.410.000	96.630	45.630	2.379.750
Araçuaí	73.900	13.673	50.657	73.900
Ataléia	2.995	2.246	-	2.995
Berilo de Monte alto	12.547	24.570	-	12.547
Belmiro Braga	3.186	-	-	3.186
Ilicea	7.540	13.030	13.030	7.540
Francisco Dumont	200	750	1.190	855
Ilinga	25.572	66.423	82.491	25.572
Malacacheta	16.448	12.406	-	10.691
Taquaraçu de Minas	425.325	540.490	430.095	425.325

(1) Consulte os Apêndices A1 e A2.

Tabela 3. Quadro sumário econômico da indústria brasileira de quartzo.

Principais Estatísticas – Brasil

Discriminação			2003[r]	2004[r]	2005[p]
Produção	Quartzo Cristal [1]	t	7420	18.116	17.880
	Cristal Cultivado	t			
Importação:	Bens Primários:				
	Lascas e quartzo em bruto	t	1127	1142	1361
		10³ US$ FOB	335.000	380.000	482.000
	Manufaturados:				
	Cristais Piezo. Mont. e partes	t	70	93	118
		10³ US$ FOB	25.863	34.577	40.254
Exportação	Bens Primários:	t	7.420	18.116	17.880
		10³ US$ FOB	1.520	2.797	3.602
	Manufaturados:	t	1	1	2
		10³ US$ FOB	380	334	522
Cons. Aparente:	Cristal Cultivado Bruto [2]	t	70	93	118
Preço	Lascas e quartzo em bruto [3]	US$-FOB / t	250	155	173
	Cristal cultivado barra bruta [4]	US$-FOB / t	369,23	552,00	552,00
	Cristal cultivado barra usinada [5]	US$-FOB / kg	400,00	600,00	600,00

Fontes: DNPM/DIDEM, SECEX-MF, Mineral Commodity Summaries 2001. Notas: (1) Produção = quantidade exportada + consumo interno estimado (exceto p/ fins ornamentais); (2) Considerando e convertendo para barras brutas, as importações de cristais osciladores montados, considerando uma relação de 1 kg = 1.000 peças. (3) Preço médio FOB das exportações de lascas e quartzo em bruto; (4) Preço médio (FOB) das importações brasileiras de cristal cultivado (barra bruta); (5) Preços médios de cristal a usinado) – EUA.

Em termos de distribuição geográfica do fluxo de comércio exterior, dado que permite uma visualização da importância comercial dos minerais de sílica, apontam uma concentração de demanda por quartzo brasileiro em dois países: Alemanha e Estados Unidos da América , que juntos absorveram quase 85% das exportações brasileiras em 2004 (Gráfico 1).

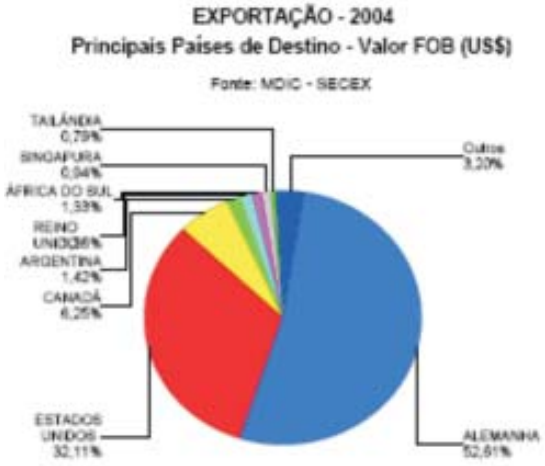


Gráfico 1. Destino das exportações Brasileiras de Quartzo (fonte: DNPM, AMB-2005)

Granulados Bioclásticos

Esses granulados, cuja composição é bastante variada, fornecem insumos para a indústria cerâmica e de filtros (diatomita), sendo também

fonte de material de material carbonático, de aplicação nas indústrias de cimento e de fertilizantes e da construção civil. Em vista disso, assumimos como parâmetro indicativo de sua importância econômica importância econômica da indústria de rochas calcáreas (Tabela 4).

As reservas oficiais brasileiras de rochas calcáreas, são, segundo o DNPM da ordem de 42 bilhões de toneladas.

Tabela 4. Reservas brasileiras de rochas calcáreas:

Anuário Mineral Brasileiro - 2005 — Calcário *Limestone*

Tabela 3.1.1 RESERVAS MINERAIS - 2004
Unidades da Federação e Municípios

Contínua

UNIDADES DA FEDERAÇÃO/ MUNICÍPIOS	RESERVAS (1)			
	Medida (t)	Indicada (t)	Inferida (t)	Lavrável (t)
CALCÁRIO	149.913.625.171	130.092.950.307	28.191.179.275	42.312.705.754
CALCÁRIO (ROCHAS)	149.994.514.535	130.502.246.011	28.129.029.195	42.665.471.205
CALCITA	39.215.447	17.106.788	80	40.116.953
CONCHAS CALCÁRIAS	188.895.219	193.516.708	1.359.090	185.203.596

A produção anual desse produto mineral atingiu cerca de 95 milhões de toneladas (produção bruta mais beneficiada), equivalentes a pouco mais de 1 bilhão de Reais, segundo dados do Anuário Mineral Brasileiro (Tabela 5).

Tabela 5. Produção brasileira de rochas calcárias

Anuário Mineral Brasileiro - 2005 — Calcário *Limestone*

Tabela 3.2.1 QUANTIDADE E VALOR DA PRODUÇÃO MINERAL COMERCIALIZADA - 2004
Unidades da Federação

GRUPO / SUBSTÂNCIA / UF	BRUTA		BENEFICIADA		VALOR
	Quantidade	Valor (R$)	Quantidade	Valor (R$)	Total (R$)
Calcário	18.790.453 t	94.521.342	76.121.859 t	918.537.704	1.013.959.0[illegible]
Calcário (Rochas)	18.770.644 t	93.824.691	76.041.269 t	907.609.457	1.001.434.1[illegible]

As informações referentes ao comércio exterior e à distribuição internacional das reservas e da produção são de pouca relevância para compreensão da importância econômica deste tipo de bem mineral, visto que a viabilidade econômica de sua extração é fortemente dependente da distância dos mercados consumidores. Todavia, o seu emprego no fabrico de cimento, conferem-lhes um importância socioestratégica que transcende à fria estatística de produção e consumo. Além disso, essa forte influência

da distância do mercado consumidor tende a gerar carências localizadas de reservas "on shore", que podem resultar em valorização de recursos "off shore", situação suavizada no contexto atual, tanto pelo existência de capacidade instalada para o atendimento da demanda interna, quanto pela facilidade de se importar cimento no mercado internacional.

Outro material relevante para a compreensão da importância econômica dos granulados bioclásticos é a diatomita, material formado por acumulação sedimentar de esqueletos de algas microscópicas, compostos de sílica amorfa.

Tabela 6. Diatomita: distribuição regional do consumo e principais usos

Anuário Mineral Brasileiro - 2005 — Diatomita / Diatomite

Tabela 3.4.1 MERCADO CONSUMIDOR - PRODUTOS BRUTOS - 2004
Distribuição Regional e Setorial da Quantidade Consumida por Substâncias

DISTRIBUIÇÃO REGIONAL	SETORES DE CONSUMO / USO
BA (77,82%), RN (18,09%), SP (3,18%), Não Informado (0,91%)	Filmes (77,82%), Extração e Beneficiamento de Minerais (18,09%), Tintas, Esmaltes e Vernizes (3,18%), Não Informado (0,91%)

As reservas brasileiras deste material, usado na indústria de tintas, esmaltes, vernizes e materiais filtrantes, são da ordem de 2,6 milhões de toneladas, enquanto a produção anual, da ordem de 6,7 mil toneladas anuais atende a pouco mais de um terço o consumo. (Tabelas 7 e 8).

Tabela 7. Reservas brasileiras de diatomita

Anuário Mineral Brasileiro - 2005 — Diatomita / Diatomite

Tabela 3.1.1 RESERVAS MINERAIS - 2004
Unidades da Federação e Municípios

UNIDADES DA FEDERAÇÃO/ MUNICÍPIOS	RESERVAS (1)			
	Medida (t)	Indicada (t)	Inferida (t)	Lavrável (t)
DIATOMITA	2.507.845	86.748	58.290	2.461.106
DIATOMITA	2.507.845	86.748	58.290	2.461.106
BAHIA	1.159.776	79.348	31.250	1.152.539
CEARÁ	383.889	-	-	294.130
RIO DE JANEIRO	37.736	-	12.000	37.736
RIO GRANDE DO NORTE	987.094	4.900	15.000	957.351
SÃO PAULO	19.350	2.500	-	19.350

Tabela 8. Sumário dos indicadores econômicos da indústria de diatomita

Principais Estatísticas - Brasil

Discriminação			2003(r)	2004(r)	2005(p)
Produção:	Diatomita Beneficiada	(t)	6.920	7.200	7.670
Importação	Diatomita e substituto	(t)	18.887	21.460	24.259
		(10^3 US$-FOB)	8.789	10.320	11.001
Exportação	Diatomita e substituto	(t)	4.427	4.684	5.374
		(10^3 US$-FOB)	1.422	1.598	1.775
Consumo Aparente (1)	Diatomita Beneficiada	(t)	21.380	23.976	26.555
Preço	Diatomita Beneficiada (2)	(US$/t FOB)	465.35	480.90	453.48
	Diatomita Beneficiada	(US$/t FOB – BA)	388.00	461.00	414.00
	Diatomita Beneficiada	(US$/t FOB - RN)	423.00	444.00	577.00

Fontes: DNPM/CODEM; SECEX-MF-SRF e RAL's 2006. Notas: Preço Médio p/2005 = US$/R$ (1/2,3399); (1) Consumo Aparente = Produção + Importação - Exportação; (2) Preços Médio Base Importação; (...) Dados não disponíveis; ((p) Dados preliminares; (r) Revisado.

Nesse caso, os granulados bioclásticos têm grande importância econômica, tanto em razão da forte dependência externa, quanto pelo valor estratégico das indústrias que os empregam.

Depósitos tipos "placeres"

Nessa categoria estão incluídos depósitos de diferentes minerais pesados (de alta densidade), formados por processos deposicionais resultantes da ação de correntes fluviais ou pela ação de ondas e marés, no ambiente costeiro.

Os depósitos tipo "placer" mais comumente encontrados no ambiente costeiro, incluem depósitos minerais pesados (areias ricas em monazita, zirconita, ilmenita (titânio) ou de combinações entre estes minerais), de minerais preciosos (diamante e ouro) e de minerais de estanho e tântalo (respectivamente, cassiterita e tantalita).

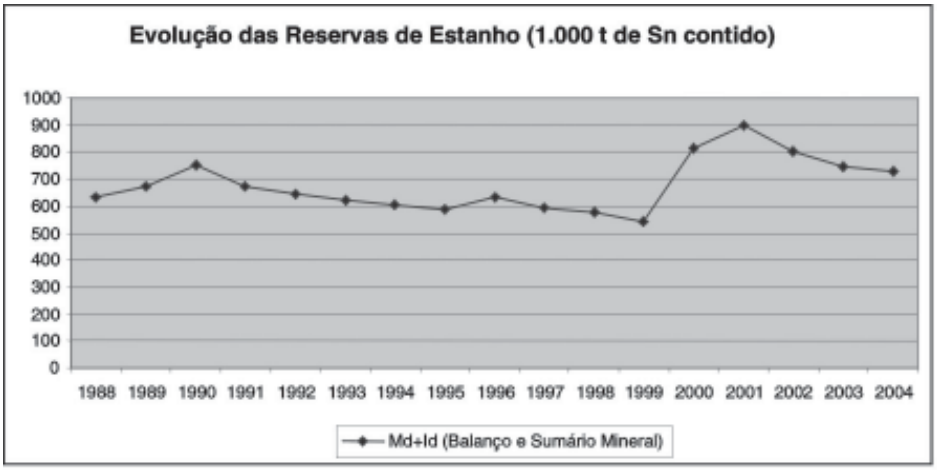
No Brasil, existem depósitos de minerais pesados praticamente em todo o litoral, com destaque para a produção de minerais de titânio nas zonas costeiras do Rio Grande do Sul e da Paraíba.

Pláceres costeiros com depósitos de ouro, cassiterita e tantalita são conhecidos e importantes na Malásia, Indonésia e China, onde há importante produção desses minerais.

Pláceres de diamante são explorados na Namíbia, havendo grande possibilidade de ocorrência deste tipo de depósito no litoral da Bahia, onde atualmente a Rio Tinto requereu junto ao DNPM cerca de 600 mil hectares para pesquisa mineral destes depósitos, no contexto da Formação Barreiras (litoral de Camaçari).

Apresentamos abaixo, alguns dados sobre minerais selecionados:

Depósitos de estanho



O gráfico acima, ilustrativo da evolução das reservas brasileiras de Estanho, mostra uma tendência de queda após forte acréscimo, no início da presente década. Embora o estanho seja um mineral de evidente importância econômica para o Brasil, nossas reservas não estão relacionados aos ambientes costeiros e marinho. Estas reservas mantiveram-se relativamente estáveis ao longo da década de 1990, graças a um relativo equilíbrio entre a produção e a reposição de reservas. A partir de 1999, no entanto, houve um significativo aumento, em razão da incorporação do estanho primário contido no maciço granítico do Madeira, em Pitinga, no Estado do Amazonas, cuja viabilidade econômica está associada à sua extração como co-produto de minério de tântalo e nióbio que ocorre na mesma jazida.

O consumo de estanho, e conseqüentemente o preço do metal, tem crescido nos últimos anos, impulsionado pelo consumo asiático. China, Indonésia e Peru são os principais produtores mundiais.

No futuro, recursos contidos no Brasil, Austrália e Bolívia deverão retomar a importância que tiveram no passado (todos esses países já foram, por algum período do passado, o maior produtor mundial de estanho), o que, pelas características geológicas desses países, não aponta para uma importância significativa dos recursos marinhos, que deverão se manter importantes apenas no caso da Indonésia, onde ainda existe grande potencial a ser explorado.

Tabela 9. Produção e reservas de estanho – Situação internacional (fonte Sumário Mineral -2005)

PAÍSES	RESERVAS(1)		PRODUÇÃO (2)								CONSUMO (2)			
			Sn-Contido (t)				Sn-Metálico (t)				Sn-Metálico (t)			
ANOS	2005(e)	Δ%	2004(r)	2005(e)	2006(e)	Δ%	2004(r)	2005(e)	2006e	Δ%	2004(r)	2005(e)	2006e	Δ%
Américas	1.957.162	31,30	71.195	70.876	71.900	19,75	64.712	60.686	65.000	17,46	71.000	64.500	67.500	19,09
Brasil*	777.162	12,43	12.202	11.739	12.000	3,27	11.512	8.988	11.000	2,59	7.818	6.475	7.000	2,31
Peru	710.000	11,36	41.424	42.137	41.900	11,74	40.200	38.200	40.000	10,99	...	...	...	...
Bolívia	453.000	7,20	17.569	17.000	18.000	4,74	13.000	13.500	14.000	3,88	...	...	...	...
EUA	20.000	0,32	...	...	...	...	...	...	...	...	53.900	47.700	49.000	14,12
Outros	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	9.282	8.962	12.025	2,66
Ásia	3.670.000	58,70	203.596	269.898	253.250	75,19	233.200	270.900	260.000	77,94	183.400	201.400	211.000	59,60
China	1.700.000	27,19	96.700	125.700	110.000	35,02	115.300	120.000	125.000	34,52	89.800	103.000	110.000	30,48
Indonésia	800.000	12,80	99.500	137.100	136.000	38,20	63.300	81.700	80.000	23,50	...	...	...	...
Malásia	1.000.000	15,99	2.742	2.854	3.000	0,80	33.900	37.700	27.000	10,65	...	...	...	...
Tailândia	170.000	2,72	654	244	250	0,07	20.700	31.500	28.000	9,06	...	...	...	...
Japão	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	33.000	34.400	36.000	10,18
Vietnam	...	...	4.000	4.000	4.000	...	...	...	...	...	...	...	...	...
Outros	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	60.600	64.000	65.000	18,94
Europa	300.000	4,80	3.283	3.530	3.500	0,98	11.700	11.200	12.000	3,22	68.400	67.700	73.000	20,04
Rússia	300.000	4,80	3.100	3.200	3.500	0,89	3.700	3.400	4.000	0,98	...	...	...	...
Portugal**	0	0,00	183	330	0	0,09	...	...	...	...	...	...	...	...
Bélgica	...	...	...	...	...	...	8.000	7.800	8.000	...	...	...	...	...
Outros	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	68.400	67.700	73.000	20,04
África	...	...	7.200	7.000	7.000	1,95	...	...	...	...	0	0	0	0,00
Congo (Kinshasa)	...	...	2.000	2.000	2.000	0,56	...	...	...	...	...	...	...	...
Outros	...	...	5.200	5.000	5.000	1,39	...	...	...	...	...	...	...	...
Austrália	145.000	2,32	1.292	2.831	4.500	0,79	...	...	...	...	0	0	0	0,00
Austrália	145.000	2,32	1.292	2.831	4.500	0,79	...	...	...	...	...	...	...	...
Outros Países	180.000	2,88	4.900	4.800	4.800	1,34	4.900	4.800	15.000	1,38	4.500	4.300	5.000	1,27

Fonte: DIDEM-DNPM, 2006; CRU International Ltd., 2006; USGS, 2006. Notas: (1)Reserva Base-USGS, 2006; (2)Sn-Contido no Concentrado de Minério; (3)Sn-Metálico: Padrão LME (99,9%Sn); **Portugal: Fechamento da Mina Neves Corvo.(*) Brasil: Reservas (Medida + Indicada); (...) Não disponível; (r) Revisado; (p) Preliminar; (e) Estimada.

Tabela 10. Consumo de estanho no Brasil (fonte – DNPM, AMB-2005)

Anuário Mineral Brasileiro - 2005 **Estanho**

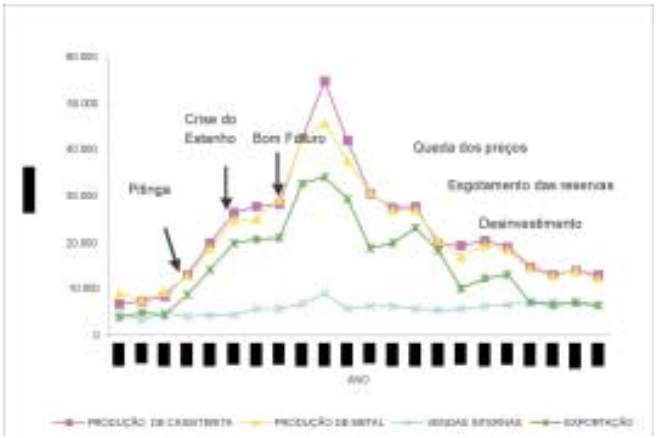
Tabela 3.4.2 MERCADO CONSUMIDOR - PRODUTOS BENEFICIADOS - 2004

Distribuição Regional e Setorial da Quantidade Consumida por Substâncias

DISTRIBUIÇÃO REGIONAL	SETORES DE CONSUMO / USO
SP (55,62%), RO (27,83%), MG (14,29%), Mercado Externo (0,23%), Não Informado (2,17%)	Metalurgia dos Não-Ferrosos (94,22%), Fundição (5,75%), Produção de soldas e anodos para galvanoplastia (0,06%), Fabricação de Ovalos (0,01%), Não Informado (0,01%)

Consulte o Apêndice A6.

Evolução da indústria brasileira do estanho



A razão fundamental para o transparente encolhimento da indústria brasileira do estanho reside no esgotamento progressivo das reservas econômicas do minério, diante de um quadro de preços aviltados. Essa degradação dos preços teve origem na crise que se instalou efetivamente no mercado em outubro de 1985, quando o London Metal Exchange (LME) suspendeu as vendas do metal nos pregões da Bolsa. Naquele momento ficou transparente ao mercado os elevados níveis dos estoques nos armazéns, em poder de bancos e de consumidores, flagrado um quadro de excesso sistemático de oferta em relação à demanda.

Depósitos de tântalo

A tantalita é um mineral de alto valor, fonte de óxido de tântalo (material de altíssimo valor, empregado na indústria óptica) e de tântalo metálico, empregado em ligas resistentes a altas temperaturas. Por ser um típico "metal do futuro", o tântalo tem grande importância estratégica, assim como seus depósitos marinho-costeiros do tipo pláceres, hoje pouco conhecidos e/ou explorados.

Tabela 11. Tântalo, reserva e produção mundiais
(fonte: Heidrich, N –Sumário Mineral 2005)

Reserva e Produção Mundial

Discriminação	Reservas (t)		Produção (t)		
Países	2005(p)	%	2004(r)	2005(p)	%
Brasil	88.388	46,5	260	264	13,4
Austrália	78.000	41,1	730	1.200	60,9
Canadá	4.965	2,6	69	65	3,3
Namíbia	...	...	11	5	0,2
Uganda	...	...	5	2	0,1
Moçambique	...	...	280	260	13,2
Congo (Kinshasa)	1.440	0,8	60	60	3,0
Burundi	994	0,5	6	6	0,3
Nigéria	6.995	3,7	21	5	0,2
Tailândia	7.700	4,0	...	...	...
Etópia	...	...	35	35	1,8
Ruanda	1.460	0,8	40	40	2,0
Outros	...	...	20	30	1,6
TOTAL	189.942	100,0	1.537	1.972	100

Fontes:DNPM/8ºDs, AMB – MITC-SECEX -2006 e Mineral Commodity Summaries-January/2006. Notas: (p) preliminar (e) estimada (r) revisado

O Brasil se destaca no ranking internacional de reservas (46,5%), graças às reservas da mina do Pitinga, no Estado do Amazonas. Em termos de produção, todavia está em segundo lugar, muito atrás da China, maior produtor mundial. A razão desta diferença é a capacidade de produção da mina do Pitinga, cujo minério é extraído de fonte primária. Rocha dura, com grande elevado custo de produção, enquanto a produção dos demais países é proveniente de material aluvionar (pláceres), alguns deles marinhos. Outro motivo para esta discrepância é o conceito de reservas do DNPM, critério

meramente legal, o qual geralmente corresponde ao conceito de "recursos" internacionalmente aceito.

O Brasil depende fortemente de importações para o abastecimento de produtos manufaturados de tântalo, cuja balança comercial é negativa (tabela 12).

Tabela 10. Tântalo, principais estatísticas brasileiras

Principais Estatísticas - Brasil

Discriminação			2003	2004	2005(p)
Produção:	Minério concentrado	(t)	249	260	264
Importação:	Manufaturados, concentrados e compostos químicos	(t)	157	158	222
		(10^3 US$-FOB)	258	1,230	23,957
Exportação:	Minério concentrado e ligas	(t)	200	1.146	2.580
		(10^3 US$-FOB)	1.678	7.062	15,514
	Liga Fe-Nb-Ta	(US$/kg)	9.19	...	7.72
Preços:	Tantalita (USA)	(US$/lb)	27.50	34.00	40.00
	Tantalita 30-35% – Spot (Londres)	(US$/lb)	25.00	35.00	39.00

Fontes: Mineral Commodity Summaries-Jan/2005, MICT – SECEX/2004. Notas: (p) Preliminar (e) Estimada (r) Revisado

Areias de minerais pesados (areias ilmeno-monazíticas)

Essas areias são fontes importantes de minerais de titânio – rutilo, empregado na indústria metalúrgica como fonte de titânio metálico e ilmenita, usada no fabrico de tintas e outros compostos químicos.

Tabela 13. Titânio

Reserva e Produção Mundial

Discriminação	Reservas[1] - 2005(p)				Produção[1] - 2005(p)			
	Ilmenita		Rutilo		Ilmenita		Rutilo	
Países	10^3 t)	(%)	(10^3 t)	(%)	(10^3 t)	(%)	(10^3 t)	(%)
Brasil	4.913	0,41	3.077	2,52	127	2,80	3	0,83
China	350.000	29,24			400	8,83		
Vietnã	5.900	0,49			100	2,10		
África do Sul[2]	220.000	18,38	24.000	19,69	952	21,02	115	32,12
Austrália	160.000	13,36	31.000	25,43	1.140	25,17	160	44,69
Canadá[2]	36.000	3,00			809	17,86		
Estados Unidos	59.000	4,92	1.800	1,47				
India	210.000	17,54	20.000	16,40	280	6,18	20	5,58
Noruega[2]	60.000	5,01			380	8,34		
Ucrânia	13.000	1,08	2.500	20,51	220	4,85	60	16,75
Outros Países	78.000	6,51	17.000	13,94	120	2,65		
TOTAL	1.196.813	100	121.877	100	4.528	100	358	100

Fontes: DNPM-DEM, Mineral Commodity Summaries - 2005. Nota: Dados estimados em TiO_2; (1) Dados em concentrado; (2) Refere-se a ilmenita e "slag".

A representatividade do Brasil no cenário internacional é pequena, tanto no contexto da disponibilidade (reservas), quanto da produção.

Como as principais reservas brasileiras "on shore" são de Anastásio, mineral cujo aproveitamento carece de tecnologias economicamente não competitiva, e considerando o potencial da nossa região costeira, a importância dos Pláceres marinhos para o suprimento futuro de titânio ao mercado tem grandes perspectivas.

Tabela 14. Titânio principais estatísticas (Sumário Mineral 2005, DNPM)

Principais Estatísticas - Brasil

Discriminação			2003(e)	2004(r)	2005(p) - 6
Produção:	(Bens primários) Ilmenita/Rutilo	(t)	120.159,8	133.000	127.142/2.782
	Semimanufaturados/ Manufaturados.	(t)	0/0	0/0	0/0
	Pigmentos de dióxido de titânio	(t)	94.000	90.000	90.000
	Bens Primários	(t)	2.303	2.117	2.069
		(10^3 US$-FOB)	1.297	1.311	1.827
	Compostos Químicos	(t)	67.240	80.166	87.277
Importação:		(10^3 US$-FOB)	113.430	139.229	167.868
	Semimanufaturados	(t)	2.300	2.009	1.897
		(10^3 US$-FOB)	7.277	11.774	25.037
	Manufaturados	(t)	20.982	8.218	15.200
		(10^3 US$-FOB)	20.286	33.568	41.222
	Bens Primários	(t)	0	0	19.801
		(10^3 US$-FOB)	0	0	1.301
Exportação:	Compostos Químicos	(t)	7.969	9.639	12.217
		(10^3 US$-FOB)	13.187	16.426	24.129
	Semimanufaturados	(t)	10	7	896
		(10^3 US$-FOB)	24	17	2.824
	Manufaturados.	(t)	14	3	121
		(10^3 US$-FOB)	1.885	1.709	2.600
	Bens primários	(t)	122.457	135.117	
C.Aparente: (1)	Compostos Químicos	(t)	153.271	160.527	
	Semimanufaturados	(t)	2.290	2.002	
	Manufaturados	(t)	20.468	8.211	
	Conc. Rutilo(2)	(US$/t-FOB)	450,82	450,82	
Preços:	Pigmentos dióxido de titânio (4)	(US$/t-FOB)	1.701,80	1.704,00	
	Semimanufaturados	(US$/t-FOB)	3.164,00	5.860,00	

Fontes: DNPM-DIEM, Millennium Inorganic Chemicals, SECEX-COTEC, Mineral Commodity Summaries - 2005; Notas: (1) Produção + Importação - Exportação; (2) Preços dos portos australianos, teor mínimo 95% TiO_2 rutilo e 54% TiO_2 ilmenita; (3) Preços Richard Bay - África do Sul - teor de 55% de TiO_2; (4) Preços médios anuais de importação; (e) Dados estimados; (5) Escória titanífera; (p) preliminar; (*) 92-95 %(TI02); (**) 54-56% TiO_2 ; (r) revisado (6) Valor F.O.B – US$ 1.000,00

Zircônio e monazita

Ocorrendo quase que invariavelmente em associação, esses minerais, embora de importância relativamente baixa no contexto da indústria mineral, têm apresentado um gama de utilizações crescente, possuindo grande valor estratégico. A monazita,por tratar-se de material radioativo, é objeto de monopólio estatal. O zircônio, por seu turno, é utilizado nas indústrias de cerâmica fina e química.

Tabela 15. Zircônio

Reserva e Produção Mundial

Discriminação	Reservas (10^3 t)		Produção Beneficiada (10^3 t)		
Países	2005(p)	%	2004 (r)	2005(p)	%
Brasil(1)	2.637	3,8	25,7	25,5	2,9
África do Sul	14.000	20,0	300	305	35,4
Austrália	30.000	42,9	441	450	52,3
China	3.700	5,3	17	15	1,8
Estados Unidos	5.700	8,1	...	...	...
India	3.800	5,4	20	20	2,4
Ucrânia	6.000	8,6	35	35	4,0
Outros países	4.100	5,9	10	10	1,2
Total	69.937	100,0	848,7	860,5	100

Fonte: DNPM/DIDEM, Mineral Commodity Summaries – 2005, Millennium Inorgânico Chemicals, Nota: (1) refere-se a reservas medidas e indicadas (reserva lavrável) em metal contido de $ZrSiO_4$ e ZrO_2; (r) revisado; (p) dados preliminares; (...) não disponível.

Tabela 16. Zircônio – dados da indústria brasileira

Principais Estatísticas – Brasil

Discriminação			2003 (r)	2004 (r)	2005 (p)
Produção[1]	Concentrado	(t)	27.198	25.263	25.657
Importação	Bens Primários	(t)	16.650	20.810	18.819
		(10^3 US$-FOB)	8.128	11.884	14.352
	Manufaturados	(t)	164	396	232
		(10^3 US$-FOB)	5.616	9.901	8.963
	Comp. Químicos	(t)	1.335	2.616	1.936
		(10^3 US$-FOB)	2,718	5,064	4.826
Exportação	Bens Primários	(t)	268	839	1.078
		(10^3 US$-FOB)	204	794	1.264
	Manufaturados	(t)	198	37	6
		(10^3 US$-FOB)	55	164	89
	Comp. Químicos	(t)	198	98	310
		(10^3 US$-FOB)	354	349	856
Consumo Aparente[2] BR	Concentrado	(t)	44.733	48.420	45.250
Preço Médio	Zirconita	R$-FOB/t [3]	980,00	1.250,00	1.650,00
	Zirconita	US$-FOB/t [4]	360,00	557,00	662,00

Fonte: DNPM/DIDEM, SECEX-MF, INB-Indústrias Nucleares do Brasil, Millennium Inorganic Chemicals do Brasil S/A e Mineral Commodity Summaries – 2005. Nota: (1) comercializada; (2) Produção + Importação – Exportação; (3) Preço médio da Millennium; (4) preço praticado pelos EUA; (r) revisado; (p) preliminar.

Depósitos de minerais preciosos

Incluem-se nesta categoria pláceres marinho-costeiros ricos em ouro e em diamantes. No Brasil, como foi dito anteriormente, os depósitos não são significativos, entretanto, a importância econômica do ouro e do diamante é indiscutivelmente muito grande.

Depósitos de ouro

Tabela 17. Ouro reservas e produção mundial

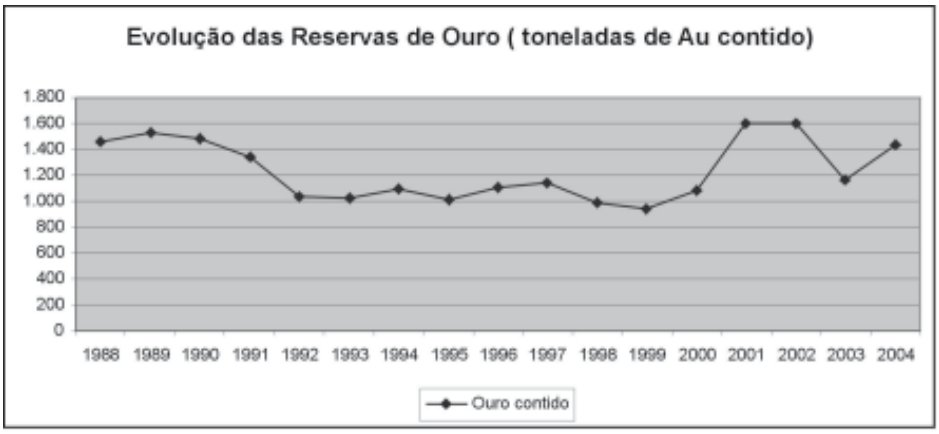
Reservas e Produção Mundial

Discriminação	Reservas (t) [1]		Produção (t)		
Países	2005 (p)	Partic. (%)	2004 (r)	2005 (p)	Partic. (%)
Brasil	1.720	1,9	48	38,5	1,6
África do Sul	36.000	40,0	341	300	12,2
Austrália	6.000	6,7	259	254	10,4
Canadá	3.500	3,9	129	115	4,7
China	4.100	4,6	215	225	9,2
Estados Unidos	3.700	4,1	258	250	10,2
Indonésia	2.800	3,1	93	140	5,7
Peru	4.100	4,6	173	175	7,1
Russia	3.500	3,9	169	165	6,7
Outros Países	24.580	27,3	745	788	32,1
TOTAL	90.000	100,0	2.430	2.450	100,0

Fontes: DNPM/DIDEM, *Mineral Commodity Summaries 2006 – United States Geological Survey* (USGS) e Gold Fields Mineral Services (GFMS). Notas: (1) Reservas Medida + Indicada; (p) Preliminar; (r) Revisado.

Os pláceres são praticamente insignificantes, tanto em termos de reserva quanto de produção. O único registro relevante da ocorrência destes minerais refere-se a uma licitação de áreas para exploração no litoral da Indonésia, levada à cabo no final dos anos 1990, cujos resultados não tiveram qualquer impacto digno de nota no mercado internacional.

Em 1989, as reservas brasileiras de ouro situavam-se no sexto lugar do ranking internacional. A partir de 1990, o quadro internacional foi drasticamente alterado pela descoberta de novas reservas em diversos países, em função de vultosos investimentos realizados na década anterior.



Concomitantemente, houve uma profunda reavaliação nos critérios de quantificação das reservas brasileiras, com a exclusão de 250 toneladas, que foram reclassificadas na categoria de recursos. A partir da metade da década de 1990, houve uma significativa expansão nas reservas oficiais, decorrentes da aprovação, pelo Departamento Nacional de Produção Mineração (DNPM), de uma quantidade crescente de "Relatórios Finais de Pesquisa". Em 1994, este acréscimo foi de 216 t de metal contido. Em 1995, a CVRD anunciou a descoberta de 150 toneladas de ouro contido no depósito de Serra Leste, no Estado do Pará, bem como sua intenção de implantar uma nova mina com capacidade para produção de 10 t/ano, com investimentos da ordem de US$ 250 milhões.

Essa expansão contínua aparentemente foi motivada por dois fatores. Primeiro o esforço do DNPM em reduzir o passivo de processos de pesquisa mineral parados em seus escaninhos, e instituir a cobrança de uma taxa por hectare para as áreas concedidas para pesquisa mineral. Segundo, os objetivos especulativos das chamadas *junior companies* que, uma vez obtendo aprovação de seus relatórios de pesquisa, asseguravam, por prazo indeterminado e sem custo, a manutenção de seus direitos minerários sobre as "áreas pesquisadas". Reforça esta tese a queda verificada a partir de 1997, ano em que teve início um ciclo de forte queda no preço do ouro em que ocorreu o episódio que ficou conhecido como "escândalo BR-X", conjunção de fatores negativos que praticamente paralisou as ações das juniores.

A partir de 2000, as reservas oficiais deram um salto significativo, atingindo um valor da ordem de 1.080 toneladas de metal contido no minério.

Todavia, este montante inclui grande proporção de recursos, indevidamente classificados como "reservas". Muitas dessas reservas, "aprovadas" pelo DNPM, sequer têm sua viabilidade técnica ou econômica comprovadas. Adotando-se um critério mais rigoroso, uma estimativa mais realista da disponibilidade corrente de ouro nas reservas minerais brasileiras situar-se-ia entre em torno de 500 a 600 de metal contido o que certamente é muito pouco em face do potencial geológico do território brasileiro.

Tabela 18. Ouro, principais estatísticas brasileiras

Principais Estatísticas - Brasil

Discriminação			2003 (f)	2004 (f)	2005 (p)
Produção	TOTAL	(kg)	40.416	47.596	41.154
	Minas (Empresas)	(kg)	26.066	28.508	32.803
	Garimpos (1)	(kg)	14.350	19.088	8.351
Importação (2)	Semimanufaturados NCM's 71081100 + 71081290 + 71081310 + 71081390	(kg)	421	586	897
		(US$ FOB)	138,607	198,757	126,165
	Manufaturados NCM 71189000	(kg)	2.231	134	145
		(US$ FOB)	2,702	2,093	203
	Compostos Químicos NCM's 28433010 + 28433090	(kg)	1.005	2.024	811
		(US$ FOB)	96,351	145,524	96,317
Exportação (3)	Semimanufaturados NCM's 71081100 + 71081290 + 71081310 + 71081390	(kg)	28.282	31.495	30.406
		(US$ FOB)	327,128,151	412,813,238	458,879,984
	Manufaturados NCM 71189000	(kg)	26	307	422
		(US$ FOB)	229	592,406	496,781
	Compostos Químicos NCM 28433090	(kg)	703	103	4
		(US$ FOB)	5,282,155	935,054	41,204
Consumo (3)	Dados Oficiais	(kg)	26.694	29.459	30.374
Preços Médios	New York Spot Gold (4) (5)	(US$/oz)	367.93	412.24	448.23
	London Gold PM FIX (4) (5)	(US$/oz)	367.77	412.16	448.94
	Bolsa de Mercadorias & Futuros - BM&F (5) (6)	(R$/g)	35,93	38,20	34,84
		(US$/oz)*	366.12	408.61	450.43

Fontes: DNPM/DDEM, SECEX/MDIC, GPME, World Gold Council, BM&F, BACEN. (f) Revisado; (p) Preliminar. Obs.: 1 ounce troy = 31,1034 gramas. Notas: (1) Produção que recolheu Imposto sobre Operações Financeiras – IOF. (2) Descrição das commodities: NCM 71081100 – Pó de ouro; NCM 71081290 – Ouro em outras formas brutas, para uso não monetário; NCM 71081310 – Ouro em barras, fios, perfis de seção maciça, bulhão dourado; NCM 71081390 – Ouro em outras formas semimanufaturados, bulhão dourado, uso não monetário; NCM 71189000 – Outras Moedas; NCM 28433010 – Sulfeto de ouro em dispersão de gelatina; NCM 28433090 – Outros compostos de ouro, exclusivamente auranofina, etc. (3) Dados compilados com base nas informações sobre Mercado Consumidor declarados no Relatório Anual de Lavra (RAL) pelas empresas produtoras de ouro que atuaram no território nacional durante os respectivos exercícios. (4) Fonte: KITCO Bullion Dealers (http://www.kitco.com/). (5) Cotação referente à média aritmética do fim de período mensal dos respectivos exercícios. (6) Sistema Pregão: Mercadoria OZ1 – Ouro (contrato = 250 gramas). * Valores convertidos com base na média aritmética das cotações do dólar comercial compra dos últimos dias úteis de cada mês para os respectivos exercícios.

Depósitos de diamante

Os pláceres marinhos são importantes fontes de produção de diamante no Sul da África, na Namíbia, onde forma grandes depósitos na foz do Rio Orange. No Brasil, merece destaque a recente esforço de pesquisa no litoral norte de Salvador, onde há possibilidade de ocorrência de depósitos de diamantes na Formação Barreiras, incluindo pláceres marinho-costeiros, resultantes de erosão dessa formação. A empresa Rio Tinto requereu, em 2006, cerca de 600 mil hectares de áreas para pesquisa mineral de diamantes naquela região. Apresentamos abaixo as principais estatísticas econômicas referentes à produção de diamantes.

Tabela 19. Diamante reserva e produção mundial.
(fonte: Danese, L – Sumário Mineral, DNPM, 2005)

País	Reserva (Mct) - 2005	Produção/ *Production* (ct)			Importação/ *Import* (ct)			Exportação/ *Export* (ct)		
		2004	2005	%	2004	2005	%	2004	2005	%
Brasil	44,6 (*)	300.000	300.000	0,17	10.222	16.296	0,003	243.298	280.519	0,05
Angola	--	6.146.361	7.079.121	4,01	0	0	0,00	6.146.361	7.079.121	1,37
Austrália	230	21.160.262	32.941.063	18,64	68.661	145.237	0,03	21.735.468	32.520.649	6,31
Botswana	225	31.036.367	31.889.771	18,05	81.822	78.864	0,02	28.947.563	33.866.533	6,57
Canadá	--	12.618.080	12.299.733	6,96	154.267	242.059	0,05	12.347.549	10.824.075	2,10
China	20	0	71.764	0,04	--	21.125.735	4,21	--	14.461.202	2,80
Congo (Kinshasa)	350	30.040.479	33.054.998	18,71	0	16.445	0,00	30.162.413	32.949.849	6,39
EU - European Community	--	0	0	0,00	193.676.491	199.610.543	39,79	202.841.506	195.290.661	37,87
Guyana - Guiana	--	457.258	337.798	0,19	0	0	0,00	457.167	337.799	0,07
India	--	78.574	60.124	0,03	187.569.687	184.158.143	36,71	35.931.141	40.981.080	7,95
Israel	--	0	0	0,00	41.801.303	36.127.654	7,20	35.271.565	31.108.709	6,03
Japão	--	0	0	0,00	289.073	343.106	0,07	130.338	160.990	0,03
Namíbia	--	2.046.962	1.866.320	1,06	59.501	127.510	0,03	2.007.377	1.858.043	0,36
Russia	65	38.865.770	38.000.990	21,50	149.367	95.671	0,02	33.138.114	37.246.694	7,22
Sierra Leone	--	691.757	668.710	0,38	0	410	0,00	874.182	668.636	0,13
África do Sul	150	14.092.132	15.559.531	8,81	928.391	1.093.191	0,22	14.823.494	20.388.530	3,95
UAE - United Arab Emirates	--	0	0	0,00	28.736.102	36.965.656	7,37	28.651.700	34.251.000	6,64
USA - Estados Unidos	--	0	0	0,00	3.550.626	3.202.034	0,64	5.175.560	3.483.432	0,68
Venezuela	--	248.262	0	0,00	--	13.009.335	2,59	--	13.295.666	2,58
Outros	--	0	0	0,00	--	2.639.933	0,53	--	1.295.567	0,25
TOTAL	--	0	0	0,00	--	1.077.880	0,21	--	573.749	0,11

Fontes: Mineral Commodity Summaries – 2006 (USGS); Industrial and Gemstone, DNPM DIDEM, Kimberley Process Certification Scheme, 2006.

Tabela 20. Diamante , principais estatísticas brasileiras (Danese, L. - op cit).

Principais Estatísticas – Brasil (Séries Históricas)

Discriminação			2002	2003	2004	2005
Produção Estimada	Diamante Nacional Bruto	(ct)	500.000	400.000	300.000	300.000
Bens Primários						
Importação	NCM 71021000	(ct)	500	198	6.415	4.230
		(US$ - FOB)	22.669.000	14.366.000	578.132.000	12.280.000
	NCM 71022100	(ct)	292.865	27.923	3.621	10.290
		(US$ - FOB)	206.182.000	69.013.000	52.713.000	79.837.000
	NCM 71023100	(ct)	0	0	0	1.955
		(US$ - FOB)	0,000	0,000	0,000	197.531.000
	NCM 71023900	(ct)	5.807	4.575	5.454	0
		(US$ - FOB)	348.978.000	304.943.000	285.917.000	0,000
Exportação	NCM 71021000	(ct)	175.395	67.444	188.329	70.811
		(US$ - FOB)	15.781.819,000	10.948.835,000	14.350.562,000	15.017.677,000
	NCM 71022100	(ct)	12.754	55.227	47.835	204.777
		(US$ - FOB)	80.837.000	4.030.820,000	6.490.839,000	3.356.550,000
	NCM 71023100	(ct)	409.211	123.254	7.135	4.932
		(US$ - FOB)	12.909.656,000	8.440.435,000	1.007.270,000	678.541,000
	NCM 71023900	(ct)	5.204	4.657	1.724	0
		(US$ - FOB)	1.807.400,000	702.569,000	676.762,000	0,000
Preço Médio	NCM 71021000	(US$/ct)	86,980	162,340	76,200	212,081
	NCM 71022100	(US$/ct)	6,340	72,990	135,690	16,391
	NCM 71023100	(US$/ct)	31,550	68,480	141,170	137,579
	NCM 71023900	(US$/ct)	347,310	150,860	392,550	0,000

Fontes: MDIC/SECEX/DECEX and MME/DNPM (adaptado por Nahass, S.). Notas: (1)Descrição das commodities: NCM 71021000 - Diamantes não selecionados, não montados, nem engastados; NCM 71022100 - Diamantes industriais, em bruto ou serrados, clivados etc.; NCM 71023100 - Diamantes não industriais, em bruto/serrados/clivados etc.; NCM 71023900 - Outros diamantes não industriais, não montados, não engastados. Não considerado nas pelo KPCS; (2) Preço Médio Base Exportação. (ct) quilate; (e) Estimado; (r) Revisado.

FOSFORITA

O minério de fosfato é produzido a partir de jazidas de origem sedimentar. No Brasil, a escassez desse tipo de minério, a par da existência de grandes reservas em rochas vulcânicas, desenvolveu-se uma tecnologia inteiramente nacional e inédita que viabilizou a exploração de minérios que praticamente só são considerados reservas em nosso país, e cuja produção

permitiu, a partir de 1996, acabar com a total dependência de importações para o abastecimento do mercado interno de fertilizantes, estratégico para o agronegócio.

Os depósitos cubados relacionados a carbonatitos dos complexos de Araxá/Tapira (MG), Catalão/Ouvidor (GO), Jacupiranga/Cajati (SP) e o complexo alcalino carbonatítico de Mairicuru (MA) ainda em estudo, estão relacionados aos ambientes geológicos, onde ocorreram intensa atividade vulcânica, representando os denominados depósitos ígneos. Esse patrimônio fosfático está distribuído nos Estados produtores de Minas Gerais com 73,8%, Goiás com 8,3% e São Paulo com 7,3%, que juntos participam com 89,4% das reservas totais do país, seguido de Santa Catarina, Ceará, Pernambuco, Bahia e Paraíba, com os 10,6% restantes.

As reservas totais de rocha fosfática no país, em 2004, chegam a 216,7 milhões de toneladas de P2O5 contido no minério (Md+In). A evolução dessas reservas está retratada na figura abaixo:

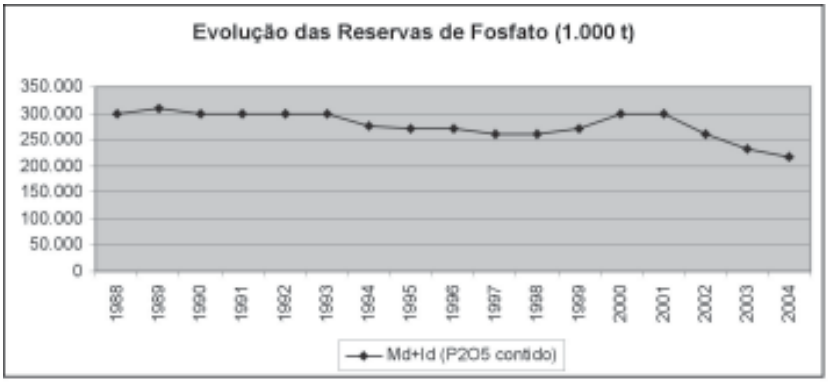


Tabela 21. Fosfato, estatísticas internacionais
(fonte: Eleutério, A – Sumário Mineral 2005, DNPM)

Reserva e Produção Mundial

Discriminação	Reservas (10^3 t P_2O_5)		Produção (10^3 t)		
Países	2005 (p) (1)	%	2004 (r)	2005 (p) (2)	%
Brasil (3)	246.000	0,5	5.690	5.490	3,7
Estados Unidos	3.400.000	6,8	35.800	38.300	25,9
China	13.000.000	26,0	25.500	26.000	17,6
Marrocos e Oeste Saara	21.000.000	42,0	26.700	28.000	18,9
Tunísia	600.000	1,2	8.050	8.000	5,4
Jordânia	1.700.000	3,4	6.220	7.000	4,7
Israel	800.000	1,6	2.950	3.200	2,2
Rep. África do Sul	2.500.000	5,0	2.740	2.010	1,4
Austrália	1.200.000	2,4	2.010	2.000	1,3
Síria	800.000	1,6	2.880	3.000	2,0
Rússia	1.000.000	2,0	11.000	11.000	7,4
Outros países	3.749.500	7,5	11.076	14.000	9,5
TOTAL	50.000.000	100,0	141.000	148.000	100,0

Fontes: DNPM/DIDEM – Mineral Commodity Summaries 2006 – ANDA / IBRAFOS. Notas: (r) Revisado ; (p) Preliminar; (1) Nutrientes em P_2O_5; (2) Dados estimados exceto Brasil; (3) Reservas (Medidas + Indicadas).

Mineral essencial e insubstituível como fertilizante, o fosfato, embora abundante e facilmente encontrado no mundo, somente passou a ser produzido no Brasil a partir de uma importante inovação tecnológica, totalmente nacional, que permitiu a utilização de fosfato de origem magmática.

Tabela 22. Fosfato, principais estatísticas brasileiras

Principais Estatísticas - Brasil

Discriminação			2003(p)	2004(r)	2005(p)
Produção:	Conc. (bens primários)/(P_2O_5)**	(10^3 t)	5.584 / 2.005	5.690 / 2.181	5.488 / 2.044
	Ác. Fosfórico (produto)/(P_2O_5)**	(10^3 t)	2.079 / 1.047	2.168 / 1.094	2.054 / 1.058
	Produtos Intermediários/(P_2O_5)**	(10^3 t)	7.307 / 1.821	7.693 / 1.923	6.695 / 1.722
Importação:	Concentrado (bens primários)	(t)	1.095.173	1.563.891	1.185.086
		(10^3 US$-FOB)	50,880.4	74,755.0	59,895.0
	Ácido Fosfórico (produto)	(t)	391.815	448.039	445.090
		(10^3 US$-FOB)	69,750.3	82,269.0	100.544.1
	Prod. Interm. (Comp. Químico) (*)	(t)	3.632.352	5.049.845	3.114.872
		(10^3 US$-FOB)	636.159	998.155	712.962
Exportação:	Concentrado (bens primários)	(t)	4.210	621	162
		(10^3 US$-FOB)	184.1	67.7	18.6
	Ácido Fosfórico (produto)	(t)	9.485	6.140	9.319
		(10^3 US$-FOB)	3,728.7	2,927.1	5.618
	Prod. Interm. (Comp. Químico) (*)	(t)	586.751	693.243	712.045
		(10^3 US$-FOB)	209.756	219.195	212.501
Consumo Aparente:	Concentrado [1] (bens primários)	(10^3 t)	6.675	6.633	5.511
	Ácido Fosfórico (Produto)	(10^3 t)	2.462	2.610	2.490
	Prod. Interm. (Comp. Químico) (*)	(10^3 t)	10.353	12.050	9.098
Preços:	Concentrado (rocha) [2]	(US$/t FOB)			
	Concentrado (rocha) [3]	(US$/t FOB)	46.46	47.80	50.54
	Ácido Fosfórico [4]	(US$/t FOB)	178.02	183.62	316.19
	Produtos Intermediários [5]	(US$/t FOB)	175.14 / 357.49	197.66 / 316.19	228.89 / 298.44
	Fertilizantes Simples Fosfatados [6]	(US$/t FOB)			
	Conc. Rocha / Ácido Fosfórico [7]	(US$/t FOB)	43.73 / 393.11	109.02 / 476.73	114.81 / 591.30

Fontes: DNPM-DIDEM, ANDA/IBRAFOS/SIACESP/SIMPRIFERT/ SECEX/MF (Importação e Exportação); (p) Preliminar; (r) Revisado; (**) Nutrientes em P_2O_5

Notas: (1) Produção + Importação – Exportação; (2) Preço médio concentrado com 35/36% P_2O_5 (vendas Industriais) – Brasil; (3) Preço médio concentrado, base seca, base importação.; (4) Preço corrente: Mercado interno (vendas industriais); (5) Preço médio (base importação brasileira) / (Base Exportação Brasileira).; (6) Preço médio dos fertilizantes Simples (DAP, MAP, TSP, SSP) - Brasil - vendas industriais ao consumidor final.; (7) Preço Médio (base exportação brasileira) (*) Prod. Intermediários (Fosfato monoamônio - MAP, Fosfato diamônio - DAP, $$, $D, TSP, ST - termofosfato, NPK, PK e NP e outros)

A importância econômica deste mineral está na impossibilidade de sua substituição e na crescente demanda propiciada pela expansão do agronegócio como vocação nacional do Brasil.

EVAPORITOS

São de denominados "evaporitos" os depósitos de sais formados a partir de precipitação de soluções salinas, em ambientes marinhos rasos (em geral lagunares), com elevada taxa de evaporação e circulação restrita de água, os quais se distinguem das fontes ordinárias de sais-marinhos por serem encontrados em sub-superfície, geralmente cobertos por camadas de sedimentos que podem atingir grandes profundidades. Desses depósitos são extraídos os cloretos de sódio (sal de cozinha) e de potássio-magnésio (silvita e silvinita).

A importância econômica destes sais, além de seu uso conhecido na alimentação (sal de cozinha) e de fertilizantes (sais de potássio), é representada também, pela cadeia produtiva da indústria cloro-química, ou do cloro-soda, responsável pelo abastecimento de insumos para um grande segmento de indústrias, tais como a de papel e celulose, têxtil, alumínio, metalúrgica, alimentos, tratamento de água e, mais recentemente, na produção de materiais transgênicos.

Tabela 23. Sal-gema, estatísticas internacionais

Reserva e Produção Mundial

Discriminação	Reservas [1] (10^6 t)		Produção [2] (10^3 t)		
Países	2005[r]	%	2004[p]	2005[p]	%
Brasil	30.319	-	1.442	1.559	0,82
Alemanha	...	-	16.000	18.700	9,82
Austrália	...	-	10.000	10.000	5,24
Canadá	...	-	13.300	13.300	6,98
China	...	-	34.000	38.000	19,95
EUA	...	-	24.000	25.000	13,12
França	...	-	7.000	7.000	3,67
Índia	...	-	15.000	15.500	8,14
México	...	-	8.000	8.200	4,3
Reino Unido	...	-	5.800	5.800	3,07
Polônia	...	-	2.000	2.000	1,04
Outros	...	-	52.300	45.450	23,85
TOTAL	-	-	188.842	190.509	100,00

Fontes: DNPM – DIDEM e Mineral Commodity Summaries – 2006. Notas: (1) inclui reservas medidas + indicadas de NaCl: (2) Sal-gema, produção brasileira, norte americana, canadense e polonesa o restante considerar Sal-gema, Sal de evaporação solar e de evaporação a vácuo: (r) Revisado: (p) Dados preliminares: (...) Não disponível.

Tabela 24. Sal-gema, principais estatísticas brasileiras

Principais Estatísticas - Brasil

Discriminação			2003[r]	2004[r]	2005[p]
Produção: [1]	Sal-gema	10^3 t	1.420.000	1.442.000	1.559.000
	Soda	10^3 t	772.000	853.400	820.500
	Cloro	10^3 t	770.000	756.000	798.000
	DCE[4]	10^3 t	475.000	496.000	500.000
Importação:	Sal-gema	10^3 t	112.400	3.000	895
		(US$ 10^3-FOB)	38,60	1,23	544
	Soda	10^3 t	889.800	966.400	965.083
		(US$ 10^3 –FOB)	67.025	67.883	143.388
	Cloro	10^3 t	2.808	3.402	3.456
		(US$ 10^3 –FOB)	274	342	397
	DCE[4]	10^3 t	22.500	10.500	16.700
		(US$ 10^3 –FOB)	6.158	3.416	5.875
Exportação:	Sal-gema	10^3 t	0	0	0
		(US$ 10^3-FOB)	0	0	0
	Soda	10^3 t	78.100	93.500	103.248
		(US$ 10^3-FOB)	5.959	7.894	20.126
	Cloro	10^3 t	9	26	1,51
		(US$ 10^3-FOB)	68	17	8
	DCE[4]	10^3 t	213.100	169.600	1.800.311
		(US$ 10^3-FOB)	46.799	64.452	55.796
Consumo Aparente [2]	Sal-gema	10^3 t	1.534.000	1.445.000	1.560.000
Preços Médios:	Sal-gema[3]	(US$/t-FOB)	4,37	7,26	10,30
	Soda	(US$/t-FOB)	76,30	82,29	148,58
	Cloro	(US$/t-FOB)	7,55	0,65	114,88
	DCE[4]	(US$/t-FOB)	273,43	380,03	351,80

Fontes: DNPM-DIDEM, MF-SRF, MICT-SECEX e abicior. Notas: (1) A produção é referente ao insumo básico Sal-gema e as plantas de Cloro-Soda a ela associada: (2) Produção + importação – Exportação: (3) Preço no Mercado Interno: (4) Dicloroetano. (5) Produção da planta de Cloro-Soda do Estado das Alagoas. (6) A produção total Brasileira de Soda Cáustica no ano de 2004 foi 1.299 mil toneladas e a de Cloro 1.174 mil toneladas.

Nódulos polimetálicos

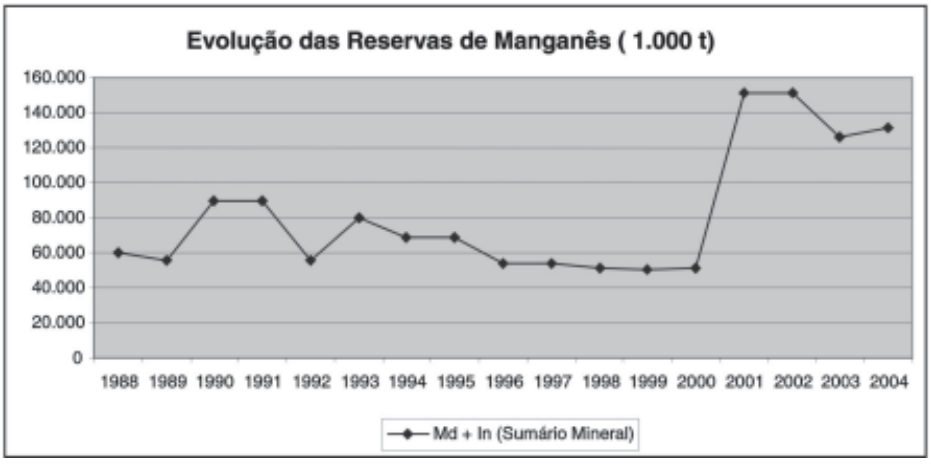
Os nódulos polimetálicos ou de manganês são relativamente comuns nas zonas oceânicas. Ricos em ferro (15%), além do manganês (16%), esses

nódulos também têm altas concentrações de níquel (0,49%) e cobalto (0,30%).

Como a importância do cobalto já foi discutida, acrescentaremos neste ponto dados referentes ao manganês e ao níquel e ao ferro, metais cuja extração por esta fonte poderá vir a ocorrer num futuro distante.

Nódulos de manganês

O manganês é um elemento metálico, constitutivo do aço e de ligas especiais, largamente empregados na indústria.



A disponibilidade de minério de manganês foi dramaticamente ampliada a partir de 2000, quando a CVRD reavaliou suas reservas medidas, tanto em Carajás (PA) quanto em Urucum (MS). Em decorrência dessa reavaliação, as reservas medidas de Carajás aumentaram de 25 milhões de toneladas para 42,6 milhões de toneladas; enquanto que em Urucum essas mesmas reservas caíram de 25 milhões para 5,7 milhões de toneladas.

Tabela 25. Manganês, reserva e produção mundial

Reserva e Produção Mundial

Discriminação	Reservas (10^3 t)		Produção (10^3 t)		
Países	2005 (p)	%	2004 (r)	2005 (p)	%
Brasil	132.000	2,5	1.346	1.370	13,9
África do Sul	4.000.000	76,7	1.905	2.200	22,3
Austrália	130.000	2,5	1.300	1.340	13,6
China	100.000	1,9	900	900	9,1
Gabão	160.000	3,1	1.100	1.300	13,2
Índia*	160.000	3,1	630	640	6,5
México	9.000	0,2	136	136	1,4
Ucrânia	520.000	10,0	810	720	7,3
Outros Países	...	...	1.270	1.250	12,7
TOTAL	5.211.000	100,00	9.397	9.856	100,0

Fontes: DNPM-DIDEM e Mineral Commodity Summaries – 2006. Notas: Dados de Mn contido; As reservas atuais são: Medidas (69 milhões de toneladas) e Indicadas (63 milhões de toneladas); (r) Revisado. (p) Dados preliminares.

Apesar deste crescimento, as reservas brasileiras são inexpressivas no contexto global (2,5%), fortemente dominado pela África do Sul, que também responde pela maior produção.

Tabela 26. Manganês, principais estatísticas brasileiras

Principais Estatísticas - Brasil

Discriminação			2003[p]	2004[p]	2005[p]
Produção:	Bens Prim. (Conc. MnO_2)	(10^3 t)	2.544	3.143	3.200
	Metal Contido[3]	(t)	1.286	1.346	1.370
	Ferroligas à base de Mn	(10^3 t)	438	466	480
Importação:	Bens Prim. (Conc. MnO_2)	(t)	3.078	29.772	3.265
		(10^3 US$-FOB)	1.674	5.656	3.542
	Semi e Manufaturado	(t)	21.274	24.458	27.526
		(10^3 US$-FOB)	15.717	26.630	34.543
	Compostos químicos	(t)	2.622	1.619	1.619
		(10^3 US$-FOB)	3.627	2.045	2.455
Exportação:	Bens primários Ferroligas à base de Mn	(10^3 t)	1.058 176	1.862 155	1.826 175
	Bens primários Ferroligas à base de Mn	(10^3 US$-FOB/t)	45.784 79.552	99.429 139.459	139.703 122.674
	Semi e Manufaturados	(t)	175.677	154.971	175.336
		(10^3 US$-FOB)	79.552	139.459	122.674
	Compostos químicos	(t)	20.703	21.182	26.357
		(10^3 US$-FOB)	28.454	35.197	35.197
Cons. Aparente[1]	Bens Prim. (Conc. MnO_2)	(10^3 t)	1.489	1.311	1.377
Preços:	Minério de Manganês[2]	(US$/t-FOB)	45.80	55.22	77.61
	Ferroligas à base de Mn[3]	(US$/t-FOB)	452.77	898.90	699.80

Fontes: DNPM-DIDEM, ABRAFE, SECEX-DTIC, SRF-COTEC; Notas: (1) Produção + Importação - Exportação; (2) Preço médio das exportações brasileiras; (prim.) - primários; Mn (manganês); (3) Preço Médio das exportações brasileiras; (4) Teor Médio utilizado = 37% Mn (conc.) – concentrado.

A impossibilidade de substituir-se o manganês em sua principal aplicação (siderurgia) e a forte concentração de reservas em uma região de alto risco político, aliado à abundância de manganês no fundo oceânico e ao alto valor dos subprodutos (especialmente do níquel), são um forte indicativo da importância estratégica desses depósitos de oceânicos num futuro não muito distante.

Nódulos ricos em níquel

Embora tratado aqui como subproduto do manganês, o níquel merece atenção especial devido a pelo menos dois fatores. Primeiro, pela impressionante elevação de preços (que aumentou de pouco mais de 3 mil dólares a tonelada, no final da década passada, para quase US$ 30 mil por tonelada atualmente). Segundo, pelo crescente interesse prospectivo, por parte tanto dos grandes conglomerados mineiros quanto das empresas juniores, indicando um longo período de ascensão no ciclo de vida desse metal em nossa sociedade.

As reservas brasileiras, que se mantiveram estáveis ao longo de toda década de 1990, tiveram um grande incremento, a partir de meados da década atual, em razão do efeito combinado da mencionada alta de preços e da evolução das tecnologias de extração de minérios oxidados

CROSTAS COBALTÍFERAS

O Cobalto é um metal que ocorre associado a níquel, em depósitos de origem magmática.

No Brasil, há reservas reconhecidas, no Estado de Goiás, nos municípios de Niquelândia e de Americano do Brasil. Em ambos os casos o cobalto aparece associado ao níquel.

As reservas brasileiras, pouco representativas no contexto internacional (Canadá, África do Sul e Rússia são os principais *players* internacionais, somam pouco menos de 30 mil toneladas (fonte AMB-2005), e a produção situa-se em cerca de 1,2 mil toneladas/ano, equivalentes a um valor anual de 333 milhões de Reais. O comércio exterior apresenta superávit (ver tabelas abaixo).

Tabela 27. Reserva brasileira de cobalto (fonte : DNPM – AMB/2005)

Anuário Mineral Brasileiro - 2005 — **Cobalto** / **Cobalt**

Tabela 3.1.1 **RESERVAS MINERAIS - 2004**

Unidades da Federação e Municípios

UNIDADES DA FEDERAÇÃO/ MUNICÍPIOS	RESERVAS (1)						Lavrável	
	Medida		Indicada		rida			
	Minério	Contido t Co	Minério	Contido t Co	Minério	Contido t Co	Minério	Contido t Co
COBALTO		29.265 t		156 t		100,0000 t		29.361 t
COBALTO	43.587.735 t	29.265 t		156 t		100 t	43.579.838 t	29.361 t
GOIÁS		29.265		156		100		29.361

Tabela 28. Produção brasileira de cobalto (DNPM, op cit)

Anuário Mineral Brasileiro - 2005 — **Cobalto** / **Cobalt**

Tabela 3.2.1 **QUANTIDADE E VALOR DA PRODUÇÃO MINERAL COMERCIALIZADA - 2004**

Unidades da Federação

GRUPO / SUBSTÂNCIA / UF	BRUTA		BENEFICIADA		VALOR
	Quantidade	Valor (R$)	Quantidade	Valor (R$)	Total (R$)
Cobalto	-	-	1.236 t Co	333.244.599	333.244.599
GO	-	-	1.236	333.244.599	333.244.599

(*) Quantidade e valor da produção vendida, consumida ou transferida para industrialização.

Anuário Mineral Brasileiro - 2005 **Cobalto**
Cobalt

Tabela 3.5.1 **EXPORTAÇÃO - PRINCIPAIS PAÍSES DE DESTINO - 2004**
Participação Percentual no Valor

Produtos	Quantidade (t)	US$ 1.000 - FOB	Principais países de destino
Cobalto	**930**	**43.756**	
Bens Primários	908	42.946	Holanda(47,97%), Bélgica(41,24%), Japão(7,97%), Taiwan(1,16%), Estados Unidos(0,93%), Argentina(0,69%), Colômbia(0,04%), Colômbia(0,04%)
Semimanufaturados	10	487	Bélgica(49,41%), Estados Unidos(46,62%), Áustria(3,96%), Áustria(3,96%)
Manufaturados	3	55	Argentina(39,93%), Canadá(29,64%), França(18,25%), Uruguai(7,37%), Bolívia(2,61%), Congo(2,17%), Portugal(0,01%), Portugal(0,01%)
Compostos-Químicos	8	269	Argentina(52,60%), Itália(24,78%), Estados Unidos(16,12%), Chile(3,35%), Paraguai(2,92%), Colômbia(0,24%), Noruega(0%), Noruega(0%)

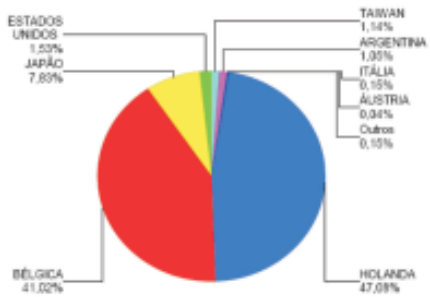
Tabela 3.5.2 **IMPORTAÇÃO - PRINCIPAIS PAÍSES DE ORIGEM - 2004**
Participação Percentual no Valor

Produtos	Quantidade (t)	US$ 1.000 - FOB	Principais países de origem
Cobalto	**795**	**21.634**	
Bens Primários	86	3.083	Rússia(39,20%), Zâmbia(19,42%), Congo(16,19%), Reino Unido(11,23%), Estados Unidos(5,03%), Holanda(4,21%), República Democrática do Congo(3,52%), China(1,14%)
Semimanufaturados	116	2.642	Suécia(35,64%), Bélgica(20,35%), Canadá(11,24%), Áustria(9,65%), Itália(9,61%), Estados Unidos(4,95%), Filândia(2,37%), Alemanha(2,33%)
Manufaturados	64	6.372	Canadá(46,15%), Estados Unidos(17,26%), Alemanha(15,65%), Reino Unido(15,32%), França(2,84%), Holanda(0,95%), Japão(0,81%), Itália(0,66%)
Compostos-Químicos	529	9.537	China(46,88%), Itália(14,11%), Estados Unidos(7,94%), Holanda(6,69%), Filândia(5,91%), Bélgica(4,34%), Reino Unido(4,21%), Alemanha(3,79%)

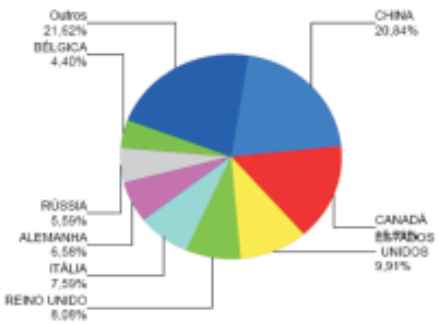
Tabela 29. Comércio exterior de cobalto (DNPM, op cit)

Consulte o Apêndice 47

EXPORTAÇÃO - 2004
Principais Países de Destino - Valor FOB (US$)
Fonte: MDIC - SECEX



IMPORTAÇÃO - 2004
Principais Países de Origem
Fonte: MDIC - SECEX



Sulfetos polimetálicos

As considerações relativas à importância econômica dos sulfetos polimetálicos dizem respeito à produção de cobre, do zinco e do chumbo, metais encontrados neste tipo de depósito. Dos três, apenas o cobre e o zinco detêm importância relevante, já quase o chumbo, além de nesses tipos de depósito ser aproveitado geralmente como subproduto dos demais, é um metal cujo futuro está cada vez mais ameaçado tanto pela substituição tecnológica em seus principais usos quanto pela elevada toxicidade. Assim, trataremos aqui somente do cobre e do zinco.

Todos esses metais, à exceção do chumbo, têm apresentado um forte aumento de demanda e, por conseguinte, uma grande escalada nos preços. Embora a razão imediata para a explicação desse cenário seja a afluência econômica da Ásia, o quadro de desequilíbrio oferta-demanda tende a prosseguir, no longo prazo, conferindo ao suprimento desses materiais grande relevância para a sustentação do desenvolvimento industrial, tal como o conhecemos.

A figura abaixo ilustra a situação do cobre (componente econômico mais relevante do mix polimetálico desses depósitos):

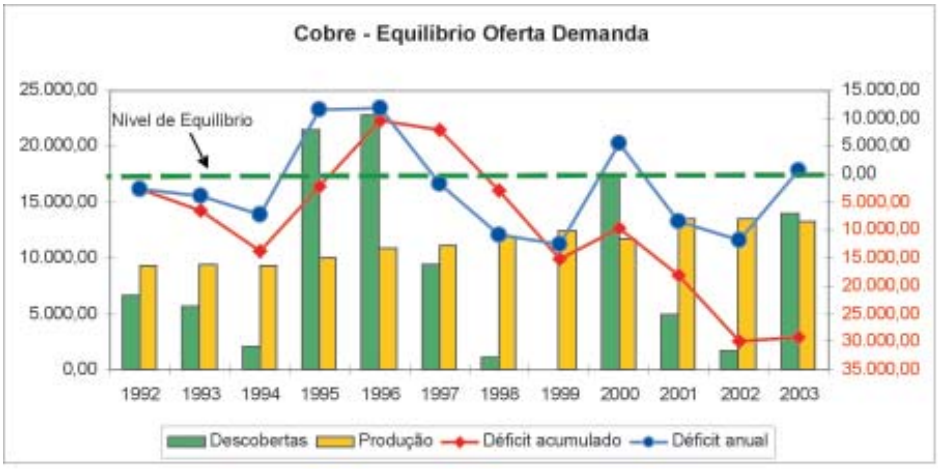


Figura 1. Relação entre descobertas e produção de cobre

Merece destaque o fato de que a maior parte do suprimento mundial de cobre e zinco provém de outros tipos de depósito, sem relevância para o contexto deste estudo.

Apresentamos abaixo, as principais estatísticas para estes metais.

Cobre

Reservas brasileiras de cobre

						Unidade: t.
	2000	**2001**	**2002**	**2003**	**2004**	**2005**
Brasil:						
Produção:						
Minérios	1.172.359	4.069.500	4.136.260	4.481.276	11.212.241	18.190.048
Concentrados, cobre contido	31.788	32.734	84.580	28.836	103.153	133.084
Valor da produção (R$)	100.250.441	101.235.846	132.550.544	176.004.186	849.697.535	993.897.773
Valor da produção (US$)	54.775.677	43.053.434	45.237.550	57.317.284	290.504.816	408.456.735
Metal primário	184.564	212.243	184.814	173.378	208.019	199.043
Metal Secundário	47.500	36.000	23.000	20.000	24.000	25.000
Exportação:						
Minérios e seus concentrados, cobre contido	-	-	-	-	76.806	116.051
Valor (1.000 - US$)	-	-	-	-	171.344	299.237
Metal	55.712	58.343	83.200	84.830	85.200	112.520
Valor (1.000 - US$)	100.282	92.076	131.456	150.823	243.672	413.624
Importação:						
Minérios e seus concentrados,cobre contido	163.046	182.179	155.147	138.229	247.915	132.780
Valor (1.000 - US$)	264.172	238.721	197.231	195.074	463.782	413.266
Metal	151.270	144.830	125.800	173.950	177.990	200.410
Valor (1.000 - US$)	272.286	228.620	198.764	311.023	509.051	736.707
Consumo Aparente:						
Concentrados, cobre contido	194.834	214.913	239.727	167.065	274.262	149.813
Metal	327.622	334.730	250.414	282.498	324.809	311.933
Mundo:						
Concentrados, cobre contido (1.000 ton.)	13.700	13.400	13.600	13.900	14.600	14.900
Metal (1.000 ton.)	14.804	15.683	15.351	15.239	15.853	16.665

Fontes: Anuário Mineral Brasileiro, Mineral Commodity Summaries, SMM/MME e SECEX/MDIC.

Cobre: Principais Estatísticas

TABELA:		
Substância: Cobre		
	Unidade: 1.000 t.de metal contido	
	2004	2005
Brasil:		

Reservas:		
Medidas	8.132	7.043
Indicadas	7.737	8.448
Medidas e Indicadas	15.869	15.491
Inferidas	6.443	6.301
Classificação quanto a exaustão (anos)		
Mundo:		
Reservas	940.000	937.000

Fontes: Anuário Mineral Brasileiro e Mineral Commodity Summaries. Nota: Dados em metal contido.

Zinco – Principais estatísticas (ontes: Anuário Mineral Brasileiro, Mineral Commodity Summaries, SMM/MME e SECEX/MDIC.)

01) RESERVAS - t.										
	1996	**1997**	**1998**	**1999**	**2000**	**2001**	**2002**	**2003**	**2004**	**2005**
Medidas						4.690.802	4.401.565	4.261.296	5.208.746	5.184.653
Indicadas						829.216	818.047	803.390	1.151.250	1.040.980
Med. + Ind.						5.520.016	5.219.612	5.064.686	6.359.990	6.225.633
Inferidas						3.346.956	3.342.556	3.327.551	338.114	505.539
Reservas em metal contido. Em 2004 houve revaliação de reservas de Vazante										
02) PRODUÇÃO - t.										
Minério	1.325.952	1.649.883	1.261.783	1.290.773	1.309.353	1.355.070	1.523.554	1.857.572	1.962.703	2.203.864
Minério Índice	101	126	96	99	100	103	116	142	150	168
Concentrado	322.704	523.657	202.652	223.244	229.943	257.094	307.904	348.474	379.712	387.158
					100	112	134	152	165	168
Metal cont. no concent.	117.341	152.634	87.475	98.590	100.254	111.432	136.339	152.822	158.962	171.434
Metal Primário	186.338	185.701	176.806	187.010	191.777	197.037	249.434	262.998	265.987	267.374
Metal Secundário										
Óxido de Zinco										
03) IMPORTAÇÃO - t.; 1000 US$ FOB										
Concentrado	110.819	86.599	110.906	112.470	97.176	95.574	123.102	135.505	136.168	122.165
Metal Primário	4.022	3.389	8.389	17.853	23.228	34.310	17.611	23.390	32.038	24.683
Metal Secundário										
Óxido de Zinco								3.797	4.928	5.489
Concentrado	66.174	73.576	74.751	73.502	64.760	52.474	51.940	67.670	89.708	102.586
Metal Primário	4.582	5.297	10.025	21.150	29.748	33.832	15.050	20.757	34.696	33.445
Metal Secundário										
Óxido de Zinco								3.237	5.198	6.619
Concentrado em metal contido, teor de 52%.										

CARVÃO

Principal componente da matriz energética mundial, representando mais de um terço, o carvão contribui apenas com 1,6% da matriz energética brasileira.

Em termos mundiais, as reservas fortemente concentradas no Hemisfério Norte, são estimadas em 908 milhões de toneladas de carvão coqueificável, dos quais o Brasil possui apenas 1%. As reservas de carvão energético, por seu turno excedem em muito este valor.

A balança comercial brasileira de carvão é altamente deficitária. O país importa essencialmente carvão coqueificável (siderúrgico) e produz carvão energético.

As reservas brasileiras estão concentradas em Santa Catarina (65%), no Rio Grande do Sul (33%) e no Paraná (2%).

Tabela 30. Carvão, principais estatísticas internacionais

Discriminação	Reservas (10^6)		Produção (10^6)			
	Carvão coqueificável	Participação	Carvão coqueificável		Δ%	Participação
	2005	2005	2004	2005		2005
América do Norte	254.432	28,0%	1.084	1.103	1,78	18,9%
Canadá	6.578	0,7%	66	65	(1,06)	1,1%
Estados Unidos	246.643	27,1%	1.008	1.028	1,96	17,6%
México	1.211	0,1%	10	10	1,01	0,2%
América do Sul e Central	19.893	2,2%	68	74	9,78	1,3%
Brasil	10.113	1,1%	5	6	5,56	0,1%
Colombia	6.611	0,7%	54	59	10,06	1,0%
Outros	3.169	0,3%	8	9	10,71	0,2%
Europa e Eurásia	287.095	31,6%	1.184	1.192	0,60	20,4%
Alemanha	6.739	0,7%	208	203	(2,41)	3,5%
Cazaquistão	31.279	3,4%	87	86	(0,58)	1,5%
Federação Russa	157.010	17,3%	282	298	5,71	5,1%
Polônia	14.000	1,5%	162	160	(1,79)	2,7%
Ucrânia	34.153	3,8%	81	78	(2,85)	1,3%
Outros	43.914	4,8%	365	367	0,47	6,3%
África	50.336	5,5%	249	253	1,61	4,3%
África do Sul	48.750	5,4%	243	247	1,52	4,2%
Zimbabwe	502	0,1%	4	4	5,26	0,1%
Outros	1.084	0,1%	2	2	4,76	0,0%
Ásia e Oceania	296.889	32,7%	2.992	3.230	7,94	55,2%
Austrália	78.500	8,6%	361	369	2,38	6,3%
China	114.500	12,6%	1.992	2.190	9,92	37,4%
Índia	92.445	10,2%	408	426	4,54	7,3%
Indonésia	4.968	0,5%	132	135	2,19	2,3%
Outros	6.476	0,7%	99	109	10,09	1,9%
Total	908.645	100,0%	5.577	5.852	4,93	100,0%

Fonte: BP Amoco Statistical Review of World Energy 2006. Notas: Δ% = variação percentual em relação ao ano anterior; Participação = proporção das reservas ou da produção no total mundial.

Apesar das fortes pressões ambientais, a importância econômica do carvão deve crescer, pelo menos no médio prazo, visto que os principais produtores (China, EUA e Índia) são também os maiores consumidores, e vem incrementando fortemente tanto seu consumo, quanto sua produção. No Brasil o consumo deve aumentar, porém em proporções e num ritmo mais lento.

A forte dependência externa, principalmente diante da inevitável expansão do setor siderúrgico brasileiro, é outro fator de incremento desta dependência.

Tabela 31. Carvão, principais estatísticas brasileiras

Especificações	Brasil Importação			Brasil Exportação		
	2004	2005	Δ%	2004	2005	Δ%
Bens Primários	18.464.183	17.310.744	(6,25)	754	1.573	108,62
Hulha antracítica, não aglomerada.	1.566.289	1.561.473	(0,24)	295	152	(48,47)
Hulha betuminosa, não aglomerada.	2.788.985	2.423.600	(13,10)	108	384	255,56
Outras hulhas, mesmo em pó, mas não aglomeradas.	2.064.236	11.765.328	(2,48)	10	10	0,00
Linhito, mesmo em pó, mas não aglomerado.	50	54	8,00	0	5	-
Coques de hulha, de linhita ou de turfa	2.045.539	1.560.182	(23,73)	340	1.022	200,59
Semicoques de hulha, linhito ou turfa	84	107	27,38	1	0	(100,00)

Fonte: SISCOMEX – MDIC/DNPM.

ENXOFRE

Os depósitos econômicos de enxofre situam-se geralmente nas porções superiores de domos de sal, em depósitos de evaporitos e emanações vulcânicas. Sua importância econômica é bastante relevante, sendo utilizado na produção de fertilizantes (principal aplicação), química, de papel, além de várias outras aplicações. Grande parte do enxofre consumido pelo mercado é obtida e como subproduto da produção de ouro e metais básicos a partir de depósitos ricos em pirita e outros sulfetos metálicos.

Os depósitos primários, sobretudo em evaporitos e domos de sal, são minerados de forma similar à extração de sal-gema, isto é, mediante o bombeamento de água quente nos depósitos subterrâneos e posterior sucção da solução rica em enxofre. Merece destaque o fato de que extração de enxofre como subproduto da produção tanto do petróleo quanto de metais apresenta benefícios ambientais, cujo valor agregado vis avisa produção de enxofre primário deve ser levado em conta.

No Brasil, todo o enxofre consumido provém destas fontes.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise das implicações socioeconômicas da exploração dos recursos minerais do ambiente marinho-costeiro revela um quadro dominado por dois contextos bastante distintos e igualmente importantes. O primeiro deles diz respeito à compreensão da importância corrente desses ambientes como fornecedores de matérias-primas minerais, em especial no tocante aos impactos ambientais da atividade. O segundo, menos urgente, refere-se ao

inexorável avanço da atividade às zonas marinhas mais profundas, em busca de minerais metálicos.

No primeiro caso, o conceito de vantagem comparativa será, seguramente, o principal fator regulador da atividade, na medida em que a explotação de depósitos superficiais, em especial os pláceres, limitará a utilização das zonas costeira e marinha-rasa para outras finalidades igualmente importantes para a sociedade, tais como o turismo e a pesca.

A explotação de recursos marinhos profundos, por outro lado, dificilmente será percebida sob o mesmo prisma, seja em função da ausência de usos concorrentes perceptíveis para os fundos marinhos, seja em função da distância física dessas atividades em relação às concentrações humanas. Além disso, muitas dessas atividades deverão se localizar em águas internacionais, onde a tendência é predominar um sistema dominial do tipo "res nuliis".

Assim, o grande desafio que se impõe é assegurar um aporte positivo à qualidade de vida das pessoas e dos demais usuários do meio ambiente marinho-costeiro, em bases permanentes. Essa sustentabilidade somente será alcançada se o conceito de vantagem comparativa também for aplicado à dos depósitos de zonas mais profundas, para as quais, em muitos casos, a geração de riqueza sustentável poderá decorrer da preservação em vez da exploração.

Compreender esse delicado equilíbrio é a chave da sustentabilidade. Tal compreensão somente será possível mediante a construção de um modelo de conhecimento multidimensional, que integre dados científicos de especializações tão diversas quanto à oceanografia, geologia, biologia, climatologia, economia, entre outras.

Talvez o ponto de partida para este conhecimento seja a construção de um modelo econométrico capaz de medir, de maneira individualizada, os fluxos de renda agregados por todas as atividades atualmente desenvolvidas na zona marinho-costeira. Um segundo passo seria dado a partir da identificação e quantificação de sinergias econômicas, isto é, a interdependência entre cada uma dessas atividades, e sua importância (positiva ou negativa) para o conjunto. O terceiro desafio, mais complexo, trata-se da análise de sustentabilidade, isto é, o impacto dessas inter-relações

na evolução positiva da qualidade de vida da sociedade e dos parâmetros ambientais.

A perspectiva de uma crescente e inexorável pressão sobre os recursos minerais marinhos remete-nos ao clichê do Planeta-Água, da Terra-Azul, cuja indispensável consideração implica, antes de qualquer ênfase, à exploração econômica, a necessidade da compreensão de uma nova sociedade, uma comunidade marinha que integre, realmente, a sociedade humana e cujos aspectos socioeconômicos ainda constituem um exercício de futurologia, mais próximo da ficção do que da realidade, dois contextos que, segundo a história tem demonstrado, acabam se confundindo, ao longo do tempo, pela evolução do conhecimento.

Referências

1. BRASIL. Departamento Nacional de Produção Mineral. *Anuário mineral brasileiro, série 1978-2005*. Brasília, 200-.

2. _____. *Balanço mineral brasileiro, 2000*. Brasília, 200-.

3. _____. *Sumário mineral brasileiro, série 1984-2005*. Brasília, 200-.

4. BLUNDEN, J. *Mineral resources and their management*. New York: Ed. Longman House, 1985.

5. DARDENNE, M. A.; SCHOBBENHAUSS, C. *Metalogénese do Brasil*. Brasília: Editora Universidade de Brasília, 2001.

6. HUTCHINSON, C. S. *Economic deposits and their tectonic settings*. London: Macmillan Publishers, 1983.

7. MACHADO, I. F. *Recursos minerais, política e sociedade*. São Paulo: Edgard Blücher, 1989.

8. STANTON, R. L. *Ore petrology*. London: McGraw-Hill Book Company, 1972.

Resumo

A importância econômica dos recursos minerais marinho-costeiros está diretamente relacionada ao papel da mineração na economia e à competitividade desses recursos *vis a vis* outras fontes de suprimento disponíveis. Sob o primeiro aspecto, a compreensão desta importância se faz a partir da mensuração de estoques (recursos e reservas) e fluxos de bens minerais (produção e comercialização). Nesse enfoque, a única diferença relevante entre os recursos minerais marinho-costeiros e os demais bens minerais é a ausência de um tratamento específico, seja no âmbito das informações (estatísticas e análises), seja no âmbito estratégico (conhecimento e gestão). O presente artigo tenta preencher a primeira lacuna (informações) visando subsidiar a solução da segunda deficiência, que é a formulação de uma gestão estratégica desses recursos, a partir de um melhor conhecimento de suas características.

Abstract

The economic importance of the marine-coastal mineral resources is directly related to the paper of the mining in the economy and to the competitiveness of these resources in front of the other available suppliment sources. Under the first aspect, the understanding of this importance it makes from the mensurarion of supplies (resources and reserves) and flows of mineral goods (production and commercialization). In this approach, the only excellent difference between the marine-coastal mineral resources and the too much mineral goods are the absence of a specific treatment, either in the scope of the information (statisticians and analyses), either in the strategical scope (knowledge and management). The present article tries to fill the first gap (information) aiming to subsidize the solution of the second deficiency, that is the formulation of the resources strategical management, from one better knowledge of its characteristics.

O Autor

LUCIANO BORGES é geólogo, pós-graduado em geologia econômica e economia mineral. No serviço público foi diretor-geral do Departamento Nacional de Minas e Metalurgia (DNMM) e secretário nacional de Minas e Metalurgia, além de participação em conselhos de empresas estatais (CPRM e CVRD). Acumula vasta experiência na execução e no planejamento estratégico das políticas públicas para a gestão de recursos minerais. Atualmente é consultor independente.

Tecnologia de pesquisa e lavra de recursos minerais marinhos

Kaiser Gonçalves de Souza
Luiz Roberto Silva Martins

1. Introdução

O desenvolvimento de equipamentos e técnicas para a pesquisa e a lavra de recursos minerais marinhos tem sido um dos grandes desafios para a ciência e para a tecnologia desde a última metade do século passado.

Vários dispositivos e técnicas foram desenvolvidos tanto para investigar o leito oceânico, visando a localização de recursos e o estudo dos ambientes responsáveis por sua origem e concentração, quanto para a lavra dos recursos identificados.

2. Pesquisa Mineral

Para a investigação de recursos minerais marinhos, é fundamental a aplicação de ferramentas que possam coletar dados sobre a espessura, o arranjo e a composição do substrato marinho. De forma geral, as técnicas de reconhecimento utilizadas baseiam-se em métodos indiretos e diretos.

O método indireto consiste na realização de levantamentos geofísicos que mapeiem sistematicamente a cobertura sedimentar. Os métodos geofísicos incluem principalmente a sísmica de reflexão de alta resolução, para a identificação da espessura e da geometria dos depósitos, e os métodos de batimetria - incluindo a batimetria por multi-feixe - e de sonografia, para observação da extensão lateral dos depósitos e das características superficiais da distribuição.

Os métodos diretos de observação consistem em amostragens pontuais da superfície de fundo, incluindo sondagens e filmagens submarinas.

Esses métodos permitem comprovar as interpretações propostas a partir do estudo geofísico, além de permitir a cubagem final dos depósitos existentes.

Os métodos utilizados podem variar de acordo com o tipo de recurso mineral a ser estudado e a profundidade onde ele se encontra.

3. Lavra

Os métodos utilizados para a lavra dos recursos minerais marinhos dependem de suas características físicas, químicas e da profundidade dos depósitos. A título de exemplo, abaixo são descritos os métodos utilizados para a lavra de alguns recursos minerais que ocorrem em lâminas de água rasa, semi-rasa e profunda.

No caso de granulados marinhos, que ocorrem em água rasas, a lavra pode ser feita por intermédio de dragas de caçamba ou dragas hidráulicas, que retiram o material do fundo submarino para grandes barcaças e navios, ou por dragagem hidráulica diretamente para o local de interesse, no caso de projetos de recuperação de praias.

Os dois tipos principais de dragas hidráulicas são: as dragas fixas, indicadas para a retirada de material de reservas espessas localizadas, como é o caso dos canais fluviais submersos; as dragas móveis, que operam sempre em movimento, dragando o material do fundo em jazidas esparsas e de pequena espessura. Essas dragas utilizam bombas potentes, com capacidade para bombear cerca de 2.600 toneladas de material por hora, em lâminas de água de até 50m.

A lavra de pláceres pode ser feita por dragagem hidráulica ou mecânica. Imensas dragas mecânicas, com capacidade para 850 litros (0,85m^3) foram utilizadas na explotação de ouro no Alasca, e posteriormente substituídas por um trator submarino operado remotamente a partir de um cabo umbilical ligado ao navio. Esse veículo, que pesava 25 toneladas, era equipado com uma imensa draga hidráulica com capacidade para sucção de sólidos de até 250 milímetros de diâmetro, acionada por uma bomba de água com capacidade de 9690 litros/minuto. Jatos de água sob forte pressão eram utilizados na boca da draga, para fragmentar os sedimentos semiconsolidados. A vantagem do trator submarino sobre a draga por caçambas foi a de proporcionar maior controle e seletividade quanto ao exato local a ser

dragado, além de maior efetividade de dragagem, com taxas de 120m³/hora em areias e 26m³/hora em cascalho em profundidades médias de 15m (GARNETT, 1999a).

A lavra dos pláceres de praias é normalmente feita por pás-carregadeiras, ou através de sucção hidráulica. Nesse último caso, os sedimentos superficiais são removidos até que seja atingido o lençol freático, criando-se um grande lago onde é instalada uma unidade de dragagem. O material dragado é despejado por gravidade diretamente nos concentradores - espirais de Humphreys -, que fazem a pré-concentração do material antes que este seja encaminhado para a usina para posterior reconcentração e processamento.

A exploração de diamantes na Namíbia e na África do Sul, quando em águas rasas de até 30m, é feita de maneira seletiva por intermédio de mergulhadores, que operam dragas de sucção (*air-lift*) exatamente nos locais de maior interesse, como irregularidades do fundo ou concavidades, onde as concentrações são mais elevadas.

Em águas mais profundas, ou em condições de fundo submarino com blocos e cascalhos volumosos ou fundos endurecidos, são utilizadas sondagens rotativas de largo diâmetro (até 10m), denominadas *Wirth drill*. Tais sondas operam em até 200m de profundidade, de maneira rotativa, como uma gigantesca enceradeira, realizando furos circulares e colhendo os sedimentos até atingir o objetivo. A exploração é realizada pela sobreposição das sondagens circulares à medida que o navio vai avançando, e é controlada por veículos remotos e por submarinos. Veículos submarinos de mineração, operados remotamente a partir de cabos umbilicais ligados ao navio, também são utilizados na explotação de diamantes em profundidades de até 200m. Esses veículos, como no caso da explotação de ouro no Alasca, utilizam sistemas de sucção para retirar os sedimentos do fundo, são capazes de cobrir uma área de até 1000m² por dia, e têm capacidade para retirar 1 milhão de metros cúbicos de sedimentos do fundo do oceano por ano (GARNETT, 1999b).

A lavra do enxofre nativo consiste no processo *Frasch*, cuja eficácia decorre do baixo ponto de derretimento e da baixa densidade desse elemento. O processo *Frasch* pode ser descrito da seguinte maneira: a água superaquecida é injetada sob pressão para abaixo de um sistema de três tubulações

concêntricas; essa mesma água funde o enxofre; o ar comprimido é injetado para abaixo dessa tubulação; a mistura da água quente, do ar e do enxofre derretido é bombeada para a superfície (as bolhas de ar elevam o enxofre).

De acordo com Marques Filho (2004), uma outra maneira de lavra do enxofre nativo é através do Processo Claus, que é o padrão da indústria na redução das emissões de dióxido de enxofre (SO_2) de efluentes gasosos ricos em gás sulfídrico (H_2S). Basicamente, o processo consiste de duas etapas em série: uma térmica e outra catalítica. A cinética do processo é limitada devido à natureza de suas reações principais, que tendem ao equilíbrio. Assim, uma unidade de recuperação de enxofre com três reatores catalíticos, por exemplo, tem capacidade teórica de recuperar 98% de enxofre do gás ácido. Embora a fase térmica do Processo Claus seja responsável por 60 a 70% da conversão total de enxofre, ela tem sido pouco estudada e, ainda hoje, a maior parte dos modelos disponíveis para projetos de novas plantas ou para a otimização das existentes são baseados em relações de equilíbrio ou em equações empíricas.

Na lavra de carvão em depósitos *offshore*, o processo utilizado é o *Underground Coal Gasification* (UCG). Nesse processo, ainda em estágio de desenvolvimento, o carvão é alcançado por meio da perfuração direcional precisamente controlada e submetido a uma queima controlada, produzindo um gás combustível que vai para uma cavidade perfurada na terra, para uma área de recuperação. Os depósitos de carvão de até 8km de distância da costa são acessíveis para o método UCG da terra através de poços de longo alcance.

Em relação à lavra de nódulos polimetálicos, considerável desenvolvimento foi obtido nos últimos 25 anos por consórcios internacionais privados, subsidiados por diferentes governos. A mineração de nódulos polimetálicos envolve a coleta de minério a uma profundidade da ordem de 4.000 a 5.000m.

Diferentes sistemas hidráulicos, desde simples dragas rebocadas até dragas auto-impulsionadas extremamente móveis foram testados. Tais sistemas coletam e enviam os nódulos para a superfície através de potentes bombas a ar ou hidráulicas. Também foram testados sistemas contínuos de caçambas, que consistem em caçambas de correntes de dragagem conectadas a um laço. Outros modelos mais especulativos também foram concebidos.

A lavra de crostas é tecnologicamente mais difícil do que a de nódulos de manganês. Os nódulos se localizam em substrato de sedimento brando, enquanto as crostas são aderidas, com maior ou menor força, à rocha do substrato. Para poder lavrar as crostas, é indispensável recuperá-las sem extrair rochas do substrato, o que diluiria apreciavelmente o valor do minério. Uma das maneiras utilizadas para a lavra das crostas é a utilização de um veículo que se arrasta pelo fundo oceânico conectado a um navio mediante um sistema de elevação por tubos hidráulicos e um cordão elétrico. As crostas se fragmentariam com as garras articuladas do veículo, técnica que permite minimizar a quantidade de substrato rochoso recolhido. Entre os sistemas inovadores propostos, figuram o varredor com jorro de água para separar as crostas do substrato rochoso, as técnicas de lixiviação química *in situ* das crostas quando se encontram em montes submarinos e a separação sônica. À exceção Japão, poucas investigações e desenvolvimento de tecnologias de lavra de crostas foram realizados. Ainda que diversas idéias tenham sido propostas, as atividades de investigação e desenvolvimento dessa tecnologia são incipientes (HERZING et al., 2002).

4. CONTROLE AMBIENTAL

Segundo Silva (2000), medidas de controle e monitoramento ambiental são de uso corrente nas áreas de exploração, sendo mais ou menos efetivas, de acordo com a legislação ambiental vigente e com a eficiência dos órgãos de controle ambiental dos diversos países que participam de atividades exploratórias no mar. Os diversos programas incluem diferentes fases de estudos ambientais durante o empreendimento, sempre incluindo o diagnóstico, avaliação de impacto e monitoramento ambiental. A delimitação das áreas de explotação, conservando-se áreas de maior sensibilidade ambiental, e a limitação da extensão dos blocos e do volume/espessura máxima permitida para explotação, têm sido uma forma comum de controle definida pela regulamentação ambiental de muitos países (por exemplo, África do Sul, Austrália). Outra medida importante é a observação das áreas de descarte e a conservação de áreas de preservação permanente, reconhecidas como áreas de grande produtividade ou como berçários para espécies de importância econômica reconhecida.

5. Desenvolvimento Tecnológico Marinho no Brasil

A partir da descoberta de importantes campos de petróleo na Bacia de Campos na década de 70 do século passado, um conjunto de atividades de engenharia foi implementado para que fosse possível a produção petrolífera no mar, incluindo a fabricação e a instalação de estruturas denominadas plataformas fixas e as operações marítimas para a instalação de equipamentos no fundo do mar para o controle da produção e de dutos para o transporte.

Na década de 1980, com a necessidade de produzir petróleo em laminas de água mais profundas em especial as superiores a 400m de profundidade, grande ênfase foi dada às operações realizadas com o auxílio de robôs submarinos. Uma nova especialidade de engenharia foi então amplamente desenvolvida no Brasil: a Engenharia Submarina, associada ao controle remoto de equipamentos no fundo do mar - denominados equipamentos submarinos de produção -, à aplicação de conceitos de hidroacústica para comunicação no meio marinho, à instrumentação submarina, à aplicação de novos materiais e ao projeto e à instalação de estruturas complexas. Nesse contexto, as plataformas fixas foram sendo substituídas pelas plataformas flutuantes.

A tecnologia marinha avançou rapidamente no Brasil ao longo da década de 90 do século XX consolidando na indústria do petróleo a imagem do país como líder na produção em águas profundas. Esse esforço tecnológico liderado pela PETROBRAS, tem contado com o decisivo apoio das universidades e dos centros de pesquisa nacionais.

Em 1997/98, ocorreram entendimentos preliminares entre o Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT) do Brasil e o governo da Índia para estudar a possibilidade de desenvolver um projeto bilateral de construção de um veículo submersível a grandes profundidades, tripulado para pesquisa, utilizando as tecnologias existentes nos dois países. Entendia-se que o submersível pudesse ser empregado tanto no apoio à instalação de sistemas de exploração submarina de petróleo quanto na pesquisa de recursos minerais e biotecnológicos da Plataforma Continental brasileira e das áreas oceânicas adjacentes.

Do lado brasileiro identificavam-se, como parceiros no desenvolvimento do submersível, dentre outros, o Ministério da Ciência e

Tecnologia, a Coordenação dos Programas de Pós-Graduação de Engenharia da Universidade Federal do Rio de Janeiro (COPPE/UFRJ), o Arsenal de Marinha do Rio de Janeiro e a PETROBRÁS. Do lado indiano, o Instituto Oceanográfico de Goa demonstrou firme interesse em participar do projeto. No entanto, esse projeto não teve continuidade.

Entre os centros de desenvolvimento tecnológico brasileiros com vocação para atuar na área de recursos minerais marinhos, destacam-se o Laboratório de Tecnologia Submarina (LTS), vinculado ao Programa de Engenharia Oceânica da COPPE/UFRJ; o Centro de Pesquisas da Petrobras (CENPES); a Marinha do Brasil e o CETEM.

6. LABORATÓRIO DE TECNOLOGIA SUBMARINA

Vinculado ao Programa de Engenharia Oceânica da COPPE/UFRJ, o Laboratório de Tecnologia Submarina foi criado em 1989 para atender à crescente demanda por tecnologia em águas profundas.

Atualmente, o LTS vem desenvolvendo processos para a explotação de óleo e gás em águas profundas e apoiando a marinha brasileira na segurança da Plataforma Continental. Aborda temas como robótica, infra-estrutura para testes submarinos, hidroacústica, tubos flexíveis alternativos, soldagem submarina, separador de fundo e umbilicais submarinos, além de trabalhar para o desenvolvimento de tecnologias que viabilizem a exploração racional dos recursos do mar e contribuir para o melhor conhecimento da Plataforma Continental brasileira. O LTS já realizou cerca de 6.500 projetos, em parceria com empresas estatais e privadas, com órgãos de governo federais, estaduais e municipais e com entidades não-governamentais nacionais e estrangeiras. Mais de 1.000 contratos de pesquisa e desenvolvimento tecnológico foram realizados com a PETROBRAS.

Os projetos desenvolvidos pelo LTS têm proporcionado capacitação tecnológica e de pessoal para responder aos desafios relacionados à exploração de recursos em lâminas de água cada vez mais profundas.

As principais linhas de pesquisa do LTS são:

• Análise estrutural de dutos submarinos sob diversas condições de carregamento;

• Iniciação e propagação de falha em dutos submarinos;

• Desenvolvimento de equações de projeto para dutos submarinos baseadas em estudos de confiabilidade estrutural;

• Análise experimental do desempenho de cabos umbilicais sob tração e torção;

• Desenvolvimento de concepções alternativas de dutos rígidos e flexíveis para águas profundas;

• Comportamento estrutural de painéis de navios e colunas de plataformas oceânicas;

• Avaliação experimental de equipamentos e estruturas para águas profundas;

• Análise teórica e experimental de colunas de perfuração de poços de petróleo/gás;

• Equipamentos de segurança e controle de poços de petróleo/gás;

• Geração de energia por ondas do mar;

• Recifes Artificiais.

7. Centro de Pesquisas da Petrobras

A área de exploração e produção de petróleo do CENPES é aquela de maior relevância na aplicação de recursos, com uma fatia de R$120 milhões, o que equivale a 39% do seu orçamento para 2001, em torno de R$310 milhões. Uma das metas perseguidas, a de operação a 3.000m de lâmina d'água (águas ultraprofundas), começa a ser viabilizada. Hoje, o recorde de produção da estatal é de 1.877m, enquanto a perfuração atinge 2.783m.

Os investimentos da instituição estão distribuídos em cinco áreas: exploração e produção; abastecimento; gás e energia; distribuição; e internacional. A expectativa é de que os R$310 milhões aplicados em 2001 dêem à Petrobras um retorno de R$2,2 bilhões em cinco anos.

Nos últimos 23 anos, o CENPES, pioneiro no uso do conceito de produção flutuante, enfatizou sempre a inovação e o aperfeiçoamento, com base em sua experiência profissional. O primeiro Programa de Desenvolvimento Tecnológico de Sistemas de Produção em Águas Profundas (PROCAP-1000) foi lançado em 1986 com o objetivo de melhorar a

competência técnica da empresa na produção de petróleo e gás natural em águas com profundidade de até 1000m. Para isso, foram escolhidos como unidade de desenvolvimento, os campos de Albacora e Marlim.

Os resultados obtidos neste primeiro programa e as demais descobertas em águas mais profundas encorajaram a empresa a criar, em 1993, um novo programa, o Programa de Inovação Tecnológica para Sistemas de Exploração em Águas Profundas (PROCAP-2000). Implementado para dar continuidade aos esforços do primeiro, este foi um desafio muito maior.

Movida pelo desejo de colocar em produção seus campos já descobertos em águas profundas, assim como os campos potenciais a serem descobertos à profundidade de lâmina d'água de cerca de 3000 metros, a indústria petrolífera está ampliando e desenvolvendo um conjunto de novas tecnologias. Desta maneira, a Petrobras lançou, em 2000, o Programa Tecnológico da Petrobras em Sistemas de Exploração em Águas Ultraprofundas (PROCAP-3000).

Atualmente, o PROCAP-3000 é executado por meio de projetos sistêmicos focalizando as principais tecnologias consideradas de importância estratégica para os cenários de águas ultraprofundas da empresa.

O CENPES está desenvolvendo um modelo baseado na plataforma de exploração de petróleo, desenvolvida recentemente pela própria Petrobrás, batizado de Mono-BR, que suporte uma sonda de perfuração. Normalmente, apenas as plataformas fixas - viáveis apenas em águas rasas - suportam as sondas, porque as plataformas semi-submersíveis convencionais - utilizadas em águas mais profundas - movimentam-se muito com a maré.

A Mono-BR é uma plataforma com um casco de forma arredondada, oco por dentro, por onde a água entra e sai, o que minimiza os efeitos das oscilações das ondas do mar. A primeira utilização desse tipo de plataforma será no campo de Pitranema, na Bacia Sergipe/Alagoas. A unidade ainda está em construção no exterior e será arrendada pela PETROBRAS.

8. Marinha do Brasil

A Marinha do Brasil vem realizando, desde 1980, um amplo programa de pesquisa e desenvolvimento. Motivada pela necessidade de acompanhar os esforços de atualização científica e tecnológica, e a exemplo de outros

ministérios militares, resolveu implantar alguns órgãos de pesquisa, como o Centro Tecnológico da Marinha em São Paulo (CTMSP), o Centro de Análises de Sistemas Navais (CASNAV) e o Instituto de Estudos do Mar Almirante Paulo Moreira (IEAPM).

Como diretriz fundamental, todos os empreendimentos a cargo do CTMSP são concebidos pela equipe técnica que, em alguns casos, conta com a colaboração de engenheiros e cientistas de outras instituições de pesquisa e de universidades do país. Essa equipe acompanha e fiscaliza as execuções, que são contratadas junto a empresas nacionais altamente qualificadas. Para a consolidação de uma forte e imprescindível "cultura experimental" no âmbito desse programa de pesquisa e desenvolvimento, o CTMSP conta com o Centro Experimental Aramar, no município de Iperó (SP), onde estão instalados seus laboratórios e oficinas especializadas. Esse esforço de desenvolvimento possibilitou a formação de um significativo acervo tecnológico e gerou a capacitação em diversas áreas, o que permitiu que passassem a ser projetados e fabricados no Brasil vários materiais, componentes, equipamentos e sistemas anteriormente adquiridos no mercado externo e que, muitas vezes, não podiam ser importados devido a restrições por parte dos países fornecedores.

Os principais laboratórios do CTMSP são: Laboratório de Materiais Nucleares; Laboratório de Caracterização de Materiais; Laboratório de Desenvolvimento de Instrumentação e Combustível Nucleares; Laboratório de Termohidráulica; Laboratório de Testes de Equipamentos de Propulsão; Laboratório de Qualificação de Produto; Laboratório Radioecológico; Laboratório de Choque, Vibração e Ruído.

Como cliente, o CTMSP utiliza cerca de 150 indústrias nacionais, às quais encomenda a grande maioria dos produtos utilizados nos seus projetos. No entanto, alguns desses itens, devido à pequena quantidade ou à sua sofisticação, são fabricados internamente. Para suprir tais necessidades, o CTMSP montou uma infra-estrutura própria de fabricação, que também pode atender eventuais necessidades do setor industrial, com diversos equipamentos de fabricação com controle numérico computadorizado (CNC).

Cabe ao CASNAV a Avaliação Operacional (AO), poderoso instrumento que, utilizando modernos métodos científicos, permite à

Marinha saber como empregar seus meios de maneira eficaz. A AO possibilita o conhecimento das limitações e das possibilidades dos modernos e sofisticados equipamentos e sistemas empregados na Marinha.

Já ao IEAPM incumbe – a exemplo do que ocorre com as Marinhas modernas - conhecer o ambiente em que opera, aspecto indispensável para aumentar a eficácia de seu desempenho, principalmente em face da modernização dos meios flutuantes, dotados de sistemas e equipamentos extremamente sensíveis e dispendiosos. Desse modo, a missão desse órgão é planejar e executar atividades de pesquisa e desenvolvimento científico e tecnológico nas áreas de Oceanografia, Meteorologia, Hidrografia, Geologia e Geofísica Marinhas, Instrumentação Oceanográfica, Acústica Submarina e Engenharia Costeira e Oceânica, a fim de contribuir para a obtenção de modelos, métodos, sistemas, equipamentos, materiais e técnicas que permitam o melhor conhecimento e a eficaz utilização do ambiente marinho, no interesse da Marinha do Brasil.

9. CENTRO DE TECNOLOGIA MINERAL

No Brasil, um dos principais órgãos de beneficiamento mineral é o CETEM, instituto nacional e eminentemente tecnológico, focado em uma temática definida: atua na pesquisa e no desenvolvimento de tecnologias minerais e ambientais. Sua linha de pesquisa consiste em:

- Tecnologia ambiental e reciclagem;
- Inovação em processos mínero-metalúrgicos;
- Pesquisa de minerais e rochas industriais;
- Gestão sustentável de recursos minerais

A tecnologia ambiental e reciclagem se baseia na otimização do uso da energia e de materiais, na redução do impacto ambiental, assim como na busca pela satisfação social, consideradas características fundamentais para a concepção de projetos no setor. Essa linha de pesquisa envolve estudos diagnósticos voltados à gestão ambiental de áreas mineradas, bem como ao desenvolvimento de tecnologias limpas de reciclagem de materiais e de disposição segura de materiais rejeitados, visando a sustentabilidade da indústria mínero-metalúrgica e áreas correlatas.

A inovação em processos mínero-metalúrgicos tem como objetivo o desenvolvimento de tecnologias para o setor, visando a aumentar a produtividade, reduzir os custos e obter produtos diferenciados, de modo a ampliar a competitividade tecnológica.

A pesquisa de minerais e rochas industriais envolve a implementação de estudos para a modificação das propriedades físicas e/ou químicas dos minerais industriais, e poderá atender a demandas específicas e atuais do mercado, assim como oferecer produtos alternativos, de menor preço. Além disso, implica o desenvolvimento estudos voltados ao aprimoramento de técnicas de lavras e de beneficiamento dos diferentes tipos de rochas ornamentais.

A gestão sustentável de recursos minerais tem como meta o desenvolvimento de metodologias e instrumentos de gestão e informação para auxiliar a tomada de decisões, o planejamento e a implementação de atividades e projetos que visem aprimorar o nível de sustentabilidade da exploração econômica de bens minerais.

10. Áreas de Inovação e Desenvolvimento Científico e Tecnológico

De forma geral, fica evidente que a tecnologia marinha brasileira teve um grande desenvolvimento no que concerne à produção de petróleo e de gás. No que diz respeito à exploração de recursos minerais não petrolíferos da Plataforma Continental Brasileira, o desenvolvimento tecnológico marinho foi quase nulo. Contudo, existe um grande potencial para adaptar e inovar a tecnologia existente à exploração de recursos minerais não petrolíferos da Plataforma Continental e áreas oceânicas adjacentes.

Entre os projetos tecnológico que poderiam alavancar o desenvolvimento sustentado do aproveitamento dos recursos minerais marinhos destacam-se:

• A construção de um submersível de pesquisa tripulado, com alcance de até 4.500m de profundidade;

• A construção de um Veículo Submersível Autônomo, *Autonomous Underwater Vehicle* (AUV), com equipamento de prospecção geofísica,

autonomia mínima de 200km e capacidade de mergulho de até 4.500m de profundidade;

• A construção de Veículos Operados Remotamente, *Remotly Operated Vehicles* (ROVs) para operar em diferentes profundidades, com missões diversas.

Quanto à pesquisa mineral, a adoção de metodologias adequadas e modernas constitui o ponto básico para o exercício ora proposto. Em torno desse propósito gravitam todas as etapas das atividades de bordo - coleta de amostras, testemunhagem, perfilagem sísmica etc. -, passando pelos trabalhos laboratorial e de interpretação de gabinete, realizados com instrumental de última geração disponível no mercado.

Com respeito à explotação dos bens marinhos, é imperativa a realização de uma etapa de investigação científica exploratória desenvolvida de forma adequada, para o conhecimento global do ambiente em termos de processos físicos, químicos e biológicos que conduziram a sua formação. De modo geral, esses trabalhos devem envolver estudos vinculados à evolução paleogeográfica da área a ser trabalhada, à dinâmica sedimentar em termos de energia atuante no ambiente, aos processos químicos e biológicos ligados à geração dos recursos, assim como aos demais parâmetros importantes na fase de exploração, cujos resultados irão constituir uma documentação básica de trabalho na avaliação do potencial dos recursos identificados.

Tais objetivos serão atingidos com a aplicação de técnicas que tenham acompanhado a inovação e o desenvolvimento científico e tecnológico dos últimos anos, pois os laboratórios nacionais de processamento de dados e amostras necessitam urgentemente dessa atualização.

Agradecimentos

À professora Viviane Possamai (Instituto de Letras/UFRGS) e a Maria Luiza Correa da Camara Rosa (CECO/UFRGS) pela eficiente colaboração. As estagiárias da DIGEOM/CPRM, Hyala Queiroz Valente da Silva e Milena de Oliveira Marchão pelas pesquisa na Internet e formação das informações.

Referências

BRASIL. Marinha do Brasil. CTMSP, CASNAV e IEAPM. Disponível em: <https://www.mar.mil.br/ctmsp/>; <http://www.mar.mil.br/casnav/avoper.htm>; <http://www.ieapm.mar.mil.br>. Acesso em: 2007.

CENTRO DE PESQUISA DA PETROBRÁS - CENPES. Disponível em: <http://www2.petrobras.com.br/tecnologia/port/areadeatuacao_exploracaoaguas. asp>. Acesso em: 2007.

CENTRO DE TECNOLOGIA MINERAL - CETEM. Disponível em: <http://cetem.gov.br/servicos_tecnologicos.htm>. Acesso em: 2007.

GARNETT, R. H. T. Marine placer diamonds, with particular reference to Southern África. In: CRONAN, D. S. (Ed.). Handbook of marine mineral deposits. Boca Raton, USA: CRC Press, 1999a. p. 103-141.

HERZING, P. M.; PETERSEN, S.; HANNINGTON, M. D. Polymetallic massive sulphide deposits at the modern seafloor and their resource potential. In: POLYMETALLIC massive sulphides and ferromanganese crusts: status and prospects. Kingston, Jamaica: [s.n.], 2002. p. 7-35. (ISA Technical Study, 2).

LABORATÓRIO DE TECNOLOGIA SUBMARINA – LTS. Disponível em: <http://www.lts.coppe.ufrj.br>. Acesso em: 2007.

M. FILHO, J. Estudo da fase térmica do processo Claus utilizando fluidodinâmica computacional. 2004. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química)- USP, São Paulo, 2004. Disponível em: <http://teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3137/tde-13102004-100123/>. Acesso em: 2007.

PETROBRÁS. Disponível em: <http://www2.petrobras.com.br/tecnologia/port/areadeatuacao_exploracaoaguas.asp>. Acesso em: 2007.

SILVA, C. G. Placeres marinhos. Revista Brasileira de Geofísica, v. 18, n. 3, p. 327-333, 2000.

_____; JUNIRO, A. G. F.; BREHME, I. Granulados litoclásticos. Revista Brasileira de Geofísica, v. 18, n. 3, p. 319-326, 2000.

Resumo

O decorrer das últimas décadas foi caracterizado por um crescente aumento nas atividades relacionadas com a exploração de recursos minerais presentes tanto nos limites das jurisdições nacionais, como além destas. Neste trabalho são abordados elementos relativos aos aspectos tecnológicos de pesquisa e lavra de recursos minerais marinhos presentes na Zona Econômica Exclusiva (ZEE) e na área oceânica adjacente. O texto discute igualmente a potencialidade nacional em termos de centros e laboratórios especializados, engajados na pesquisa tecnológica no ambiente marinho, bem como a utilização de modernos mecanismos, como os submersíveis, na pesquisa oceânica. De forma detalhada, são apresentados aspectos pertinentes à metodologia de pesquisa e lavra de granulados litoclásticos e bioclásticos, pláceres marinhos, fosforitas, crostas cobaltíferas, sulfetos polimetálicos, evaporitos, enxofre, carvão e hidratos de gás.

Abstract

The last decades have been characterized by an increase in activities associated with the exploration of mineral resources in the limits of national jurisdiction and outside. In this paper we discuss aspects related to the technological features of research, mining and processing of marine mineral resources present along the Exclusive Economic Zone – EEZ, and adjacent oceanic area. The paper also discusses the national potential in terms of specialized centers and laboratories engaged in the marine technological research, such as the use of modern mechanisms like the submersibles in the oceanic investigation. Aspects regarding the methodology of the research, mining and processing of the siliclastic and bioclastic aggregateds, marine placers, phosphorites, cobaltiferous crusts, polymethalic sulphides, evaporites, sulfur, coal and gas hydrates are presented in detail.

Os Autores

Kaiser Gonçalves de Souza é geólogo formado na Universidade do Vale do Rio dos Sinos (Unisinos-RS) e doutor em geologia marinha pela Universidade de Paris. Concluiu o pós-doutorado no Instituto de Geociências e Recursos Naturais em Hannover (Alemanha). Fez treinamento em exploração de recursos minerais marinhos patrocinado pela Comissão Preparatória da Autoridade Internacional do Leito Marinho e do Tribunal Internacional das Leis do Mar (Nações Unidas) e especializou-se em assuntos relativos à Convenção das Nações Unidas sobre o Direito do Mar. Atuou como especialista em recursos do mar no Ministério da Ciência e Tecnologia em colaboração com a Comissão Interministerial de Recursos do Mar. Trabalhou como Geólogo Marinho na Autoridade Internacional dos

Fundos Marinhos (Nações Unidas), (Jamaica), onde contribuiu para o desenvolvimento de atividades visando o aproveitamento sustentado de recursos minerais marinhos localizados em áreas oceânicas além das jurisdições nacionais. Atualmente exerce a função de Chefe da Divisão de Geologia Marinha, no Serviço Geológico do Brasil (CPRM), onde sua principal atuação tem sido na implementação do Programa de Avaliação da Potencialidade Mineral da Plataforma Continental Jurídica Brasileira (Remplac).

Luiz Roberto Silva Martins é professor emérito da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), doutor em Ciências, livre docente em Sedimentologia. Fundador do Centro de Estudos de Geologia Costeira e Oceânica (Ceco), do Programa de Geologia e Geofísica da Marinha (PGGM) e do Curso de Pós-Graduação em Geociências. Coordenador Regional do Programme on Ocean Science in relation to Non Living Resources (OSNLR)(COI-Unesco) e do South West Atlantic Coastal and Marine Geology Group (Comar - Brasil, Uruguai e Argentina).

Recursos minerais marinhos: fatos portadores de futuro, prioridades de estudo no Brasil e projetos estruturantes

Kaiser Gonçalves de Souza
Luiz Roberto Silva Martins
Vanessa Maria Mamede Cavalcanti
Claudia Victor Pereira
Luciano Borges

1. Introdução

Em análise sobre a utilização dos recursos minerais da plataforma continental brasileira e áreas oceânicas adjacentes, SOUZA & PEREIRA (2007) estabeleceram dois tipos distintos de bens minerais caracterizados segundo níveis de aplicação em:

a) socioeconômicos, ocorrentes na plataforma continental como granulados litoclásticos, granulados bioclásticos (carbonatos), placeres (ouro, diamante, platina, cromita, ilmenita, rutilo, zircão entre outros), fosforitas, evaporitos, enxofre, carvão e hidratos, que movimentam a economia e gerando empregos a curto e médio prazo;

b) político-estratégicos, que maior do que o valor econômico de sua exploração, possuem acentuada importância estratégica, garantindo o predomínio brasileiro em áreas internacionais adjacentes à jurisdição nacional, que incluem crostas cobaltíferas, sulfetos e nódulos polimetálicos.

Durante o desenvolvimento do "Estudo sobre Mar e Zona Costeira", auspiciado pelo Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE), os autores do presente artigo discutiram com representantes da comunidade científica e empresarial, por meio de reuniões e questionários, aspectos relativos a fatos portadores de futuro, prioridades e projetos estruturantes para os recursos minerais marinhos para o País, procurando estabelecer uma agenda de utilização a ser aplicada a médio e longo prazo.

Estudo similar foi desenvolvido em 1985 pelo "*Programme on Ocean Science in Relation to Non-Living Resources (OSNLR)*, um programa global co-patrocinado pela Comissão Oceanográfica Intergovernamental (COI/Unesco) e pela *Division of Ocean Affairs and Law of the Sea (Doalos/ONU)*. Foi estabelecido um quadro hierárquico na abordagem dos recursos minerais marinhos e que foram distribuídos por meio de três grupos em termos de sua importância:

a) acumulações de interesse econômico e científico global relativo (areias silicosas, vasas carbonáticas ou silicosas), embora reconhecendo que possam ser importantes em algumas áreas;

b) depósitos de interesse econômico futuro, mas de considerável interesse científico (crostas cobaltíferas, sulfetos polimetálicos, nódulos polimetálicos e lamas metalíferas);

c) materiais de importância econômica mas de interesse científico variando desde alto, como no caso do petróleo, gás e zona costeira a moderado, como areia e cascalho, placeres, fosforitas e granulados bioclásticos.

MARTINS (2007) refere que o quadro resultante foi constantemente atualizado no decorrer da vigência do programa (1985 a 2002), levando em conta a disponibilidade, o potencial econômico, o interesse contemporâneo e o nível de esforço sobre o tema.

2. Fatos portadores de futuro

Os fatos portadores de futuro são aqueles sobre os quais ainda não se detêm controle, e que determinarão uma situação inevitável, em função da qual providências deverão ser tomadas para minimizar seus efeitos perversos. Os fatos portadores de futuro considerados de relevância para este estudo são elencados a seguir:

1. Corrida internacional para a requisição de sítios de exploração mineral na Área – nas últimas décadas, dezenas de empresas de mineração envolveram-se diretamente na prospecção de nódulos polimetálicos no leito marinho. Até o presente momento, quase 2.000.000km² de áreas de títulos de mineração já foram emitidos no Oceano Pacífico e no Oceano Índico para a exploração desses

recursos. Tão logo a Autoridade conclua a elaboração de regulamentos internacionais para a exploração de sulfetos polimetálicos e de crostas cobaltíferas, outras áreas de mineração também poderão ser requisitadas para a exploração desse recursos, aí se incluindo áreas do Atlântico Sul, situadas em frente à Plataforma Continental Brasileira. Cabe ao Brasil tomar a iniciativa, de forma a garantir que os recursos minerais da Área adjacente à Plataforma Continental Jurídica Brasileira possa vir a constituir uma reserva estratégica para as futuras gerações brasileiras.

2. Crescente exploração em águas cada vez mais profundas – o desenvolvimento de tecnologia marinha tem possibilitado a exploração dos oceanos em áreas cada vez mais profundas. Esse fato é apontado como portador de futuro por representar, nos âmbito regional e internacional, um componente político-estratégico importante para os países que queiram ampliar sua influência na área internacional dos oceanos. A cooperação com os países que detêm tecnologia mais avançada, que já realizam estudos em áreas profundas, é extremamente recomendável.

3. Erosão Costeira – a erosão costeira trará uma série de danos à Zona Costeira do Brasil, razão pela qual é necessário considerar, dentro dos fatos portadores de futuro, a reconstrução praial. Nesses estudos estarão incluídos não somente a identificação, o dimensionamento e o uso dos granulados, como também o impacto ambiental produzido pela extração e pela conseqüente verificação da durabilidade da obra em cada região onde esta for executada.

4. Exaustão das reservas continentais e restrições ambientais para a mineração de agregados – a areia e o cascalho dragados dos fundos marinhos poderão se constituir em uma importante contribuição à demanda nacional de agregados, o que já ocorre em vários países, substituindo materiais extraídos de fontes continentais e reduzindo a extração em áreas de importância para a agricultura, o turismo ou a conservação ambiental. A maioria das regiões metropolitanas brasileiras encontra-se na Zona Costeira, e as reservas de agregados localizadas dentro ou nas proximidades desses centros urbanos já estão praticamente exauridas, além de estarem submetidas a exigências ambientais cada vez maiores. Os

materiais marinhos podem ser retirados e desembarcados em áreas localizadas nas regiões metropolitanas, o que pode ser um benefício adicional, de vez que evita longas distâncias de transporte terrestre.

5. Crescente dependência nacional dos fertilizantes importados – futuramente, esse aspecto poderá se constituir em um entrave ao desenvolvimento do agronegócio. O aproveitamento dos depósitos marinhos de granulados bioclásticos, fosforita e outros insumos poderá reduzir significativamente as importações ou, quem sabe, tornar o Brasil auto-suficiente em fertilizantes. No caso dos granulados bioclásticos, que totalizam 94% das áreas requeridas para a pesquisa mineral marinha, as pesquisas sobre o cultivo de soja indicaram que esses granulados podem substituir 40% do NPK, com ganhos de 20% em produtividade.

3. Prioridades estabelecidas

3.1 Socioeconômicos

Com base na consulta efetuada junto a vários especialistas, entre os recursos minerais de valor socioeconômico da Plataforma Continental Brasileira, figura em primeiro plano a extração comercial de agregados (areias e cascalhos). Esses bens minerais têm especial importância na recuperação de praias erodidas, um problema ambiental constante na linha de costa brasileira, além de se constituírem em importante insumo à indústria da construção civil.

Em alguns países, como o Reino Unido, os agregados de mar aberto já são explotados para utilização na construção civil, representando mais de 15% da produção total, sendo significante também a produção da Holanda e do Japão.

Os projetos a serem desenvolvidos nesse campo devem estar voltados para a localização e a delimitação destes depósitos, suas respectivas potencialidades em termos de volume, o impacto potencial da mineração sobre o ambiente e a influência sobre os processos costeiros, o que envolve estudos biológicos (MARTINS et al., 1999).

O calcário bioclástico também representa um recurso prioritário face à importância de sua utilização como fertilizante, componente de rações

animais, complemento alimentar, implante em cirurgias ósseas, indústria cosmética, e tratamento de água, esgotos domésticos e industriais. O exemplo de utilização mais intensa desses agregados bioclásticos vem da França, com o uso do chamado *mäerl*.

Os placeres de minerais pesados – cassiterita, ouro, diamante, ilmenita, rutilo, zircão, monazita e magnetita, entre outros – foram indicados na mesma ordem de prioridade pela comunidade, apesar de serem considerados menos urgentes do que os precedentes. As ocorrências de placeres desses minerais são numerosas no Brasil, com algumas plantas de extração em operação.

Por sua importância como fertilizante, as rochas fosfáticas (fosforitas) fecham o ciclo de prioridade 1. A fosforita, produto autigênico que difere essencialmente dos anteriores, nitidamente detritais, ocorre associada a zonas de formação de carbonatos e fenômenos de ressurgência. Tais condições são encontradas unicamente na plataforma continental externa, no talude superior e nos platôs marginais.

Ingressando de forma significante, em uma ordem de prioridades limitada pelo tempo que decorrerá antes de seu efetivo uso como recurso energético, o carvão e os hidratos de gás despertam o interesse de cientistas, órgãos públicos e iniciativa privada. A partir de 2015, a prioridade desse mineral poderá subir de forma acentuada.

Outros depósitos categorizados no mesmo patamar incluem o enxofre e o potássio que demandam ainda estudos complementares, apesar do conhecimento já obtido através de projetos desenvolvidos pelo Serviço Geológico do Brasil (CPRM).

3.2 Político-estratégicos

Dentre os recursos minerais da área internacional dos oceanos que apresentam valor político-estratégico destacam-se, em ordem de prioridade, as crostas cobaltíferas, os sulfetos polimetálicos e os nódulos polimetálicos.

As crostas cobaltíferas são apontadas como prioridade 1 por serem abundantes na área da Elevação do Rio Grande, região contígua ao limite externo da Plataforma Continental Brasileira (MARTINS & NUNES, 2006) e que já vem atraindo o interesse de outros países para o desenvolvimento de pesquisas e de futuras explorações.

A escolha dos sulfetos polimetálicos como segundo prioridade é decorrente do fato de que tais recursos ocorrem associados a organismos de interesse biotecnológico de alto valor comercial. Portanto, a pesquisa simultânea dos dois recursos seria mais atrativa para as agências financiadoras.

Os Quadros 1 e 2 resumem as prioridades discutidas pelos autores, com relação aos minerais de valor socioeconômico e minerais de valor político-estratégico.

Quadro 1. Minerais de valor socioeconômico

Tema	Recurso Mineral	Urgência	Importância	Valor agregado	Prioridade
Recuperação de praias	Areias e cascalhos	Alta	Alta	Alto	1
Suprimentos à construção civil	Areias e cascalhos	Alta	Alta	Alto	1
Fertilizantes e indústria em geral	Granulados bioclásticos (carbonatos)	Alta	Alta	Alto	1
Fertilizantes e indústria química	Fosfatos	Alta	Alta	Alto	1
Diversos (placeres)	Minerais pesados	Média	Alta	Alto	2
Energia	Carvão	Média	Alta	Alto	2
	Hidratos de gás	Baixa	Alta	Alto	3
Fertilizantes e química	Enxofre	Média	Alta	Médio	3
Alimentação e cloroquímica	Sal gema	Baixa	Média	Alto	4
Suprimento de sais de potássio	Evaporitos	Baixa	Média	Alto	4

Quadro 2. Minerais de valor político-estratégico

Tema	Mineral	Urgência	Importância	Valor Estratégico	Prioridade
Minerais político-estratégicos	Crostas Cobaltíferas	Alta	Alta	Alto	1
Minerais político-estratégicos (biotecnologia)	Sulfetos polimetálicos	Média	Alta	Alto	2
Minerais político-estratégicos	Nódulos polimetálicos	Baixa	Alta	Intermediário	3

4. ÁREAS PRIORITÁRIAS

Por concentrar maior variedade de recursos minerais, *a priori* mais susceptíveis de explotação, a agenda de prioridades das áreas é liderada pela plataforma continental interna. Em realidade há uma tendência predominante, e até mesmo uma tradição, dos vários centros e equipes nacionais, de concentrar os estudos de geologia marinha em águas rasas.

Ressalta, desde logo, a existência de dois domínios governados pelo tipo dominante de sedimentação que, por sua vez, geraram duas variedades de recursos de águas rasas extremamente importantes – granulados siliciclásticos e carbonáticos. As duas áreas de ocorrência possuem idêntica pontuação quanto à prioridade e como limite geográfico, a região de Cabo Frio (ao norte carbonáticos e ao sul siliciclásticos).

Outro ponto na indicação da plataforma continental como prioridade 2 é a ocorrência de concentrações de minerais pesados (placeres) que, juntamente com os ocorrentes na zona costeira, constituem recursos de grande valor econômico, usualmente associados a vales fluviais afogados e antigas linhas de praia.

Nessa seqüência, em direção a mar aberto e já em águas mais profundas, ficariam a zona externa da plataforma, o talude superior e os platôs marginais, que abrigam as ocorrências de fosforitas. Entretanto, ainda há aspectos não equacionados sobre a origem dessas fosforitas na margem continental brasileira. Os poucos trabalhos existentes sobre o assunto divergem quanto a essa origem: detrital, calcário fosfatizado ou diagênico nas regiões de ressurgência. Os dados divulgados através do IFREMER MARMIN *Data Base* (LENOBLE et al., 1995) classificam esse tipo de depósito na categoria *phosphorite upwelling* para as seis ocorrências cadastradas até 1995. Em 2003 foi registrada junto ao MARMIN (MARTINS et al., 2003) a existência de nódulos e concreções fosfáticas na margem continental do Rio Grande do Sul, com projeto de estudo detalhado a ser implementado. A citada contribuição incluiu também o registro das ocorrências de minerais pesados na região de Bujurú, os granulados siliciclásticos da plataforma interna e os agregados carbonáticos do Albardão e Carpinteiro, todos ocorrentes na zona costeira e plataforma continental do Rio Grande do Sul.

A área prioritária 3 encontra-se intensamente ligada ao crescente interesse pelos hidratos de gás e à sua ocorrência na Plataforma Continental

Brasileira nos cones do Amazonas e do Rio Grande. Finalmente, existe o nível classificado como intermediário, representado pelo carvão – plataformas continentais do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina –, pelo enxofre e pelo potássio (associados às bacias marginais brasileiras norte e leste), avaliados por estudos desenvolvidos pela CPRM na década de 70 e que, apesar de sua importância, não prosseguiram ao longo dos anos posteriores.

De acordo com BORGES (2007), a importância econômica dos recursos minerais da Plataforma Continental Brasileira está diretamente relacionada ao que a mineração representa para a economia e a competitividade desses recursos frente a outras fontes de suprimento disponíveis. A contribuição da mineração para a economia é indiscutível, seja como produtora de riquezas, seja como geradora de insumos e infra-estrutura para outros segmentos da economia. No tocante à competitividade, a importância dos recursos minerais marinhos será tanto maior quanto mais escassos forem as outras fontes e mais avançada for a tecnologia para viabilização da exploração dos mesmos em bases sustentáveis e ambientalmente seguras.

De uma maneira geral, a escassez é a força propulsora do progresso tecnológico e é avaliada pela relação entre a demanda e a oferta de bens necessários aos padrões de qualidade de vida das pessoas.

Segundo Souza (2006), há três diferentes regiões como ponto de partida para a pesquisa de recursos minerais no oceano profundo:

• A primeira compreende a zona econômica exclusiva e a plataforma continental do Arquipélago São Pedro e São Paulo que, situado a 1.100 km da costa do Estado do Rio Grande do Norte, é parte integrante do território brasileiro. Essa região é o único lugar sob jurisdição brasileira onde existe cordilheira mesoceânica e, conseqüentemente, a possibilidade de ocorrências de sulfetos polimetálicos. Atividades de pesquisa desses recursos nessa região podem reforçar os princípios do Programa Arquipélago (Proarquipelago), desenvolvido pela Comissão Interministerial para os Recursos do Mar – CIRM, com o objetivo de estudar e de ocupar essa distante parte do território brasileiro, assegurando a soberania nacional.

• A segunda região compreende a Elevação do Rio Grande. Esta é sem sombra de dúvida, por onde a pesquisa de crostas cobaltíferas deveria começar, sem esquecer todos os montes submarinos que ocorrem na margem

continental central brasileira e também os montes submarinos da Cadeia Vitória – Trindade.

• A terceira região inclui a Zona Econômica Exclusiva e a Plataforma Continental da Ilha de Trindade e regiões oceânicas adjacentes, que parece ser um bom ponto de partida para a pesquisa de nódulos polimetálicos. Essa atividade também deverá reforçar as ações desenvolvidas pelo programa (Pro-Trindade, criado pela CIRM.

5. PROJETOS ESTRUTURANTES

Projetos Estruturantes são aqueles que, realizados no presente, terão grande impacto no futuro. Conforme mencionado ao longo deste capítulo, alguns projetos estruturantes de grande interesse para o desenvolvimento das atividades de pesquisa e exploração de recursos minerais da Plataforma Jurídica e áreas oceânicas adjacentes são arrolados a seguir:

1) Ampliação e fortalecimento de redes de cooperação em pesquisa marinha, de forma a viabilizar a avaliação do potencial mineral marinho da PCB e realizar a caracterização tecnológica dos recursos minerais de interesse socioeconômico.

2) Criação de um centro nacional de gestão de meios flutuantes e equipamentos oceanográficos e de geologia e geofísica marinha, com vistas à otimização e à viabilização de infra-estrutura básica de pesquisa marinha.

3) Sistematização e integração de informações geológicas e geofísicas da PCB e áreas oceânicas adjacentes, por meio da construção de um Banco de Dados Geo-referenciado, associado a um Sistema de Informações Geográficas e à elaboração de normativas para o levantamento e o armazenamento das informações geológicas e geofísicas.

4) Levantamentos sistemáticos voltados à identificação das características geológicas e geomorfológicas do fundo marinho e do subsolo da PCB, de modo a identificar as diferentes feições geológicas que a caracterizam.

5) Identificação de áreas de ocorrência de novos recursos minerais e levantamento de informações geológicas de base, para o manejo e a gestão integrada da PCB e da Zona Costeira a ela associada.

6) Estudos de viabilidade técnica, econômica e ambiental, para subsidiar a política de planejamento e gestão da Plataforma Continental e da Zona Costeira e das entidades reguladoras, por meio da definição de critérios técnicos para a exploração desses recursos minerais.

7) Fortalecimento das instituições de pesquisa do país, incluindo um programa de formação e capacitação de recursos humanos na área de ciência e tecnologia.

8) Pesquisa e lavra mineral de placeres e granulados siliciclásticos e carbonáticos na PCB.

9) Recuperação da costa brasileira, com base em inventário da potencialidade de areia da plataforma continental interna.

10) Avaliação e adequação da legislação mineral e ambiental, com vista a sistematizar, racionalizar e modernizar o marco legal dessa atividade, levando em conta as especificidades dos recursos minerais marinhos.

11) Pesquisa mineral na área internacional dos oceanos e requisição de sítios de exploração à Autoridade Internacional dos Fundos Marinhos (ONU) em regiões adjacentes à PCB.

12) Cooperações internacionais e regionais, que fortaleçam a presença do Brasil no Atlântico Sul e Equatorial, tanto no que diz respeito à pesquisa de conhecimento do ambiente marinho quanto no que concerne à pesquisa mineral.

13) Geração e/ou adaptação de novas tecnologias de pesquisa mineral e lavra, alicerçadas na sustentabilidade ambiental, social e econômica da atividade.

4. Considerações finais

A consulta realizada junto a centros de pesquisas e cientistas com atividades na área de geologia costeira e marinha no Brasil revelou não somente a concentração maior dos estudos sobre minerais marinhos realizados até agora, como a tendência futura desses trabalhos, não somente em termos de recursos como de áreas a serem pesquisadas.

Nota-se uma preocupação acentuada com os recursos de mar profundo, a maioria vinculados a Área Internacional dos Oceanos adjacente a Zona Econômica Exclusiva, e que possam ter sua exploração solicitada à Autoridade Internacional dos Oceanos (International Seabed Authority).

Dessa forma, como resultado maior da enquête realizada, recomenda-se que além das atividades já em curso na margem continental incluindo placeres, granulados e fosfatos, integrados aos programas Remplac, Granmar e Comar, nosso país possa a prazo relativamente curto iniciar atividades, por meio do Serviço Geológico do Brasil (CPRM), para estudos de águas profundas, tendo como prioridade específica a Elevação do Rio Grande, com o objetivo de marcar sua presença no estudo de importante recurso mineral representado pelas crostas cobaltíferas.

O Brasil como Estado Parte da Convenção das Nações Unidas para o Direito do Mar, tem direito de explorar os recursos minerais da "Área". Levando em conta o valor econômico, real e potencial dos minerais já conhecidos, o Brasil não pode deixar de conhecer e avaliar os recursos minerais dos fundos marinhos adjacentes aos seus limites jurisdicionais. Sob o ponto de vista econômico e político-estratégico torna-se importante requisitar junto à Autoridade a permissão para explorá-los, o que possibilita o domínio sobre essas áreas adjacentes aos limites jurisdicionais brasileiros, que, em termos de segurança nacional, é altamente estratégico.

A realização de estudos sistemáticos, consistentes e aprofundados sobre as ocorrências minerais nessas áreas constitui prioridade de curto prazo.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao Centro de Gestão de Estudos Estratégicos (CGEE) e ao Serviço Geológico do Brasil (CPRM) pelo apoio à realização desse estudo, assim como aos seguintes representantes da comunidade cientifica e empresarial que participaram das discussões sobre diferentes temas relacionados aos recursos minerais marinhos: Antonio José Teixeira, Cezar Cajueiro Pimenta, Fernando Luiz Diehl, Gamboa Luiz Antonio Pierantoni, George Satander Sá Freire, Jose Gustavo Natorf de Abreu, Luiz Rogério Fontana, Maamar El-Robrini, Manoel Barretto da Rocha Neto, Noris Costa Diniz, Reinaldo Santana Correia de Brito, Rinaldo César Mancin, Sidney Luiz de Matos Mello e Webster Ueipass Mohiak.

Referências

BORGES, L. 2007. Aspectos Econômicos dos Recursos Minerais Marinhos. In: Estudo do Mar: importância econômica, política e estratégica dos recursos minerais da plataforma continental brasileira e áreas oceânicas adjacentes. Revista Parcerias Estratégicas, Centro de Gestão e Estudos Estratégicos – CGEE. Número 24. Agosto 2007, p. 191-230 - Brasília, Brasil.

LENOBLE, S.P.; AUGRIS, C.; CAMBON, R.; SAGET, P. 1995. Marine Mineral Occurrences and Deposits of the Economic Exclusive Zones. MARMIN Data Base. Editions IFREMER, 28.p, 274 occurrences, Plouzané Cedex, França.

MARTINS, L.R.; MARTINS, I.R.; WOLFF, I.M. 1999. Sand Deposits along Rio Grande do Sul (Brazil) Inner Continental Shelf. In: L.R. MARTINS & C.I. SANTANA, editors) Non-Living Resources of the Southern Brazilian Coastal Zone and Continental Margin. OAS/IOC-UNESCO/MCT Special Publication:26-38, Porto Alegre, Brasil.

MARTINS, L.R.; BARBOZA, E.G.; CARUSO Jr., F. 2003. Southern Brazilian Marine Minerals Occurrences and Deposits (Contribution to IFREMER MARMIN Data Base). Revista Gravel, vol.1:25-39, Porto Alegre, Brasil.

MARTINS, L.R.; NUNES, S. 2006. Aplicações de Imagens de Satélites Altimétricos na Identificação de Feições do Fundo Marinho. Revista Gravel, vol.4:119-124. Porto Alegre, Brasil.

MARTINS, L.R. 2007. Aspectos Científicos dos Recursos Minerais Marinhos. In: Estudo do Mar: importância econômica, política e estratégica dos recursos minerais da plataforma continental brasileira e áreas oceânicas adjacentes. Revista Parcerias Estratégicas, Centro de Gestão e Estudos Estratégicos – CGEE. Número 24. Agosto 2007, p. 115-136 - Brasília, Brasil.

SOUZA, K.G. 2006. Recursos Minerais Marinhos além das Jurisdições Nacionai: interesse econômico, político e estratégico. Revista Parcerias Estratégicas, Centro de Gestão e Estudos Estratégicos – CGEE. Número 23. Dezembro 2006, p.269-288 - Brasília, Brasil.

SOUZA, K.G.; PEREIRA, C.V. 2007. Minerais do Fundo do Mar. Avanços e Retrocessos das Negociações Internacionais da Convenção das Nações Unidas sobre o Direito do Mar. In: Estudos do Mar: importância econômica, política e estratégica dos recursos minerais da plataforma continental brasileira e áreas oceânicas adjacentes. Revista Parcerias Estratégicas, Centro de Gestão e Estudos Estratégicos – CGEE. Número 24. Agosto 2007, p.11-40 - Brasília, Brasil.

Resumo

Fatos portadores de futuro, prioridades no estudo do potencial mineral marinho brasileiro e projetos estruturantes foram analisados através de consultas e discussões com representantes da comunidade científica e empresarial do setor.

Considerando a condição dos recursos não vivos em termos de importância socioeconômica e político-estratégica, foram estabelecidas categorias de prioridades em: 1) areias e cascalhos, granulados bioclásticos, fosfatos e crostas cobaltíferas; 2) placeres, carvão e sulfetos polimetálicos; 3) hidratos de gás e nódulos polimetálicos; e 4) sal gema e evaporitos.

O panorama de prioridades das diferentes regiões morfológicas do fundo marinho é liderada pela plataforma continental, por concentrar a maior variedade de recursos minerais, usualmente mais suscetíveis de explotação, seguido pelo talude superior, platôs e cones, que abrigam outras ocorrências de importância. Além da margem continental, sobressaem os recursos ocorrentes na Área Internacional dos Oceanos, adjacente a Zona Econômica Exclusiva brasileira.

Abstract

Future carrying facts, priorities and structuring projects regarding the marine minerals potential of the Brazilian Continental Shelf, was analyzed through consultation and discussions with representatives of the scientific and business community.

Considering the condition of the non-living resources in terms of socio-economic and political-strategic importance, categories of priorities were established in: 1. sand and gravel, bioclastic aggregates, phosphorites and cobaltiferous crusts; 2. placers, coal and polymetallic sulphides; 3. gas hidrates and polymetallic nodules; and 4. halite and evaporites.

The landscape of priorities through the different morphologic regions of the marine environment is leading by the continental shelf, that concentrates a large variety of mineral resources, more susceptible to explotation followed by upper slope, marginal plateaus and cones that shelter other important mineral occurrences. Off the continental margin, are prominent the resources linked with the International Seabed Área (Área) adjacent to the Brazilian Exclusive Economic Zone.

Os Autores

Kaiser Gonçalves de Souza é geólogo formado na Universidade do Vale do Rio dos Sinos (Unisinos-RS) e doutor em geologia marinha pela Universidade de Paris. Concluiu o pós-doutorado no Instituto de Geociências e Recursos Naturais em Hannover (Alemanha). Fez treinamento em exploração de recursos minerais marinhos patrocinado pela Comissão Preparatória da Autoridade Internacional do Leito Marinho e do Tribunal Internacional das Leis do Mar (Nações Unidas) e especializou-se em assuntos relativos à Convenção das Nações Unidas sobre o Direito do Mar. Atuou como especialista em recursos do mar no Ministério da Ciência e Tecnologia em colaboração com a Comissão Interministerial de Recursos do Mar. Trabalhou como Geólogo Marinho na Autoridade Internacional dos Fundos Marinhos (Nações Unidas), (Jamaica), onde contribuiu para o desenvolvimento de atividades visando o aproveitamento sustentado de recursos minerais marinhos localizados em áreas oceânicas além das jurisdições nacionais. Atualmente exerce a função de Chefe da Divisão de Geologia Marinha, no Serviço Geológico do Brasil (CPRM), onde sua principal atuação tem sido na implementação do Programa de Avaliação da Potencialidade Mineral da Plataforma Continental Jurídica Brasileira (Remplac).

Luiz Roberto Silva Martins é professor emérito da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), doutor em Ciências, livre docente em Sedimentologia. Fundador do Centro de Estudos de Geologia Costeira e Oceânica (Ceco), do Programa de Geologia e Geofísica da Marinha (PGGM) e do Curso de Pós-Graduação em Geociências. Coordenador Regional do Programme on Ocean Science in relation to Non Living Resources (OSNLR)(COI-Unesco) e do South West Atlantic Coastal and Marine Geology Group (Comar - Brasil, Uruguai e Argentina).

Vanessa Maria Mamede Cavalcanti é geóloga do Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM), especialista em Terrenos Sedimentares, e mestre em geologia na Universidade Federal do Ceará (UFCE). É orientadora da equipe de Desenvolvimento e Arrecadação do 10.º Distrito do DNPM (Fortaleza), e presta assessoria à diretoria-geral do DNPM em assuntos relacionados à pesquisa e lavra de recursos minerais marinhos.

Claudia Victor Pereira é geógrafa, formada pela Universidade de São Paulo em 1984. Desenvolveu atividades profissionais nas áreas de cartografia geotécnica e riscos geológicos urbanos; de assessoria técnica parlamentar sobre questões ambientais na Assembléia Legislativa de São Paulo, com participação nos processos de elaboração sobre recursos hídricos e gerenciamento costeiro. A regulamentação do gerenciamento costeiro no estado foi objeto de estudo no Departamento de

Geografia da FFLCH/USP. Atualmente é assessora parlamentar do Serviço Geológico do Brasil (CPRM), no Congresso Nacional.

LUCIANO BORGES é geólogo, pós-graduado em geologia econômica e economia mineral. Foi diretor-geral do Departamento Nacional de Minas e Metalurgia (DNMM) e secretário nacional de Minas e Metalurgia, além de participação em conselhos de empresas estatais (CPRM e CVRD). Acumula vasta experiência na execução e no planejamento estratégico das políticas públicas para a gestão de recursos minerais. Atualmente é consultor independente.

O Instituto Oceanográfico de São Paulo*

Como foi dito num relatório do Instituto Oceanográfico, há tempos publicado, o Brasil esqueceu, durante quase meio milênio, que à sua frente se estende a imensidade do "Mar Tenebroso" – o Oceano Atlântico. País cheio de riquezas terrestres, não se interessou por essa extensão infinita de água salgada, que lança ondas impetuosas ao longo de suas extensas costas.

As populações do Hemisfério Norte, superpovoado e castigado por um clima muito severo, foram levadas pelas circunstâncias, desde a aurora da civilização, a se voltarem para o mar – fonte de alimentos e de riquezas. Veio depois o desenvolvimento da navegação, passando-se tudo sobre as vagas do "Grande Desconhecido". A curiosidade humana, que aparentemente é estéril e inútil, entrou então em jogo. E disso nasceu a Oceanografia, que na verdade deveria denominar-se Oceanologia.

Depois de vários séculos de hesitações e de passos tacteantes e, também de erros, o material reunido pelo gênio humano começou a cristalizar-se em dados concretos. Ainda em tempos bem próximos, os trabalhos do príncipe Alberto, de Mônaco, sobre oceanografia, eram considerados, fora de um círculo restrito de cientistas e marinheiros esclarecidos, simples divertimento principesco. Mas, pouco a pouco, o mundo se deu conta da enorme importância dos estudos dos fenômenos que ocorrem no mar e sob as suas águas. O erro inicial do homem foi que, sendo um animal terrestre e sempre cheio de egocentrismo, esqueceu que em princípio os continentes não passam de acidentes, pois duas terças partes do globo estão sob o domínio

* Este texto, escrito por um grupo de pesquisadores do Instituto Oceanográfico da USP, fez parte de um conjunto de artigos publicados em 1954, no jornal *Estado de S. Paulo*, em comemoração ao IV Centenário da cidade de São Paulo.

dos mares. Um observador objetivo, que de um outro mundo estudasse o nosso planeta, não teria certamente cometido esse erro, motivo por que seu julgamento teria partido de um ponto exatamente oposto. Concluiria esse observador que, sendo a maior parte do globo terrestre coberta pelos mares, a causa dos fenômenos que nele se passam deveria ser procurada nas regiões dominadas por essas extensões de água. A esse ponto começamos a chegar, nós, os seres essencialmente terrestres, que agora nos vamos dando conta da importância *de la mare aux herengs*.

Desde as primeiras décadas do Século Vinte, verificou-se, porém, grande desenvolvimento das pesquisas marinhas, com a criação de estações marítimas, as quais, como cogumelos, espalharam-se por todas as costas da Europa, América do Norte e Japão. Organizaram-se expedições oceanográficas e hidrográficas, que se aventuraram a longas e difíceis viagens. Construíram-se navios especiais, batisferas, aparelhos complicados e custosos. Comissões e conselhos internacionais se formaram, ao mesmo tempo que se estabeleciam normas e métodos padrões para o estudo do mar. Todos os dias, e em todas as horas, centenas de pesquisadores trabalham, muitas vezes em grande perigo e em condições penosas, com o fim de arrancar os segredos dessa terrível entidade que é o mar.

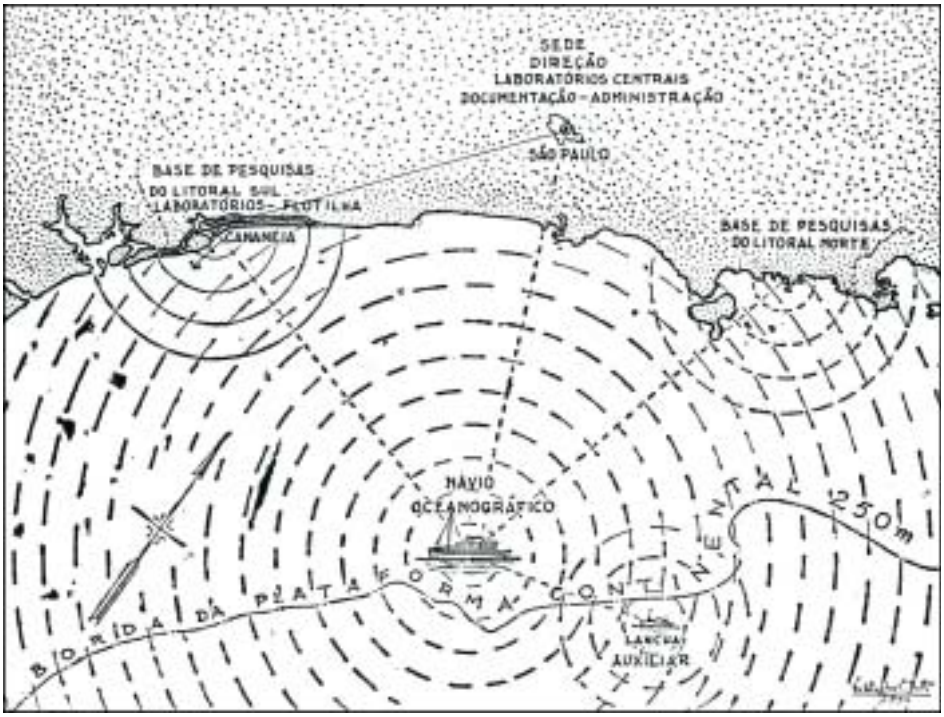
O Atlântico Norte, parte do Ártico e mais da metade do Pacífico foram submetidos a essa pesquisa. Os meteorologistas também se salientaram compreendendo que sem a Oceanografia, sem o estudo dos movimentos das massas de água, não há meio de interpretar os movimentos do ar, ou, por outras palavras, as chuvas, os ventos, as modificações da temperatura. Qual a origem das secas nordestinas em nosso País? O que determina as variações das inundações no vale do Amazonas? Pode-se admitir que se trata de fenômenos puramente locais?

Como já mencionado, foi sobretudo no Hemisfério Norte que se declarou a paixão pelo estudo do oceano. Foi aí que se obteve quase tudo o que se conhece sobre o Atlântico Sul. Foram alguns navios como o "Meteor", em 1925-27, o "Atlantis", recentemente, e outros que vieram do norte para realizar rápidas prospecções nas imensas e pouco conhecidas regiões do Atlântico Sul. Mas uma expedição de percurso linear, que obtém numerosos resultados, não pode resolver o principal problema: o conhecimento dos regimes locais dos fenômenos. Impõem-se pontos fixos de observação – e ninguém discute hoje essa necessidade – de que é prova o fato de a

oceanografia e hidrografia modernas terem estabelecido o sistema de estações oceanográficas fixas, ou, melhor dito, de pontos determinados, onde um navio procede a observações contínuas sobre os fenômenos oceanográficos e meteorológicos durante longos períodos.

Como se viu, foram os homens do Hemisfério Norte que estudaram o mar e, curioso paradoxo, esse Hemisfério é bem mais pobre em mares que o do Sul. Ainda mais, afora a Austrália e parte do Cabo, nada se fez a respeito no Hemisfério Sul. Nada se fez, e a tal ponto que, até o momento, homens dos mais esclarecidos, na América Latina, consideram a Oceanografia uma ciência principesca e demasiado cara em relação à sua utilidade...

Vejamos o caso do Brasil. É um País com 9.000 quilômetros de costas marítimas e um dos maiores planaltos continentais do mundo. Aí, talvez, existam riquezas inigualáveis, quase à vista, embora ninguém saiba coisa alguma a esse respeito. Pior ainda – encaramos o problema às avessas, pois compramos navios de pesca no estrangeiro, mas não sabemos para onde enviá-los. Dos imensos espaços situados diante das costas do Brasil, não se conhece senão o que a Marinha Nacional apura em seus estudos, que têm em vista a navegação e a defesa do território pátrio.



É a tarefa de conhecer esses espaços, tarefa que poderia ser grandiosa, que o pequeno Instituto Oceanográfico se encarregou de atacar. Cheio de entusiasmo, de uma obstinação a toda prova, um pequeno mas eficiente grupo de técnicos nele vem trabalhando com afinco, na convicção de que, se não puder atingir seus objetivos, terá lançado no Atlântico Sul a semente da Oceanografia.

A iniciativa do lançamento dessa semente, por uma coincidência admirável, surgiu num desses momentos de parada, para meditação, que surgem de tempos em tempos na vida dos países e dos povos e que correspondem a intervalos de governos e até de regimes. Foi em 1946. Estávamos já sob o regime da Constituição de 18 de setembro, mas o nosso Estado ainda não tinha constitucionalizado a sua vida e nem escolhido o seu governo legal. Ocupava a interventoria de São Paulo, por delegação do Presidente da República, o Embaixador José Carlos de Macedo Soares que, como um missionário, devia preparar o Estado para se enquadrar na nova ordem político-administrativa que se havia de estabelecer depois de nove anos de ausência dos prélios eleitorais.

É óbvio que um governo assim, sem período determinado, não podia orientar-se por um programa elaborado previamente para ser executado dentro de certo prazo. Podia, entretanto, sem delongas, criar repartições ou serviços que viessem preencher lacunas ou satisfazer necessidades encontradas na administração estatal. Foi o que fez o governo de então ao considerar a imensidade do oceano, antes descrita, e a ausência completa de um órgão técnico ou científico para estudar os mistérios e o potencial econômico, apenas imaginado ou adivinhado no Atlântico Sul.

Com esse propósito foi expedido, a 31 de dezembro de 1946, o decreto-lei nº 16.685 que criou o Instituto Paulista de Oceanografia. Destinava-se a nova repartição ao estudo da plataforma continental do Estado; dos fatores físicos, químicos e biológicos que influem na produtividade das águas marinhas e continentais, estas até o ponto atingido pela influência das marés; as causas que modifiquem essas condições; e, ainda, a flora e a fauna marinhas em geral, e, em particular, as espécies de significação econômica.

Criada a repartição, então subordinada à Secretaria da Agricultura, cogitou o governo de escolher o elemento que devia organizá-la e dirigi-la. Se, como foi dito inicialmente, as questões do oceano eram quase

Trabalhos em colaboração com a Marinha Nacional

desconhecidas ou incompreendidas no Hemisfério Sul, no nosso meio, por assim dizer, era natural que a administração paulista fosse procurar em outras regiões o diretor do novo Instituto. Não tardou, porém, a indicação de quem devia orientar o trabalho que se projetava, organizando e dirigindo a nova repartição científica. Três meses depois, ou, precisamente em março de 1947, com a chegada do professor W. Besnard, iniciava-se, simples e modestamente, numa pequena sala do Departamento da Produção Animal a atividade que havia de expandir-se e desenvolver-se de tal modo, que, ao cabo de sete anos, depois de vencidas dificuldades de toda espécie, pode o Instituto Oceanográfico ser citado entre os órgãos científicos de grande projeção nos meios culturais. Isso só foi possível graças à capacidade de orientar e dirigir do professor W. Besnard, o elemento "que a ciência francesa emprestou à cultura do Brasil".

Não vamos descrever aqui a história desse mais novo Instituto da Universidade de São Paulo, pois isso corresponderia à descrição sucessiva de empecilhos e incompreensões que hoje já não têm significação e nem merecem ser recapitulados. É de se registrar, porém, que, na primeira fase de sua vida, houve um período de melhoras e desenvolvimento que pode

ser contado a partir de julho de 1948 quando lhe foi possível demonstrar a eficiência dos seus trabalhos em contraposição à campanha que então se fez na Assembléia Legislativa. E o resultado de tudo foi benéfico, pois surgiu desse movimento a compreensão de que o Instituto devia ser incorporado à nossa Universidade, medida que coube ao atual governo propor àquela Assembléia e que se tornou realidade com a promulgação da lei nº 1.310, vigente a partir de 5 de dezembro de 1951, quando foi o Instituto Oceanográfico colocado no seu devido lugar.

Dispondo, a partir de então, de verbas próprias, embora modestas, e de relativa autonomia, pode a repartição instalar-se melhor, ainda que em sede provisória, e fazer funcionar as seções que compreendem os seus diferentes setores de atividade.

Poucos meses depois estava o Instituto instalado em prédio localizado na Alameda Eduardo Prado, 698, onde se encontram os seus laboratórios de Oceanografia Física, de Oceanografia Biológica e de Tecnologia Industrial, assim como as suas seções de Documentação e Administração. Além dessas dependências, localizadas nesta Capital, tem o Instituto Oceanográfico a sua base de pesquisas do Litoral Sul, montada em Cananéia, onde são feitas investigações científicas e capturados espécimens da fauna marinha, de significação econômica. Outra base deverá ser instalada no Litoral Norte, para completar os postos de observação indispensáveis ao conhecimento da costa do Estado, em regiões de diferente formação geológica.

Organizado e instalado dessa forma e com esses meios de ação, o Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo conquistou, em pouco tempo, o respeito e o interesse de quantos se vêm dedicando, no País e no estrangeiro, ao estudo da Oceanografia. Demonstração prática desse interesse teve o novo departamento na colaboração que, desde os seus primeiros tempos de atividade, recebeu, nesta Capital, do Instituto de Pesquisas Tecnológicas, da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras, do Instituto Adolfo Lutz, do Instituto de Eletrotécnica e do Instituto Geográfico e Geológico; no Rio de Janeiro, da Diretoria de Hidrografia e Navegação do Ministério da Marinha, do Instituto Oswaldo Cruz de Manguinhos, do Conselho Nacional de Pesquisas e dos Ministérios da Agricultura e Educação e Saúde Pública. Dos Estados Unidos têm recebido valiosa colaboração da Fundação Rockefeller.

O que distingue o Instituto Oceanográfico de muitas entidades técnicas ou científicas, possibilitando realizações de grande interesse é, como pudemos observar, o espírito de grupo que anima e entusiasma os seus funcionários e servidores, os quais, sendo poucos, compensam com dedicação e esforço a deficiência numérica das funções ali exercidas.

Para registrar e documentar o resultado dos diversos serviços que o integram, o Instituto faz publicar o *Boletim do Instituto Oceanográfico* que, sob a direção de João de Paiva Carvalho, chefe da Seção de Oceanografia Biológica, já está no volume IV, fascículos 1 e 2, inserindo com relativa regularidade, trabalhos de real valor que têm merecido referências especiais de cientistas dos grandes centros da Europa e dos Estados Unidos. A excelência desse Boletim está evidenciada no número considerável de permutas que mantêm com os institutos congêneres desses mesmos centros de cultura. São recebidas, em permuta, 10 publicações da Alemanha, 1 da Algéria, 1 da Austrália, 1 da Bélgica, 6 do Canadá, 3 do Chile, 2 de Cuba, 2 da Dinamarca, 3 da Escócia, 4 da Espanha, 1 das Filipinas, 9 da França, 7 da Finlândia, 1 da Grécia, 1 do Havaí, 3 da Holanda, 3 da Indochina, 1 da Islândia, 4 da

Primeiro laboratório instalado numa casa particular no litoral paulista

Inglaterra, 3 da Itália, 1 de Israel, 6 do Japão, 2 da Iugoslávia, 1 do México, 2 de Mônaco, 2 da Noruega, 2 do Peru, 2 da Polônia, 5 de Portugal, 23 dos Estados Unidos, 1 do Uruguai, 1 da Venezuela, além de numerosas separatas enviadas pelos autores. Podemos salientar, entre estas publicações, as mais diretamente relacionadas com as atividades do Instituto Oceanográfico: *Kieler Meeresforschungen*, da Universidade de Kiel, e *Deutsche Hydrographische Zeitschrift*, do Deutsche Hydrographische Institut de Hamburgo, Alemanha; *Proceedings of the Royal Society of Queensland*, Brisbane, Austrália*; Annales de la Societé Royale Zoologique de Belgique; Proceedings of the Royal Society of Canada*; *Revista de Biologia Mariña*, da Universidade do Chile; *Torreia*, de Cuba*; Hull Bulletins of Marine Ecology*, de Edinburgh, Escócia; *Memoires de l'Institut Oceanographique de l'Indochine*; *Bulletin of the British Museum Zoology*, da Inglaterra; *Boletino del Museo e degli Inst. Biologici* da Universidade de Gênova, Itália; *Records of Oceanographic Works in Japan*; *Acta Adriatica* da Iugoslávia; *Boletin del Centro de Documentacion Cientifica y Tecnica*, da UNESCO, México; *Bulletin de l'Institut Oceanographique* de Mônaco*; Publicaciones del Museo de H. Natural Javier Prado*, de Lima, Peru; *Fragmenta Faunistica Musei Zool. Polonice*, da Polônia; *Travaux de la Station de Biologie Maritime de Lisbonne*, de Portugal; *Communicaciones Zool. del Museo de Historia Natural de Montevideo*, Uruguai; *Papers in Physical Oceanography and Meteorology* da "Woods Hole Oceanographic Institution", *Bulletin of the Bingham Ocean. Collection*, "Allan Mancock Foundation Publications" e *Bulletin of the Scripps Institution of Oceanography* todas dos Estados Unidos.

Toda essa atividade, é preciso que se diga, tem sido realizada com escassez de elementos de trabalho. Basta dizer, a propósito, que até hoje o Instituto não dispõe de um navio oceanográfico. Isso, apesar de todas as providências tomadas, e em andamento, para a aquisição pretendida. É que os órgãos fiscalizadores de transações dependentes de autorização do Banco do Brasil não compreenderam, em tempo, a importância e utilidade de um navio destinado às pesquisas oceanográficas, físicas ou biológicas, as quais se devem cingir a considerações de ordem econômica, tendo em vista, principalmente, o objetivo econômico da investigação. Esse problema, ao que parece, está em vias de solução, encontrada que foi uma embarcação dotada de compartimentos e instalações adaptáveis aos trabalhos de pesquisa.

A vida do Instituto Oceanográfico é, também, um paradoxo, pois recebe permuta de publicações e mantém intercâmbio científico com grande número de países distantes e antípodas sendo, entretanto, o Instituto menos

conhecido em sua própria Capital. Sugerimos aos meios culturais de São Paulo, que percebam a existência desse Instituto da Universidade de São Paulo que já está prestando bons serviços ao nosso País.

Com todos os recursos já conseguidos – pessoal especializado, navio oceanográfico, seu principal instrumento de trabalho, aparelhagem científica que será importada etc. – estamos certos de que a semente já foi lançada, já brotou e muito se desenvolverá sob o Trópico de Capricórnio.

Revista Parcerias Estratégicas

A revista Parcerias Estratégicas publica artigos, resultados de pesquisas científicas, documentos, ensaios, resenhas e textos históricos nos seguintes eixos temáticos: inovação tecnológica, cooperação internacional, avaliação e acompanhamento dos programas estratégicos, interação universidade-empresa, estudos prospectivos e visão do futuro, desenvolvimento regional, tecnologia da informação e comunicação, financiamento à pesquisa científica e tecnológica, resgate da história da ciência e tecnologia nacional, resenhas.

Normas editoriais

Parcerias Estratégicas tem a preocupação de publicar artigos que sejam relevantes aos objetivos propostos pela linha editoral estabelecida, portanto, aceita trabalhos que não sejam inéditos ou restritos a autores brasileiros, desde que sejam obras recentes e observadas as seguintes recomendações:

1) Os artigos devem ser enviados completos em arquivo digital, formatados em espaço 1,5 e fonte *Garamond* 12, contendo de 15 a 25 páginas (30 mil a 50 mil caracteres) numeradas. Deve-se juntar ao final do trabalho um resumo em português e inglês (cerca de 120 palavras), que permita uma visão do tema em questão. Evitar utilizar marcações desnecessárias no texto como grifo negrito, itálico, etc. As citações constantes do artigo devem estar entre parênteses, indicando o sobrenome do autor e ano da publicação (ex: Carvalho, 2005). As referências bibliográficas devem ser listadas em ordem alfabética, observando as normas da ABNT. Figuras e imagens são publicadas em preto e branco (portanto devem vir originalmente em PB), em 300dpi no formato JPG, e acompanhadas de legenda e da fonte e/ou autoria.

2) Todos os autores devem ser identificados com o nome completo, formação acadêmica e titulação máxima, cargo atual e vinculação institucional (em até três linhas).

3) As resenhas de publicações recentes devem ter de 5 a 8 páginas (até 15 mil caracteres).

4) Todos os artigos serão submetidos a parecer de consultores especializados, que fundamentarão a decisão final do Conselho Editorial sobre sua publicação. Os textos enviados espontaneamente estão sujeitos à análise prévia de adequação pela editoria da revista.

5) Os colaboradores podem enviar seus trabalhos para: editoria@cgee.org.br.

Maiores informações:
Centro de Gestão e Estudos Estratégicos
SCN Qd. 2 Bloco A, Corporate Financial Center, sala 1102
70712-900, Brasília – DF
Tel.: 61 – 3424.9666
http://www.cgee.org.br

editoraçãocgee