



Assembléia de Minerais Pesados da Plataforma Continental - Porção Oeste do Estado do Ceará, Brasil

Narelle Maia de Almeida¹, Loreci Gislaíne de Oliveira Lehueur² (*in memoriam*), George Satander Sá Freire², Denise Maria Santos³ & Antônio Borges de Aguiar Neto⁴

Recebido em 14 de março de 2010 / Aceito em 19 de setembro de 2010

Resumo

O estudo dos minerais pesados constitui-se de grande importância científica e econômica. Os minerais detríticos pesados da porção Oeste da Plataforma Continental do Estado do Ceará foram analisados utilizando-se a metodologia desenvolvida por Parfenoff *et al.* (1970). A assembléia é composta basicamente por ilmenita, turmalina, monazita, hornblenda, silimanita, estaurolita, epidoto, rutilo, andalusita e zircão, porém outras espécies minerais foram encontradas com concentrações menores que 1%. Ilmenita (30,3%) e turmalina (26,9%) foram os minerais que mais se destacaram, estando presentes em todas as amostras e apresentando percentagens consideráveis. A concentração de minerais pesados variou de um valor mínimo de 0,1% (amostra n.º 311), médio de 1,4% e máximo de 9,0% (amostra n.º 143). Este valor máximo pode ser justificado pela proximidade do ponto de amostragem à desembocadura do Rio Curu cujo aporte fluvial pode ter sido responsável pela concentração de minerais pesados. Sugere-se, então, que estes minerais pesados podem ser provenientes dos terrenos cristalinos pré-cambrianos ou dos sedimentos continentais da Formação Barreiras ou dos depósitos eólicos litorâneos.

Palavras-chave: Plataforma continental. Minerais pesados.

Abstract

The study of heavy minerals constitutes big scientific and economic importance. The heavy minerals of West Continental Shelf of Ceará were analyzed using Parfenoff et al. (1970) methodology. The assembly is composed mainly of ilmenite, tourmaline, monazite, hornblende, sillimanite, staurolite, epidote, rutile, zircon and andalusite, but other minerals were found with concentration below 1%. Ilmenite (30,3%) and tourmaline (26,9%) were the most important minerals because they are present in all samples and have substantial percentages. The percentages of heavy minerals varied minimum amount 0,1% (sample n.º 311), medium amount 1,4% and maximum amount 9,0% (sample n.º 143). This maximum amount can be explained by the proximity of the sampling point to the mouth of the Curu River whose river inflow may have been responsible for heavy mineral concentration. Then, it is suggested that these heavy minerals can be derived from Pre-Cambrian rocks or continentals sediments of Barreiras Formation or aeolian coastal deposits.

Keywords: Continental shelf. Heavy minerals.

1. Universidade Federal do Ceará, Departamento de Geologia - UFC, Laboratório de Geologia Marinha e Aplicada - LGMA, Blocos 912/913, Campus Universitário do Pici, 60455-760. Fortaleza, CE, Brasil. narellemaia@gmail.com; 2, Departamento de Geologia, UFC. 3 Pós graduação em Geociências da Universidade Federal de Pernambuco, UFPE. 4, Pós graduação em Geologia da Universidade Federal do Ceará, UFC.

1. Introdução

Minerais pesados são grãos detríticos com alta densidade (acima 2,9 g/cm³) que ocorrem como minerais acessórios em areias derivadas da erosão das rochas. São frequentemente utilizados como ferramenta para a determinação da proveniência sedimentar. Eles podem ser identificados baseados nas suas propriedades físicas ou submetendo-os a um forte campo magnético.

Segundo Tomazelli (1978), o estudo dos minerais pesados representa uma referência para a caracterização dos processos sedimentares de transporte, velocidade de fluxo hidráulico, erosão e deposição, parâmetros que definem os ambientes sedimentares. Maiores ou menores concentrações de minerais pesados podem indicar períodos de tempo nos quais os processos sedimentares manifestaram-se com intensidades diferentes, refletindo níveis variáveis de energia ambiental e, desta forma, constituem uma excelente ferramenta para a reconstituição dos paleoambientes, paleoclimas e paleogeografia.

Os minerais pesados apresentam, também, grande importância econômica; sua concentração e volume são parâmetros importantes que se destacam quando o objetivo da pesquisa está focado na prospecção mineral. Segundo Addad (2001), *placers* são acumulações sedimentares formadas pela concentração mecânica de minerais detríticos de valor econômico, incluindo diversos bens metálicos ou pedras preciosas, originados a partir da decomposição e erosão de rochas-fonte.

Os *placers* apresentam, em geral, concentrações consideráveis de ilmenita, cassiterita, ouro, diamante, monazita, zircão, entre outros minerais estratégicos que em determinadas áreas formam jazidas passíveis de exploração. As principais atividades exploratórias de *placers* marinhos no Brasil concentram-se na zona costeira emersa, onde alguns depósitos de praias atuais e pretéritas são/foram explorados na Bahia, Paraíba, Espírito Santo e Rio de Janeiro. Nestas regiões os principais minerais pesados são ilmenita, zircão, rutilo e monazita (e.g. Serafim & Chaves, 2005).

Os minerais pesados têm sido cada vez mais utilizados pela indústria devido às diversas

descobertas com relação ao seu uso. Em consequência disso, a utilização desse recurso mineral tem crescido mais que a descoberta de novas reservas. Isto tem redirecionado a atenção para as reservas potenciais não exploradas das plataformas continentais tidas, até então, como economicamente inviáveis.

Este trabalho resume os dados obtidos por ocasião de alguns levantamentos geológicos e dos recursos minerais pesados da porção oeste da plataforma continental do estado do Ceará, em que foram identificados e quantificados os teores de cada espécie de mineral pesado, objetivando orientar uma possível exploração sustentável destes recursos minerais marinhos.

2. Localização e características da área

Este trabalho abrangeu a plataforma continental interna e parte da externa, segundo a divisão de Freire (1985) a partir de análises da morfologia e da distribuição dos diversos tipos de sedimentos da plataforma continental, sendo as amostras coletadas até a isóbata de 30 metros da porção oeste da plataforma continental do estado do Ceará (Fig. 01).

A plataforma continental é a parte dos fundos oceânicos que se inicia na linha de costa e vai até a mudança brusca do gradiente. De acordo com Freire (1985), a plataforma cearense tem uma largura máxima na altura do município de Camocim no extremo oeste com 101 km e a mínima na altura do município de Tremembé, extremo leste do estado do Ceará (fora da área estudada) com 41 km. Possui largura predominante em torno de 63 km.

Em quase toda a sua extensão, junto à linha de costa, encontra-se um pequeno declive que é característico e constante. Esse declive é o gradiente da passagem da parte emersa para a plataforma continental propriamente dita. É normalmente estreito nas proximidades de Fortaleza, onde apresenta sua largura mínima, a partir de onde se alarga tanto para oeste como para leste, chegando a ter 8 km de largura. (Freire, 1985).

A plataforma continental interna cearense (0 a 20 metros de profundidade) é caracterizada por esse declive que varia de 0 a 15 metros, tendo uma

Mapa de Localização dos Pontos de Amostragem

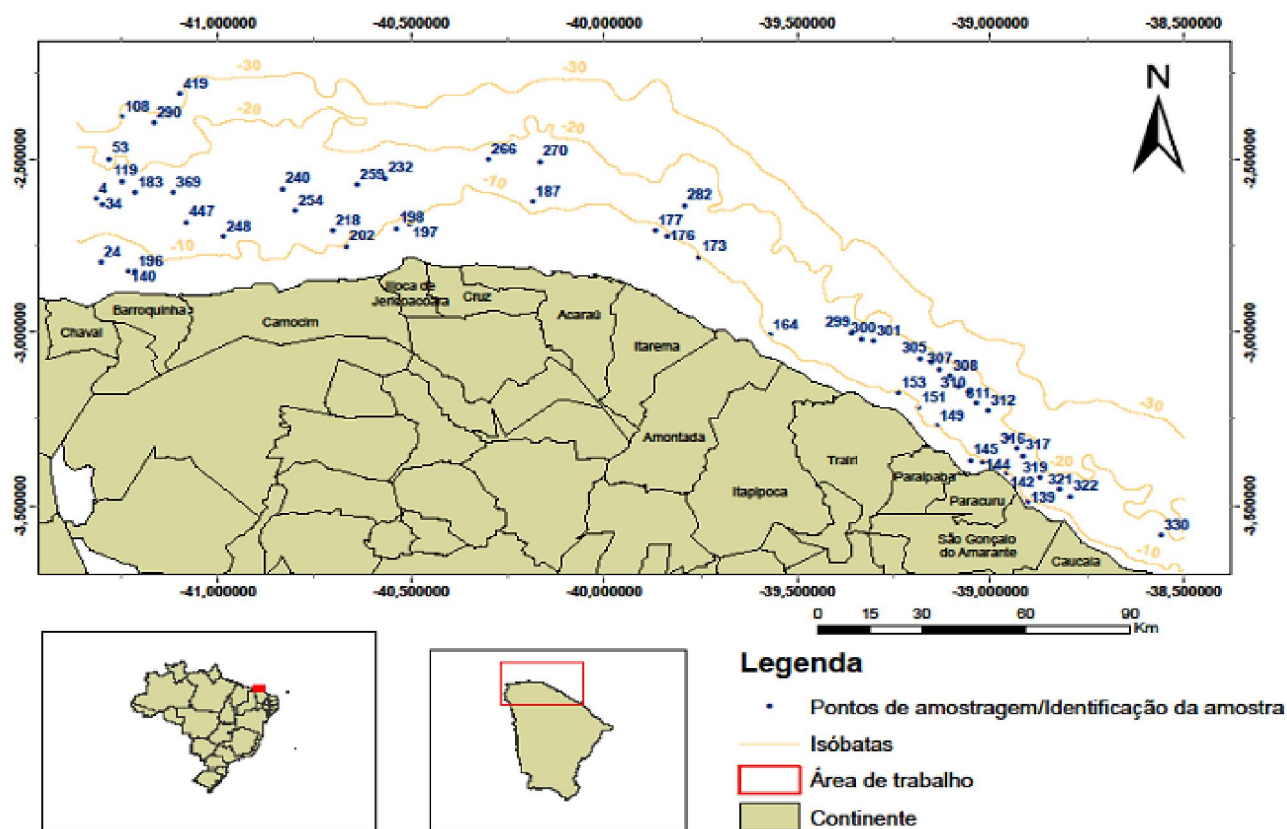


Fig. 01. Mapa de localização dos pontos de amostragem.

maior frequência na isóбата de 10 metros. A declividade varia em torno de 1:670 e a cobertura sedimentar é basicamente areia quartzosa. (Freire, 1985).

A plataforma continental externa cearense vai até a quebra da plataforma, numa profundidade média de 60 metros. A cobertura sedimentar é basicamente areia biodetrítica constituída por componentes esqueléticos os quais são compostos por carbonatos biogênicos com teores de CaCO_3 superiores a 75%. A porção oeste da plataforma externa cearense é constituída pela predominância em ordem decrescente de abundância de algas coralíneas ramificadas/incrustantes, *Halimeda*, foraminíferos plantônicos e moluscos. (Freire, 1985).

3. Metodologia

Foram coletadas 56 amostras de sedimentos marinhos durante os Programas Geocosta II e GranMar utilizando-se o Barco de Pesquisa

Professor Martins Filho pertencente à Universidade Federal do Ceará (UFC) e o Navio Balizador Comandante Manhães pertencente à Marinha do Brasil. As amostras foram coletadas por meio de um amostrador de fundo do tipo Van Veen.

Segundo Parfenoff *et al.* (1970), para se ter um resultado comparável, é necessário se estudar uma mesma fração granulométrica para todas as amostras, o que torna necessário o peneiramento das areias antes de separá-las nos líquidos densos.

A análise granulométrica das amostras foi realizada utilizando-se o método do peneiramento de acordo com a escala granulométrica de Wentworth (1922), sendo analisadas as frações correspondendo a areia muito fina a areia fina (0,062 a 0,250 mm), de acordo com o estabelecido por Parfenoff *et al.* (1970).

Realizou-se pré-tratamento das amostras utilizando HCl 10%. Após esse procedimento, as amostras foram lavadas com água destilada e colocadas na estufa. Foram pesados 10g das

amostras secas para a separação dos minerais pesados.

A separação gravimétrica dos minerais leves e pesados foi realizada utilizando-se bromofórmio (CHBr_3) com densidade de $2,9 \text{ g/cm}^3$ a 29°C .

A identificação e quantificação dos minerais pesados foi realizada sob lupa binocular de acordo com suas propriedades físicas (e.g. Pereira *et al.*, 2005), sendo identificado os seguintes minerais: ilmenita, turmalina, monazita, hornblenda, sillimanita, estauroлита, epídoto, rutilo, andalusita, zircão, cianita, granada, apatita, magnetita, cassiterita e espinélio.

A análise quantitativa para a determinação do teor mineral foi obtida a partir de uma separação aleatória e contagem de minerais num montante de 300 grãos. Posteriormente, os números obtidos foram transformados em porcentagens.

O Programa ArcGIS versão 9.2 foi utilizado para a elaboração dos mapas de localização e de isolinhas de concentração.

4. Resultados e discussão

Os minerais pesados nas amostras analisadas apresentam concentrações que variam de 0,1% (amostra 311) a 9,0% (amostra 143), com valor médio da ordem de 1,4% (Fig. 02). A distribuição irregular das concentrações desses minerais pode ser justificada pela distribuição das amostras ao longo da ampla área estudada (Fig. 01).

Algumas amostras apresentam elevadas concentrações e, portando, mereceram maior atenção, pois sob o ponto de vista da geologia econômica pode ser observada uma tendência para a formação de *placers* de minerais pesados. (Fig. 03). De acordo com Palma (1979), quando os minerais pesados são encontrados em concentrações maiores que 1% em relação à fração estudada podem tornar-se viáveis economicamente para a exploração e são, então, depósitos conhecidos como *placers*.

A maior concentração de minerais pesados foi observada próxima à desembocadura do Rio Curu, que tem sua foz na divisa dos municípios de Paracuru e Paraipaba, cujo aporte fluvial pode ter sido responsável pela concentração de minerais pesados nessa área. (Fig. 03).

Na amostra 143 a concentração chegou a 9,0%, sendo cercada por amostras com concentrações em torno de 4,5%, correspondendo às amostras: 139 com 4,5%, 142 com 3,7%, 149 com 5,2%, 151 com 4,4% e 322 com 5,1%. (Figs. 01 e 03).

As espécies de minerais pesados apresentam também concentrações diversificadas. Ilmenita, com teor médio de 30,3%, e turmalina com 26,9% são os principais minerais e estão presentes em todas as amostras (Fig. 04). Seguem-se a monazita, com teor médio de 8,2%, que não está presente em apenas duas amostras (CE 183 e CE 290), hornblenda com 7,5%, sillimanita com 7,4%, estauroлита com 6,0%, epídoto com 5,3%, rutilo 3,9%, andalusita com 1,8% e zircão com 1,3% (Fig. 04). Os minerais que ocorreram com porcentagens menores que 1% correspondem, entre outros, a cianita, granada, apatita, magnetita, cassiterita e espinélio.

Os maiores teores de ilmenita e turmalina na área estudada condizem com os resultados obtidos por Santos *et al.* (2005), referente à análise dos minerais pesados da Plataforma Continental Interna Leste do Estado do Ceará, onde os minerais ilmenita e turmalina encontram-se em iguais proporções e juntos correspondem a quase dois terços de toda a presença mineral local.

A ilmenita (FeTiO_3), mineral que obteve a maior média, de acordo com Froes (1987), apresenta grande importância econômica, sendo o titânio metálico usado em indústrias metalúrgicas, químicas, elétricas e cerâmicas. Devido às suas características de opacidade, alvura, resistência ao ataque químico, poder de cobertura e ausência de toxidez, é amplamente utilizado na fabricação de pigmento empregado nas indústrias de tinta, papel, plástico, borracha, fibras, vernizes, entre outros (Ellis, 1987). Em 2002, o consumo mundial do pigmento foi estimado em 4,1 milhões de toneladas (Gambogi, 2003).

A turmalina, com a segunda maior média, é usada em eletrotécnica e possui alto valor no mercado comercial como gemas, sendo muito utilizada em joalherias. Segundo Lameiras (2005), observa-se um crescente número de pedidos de patente para usos industriais da turmalina, como por exemplo,

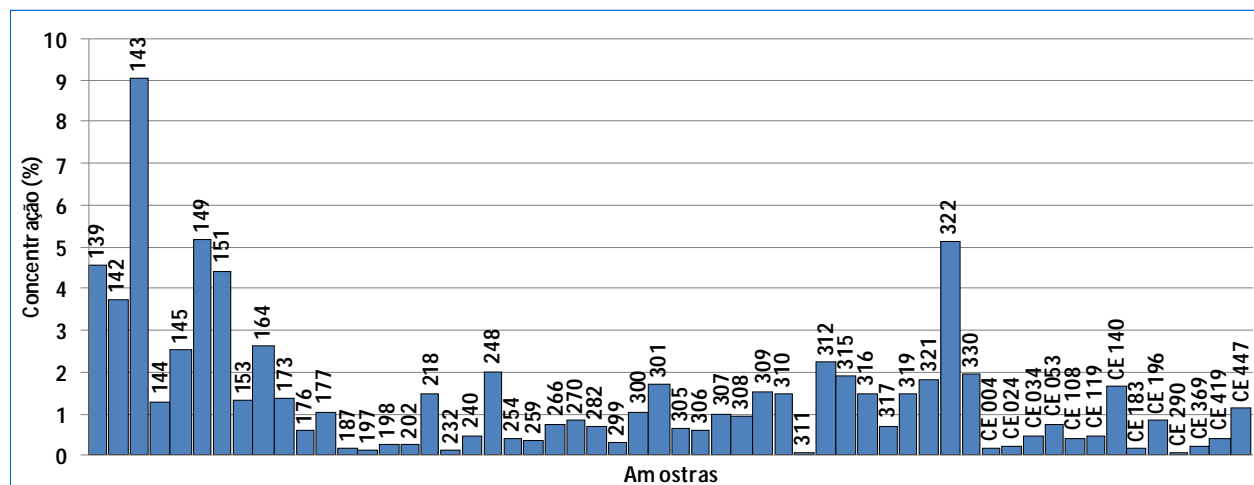


Fig. 02. Concentração de Minerais Pesados em relação ao peso total da amostra.

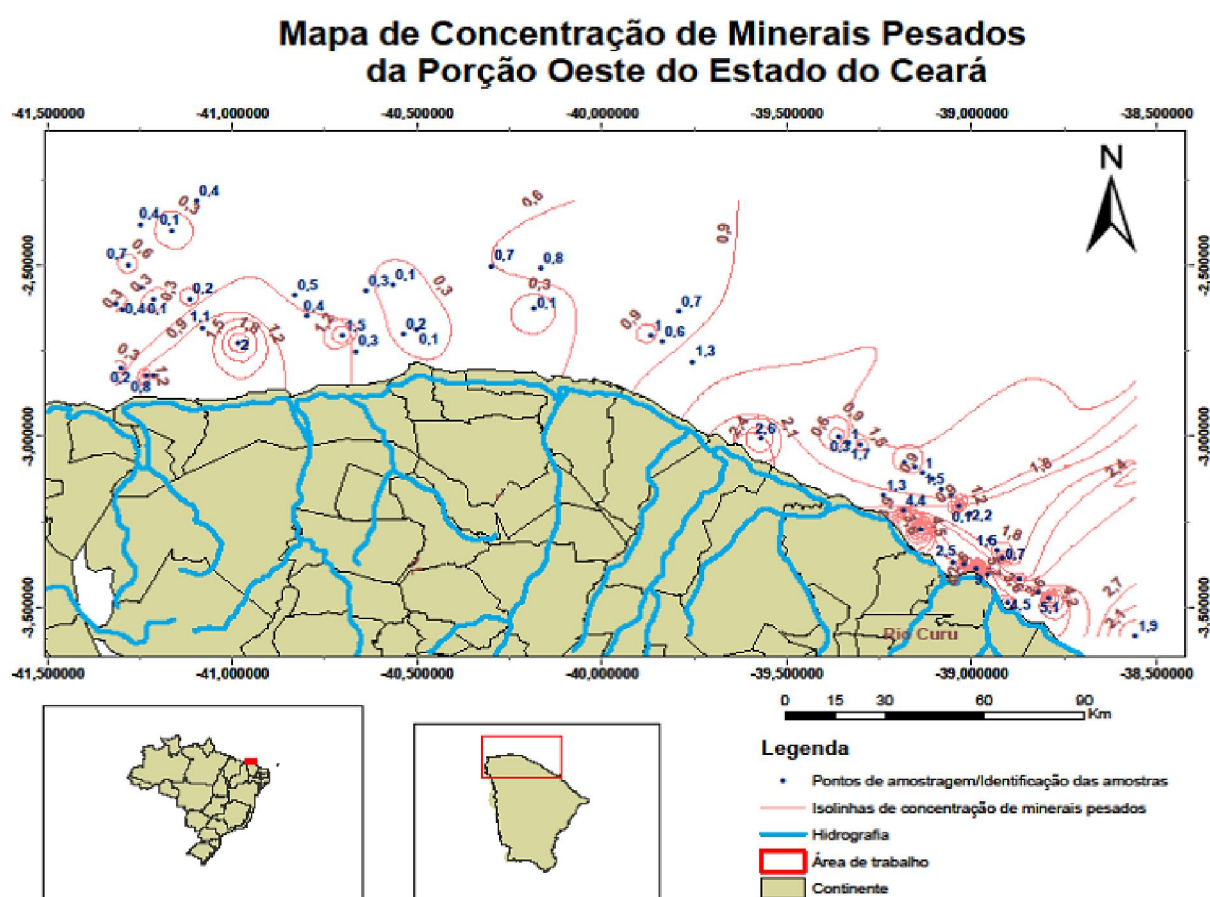


Fig. 03. Mapa de concentração de minerais pesados mostrando os teores através de isolinhas de concentração.

para produtos para tratamento de água, purificação de ar, cosméticos, argamassas, agricultura, tintas e roupas.

5. Conclusões

A assembléia de minerais pesados da plataforma continental oeste do estado de Ceará é composta basicamente por ilmenita, turmalina, monazita, hornblenda, silimanita, estauroлита, epidoto, rutilo, andalusita e zircão.

teores de ilmenita (30,3%) e turmalina (26,9%) são consideráveis, podendo dar às empresas mineradoras indicativos sobre locais onde procurar jazidas desses recursos não-renováveis. As empresas devem, então, aprofundar os estudos e definir a incidência ou não de uma jazida mineral de valor econômico.

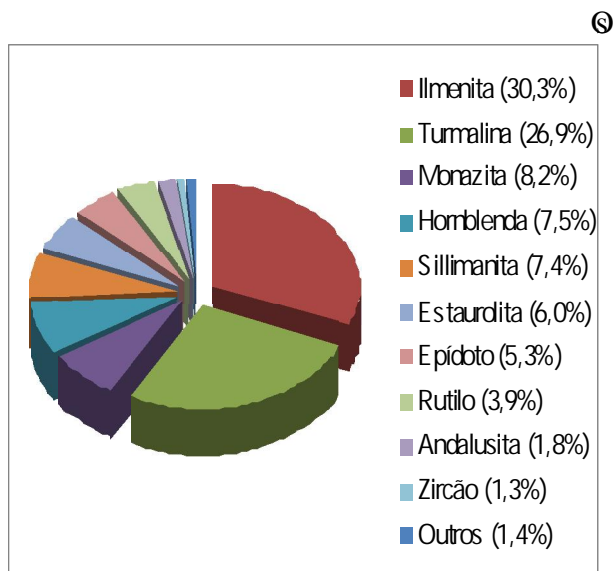


Fig 4. Diagrama circular baseado nas porcentagens médias de ocorrência dos minerais pesados encontrados nos sedimentos da área de estudo.

Como em vários países foi proibida a extração direta nas praias, devido às implicações imediatas no estoque de areias, facilitando a erosão costeira, e nos impactos sobre a fauna, flora, atividades de pesca, lazer e turismo, a caracterização dessas ocorrências no domínio da plataforma continental abre perspectiva econômica para esta região, uma vez que a extração em áreas submersas ocasionará impactos ambientais bem menores.

Desta forma, fica evidenciada a necessidade da continuidade dos estudos mineralógicos e sedimentológicos da plataforma continental cearense, principalmente referente às concentrações de minerais pesados.

Agradecimentos

Agradecemos ao PIBIC/CNPq, à Universidade Federal do Ceará (UFC), ao

Laboratório de Geologia Marinha e Aplicada (LGMA) e ao Laboratório de Geoquímica Ambiental (LGA). Agradecemos também ao querido Prof. Clóvis Vaz Parente pelas valiosas discussões e sugestões para o enriquecimento do trabalho, aos amigos Solon Mendes e Brígida Miola, pela ajuda na separação dos minerais pesados, e Elenilton pelas iniciantes aulas de ArcGIS.

Referências bibliográficas

- Addad, J. E. 2001. Minerais pesados: Uma ferramenta para prospecção, proveniência, paleogeografia e análise ambiental. São Paulo, edição independente, p.7-17.
- Ellis, B.A. 1987. Light Metals. Titanium. Mining Annual Review, p. 47- 48.
- Freire, G.S.S. 1985. Geologia Marinha da Plataforma Continental do Estado do Ceará. Dissertação de Mestrado. Recife. Universidade Federal de Pernambuco. 205p.
- Froes, R. H. 1987. Titanium products and application. Journal of Metals. p.12-14.
- Gambogi, J. 2003. Titanium. U.S. Geological Survey Minerals Yearbook. 78-79.
- Lameiras, S.F., Melo, V.A.R., Leal, J. M. 2005. Piroeletricidade e emissão de infravermelho distante da turmalina. Revista Escola de Minas, 58 (2).
- Palma, J.J.C. 1979. Depósitos de Minerais Pesados. Série Projeto REMAC, PETROBRÁS/DNPM/ CPRM/DHN/ CNPq. Rio de Janeiro, 10: 33-50.
- Parfenoff, A., Pomerol, C, et Toureng, J. 1970. Les minéraux en grains - Méthodes d'études et détermination. 578 p. Masson et Cie, Paris.
- Pereira, R.M., Ávila, C. A. & Lima, P. R. A. S.. 2005. Minerais em Grãos. Técnicas de coleta, preparação e identificação. Oficina de Textos, São Paulo. 128p.
- Santos, D. M., Ramos, R. F., Freire, G. S. S., Aguiar, P. F. & Carvalho, R. G. 2005. Minerais pesados da plataforma continental interna leste do estado do Ceará. Anais da 57ª Reunião Anual da SBPC. Fortaleza, Ceará.

Serafim, C. F. S. & Chaves, P. de T. 2005. O mar no espaço geográfico brasileiro. Ministério da Educação, Secretaria de Educação Básica. Brasília. 304 p. Coleção explorando o ensino, v. 8.

Tomazelli, L.J. 1978. Minerais pesados da plataforma continental do Rio Grande do Sul. Acta geológica Leopoldensia, 5(2):159p.

Wentworth, C.K. 1922. A scale of grade and class terms for clastic sediments. Journal of Geology, 30: 377- 392pp.

