

MINERALOGIA DAS FOSFORITAS MARINHAS NA PLATAFORMA CONTINENTAL SUL BRASILEIRA*MINERALOGY OF MARINE PHOSPHORITES IN SOUTHERN BRAZILIAN CONTINENTAL SHELF*Ricardo Piazza MEIRELES¹, José Gustavo NATORF DE ABREU², Marina Horn BATISTA²

RESUMO: As concreções fosfáticas que ocorrem no ambiente marinho, também chamadas de fosforitas autigênicas, são rochas sedimentares ricas em fósforo na forma de colofano e apatita, associadas a margens continentais de baixa sedimentação terrígena, ricas em sedimentos carbonáticos (CaCO₃). De maneira geral são mais frequentemente encontradas em áreas tropicais até 40° de latitude e em níveis de temperatura da água não muito baixas. Sua formação está relacionada a fenômenos eustáticos, paleoceanográficos e paleoclimáticos, associado ainda, a processos de ressurgência responsável pelo aporte de nutrientes em zonas frontais de massas d'água e a consequente elevação da produção biológica e de detritos orgânicos ricos em fósforo. Desta forma, as fosforitas marinhas podem formar verdadeiros depósitos, localizados principalmente em profundidades que variam de 200 a 800 metros, que podem estar em uma maior ou menor concentração dependendo do tipo de margem continental e da sua latitude. No Brasil ocorrências de fosforitas foram anteriormente citadas para o Platô do Ceará e no Terraço do Rio Grande. Este trabalho visa contribuir com as discussões levantadas a respeito de depósitos de fósforo marinho na Margem Continental Sul Brasileira, através de análises químicas e mineralógicas, bem como incrementar o conhecimento sobre a fosfatogênese na região e o eventual potencial mineral e econômico de seus depósitos.

Palavras-chave: Mineralogia; Concreções fosfáticas; Difractometria; Plataforma Continental Sul - brasileira.

ABSTRACT: Marine phosphorites are sedimentary rocks rich in phosphorus like Phosphoric Oxide (P₂O₅) formed on continental margin of low terrigenous sedimentation. The phosphorus deposition is resulting from the transported nutrients release by the upwelling currents that precipitate the phosphate content. The deposited matter suffers physics-chemistry reworking consisting important phosphate deposits. These deposits have large economic importance to seasoning industries where the phosphorus is the seasoning main constituent and to chemistry application on the manufacture of reagents like phosphoric acid (H₃PO₄) that is the base to manufacture to detergents, inks and pharmaceutical products, etc. The studies did in this work shown occurrences of phosphate rocks between 200 and 800 m depth, since the region of Santa Catarina Island (SC) to Patos' Lagoon (RS). This work had like objective congregate the informations scientific published, reports technician, chemical and mineral analyses integrate them and plot in a way to compose an up-to-date map of marine phosphorites distribution on the south-brazilian continental margin. The compilation of these information together with your deposits morphology and ambient data of the occurrence area will contribute to program "Potencialidade Mineral da Plataforma Continental Jurídica do Brasil", coordinated by "Comissão Interministerial para os Recursos do Mar" (CIRM) and executed by "Programa de Geologia e Geofísica Marinha" (PGGM) of which UNIVALI is effective member.

Keywords: Mineralogy; Fosfatic Concretions; Diffraction; Southern Brazilian Continental Shelf.

1 - Laboratório de Micropaleontologia - Universidade de Brasília. E-mail: meireles@unb.br.

2 - Laboratório de Oceanografia Geológica / Centro de Ciências Tecnológicas da Terra e do Mar (LOG-CTTMar) - Universidade do Vale do Itajaí (UNIVALI). E-mail: gabreu@univali.br.

INTRODUÇÃO

O Brasil possui cerca de 8.000 km de litoral, o que lhe possibilita um estreito relacionamento com o mar estratégico em termos da exploração sustentável dos recursos do mar. Para isso, é indispensável o conhecimento dos oceanos e de seus recursos, através da pesquisa técnica e científica. Embora a água do mar seja rica em elementos de valor econômico, a maioria dos recursos minerais encontrados nos oceanos está relacionada à ambientes geológicos e a interação entre a água do mar e outros agentes, tais como: aporte sedimentar através de rios, atividade biológica e magmatismo.

Diferentes mecanismos de enriquecimento agindo sobre os ambientes e depósitos sedimentares levam à formação de jazidas minerais. Típicos mecanismos de enriquecimento incluem: precipitação, sedimentação, metabolismo biológico, concentração diagenética e atividade vulcânica. Nas margens continentais modernas os sedimentos autigênicos, tais como fosforitas, dolomitos e diatomitos, resultam da alta produtividade orgânica nos sedimentos de fundo estando intimamente associados com o clima e convergência de correntes oceânicas. Determinadas situações paleoceanográficas e paleoclimáticas em áreas de ressurgência proporcionam um elevado aporte de nutrientes, principalmente nitrogênio e fósforo. A presença destes nutrientes, somando-se ao aporte recente, eleva os índices de produção e matéria orgânica e, conseqüentemente, deposição de fosfato, constituindo-se assim, em depósitos potenciais e economicamente interessantes.

Os depósitos de fosforita tendem a ocorrer nas plataformas continentais externas e taludes superiores sob a forma de partículas de tamanho de areia, pequenos nódulos ou ainda, concreções que recobrem grandes extensões do fundo marinho. Sua formação está relacionada com margens continentais de médias a baixas latitudes e a ambientes de baixa taxa de sedimentação terrígena.

Após três décadas de pesquisa nos oceanos, o potencial econômico dos recursos minerais do mar territorial brasileiro ainda está abaixo daquele estimado por diversos relatórios desde a década de 70. No Brasil somente o trabalho conduzido por Guazelli e Costa (1978), cita a ocorrência de fos-

foritas na superfície dos terraços marginais. Após a Convenção das Nações Unidas sobre o Direito do Mar (CNUDM) em 1982 e a introdução da Zona Econômica Exclusiva (ZEE), o Brasil tem assegurado direitos de exploração dos recursos naturais na plataforma continental, prolongamento natural do território terrestre do país costeiro.

O país, como signatário do tratado assume também o compromisso de definir a potencialidade dos seus recursos naturais nessa nova fronteira. Especialmente no caso das fosforitas, este recurso deve ser visto como estratégico. Algumas áreas continentais em franca exploração de rocha fosfática poderão encontrar em breve o ponto de exaustão, como é o caso das áreas de extração em Minas Gerais. Acrescenta-se ainda, o fato de que reservas futuras e áreas a serem requeridas dependerão da legislação ambiental vigente, podendo até mesmo inviabilizar a exploração e as importações refletindo negativamente no equilíbrio da balança comercial brasileira. A potencialidade fosfática da Plataforma Continental Jurídica Brasileira, na região sul do Brasil é o enfoque neste trabalho, pois está sendo considerado como uma das prioridades de pesquisa sobre os recursos marinhos no âmbito do Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM).

Serão reunidas informações a respeito da extensão dos depósitos formados, a mineralogia e o conteúdo biogênico das fosforitas. Alcança-se assim, um aprofundamento no estudo de formação na região contribuindo para a determinação do potencial deste recurso mineral estratégico para o suprimento da demanda nacional destes produtos que é matéria prima na fabricação de fertilizantes e para a indústria química e farmacêutica.

MATERIAL E MÉTODOS

Coleta de dados

Cerca de quinze amostras foram coletadas acidentalmente pela frota pesqueira de Itajaí (SC) por meio de arrastos de fundo, com redes e pesca de espinhel, ao largo dos Estados de Santa Catarina e Rio Grande do Sul, entre 200 e 800 metros de profundidade (Figura 1). Deste total de amostras, cinco foram analisadas quanto à mineralogia e conteúdo

fossilífero. A Figura 2 relaciona as coordenadas das amostras e a localização geográfica de cada uma delas.

Os resultados foram catalogados e compõe

um conjunto de informações a ser introduzido em bancos de dados voltados ao gerenciamento dos recursos naturais.

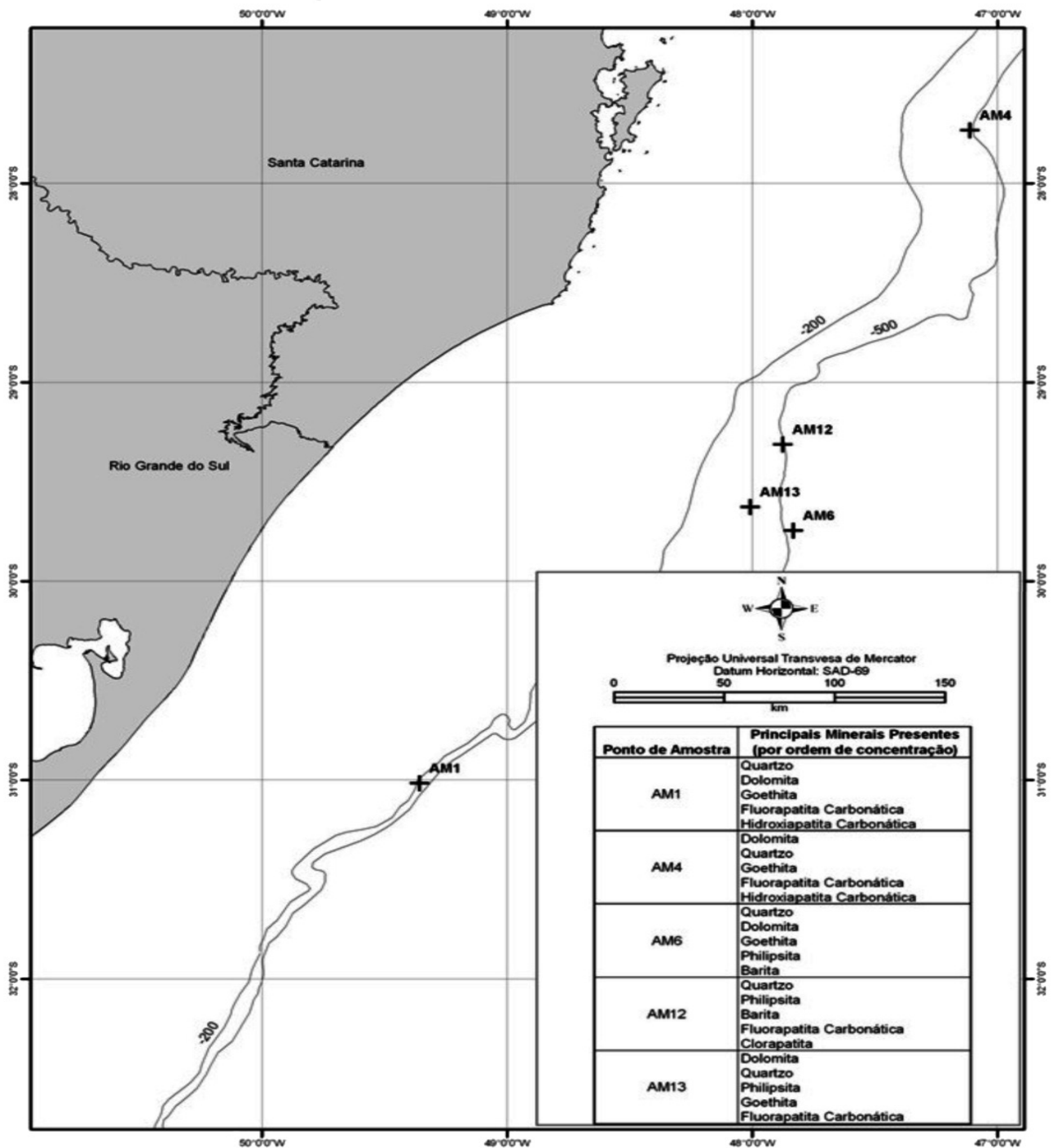


Figura 1: Mapa de localização da área de estudo.

Figure 1: Location map of the study area.

Amostra	Latitude	Longitude	Profundidade (m)
AM-01	31°02,138'	49°22,346'	310
AM-04	27°44,140'	47°06,787'	530
AM-06	29°44,825	47°49,989'	495
AM-12	29°18,864	47°52,500	420-490
AM-13	29°37,708	48°00,499	350-380

Figura 2: Posição geográfica e profundidade das amostras analisadas.

Figure 2: Geographical position and deep sample.

Processamento dos dados

A análise mineralógica foi realizada utilizando o método de determinação por difratometria de Raios-X e pela descrição petrográfica de lâmina delgada em microscópio petrográfico utilizando luz transmitida. As descrições petrográficas foram realizadas na Universidade de Brasília, a difratometria de Raios-X foi realizada no Laboratório de Raios-X da Universidade de Brasília (UnB) e no Laboratório de Mineralogia e Petrologia do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). O georeferenciamento foi realizado no Laboratório de Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto (LABGEO-SR) da Universidade do Vale do Itajaí (UNIVALI). A espacialização dos dados foi concluída com a plotagem sobre a base cartográfica criada para a área de ocorrência das fosforitas.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Análise Petrográfica

As análises petrográficas e difratométricas de Raios-X, utilizadas nas amostras para verificar a composição e concentração fosfática mostram uma grande concentração de quartzo e dolomita envolvidos na matriz fosfática constituída, principalmente, por colofano. A presença de grandes concentrações de carbonatos e carapaças de foraminíferos fósseis nas amostras atestam a constituição biogênica das fosforitas marinhas abrindo uma perspectiva para estu-

dos futuros a cerca da paleoceanografia e reconstituições paleoambientais.

A fosfatização é um processo comum associado à gênese das fosforitas (Slansky, 1986). Uma das etapas envolvidas na sua formação que envolve a substituição do carbonato de cálcio (CaCO_3) biogênico por fosfato (PO_4^{3-}), mecanismo que são discutidos por Baturin & Romankevich (1972) e Baturin (1982) (Figura 3). Nas lâminas, superior direita e inferior esquerda pode-se observar o contato entre o fosfato e o carbonato e onde provavelmente está ocorrendo a substituição do carbonato pelo fosfato, até que a rocha se torne completamente fosfática.

Descrição petrográfica

AM-03: Amostra constituída por matriz fosfática representada por colofano, sendo o arcabouço composto principalmente por grãos de quartzo com cerca de 75%, angulosos a muito angulosos, com dimensão de areia fina a muito fina. Intraclastos fosfáticos de cor escura, angulosa e de tamanhos de areia muito grossa e Bioclastos compondo cerca de 15% na matriz fosfática com carapaças de organismos bem preservadas, do tipo foraminífero Globigerina além de outros fragmentos (Figura 3A).

AM-12: Amostra com intercalações entre fosfatos e carbonatos. Na matriz fosfática representada por colofano, observa-se o arcabouço composto por mais de 90% de grãos de quartzo angulosos, com dimensão variando entre

areia média à fina a muito fina e Intraclastos. Os bioclastos são observados em menores concentrações, cerca de 5% na matriz fosfática, principalmente foraminíferos substituídos pelo fosfato. Na matriz micrítica os bioclastos compõem cerca de 80% do arcabouço, representado principalmente por foraminíferos *Globigerina* sp. São observados alguns grãos de quartzo e intraclastos fosfáticos angulosos a arredondados dispersos na matriz (Figuras 3B e 3C).

AM-13: Amostra de matriz fosfática representada por colofano, sendo o arcabouço composto por mais de 90% de grãos de quartzo bem selecionados de dimensão variando de areia fina a muito fina, arredondados a pouco arredondados e intraclastos micríticos. Os bioclastos compõem menos de 5% e estão dispostos na forma de fragmentos de várias formas, entre elas observa-se forma de bastonetes, margens de valvas, entre outros. Observa-se a presença de pellets raramente compondo menos de 2% do arcabouço.

O quartzo e os aloquímicos flutuam na massa fosfática, que nesse caso mostra-se relativamente pobre em fosfato, aspecto sugerido pela birrefringência relativamente alta do material que constitui a matriz (Figura 3D).

Segundo Slansky (1986), a substituição mais comum nas fosforitas marinhas é a de PO_4^{3-} por CO_3^{2-} , com a introdução de F^- suplementar ajudando a manter a neutralidade elétrica do cristal. O mineral mais freqüente é fluorapatita carbonática ou francolita.

Outra substituição freqüente nas apatitas sedimentares é a de Ca^{2+} por Na^+ e Mg^{2+} . Lehr et al. (1967) tem mostrado que esta substituição é diretamente conectada com aquela de PO_4^{3-} por CO_3^{2-} .

Slansky (1986) discute a relação entre o carbonato e o fosfato. Segundo ele quando a

proporção molar CO_3/PO_4 alcança um determinado valor, cerca de 6% dos íons de Ca^{2+} são substituídos por Na^+ e Mg^{2+} . Por isso, parece que estes dois elementos (em particular Na que é mais abundante e também monovalente) combinam com flúor para preservar a neutralidade elétrica do cristal de apatita quando PO_4^{3-} é substituído por CO_3^{2-} .

A substituição parcial de F por OH é também freqüente nas apatitas sedimentares dependendo da concentração do flúor. Quando a proporção de F é menor que 1%, a apatita é chamada hidroxiapatita carbonática e, quando a proporção de flúor é maior que 1%, a apatita é chamada de fluorapatita carbonática, sendo que o flúor provém da concentração mineral de ossos e dentes geralmente associados com as formações de fosforitas marinhas.

Os difratogramas obtidos a partir das amostras mostraram que o quartzo, a dolomita e a goethita são os constituintes mineralógicos mais comuns. A fluorapatita também é relativamente comum ocorrendo em quase todas as amostras. A hidroxiapatita somente foi detectada na amostra Am-01, a amostra localizada mais a sul, e Am-04, a de maior profundidade.

Difratometria de Raios-X

As análises mineralógicas indicaram um predomínio de quartzo e de dolomita como constituintes das amostras de fosforita.

As Figuras 4, 5, 6 e 7 mostram os resultados das análises realizadas através de difratometria de raios-X.

A calcita está presente nas amostras AM-01 e AM-04 e nas amostras AM-06 e AM-13 este mineral não foi identificado, porém nestas últimas nota-se a presença de chlorapatita. Já para a amostra AM-12 a análise resultante indicou fluorapatita e a cloro-apatita como o segundo constituinte mais importante.

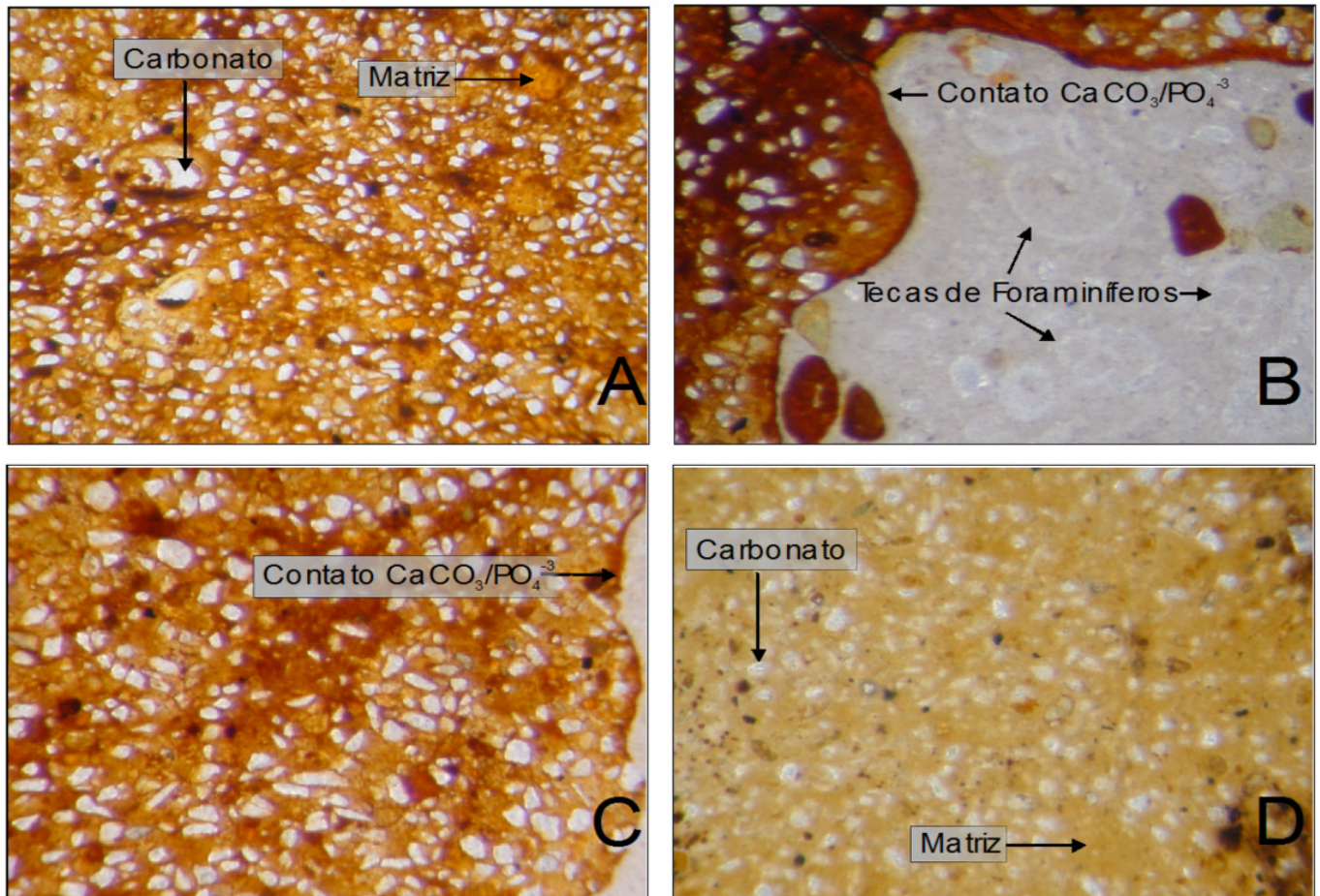


Figura 3: Fotomicrografia das amostras de fosforitas: A) Am-3 onde se observa a matriz fosfática e o arcabouço; B e C) Am-12 onde se observa a matriz fosfática e o arcabouço e contato entre o fosfato e o carbonato da matriz e C) Am-13 onde também se observa a matriz fosfática e o arcabouço.

Figure 3: Photomicrographs of samples from the phosphorite: A) AM-3 where we compare the matrix and the phosphate framework, B and C) AM-12 where we compare the matrix and the phosphate framework and contact between phosphate and carbonate matrix and C) AM-13 where he also notes the matrix and the phosphate framework.

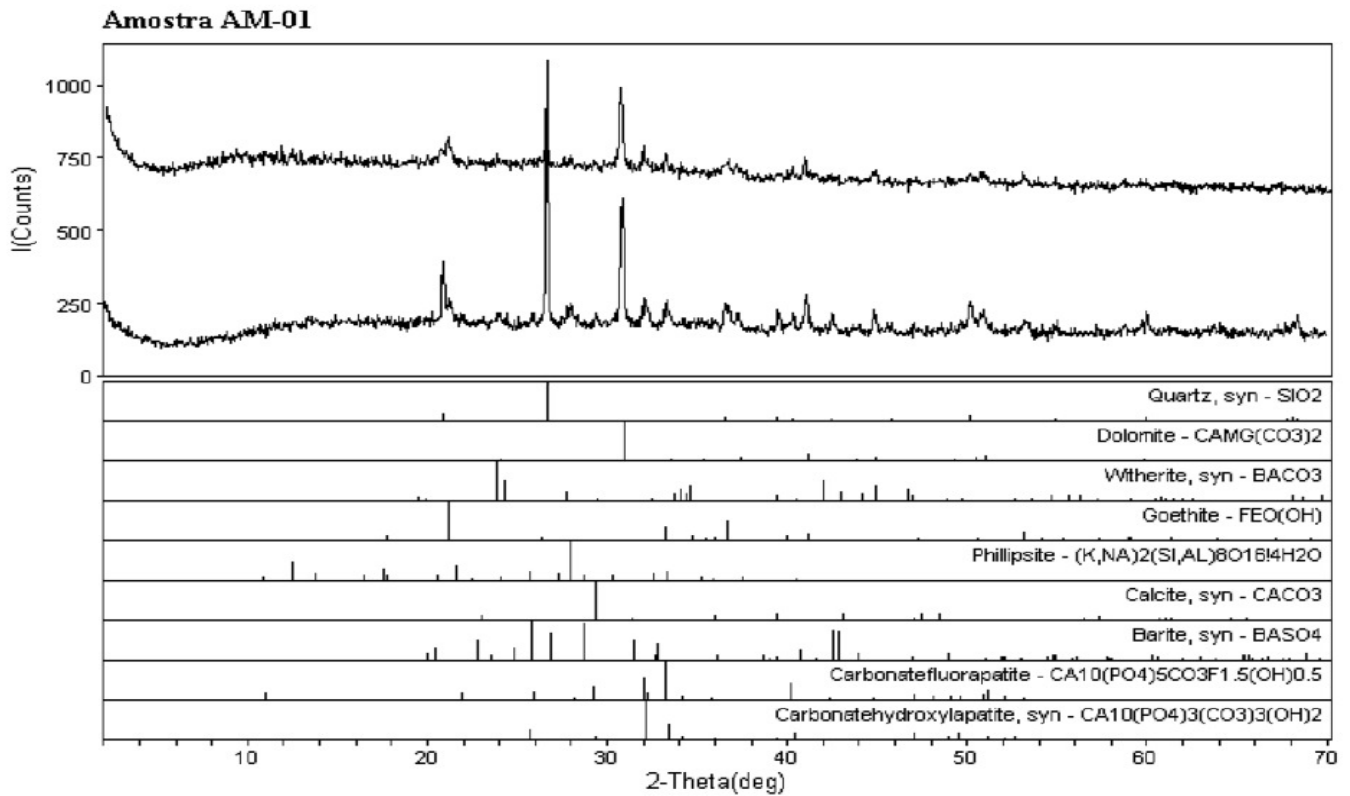


Figura 4: Resultado da análise de Raios-X realizada na amostra AM-01.
Figure 4: Results of analysis of X-rays performed in the sample AM-01.

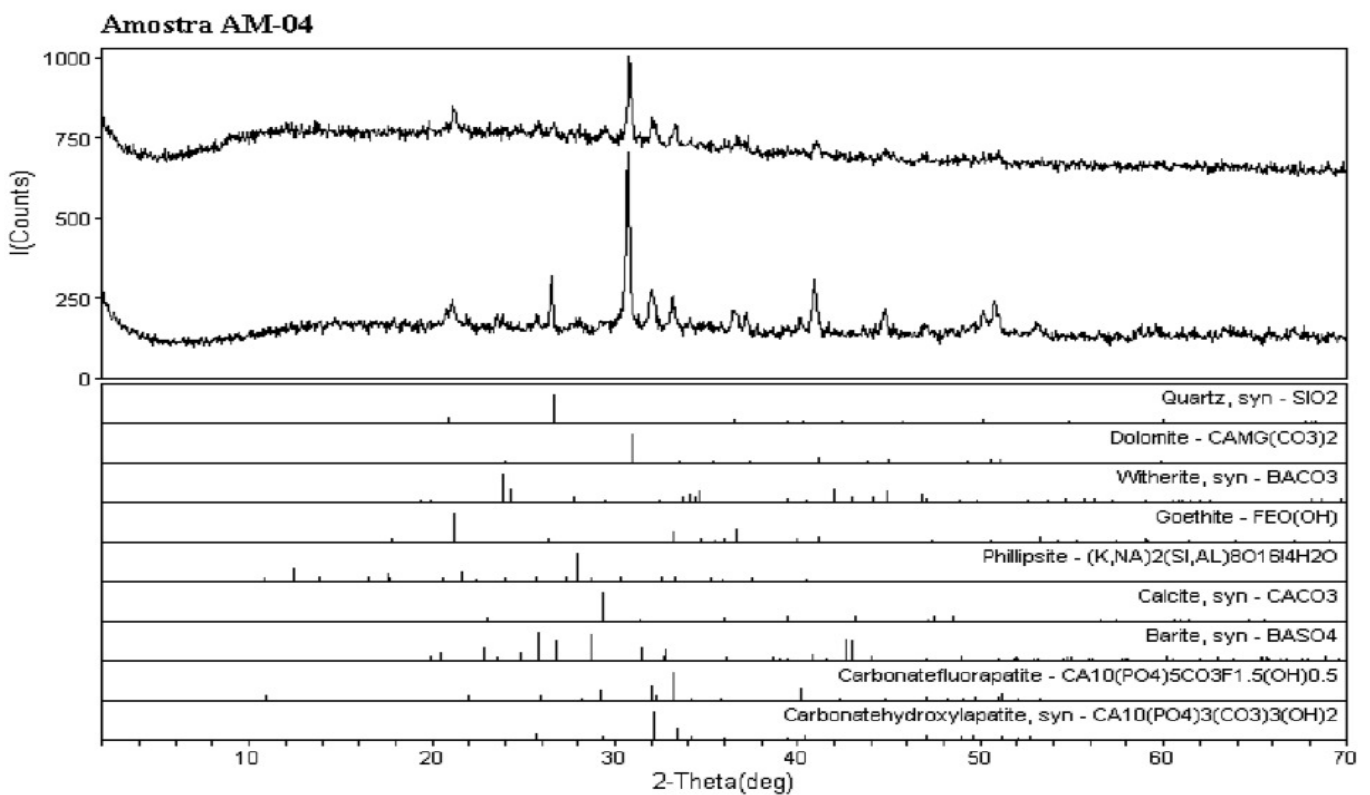


Figura 5: Resultado da análise de Raios-X realizada na amostra AM-04.
Figure 5: Results of analysis of X-rays performed in the sample AM-04.

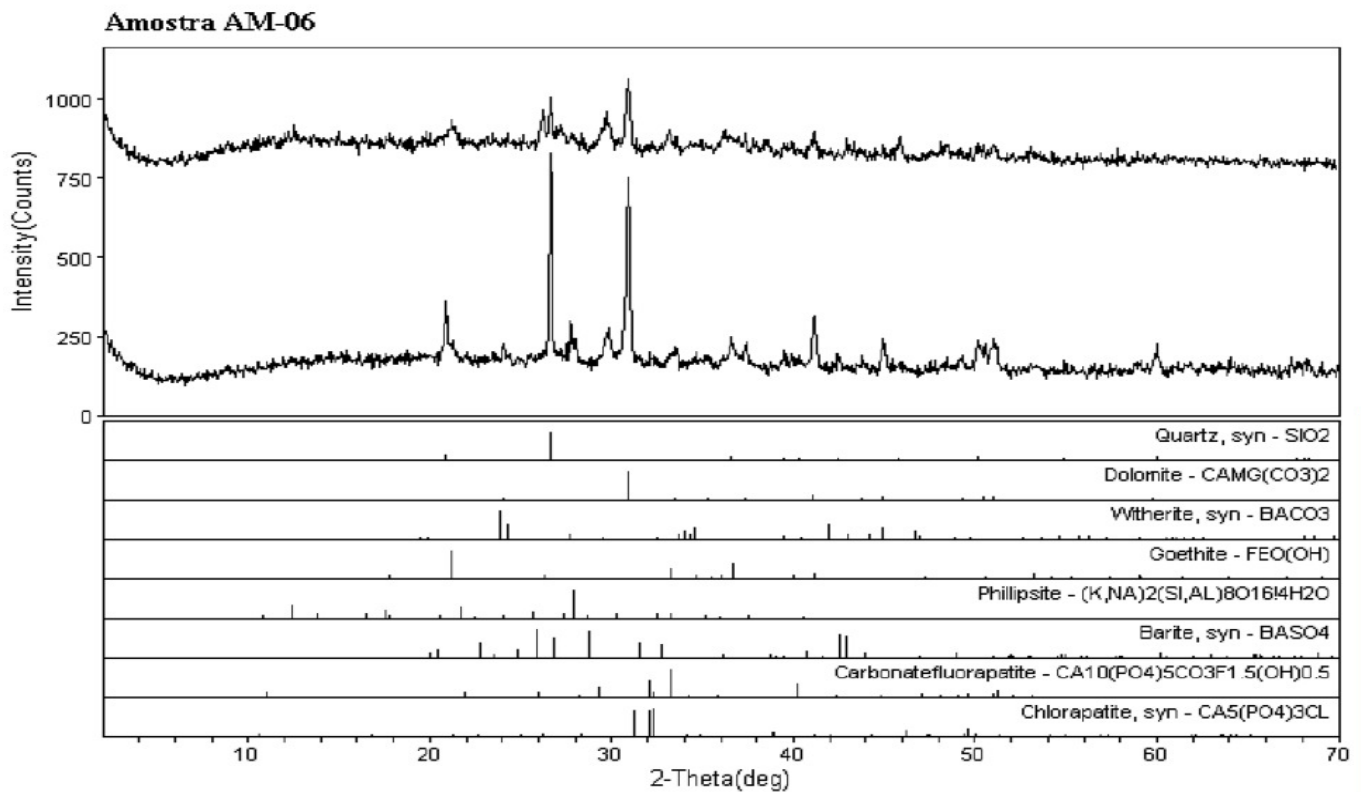


Figura 6: Resultado da análise de Raios-X realizada na amostra AM-06.
Figure 6: Results of analysis of X-rays performed in the sample AM-06.

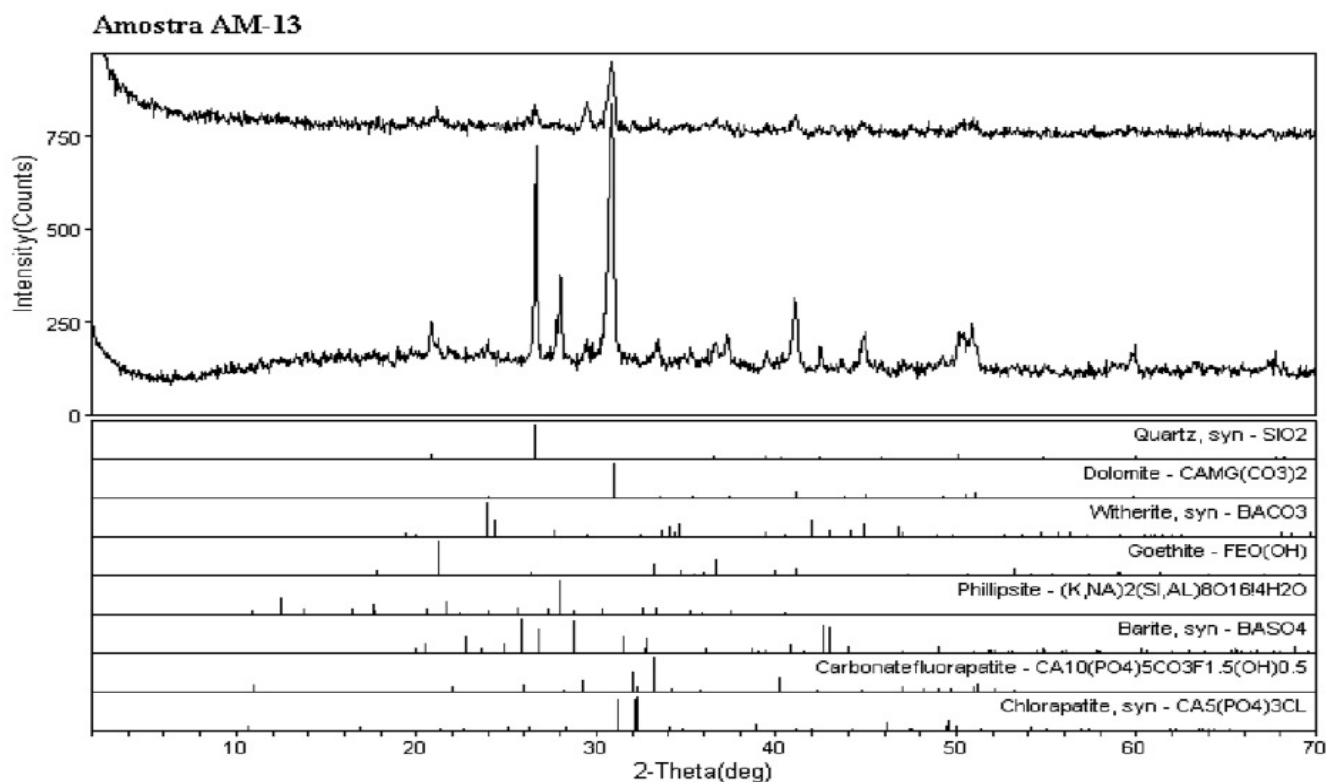


Figura 7: Resultado da análise de Raios-X realizada na amostra AM-13.
Figure 7: Results of analysis of X-rays performed in the sample AM-13.

CONCLUSÕES

As análises mineralógicas mostram que o quartzo é o mineral predominante e é o único existente em todas as amostras analisadas ocorrendo também a dolomita e a goethita. Os principais minerais fosfáticos presentes nas amostras são a fluorapatita carbonática e a hidroxiapatita carbonática e, provavelmente formados através da substituição de carbonato por fosfato e da alta afinidade iônica do flúor pelo fósforo. Outros minerais identificados nos difratogramas são a witherita, phillipsita, barita e a carbonatofluorapatita associadas com processos de substituição e/ou adsorção dos elementos às rochas fosfáticas.

O comportamento da sílica (presente no quartzo que é o mineral mais abundante nas amostras analisadas) no processo de formação de fosforitas é de interesse na conexão com o fato de que algumas concreções recentes de fosforitas estão se formando em vazas diatomáceas silicosas (Baturin, 1969; Baturin, 1982).

Durante a formação de concreções fosfáticas em vazas diatomáceas, o fosfato se adere à superfície das valvas e preenchendo seus poros. Em paralelo com a litificação das concreções fosfáticas, a sílica amorfa é substituída pelo fosfato.

Pode-se concluir que as fosforitas marinhas encontradas na Margem Continental Sul-Brasileira podem ser de interesse geoeconômico devido aos teores de fosfato e outros compostos encontrados nestas rochas, além da importância em se conhecer o ambiente geológico em que estas rochas se encontram e os fatores físico-químicos que as influenciam.

Estudos de cunho paleoceanográfico e paleoambiental poderão ser desenvolvidos no futuro tendo como foco os processos envolvidos na formação das fosforitas já que estes depósitos estão intimamente relacionados aos mecanismos de ressurgência que se manifestam nas margens continentais.

AGRADECIMENTOS

Ao Laboratório de Difractometria de Raios-X (UnB) e a Dra. Edi Mendes Guimarães; ao Dr. José Eloi Guimarães Campos pelo auxílio nas descrições petrográficas; ao Sr. Rodrigo Sperb pela elaboração do mapa de localização das amostras.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BATURIN, G. N. Authigenic phosphorite concretions in recent sediments of the shelf of the southwest Africa. **Dokl. Akad. Nauk, U.S.S.R.**, v.183, n.6, p.227-230, 1969.
- BATURIN, G.N. **Phosphorites on the sea floor: Origin, composition and distribution**. 1.ed. New York: Elsevier, 1982. 354p.
- BATURIN, G. N.; SHISHKINA, O. V.; ROMANOV, V. I. On the bottom sediments, rocks and interstitial waters of the south-eastern sector of the North Atlantic. **Morsk. Gidrofiz**, Issled. v.3, n.62, 1973.
- BURNETT, W. C. **Phosphorite Deposits from the Sea Floor off Peru and Chile: Radiochemical and Geochemical Investigations Concerning their Origin**. 1974. 164 p. Tese (Pós-Doutorado) - Hawaii Institute of Geophysics, University of Hawaii, Honolulu, Hawaii, 1974.
- GUAZELLI, W.; COSTA, M. P. A. Ocorrência de fosfatos no Platô do Ceará. In: **Ocorrência de fosforita e de nódulos polimetálicos nos platôs do Ceará e de Pernambuco**. Rio de Janeiro: Petrobrás, 1978. p. 7-14.
- LEHR, J. R.; MCCLELLAN, G. H.; SMITH, J. P.; FRAZIER, A. W. Characterization of apatites in commercial phosphate rocks. In: **Coll. Int. Phos. Miner. Solides**, Toulouse, v.2, 29-44 p., 1967.
- ROMANKEVICH, Y. A.; BATURIN, G. N. On the composition of organic matter of the phosphorites of the shelf of Southwest Africa. **Geokhimiya**. v.6., 1972.
- SLANSKY, M. **Geology of Sedimentary Phosphates**. 1. ed. New York: Elsevier, 1986. 210p.