

PLÁCERES MARINHOS ENTRE CAUCAIA E TRAIRI, ESTADO DO CEARÁ, NORDESTE DO BRASIL

Antonio Borges de AGUIAR NETO¹, George Satander SÁ FREIRE², Narelle Maia de ALMEIDA¹

(1) Doutorandos do Programa de Pós-Graduação em Geologia (PPGG) da Universidade Federal do Ceará (UFC). Endereço eletrônico: tonygeoufc@hotmail.com; narellemaia@gmail.com.

(2) Professor Adjunto do Departamento de Geologia da Universidade Federal do Ceará (DEGEO/UFC). Endereço eletrônico: freire@ufc.br.

Introdução

Contexto Geológico Continental

Caracterização da área de estudo

Contextos Climático e Oceanográfico

A plataforma Continental Cearense

Materiais e métodos

Resultados

Granulometria

Modelo digital de fundo da plataforma

Minerais Pesados

Discussões

Conclusões

Agradecimentos

Referências bibliográficas

RESUMO - Neste trabalho foram realizados estudos da morfologia, classificação textural e dos minerais pesados nos sedimentos de fundo da plataforma continental interna do Ceará, entre as cidades de Caucaia (Região Metropolitana de Fortaleza) e Trairi. O modelo digital de fundo da plataforma revelou um relevo suave com presença de irregularidades entre as cidades de Paracuru e São Gonçalo do Amarante, com a possível ocorrência do paleocanal do Rio Curu, constatação reforçada pelo padrão de distribuição do diâmetro médio dos grãos. Ocorrem significativas concentrações de minerais pesados de até 4,54% com a predominância de ilmenita e turmalina, que juntamente com epidoto e monazita apresentaram teores acima de 1 Kg/ton ao longo da costa de São Gonçalo do Amarante. Pela composição química de alguns grãos de ilmenita foi possível verificar o enriquecimento em titânio nesses grãos por alteração intempérica, com conteúdo de TiO₂ acima de 89%. A área de estudo apresenta condições ambientais favoráveis à acumulação de minerais pesados e os pláceres identificados são considerados recursos minerais estratégicos. Além da importância econômica desses depósitos é preciso considerar a fragilidade do ambiente onde eles ocorrem para minimizar os impactos inerentes das atividades de mineração no meio marinho.

Palavras-chave: minerais pesados, plataforma continental, pláceres marinhos, sedimentologia.

ABSTRACT - This work studies the morphology, textural classification and heavy minerals in bottom sediments of the inner continental shelf of Ceará, between the cities of Caucaia (Fortaleza Metropolitan Region) and Trairi. The digital model of bottom continental shelf exposed a smooth relief with the presence of irregularities between the cities Paracuru and São Gonçalo do Amarante, with a possible occurrence of paleochannel of the Curu River, the standard distribution of the average grain diameter reinforced this occurrence. Significant concentrations of heavy minerals up to 4.54% are presents, ilmenite and tourmaline are the predominant species and showed contents over 1 Kg/ton along the São Gonçalo do Amarante coast together epidote and monazite. By chemical composition of some grains of ilmenite was possible to verify the enrichment of titanium in these weathered grains, with TiO₂ content over 89%. The study area has favorable environmental conditions to the accumulation of heavy minerals and the identified placers are considered strategic mineral resources. Besides the economic importance of these deposits is necessary to consider the fragility of the environment where they occur to minimize the impacts by marine mining activities.

Keywords: heavy minerals, continental shelf, marine placers, sedimentology.

INTRODUÇÃO

A distribuição mundial desigual de recursos minerais no continente, a constante demanda por matéria-prima na indústria e a importância crescente na proteção e conservação dos ambientes impulsionam o conhecimento dos depósitos minerais marinhos, aumentando o significado futuro dos mesmos. Os minerais

pesados (densidade superior a 2,89 g/cm³) podem formar acumulações sedimentares de valor econômico (Dominguez, 2010). A partir da decomposição e erosão de rochas-fonte quer sejam ígneas, metamórficas ou sedimentares, esses minerais são concentrados mecanicamente originando os depósitos do tipo

plácer. O termo plácer no seu sentido original não apresenta necessariamente conotações econômicas, restringindo-se a acumulação de minerais pesados (Palma, 1979). Os grãos que se originaram no continente podem ser transportados para os oceanos por processos glaciais, fluviais e eólicos onde sofrem retrabalhamento e concentração por processos marinhos (energia de ondas, transgressões e regressões, etc). Souza & Abreu (2005) destaca os pláceres de ilmenita, rutilo, zircão, monazita, magnetita, cassiterita, ouro e diamante pelo valor econômico dos mesmos, além de possuírem metais estratégicos associados passíveis de exploração: ferro, titânio, tório, zinco, dentre outros.

Segundo Santana (1997) desde a costa do Pará até a do Rio Grande do Sul, encontram-se sítios com elevadas concentrações de minerais pesados em depósitos emersos. Contudo, nos depósitos submersos, a exemplo da plataforma continental, existe uma carência de estudos sobre essas espécies minerais, suas concentrações e áreas de distribuição. A evolução do conhecimento sobre a plataforma continental do Ceará teve início com o primeiro mapa de sedimentos plataformais entre Recife (PE) e Cabo Orange (AP) por Coutinho & Morais (1968). Trabalhos pioneiros na plataforma continental cearense constataram locais com ocorrência abundante de minerais pesados além de concentrações de ilmenita acima de 1 Kg/t no extremo oeste (Barreto et al., 1975; França et al., 1976; Arthaud et al., 1976). Os trabalhos mais atuais revelaram um teor médio de minerais pesados de 1,8% na porção a leste de Fortaleza, 0,22% entre os municípios de Jijoca de Jericoacoara e Camocim e de 1,4% ao longo de toda a costa a oeste de Fortaleza; vale ressaltar a predominância da ilmenita e amostras com percentuais máximos de até 9% de pesados (Ramos & Santos, 2005; Maia, 2005; Almeida et al., 2011).

A área de estudo está situada no Estado do Ceará, nordeste do Brasil, entre a zona costeira das cidades de Caucaia (Região Metropolitana

de Fortaleza) e Trairi, até a isóbata de 30m (Figura 1). Os objetivos desse trabalho é delimitar os possíveis pláceres marinhos pela distribuição espacial dos dados de concentração total (%) de minerais pesados, abundâncias relativas (%) das espécies minerais e teores em quilograma por tonelada (Kg/ton) dos minerais predominantes; correlacionar a morfologia de fundo da área de estudo e a textura dos sedimentos com a ocorrência desses depósitos e analisar a composição química mineral dos grãos dos depósitos com potencial econômico.

Contexto Geológico Continental

A geologia continental no entorno da área de estudo engloba rochas proterozoicas dos Complexos Ceará (Arthaud et al., 1998) e Tamboril-Santa Quitéria (Fetter et al., 2003), incluindo paragneisses, ortogneisses ácidos, metagabros, anfíbolitos com ou sem granada, gnaisses dioríticos, lentes de quartzitos, metacalcários, micaxistos aluminosos, calcissilicáticas, além de granitoides diversos. A sequência cenozoica se inicia com as rochas vulcânicas alcalinas (fonolitos, traquitos, sienitos) do Magmatismo Messejana que ocorreu no Paleógeno, seguida pelos sedimentos areno-argilosos com matriz argilo-cauliníca, cimento argiloso, ferruginoso e às vezes silicoso da Formação Barreiras no Neógeno. Os sedimentos quaternários são representados pelos depósitos colúvio-eluvionares areno-argilosos que em certos locais aparecem cascalhosos e laterizados na base; depósitos aluviais constituídos por argilas, areias argilosas e quartzosas, cascalhos e argilas orgânicas de origem fluvial e em parte com influência marinha. Os depósitos litorâneos de dunas fixas e paleodunas são compostos por areias de granulação fina a média, quartzosas ou quartzo-feldspáticas, bem selecionadas; e os depósitos litorâneos das praias atuais e dunas móveis formados por areias esbranquiçadas, quartzosas, de granulometria variável, bem selecionadas com concentrações de minerais pesados. (CPRM, 2003).

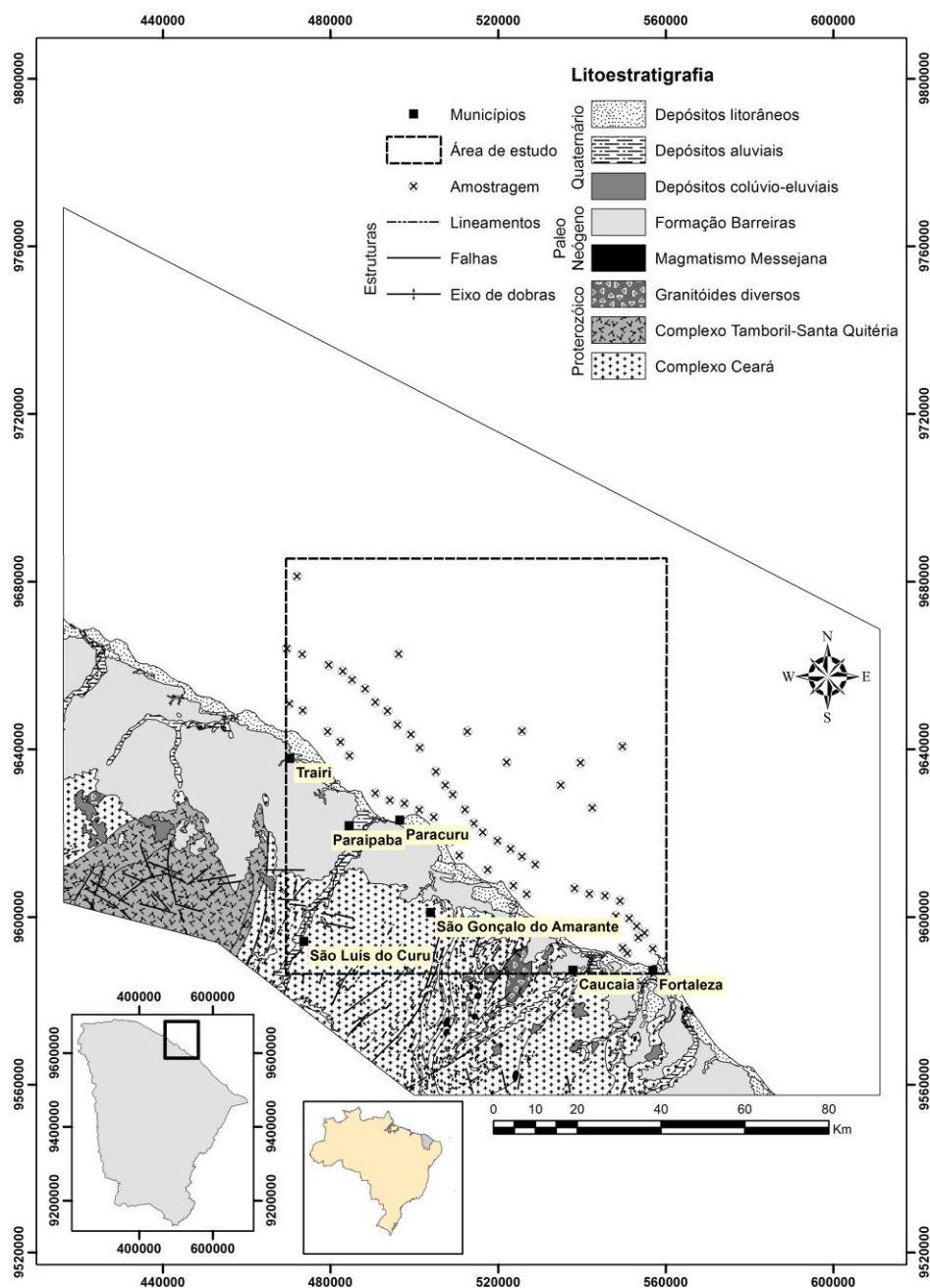


Figura 1. Geologia continental e localização da área de estudo.

CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

Contextos Climático e Oceanográfico

O nordeste brasileiro, onde está inserida a área de estudo, está submetido à altas taxas de insolação com temperatura média anual de 26,9°C, umidade relativa do ar variando de 83,9% a 74% e pluviosidade média de 1440 mm ao ano (Monteiro, 2011).

A plataforma continental cearense está sob as influências das correntes Norte Brasileira e Equatorial Sul. A primeira possui águas oxigenadas e salinas, a segunda age no sentido

leste-oeste na altura do Equador provinda das proximidades da costa africana para o Brasil (Freire, 1985; Monteiro, 2011). As marés no Estado do Ceará são semidiurnas com amplitudes variando entre 0,75 m a 3,23 m, as ondas apresentam média de altura de 1,15 m com moda de 1,14 m e período médio de onda mais frequente de 5,70 segundos, associado à altura, e média de 5,89 segundos (Freire, 1985; Maia, 1998).

A plataforma Continental Cearense

Possui largura média de 63 Km, com largura máxima de 101 Km na altura de Camocim e mínima de 41 Km em Icapuí; apresenta pequeno e constante declive em quase toda a sua extensão, com rupturas múltiplas em degraus que correspondem a antigas linhas de costa; é dividida em plataforma interna que vai desde a linha de costa até a profundidade de 20 m, e plataforma externa, de 20 m até a zona da

quebra (com profundidade de 60 m no setor noroeste e até 80 m no setor sudeste).

A sedimentação nessa plataforma (Figura 2) é predominantemente bioclástica (carbonática algálica), com contribuições de até 75%, os sedimentos siliciclásticos estão mais presentes na plataforma interna e defronte a Fortaleza e chegam até a borda da plataforma (Martins & Coutinho, 1981; Freire, 1985; Silva Filho, 2004).

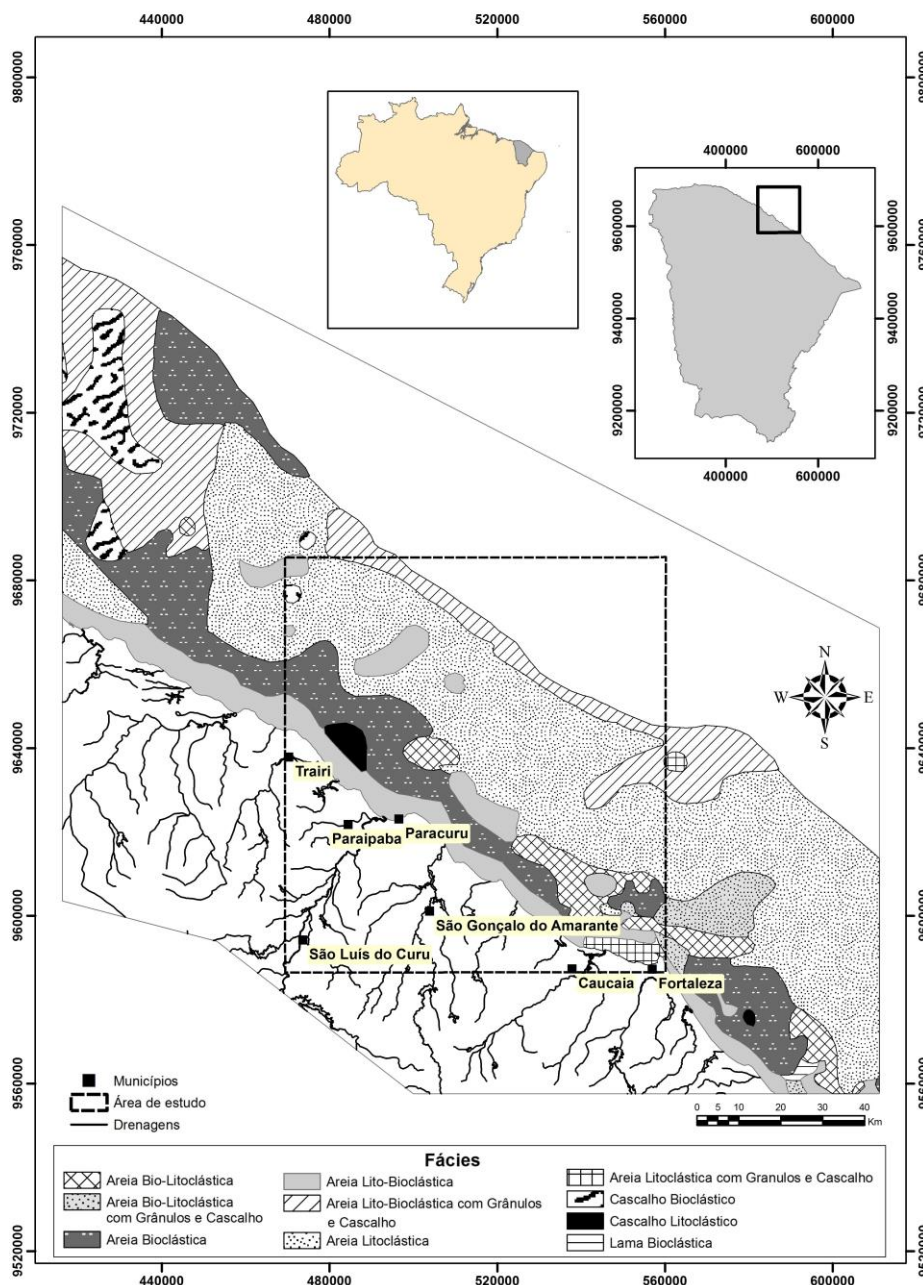


Figura 2. Sedimentação plataformal na área de estudo e seu entorno.

MATERIAIS E MÉTODOS

Foram selecionadas 60 amostras (Figura 1) do banco de amostras do Laboratório de

Geologia Marinha e Aplicada (LGMA) da Universidade Federal do Ceará (UFC) coletadas

nas campanhas oceanográficas Geomar XVIII (1981) e Geocosta II (1994). Os sedimentos foram coletados com amostrador pontual do tipo “Van-Veen” da linha de costa de Fortaleza ao município de Trairi até aproximadamente a isóbata de 30 m. As embarcações utilizadas foram o Barco de Pesquisa Professor Martins Filho da Universidade Federal do Ceará (UFC) e o Navio Oceanográfico Almirante Câmara da Marinha do Brasil. A compilação dos dados de Almeida et al., (2011) está inclusa nesse estudo.

A análise granulométrica foi realizada segundo o método tradicional de peneiramentos úmido e seco e por pipetagem, em seguida classificada suas texturas com o programa ANASED, proposto por Lima et al., (2001) e geração das medidas estatísticas dos dados granulométricos: média, mediana, curtose, assimetria e grau de seleção. O teor de carbonato foi determinado pelo método do Calcímetro de Bernard (Lamas et al., 2005, modificado).

Foram analisadas as frações correspondentes à areia muito fina a areia fina (0,062 a 0,250 mm), de acordo com os procedimentos estabelecidos por Parfenoff et al., (1970). A

separação dos minerais pesados foi realizada através de separação densimétrica utilizando bromofórmio (CHBr_3), separação magnética com ímã de mão, e identificação das espécies minerais utilizando lupa binocular, seguida da quantificação das espécies pela contagem de 300 grãos minerais de acordo com Galehouse (1971).

As amostras dos possíveis depósitos de pláceres foram submetidas ao microscópio eletrônico de varredura (MEV) com sistema de detecção de raios X por dispersão em energia (EDS – *Energy Dispersive System*) para obter imagens de alta resolução das feições morfológicas superficiais desses grãos, ocorrência de intercrescimentos e composição química mineral. Foram elaborados mapas faciológico, distribuição granulométrica e de minerais pesados com o *software* Arcgis 10.1 e geração do modelo digital de fundo da área de estudo utilizando o Surfer 10 com base em 372 cotas batimétricas do Banco de dados do LGMA para auxiliar na interpretação da morfologia da área e localização dos possíveis paleocanais.

RESULTADOS

Granulometria

A análise granulométrica revelou a predominância da fração areia média (0,250-0,500 mm) ao longo da área da plataforma estudada (Figura 3). Entre a costa de São Gonçalo do Amarante até o extremo leste ocorre uma maior heterogeneidade no tamanho dos grãos, com domínios de areia fina (125–250 μm) em áreas mais rasas (até a isóbata de 20 m), areia grossa (0,500-1 mm) em alguns locais próximo à costa tendendo a se concentrar em maior profundidade (entre as isóbatas de 20 m e 30 m), e uma menor área de areia muito grossa

(1-2 mm) na costa de Caucaia. Na direção oeste de São Gonçalo do Amarante essa heterogeneidade é menos marcada, a areia fina tende a se concentrar em áreas mais profundas (abaixo da isóbata de 10 m), a areia grossa assenta-se em alguns locais próximo à costa e acima da isóbata de 10 m, e a areia média distribui-se de leste a oeste tanto em áreas rasas como mais profundas. Os parâmetros granulométricos discriminou a curtose como muito platicúrtica a muito leptocúrtica, assimetria muito negativa a muito positiva e sedimentos de bem a muito mal selecionados.

Tabela 1. Parâmetros granulométricos dos sedimentos plataformais em Caucaia e Trairi.

	Diâmetro médio (mm)	Grau de Seleção	Curtose	Assimetria
Mínimo	0,132	0,00	0,58	-0,70
Máximo	1,959	2,59	1,90	0,66
Média	0,444	1,01	1,10	-0,07
Desvio Padrão	0,547	0,42	0,28	0,28

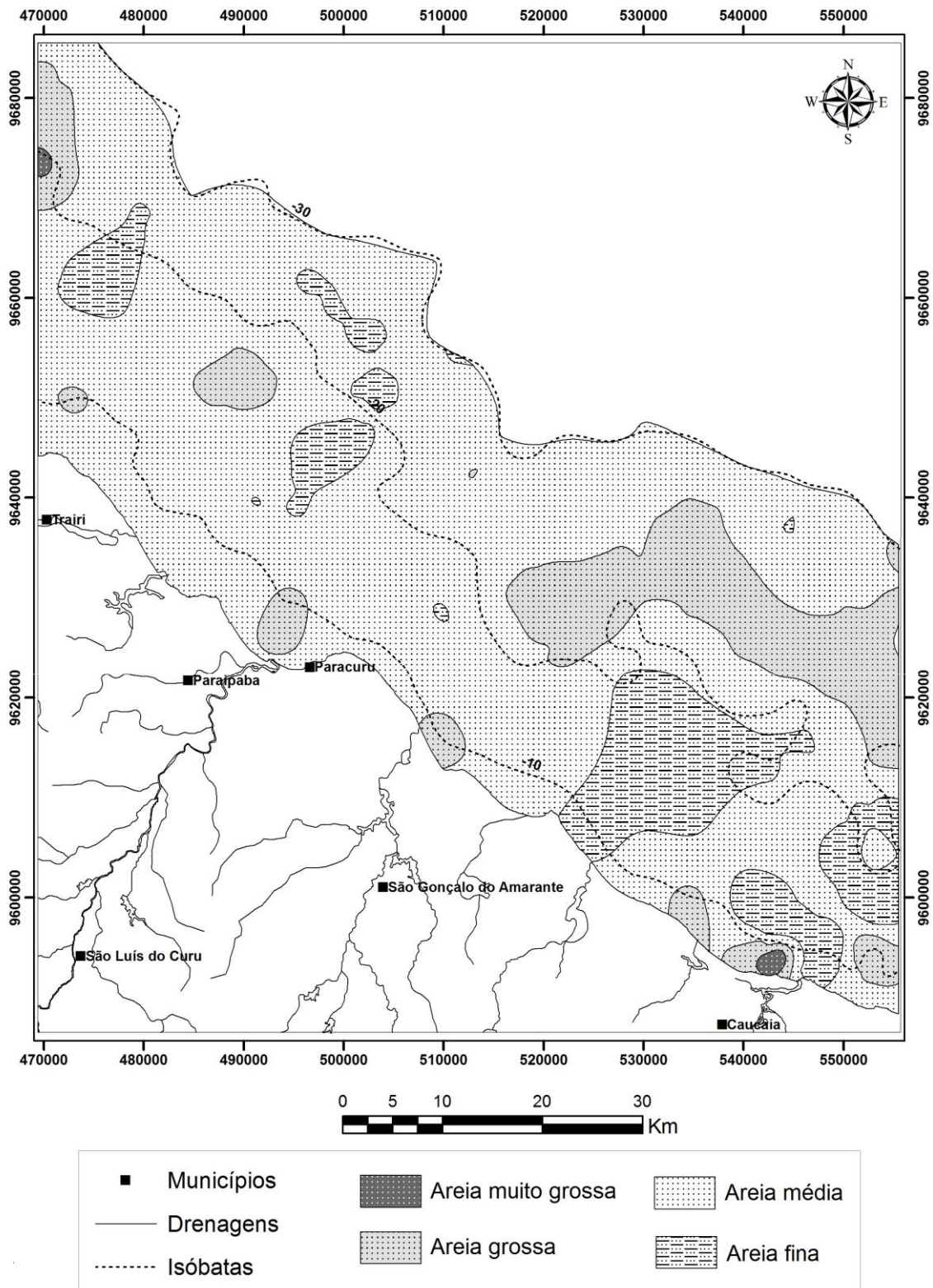


Figura 3. Distribuição dos sedimentos pelo diâmetro médio dos grãos na plataforma continental entre Caucaia e Trairi.

Modelo digital de fundo da plataforma

O modelo digital revelou a predominância de uma morfologia suave com algumas irregularidades da forma de fundo, sendo uma delas bem evidente entre as isóbatas de 20 e 30 metros ao largo de São Gonçalo do Amarante e

Paracuru, e outra menos marcada em direção a Caucaia (Figura 4). Essa característica morfológica pode ser indicativa do paleocanal do Rio Curu como já constatado por Silva Filho (2004).

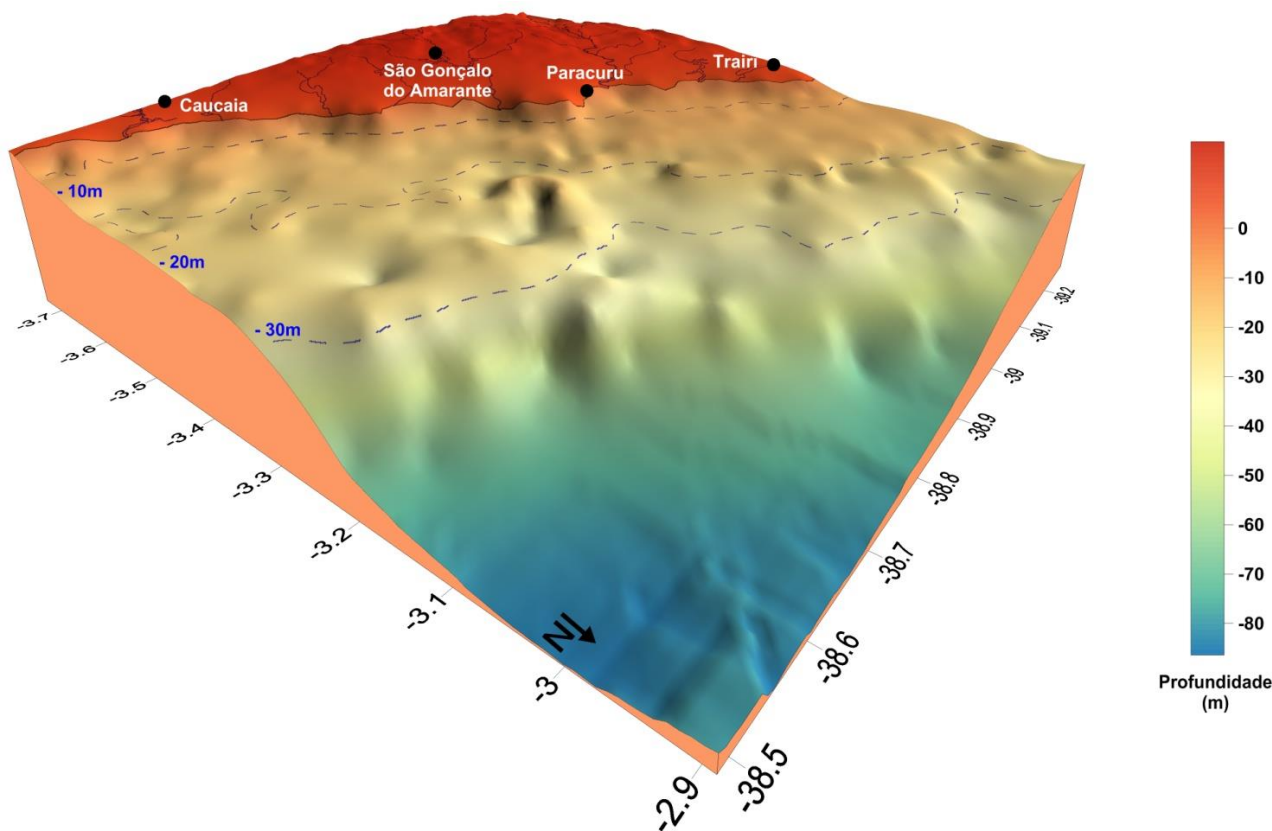


Figura 4. Modelo digital de fundo da plataforma continental entre Caucaia e Trairi, CE.

Emery & Noakes (1968) sugeriram a localização de extensões de vales fluviais, faixas de banco arenosos derivados de ação das correntes de maré e antigas linhas de praia como feições submersas mais promissoras para prospecção de minerais pesados na plataforma continental.

Minerais Pesados

O conteúdo total de minerais pesados na fração analisada variou de 0% a 4,54%, com tendência de distribuição dos pláceres em águas mais rasas, até a isóbata de 20 m (Figura 5). A assembleia mineral é composta por 16 espécies com a predominância de ilmenita e turmalina (Tabela 2) de acordo com os percentuais médios.

Tabela 2. Assembleia de minerais pesados na plataforma continental entre Caucaia e Trairi.

	Mínimo (%)	Máximo (%)	Média (%)	Desvio Padrão (%)
Ilmenita	6,50	77,00	27,37	17,55
Turmalina	4,50	62,00	24,69	13,53
Epidoto	0,00	37,30	9,33	8,07
Silimanita	0,00	27,50	7,90	7,89
Anfibólio	0,00	29,00	7,51	6,67
Monazita	0,00	28,50	7,42	7,56
Estauroлита	0,00	17,50	5,77	4,72
Rutilo	0,00	14,20	3,37	4,09
Andaluzita	0,00	10,00	2,39	3,16
Magnetita	0,00	24,62	1,79	5,04
Zircão	0,00	5,70	1,70	1,91
Granada	0,00	6,00	0,38	1,19
Cianita	0,00	6,70	0,33	1,24
Apatita	0,00	1,00	0,05	0,20
Cassiterita	0,00	0,25	0,01	0,04
Leucóxênio	0,00	0,25	0,01	0,04

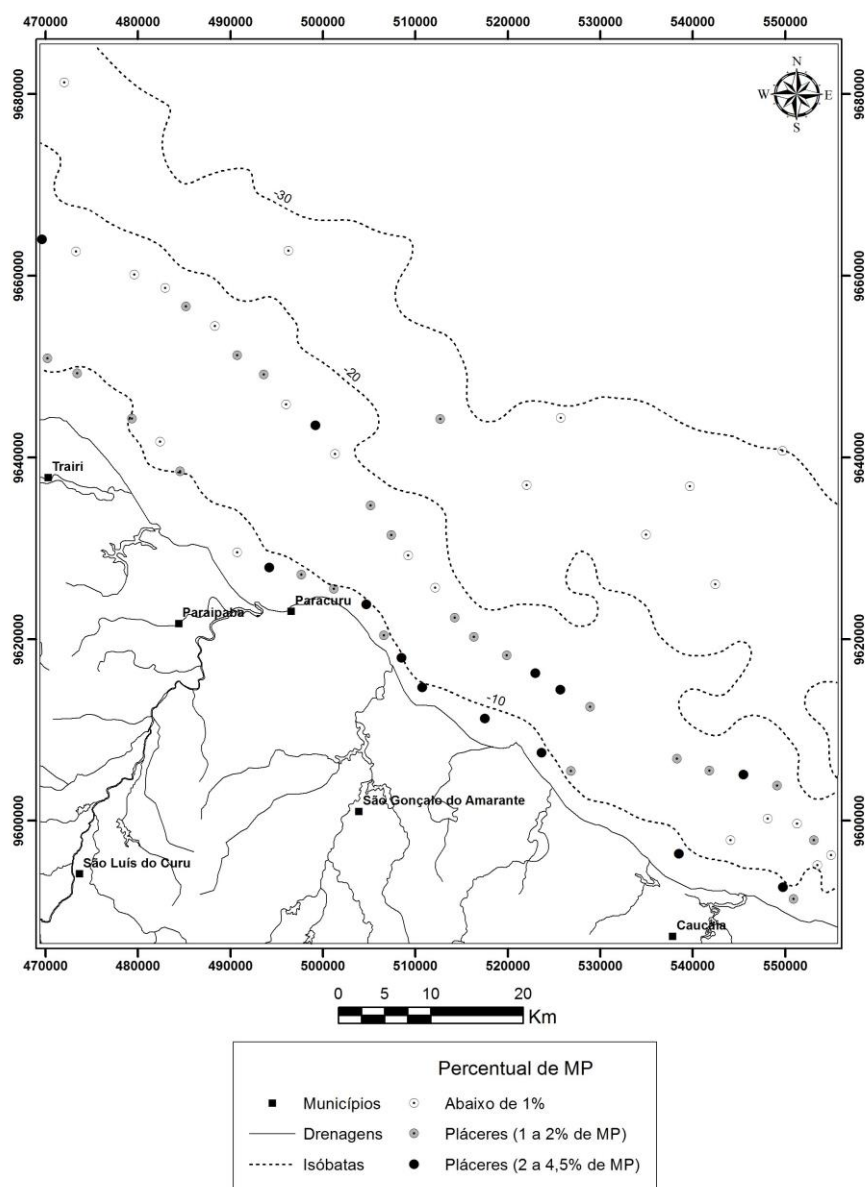


Figura 5. Distribuição dos pláceres na plataforma continental entre Caucaia e Trairi.

DISCUSSÕES

Os sedimentos superficiais da linha de costa até a isóbata de 10m apresentam ampla variação no diâmetro médio dos grãos, no grau de seleção, na curtose e na assimetria, caracterizando ambiente energético com remobilização de material de fundo pelas ondas e correntes atuantes. Monteiro (2011) observou que na zona entre 0 a 15 m encontram-se planícies de areias quartzosas, marcas de ondas paralelas à costa, cordões arenosos longitudinais e significativa contribuição de sedimentação terrígena. Os processos marinhos atuantes nessa zona tendem a carrear os minerais leves e concentrar os pesados que se acumulam nas irregularidades do fundo

submarino formando os depósitos de pláceres. Foi constatada uma tendência de granocrescência com a profundidade a leste de São Gonçalo do Amarante que pode ser explicada pela presença do paleovale do Rio Curu (Figura 6), também evidenciado pelo modelo digital da morfologia de fundo, que ao adentrar a plataforma curva-se na direção nordeste (Silva Filho, 2004). Paleocanais ou vales fluviais afogados são feições fisiográficas propícias à ocorrência de pláceres e sua ocorrência na plataforma continental cearense retrata mudanças ambientais e variações do nível do mar que marcaram o período Quaternário.

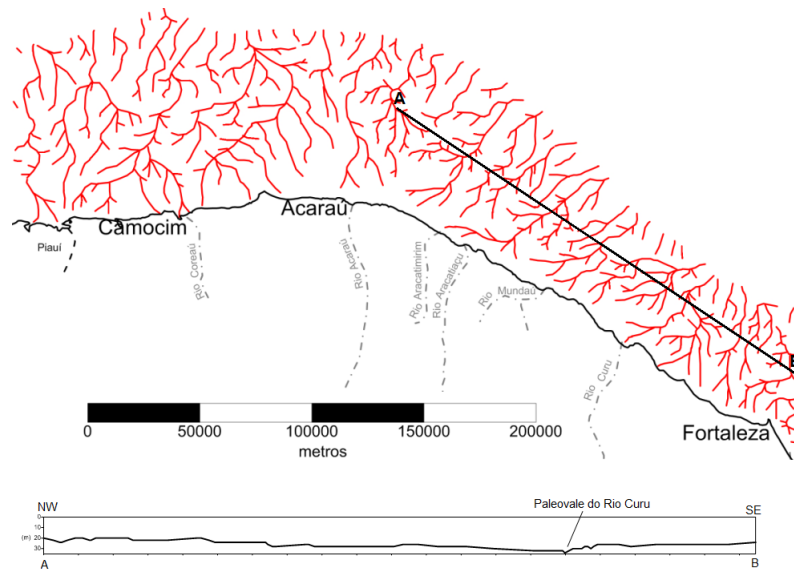


Figura 6. Entalhes na plataforma continental e perfil paralelo à costa evidenciando o paleovale do Rio Curu (Fonte Silva Filho, 2004).

Os pláceres, objeto desse estudo, apresentam importantes concentrações de minerais pesados (até 4,54%), com a predominância da ilmenita e importantes concentrações de turmalina, epidoto e monazita (Figura 7). Esses depósitos têm íntima relação com as variações quaternárias do nível relativo do mar que durante o último máximo glacial (22.000 a 14.000 A.P.) o nível médio de mar baixo ficou em torno de - 120 m e alcançando o nível médio atual há 7.000 A.P. No litoral cearense

foram encontrados vários testemunhos dessas variações quaternárias (Meireles, 2001). Os pláceres marinhos entre Caucaia e Trairi são indicadores dessas variações pretéritas e tendem a concentrar ainda mais minerais pesados nas irregularidades pré-existentes do fundo submarino (Figura 4) pelos processos atuais das ondas e correntes de fundo que promovem o transporte e retrabalhamento dos sedimentos plataformais.

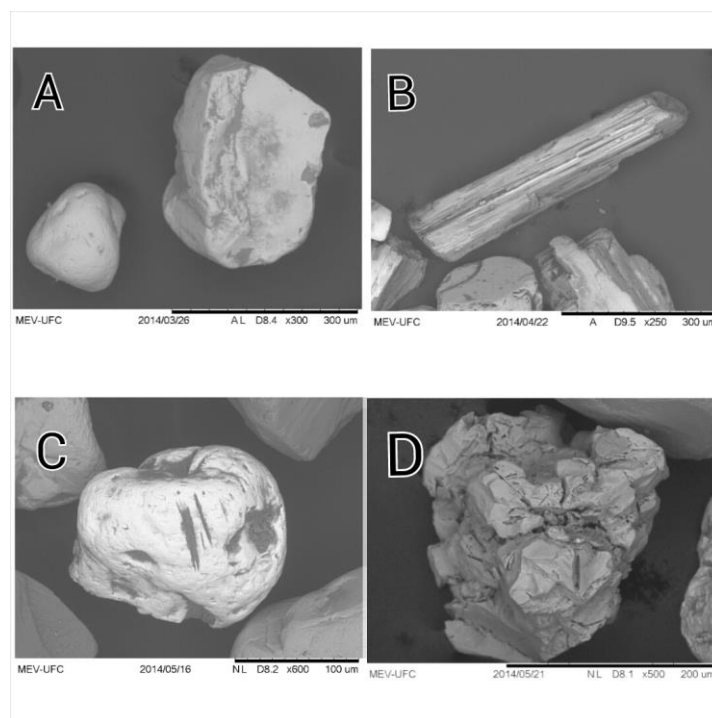
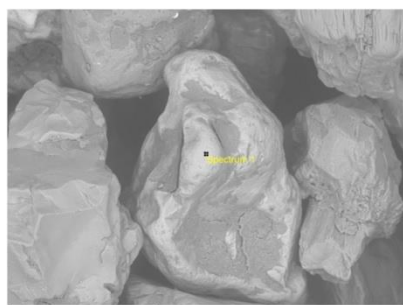


Figura 7. Grãos de ilmenita (A), turmalina (B), monazita (C) e epidoto (D). Imagens de microscopia eletrônica de varredura (MEV).

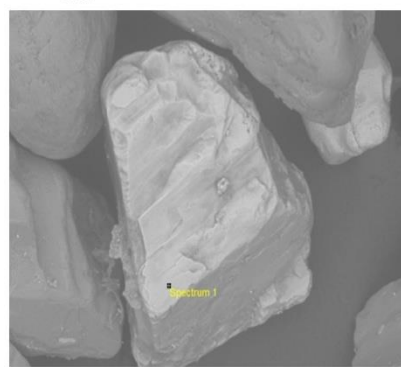
Foi observada a alteração por intemperismo de alguns grãos de ilmenita constatado por teores mais elevados de TiO_2 , promovida pela lixiviação do ferro e um aumento da concentração de titânio (Figura 8).

De acordo com o DNPM (2013) cerca de 90% da produção mundial de titânio provém da ilmenita e as reservas lavráveis brasileiras desse minério representam menos de 0,4% das

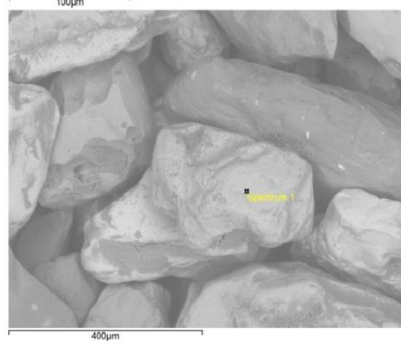
reservas mundiais. Essa escassez das reservas de titânio frente à elevação da demanda fez o preço do minério subir significativamente em 2011. Dada a importância econômica da ilmenita selecionou-se os locais com teores acima de 1Kg/ton desse mineral juntamente com outras espécies que atingiram essa concentração como a turmalina, o epidoto e a monazita (Figura 9).



Elemento	Peso %	Peso % σ	Atômico %	Composto %	Fórmula
Alumínio	1.159	0.134	1.128	2.190	Al_2O_3
Silício	1.756	0.141	1.641	3.756	SiO_2
Cálcio	0.540	0.116	0.354	0.756	CaO
Titânio	54.952	0.479	30.118	91.661	TiO_2
Ferro	1.272	0.286	0.598	1.637	FeO
Oxigênio	40.320	0.461	66.161		



Elemento	Peso %	Peso % σ	Atômico %	Composto %	Fórmula
Alumínio	1.870	0.176	1.791	3.533	Al_2O_3
Silício	2.786	0.201	2.564	5.961	SiO_2
Titânio	54.260	0.621	29.277	90.506	TiO_2
Oxigênio	41.084	0.613	66.368		



Elemento	Peso %	Peso % σ	Atômico %	Composto %	Fórmula
Alumínio	2.181	0.207	2.116	4.122	Al_2O_3
Silício	1.676	0.198	1.562	3.586	SiO_2
Titânio	53.701	0.679	29.347	89.575	TiO_2
Ferro	2.113	0.430	0.990	2.718	FeO
Oxigênio	40.329	0.656	65.984		

Figura 8. Grãos de ilmenita enriquecidos em titânio. Imagens de microscopia eletrônica de varredura (MEV) e composição química por sistema de dispersão de energia (EDS).

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

A monazita é fonte de elementos terras raras considerados metais de alta tecnologia. E o epidoto é muito utilizado como gema, possuindo clivagem perfeita em uma direção (IBGM, 2009).

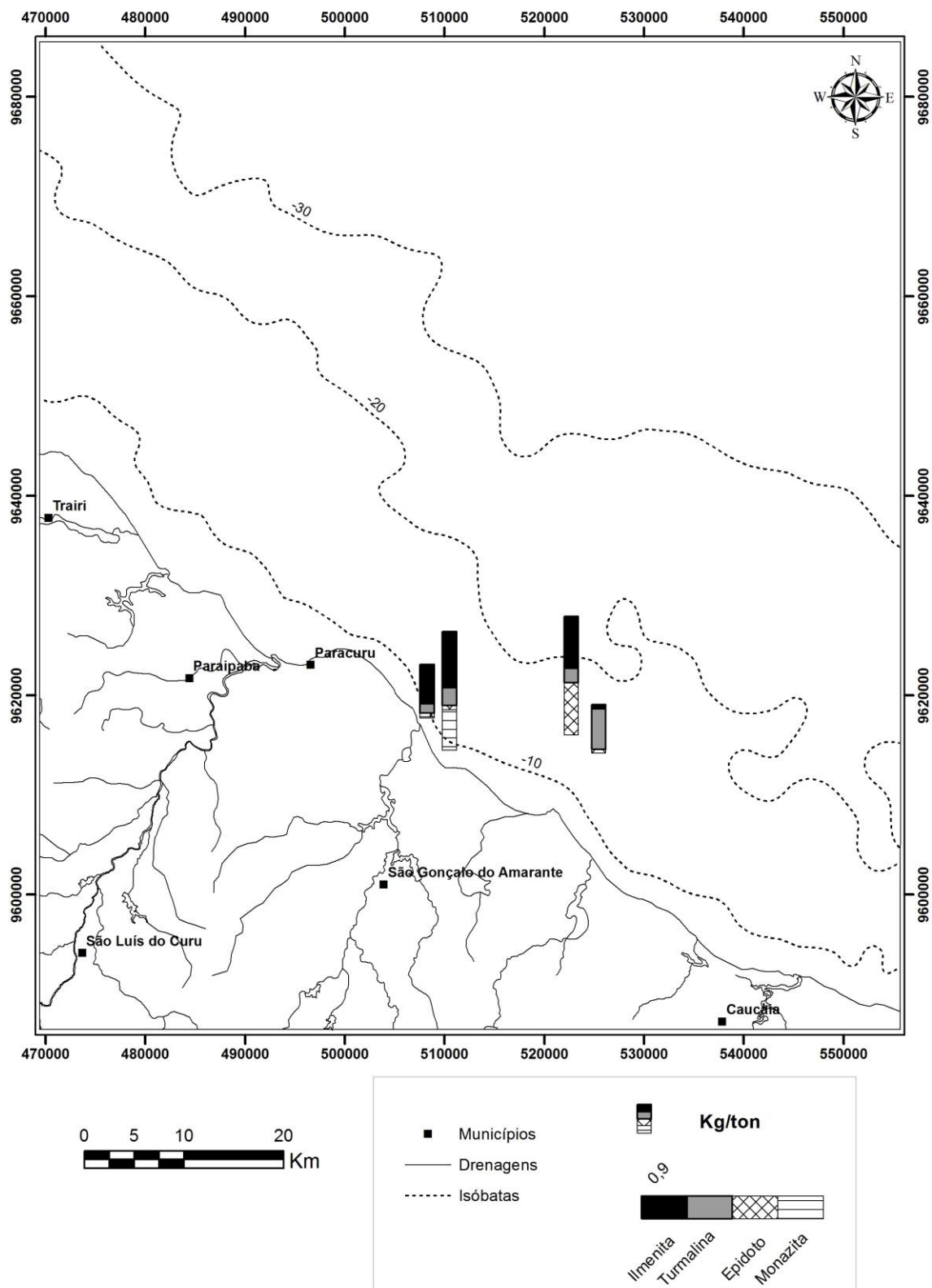


Figura 9. Pláceres marinhos com teores de ilmenita, turmalina, epidoto e monazita acima de 1 Kg/ton.

A área da plataforma adjacente à costa de São Gonçalo do Amarante foi considerada o local mais estratégico para pláceres marinhos, pois ocorreram as maiores concentrações de minerais pesados (até 4,54%). Três locais de domínio das areias grossas e médias com teores

acima de 1 Kg/ton de ilmenita, juntamente com monazita (areia grossa) e epidoto (areia média) que ocuparam um desses três locais, e a turmalina que apresentou esse teor em uma amostra independente situada mais a leste no domínio da areia fina (Figuras 3 e 9).

Esses depósitos ocorreram em profundidades inferiores a 20 m, onde o aporte de sedimentos terrígenos para a plataforma é considerável. Os rios drenam rochas-fonte e possíveis corpos mineralizados no continente, carreando os minerais pesados para o ambiente costeiro e marinho onde são submetidos à energia hidráulica das ondas e correntes que tendem a concentrar esses minerais. São formadas acumulações no substrato submarino, os bancos arenosos de plataforma interna, sendo considerados depocentros de ambientes hidráulicos de alta energia, com desenvolvimento de condições propícias à concentração desses depósitos, principalmente nas cavas entre os bancos (Palma, 1979). As áreas de morfologia irregular promovem o aprisionamento dos minerais pesados, alguns deles com importância econômica como a ilmenita e a monazita.

A ilmenita domina a assembleia de pesados nos pláceres marinhos entre Caucaia e Trairi, e

o enriquecimento de titânio em algumas amostras incrementa sua importância econômica.

Para que se possam acumular grandes depósitos de minerais pesados são necessários dois fatores essenciais: segregação hidráulica diária para remoção dos minerais leves e concentração dos pesados e um processo erosivo de longo prazo quando grandes volumes de areias litorâneas são reciclados e fracionados em porções enriquecidas em minerais pesados (Dominguez, 2010). Esses fatores ocorrem na área de estudo com a atuação constantes das ondas e correntes marinhas que promovem a segregação hidráulica e dos processos erosivos que já atuam desde a construção do porto do Mucuripe que acarretou mudanças na dinâmica sedimentar e déficit de sedimentos que supriam a costa a oeste de Fortaleza.

CONCLUSÕES

Os pláceres marinhos entre os municípios de Caucaia, Região Metropolitana de Fortaleza, e Trairi apresentaram concentrações de minerais pesados de até 4,54%, ocorrendo predominantemente em profundidades inferiores a 20 m e compostos pela assembleia mineral: ilmenita, turmalina, epidoto, silimanita, anfibólio, monazita, estauroлита, rutilo, andaluzita, magnetita, zircão, granada, cianita, apatita, cassiterita e leucoxênio. Ilmenita e turmalina são as espécies dominantes e juntamente com epidoto e monazita apresentaram teores acima de 1 Kg/ton em algumas amostras ao longo da costa de São Gonçalo do Amarante. Esses depósitos estão associados às irregulares do fundo submarino que ocorrem ao longo da costa entre Paracuru e São Gonçalo do Amarante, evidenciadas pelo modelo digital de fundo e correlacionadas ao paleovale do rio Curu. As maiores concentrações de ilmenita estiveram associadas à areia média e grossa, epidoto à areia média, monazita à areia grossa e turmalina à areia fina. Ocorre enriquecimento de titânio nas ilmenitas de algumas amostras por alteração intempérica com conteúdo de TiO_2 acima de 89%.

Apesar de serem considerados depósitos de dimensões reduzidas e do alto custo que demanda o processo de mineração em ambiente marinho, os pláceres determinados nesse estudo são considerados recursos minerais estratégicos e sua exploração pode ser viabilizada pela valorização de determinado bem mineral, como já ocorre com o titânio, assim como pelo surgimento de novas tecnologias na área da mineração marinha.

Como qualquer atividade de mineração, a prospecção desses pláceres acarretará impactos no ambiente marinho como: alterações na quantidade, distribuição e deposição dos sedimentos que afetará principalmente a comunidade bentônica; eliminação direta dos organismos na área dragada; mudança na turbidez da água diminuindo sua produtividade e impedindo a luminosidade de atingir o fundo; despejo de rejeitos sobre o fundo submarino, dentre outros impactos (Silva, 2000). Além da avaliação da potencialidade dos recursos minerais marinhos presentes nesse estudo, é necessário contemplar as fragilidades do ambiente onde esses recursos ocorrem, para um melhor entendimento de suas limitações e um uso sustentável desse meio.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de nível Superior (CAPES) e os laboratórios de Microscopia Eletrônica de Varredura e de Geologia Marinha e Aplicada (LGMA) da Universidade Federal do Ceará (UFC).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ALMEIDA, N. M.; LEHUGEUR, L. G. O.; FREIRE, G. S. S.; SANTOS, D. M.; AGUIAR NETO, A. B. Assembléia de Minerais Pesados da Plataforma Continental – Porção Oeste do Estado do Ceará, Brasil. **Revista de Geologia**, Vol. 24, nº 1, 21-27, 2011.
2. ARTHAUD, M. H.; MORAIS, J. O.; FREIRE, G. S. S. Distribuição espacial de minerais pesados na plataforma continental do Estado do Maranhão. **Arq. Ciên. Mar**, Fortaleza 16 (1): 49-54, 1976.
3. ARTHAUD, M.H.; VASCONCELOS, A.M.; OLIVEIRA, F.V.C. As seqüências metassedimentares do Ceará Central. **XL Congresso Brasileiro Geologia**, Belo Horizonte, 16. 1998.
4. BARRETO, L. A.; MILLIMAN, J. D.; AMARAL, C. A. B.; FRANCISCONI, Northern Brazil. In: Contrib. Sedimentol. **Upper Continental margin sedimentation off Brazil**. Stuttgart. 4p. 1-10. 1975.
5. BEHLING H.; ARZ W.H.; PÄTZOLD J.; WEFER G. Late quaternary vegetational and climate dynamics in northeastern Brazil, inferences from marine core GeoB3104-1. **Quaternary Science Reviews**. 19, 981-994. 2000.
6. CPRM. Mapa Geológico do Estado do Ceará. Escala 1:500.000. Serviço Geológico do Brasil. Fortaleza, 2003.
7. COUTINHO, P. N.; MORAIS, J. O. Distribucion de lós Sedimentos en la plataforma continental norte y nordeste del Brasil. In: Curaçao. UNESCO (Ed), **Symposium on Investigation and Resources of the Caribbean Sea and Adjacent Regions. Resumos expandidos**. 313-315. 1968.
8. DNPM. **Sumário Mineral**. 2013. Disponível em: <http://www.dnpm.gov.br/conteudo.asp?IDSecao=68&IDPagina=3165> acessado em 27 de abril de 2014.
9. DOMINGUEZ, J. M. L. **Ilmenita do Rio do Campo: APA do Pratiği**. Salvador: CBPM, 73p. 2010.
10. EMERY, K. O.; NOAKES, L. C. Economic placer deposits of the continental shelf: UN. ECAFE, **Tech, Bull**, v.71, p. 422-440. 1968.
11. FETTER, A.H.; SANTOS, T.J.S.; VAN SCHMUS, W.R.; HACKSPAKER, P.C.; BRITO NEVES, B.B.; ARTHAUD, M.H.; NOGUEIRA NETO, J.A.; WERNICK E. Evidence for neoproterozoic continental arc magmatism in the Santa Quitéria Batholith od Ceará State, NW Borborema Province, NE Brazil: implications for the assembly of West Gondwana. **Gondwana Research**, 6 (2): 265-273. 2003.
12. FRANÇA, A. M. C.; COUTINHO, P. N. & MORAIS, J. O. Sedimentos superficiais da margem continental Nordeste brasileira. **Revista Brasileira de Geologia**. 6 (2): 78-88, 1976.
13. FREIRE, G.S.S. **Geologia Marinha da Plataforma Continental do Estado do Ceará**. Dissertação de Mestrado, UFPE, Recife, 108p. 1985.
14. GALEHOUSE, J.S. 1971. Point counting. In: Carver, R. E. (ed.). **Procedures in Sedimentary Petrography**. New York: **Wiley-Intrescience**, p 385-407.
15. IBGM. **Manual Técnico de Gemas**. IBGM, DNPM. – 4. ed. rev. e atual. / Consultoria, supervisão e revisão técnica desta edição, Jane L. N. da Gama. Brasília, 220 p. : il.; 29 cm. 2009.
16. KLEIN, C.; DUTROW, B. **Manual de ciência dos minerais**; tradução e revisão técnica: Rualdo Menegat. 23ª Ed. – Porto Alegre: Bookman, 2012.
17. LAMAS, F.; IRIGARAY, C.; OTEO, C.; CHACON, J. Selection of the most appropriate method to determine the carbonate content for engineering purposes with particular regard to marls. **Engineering geology**, 81:32-41. ISSN 0013-7952. 2005.
18. LAMEIRAS, S.F., MELO, V.A.R.; LEAL, J. M. Piroeletricidade e emissão de infravermelho distante da turmalina. **Revista Escola de Minas**, 58 (2). 2005.
19. LIMA, S. F.; SILVA FILHO, W. F.; PINHEIRO, R. D.; FREIRE, G. S. S.; MAIA, L.P.; MONTEIRO, L. H. U. ANASED – Programa de Análise, Classificação e Arquivamento de Parâmetros Sedimentológicos. **Anais do Congresso da ABEQUA – Associação de Estudos do Quaternário – Imbé – RS**. 2001.
20. MAIA, L. P. 1998. **Procesos Costeros y Balance Sedimentario a lo Largo de Fortaleza**
21. (NE-Brasil): **Implicaciones para una gesti'ón adecuada de la zona litoral**. Tesis. 1998.
22. MAIA, C. J. C. **Os minerais pesados da plataforma continental interna oeste do Estado do Ceará**. Relatório de graduação, UFC. 2005.
23. MARTINS, L. R.; COUTINHO, P. N. The Brazilian Continental margin. **Earth Science Reviews**, Amsterdam, v. 17, p. 87 –107. 1981.
24. MEIRELES, A. J. A. **Morfologia litoral y sistema evolutivo da la costa do Ceará**. 2001. 353f. Tese (Doutorado) – Programa de Doctorado: Geografia Física y Planificación Ambiental, Departamento de Geografia Física y Análisis Geográfico Regional, Universitat de Barcelona, Barcelona, 2001.
25. MONTEIRO, L. H. U. **Feições Superficiais da Plataforma Continental Cearense entre o litoral de Fortaleza e Icapuí**. Tese (doutorado), Recife, 178p. 2011.
26. PALMA, J.C. 1979. **Depósitos de Minerais Pesados**. In: AMARAL, C.A.B. (Ed.). **Recursos Minerais da margem Continental Brasileira e das Áreas Oceânicas Adjacentes (Relatório Final)**. Rio de Janeiro, Série Projeto REMAC, N. 10, p. 33-50.
27. PARFENOFF, A.; POMEROL, C.; TOURENG, J. 1970. **Les minéraux en grains – Méthodes d'études et determination**. Masson et Cie, Paris. 578p. 1970.
28. RAMOS, R. F.; SANTOS, D. M. **Minerais Pesados da Plataforma Continental Interna Leste do Estado do Ceará – Ce** – Relatório de graduação, UFC. 2005.
29. SANTANA, C.I. **Recursos minerais da margem continental brasileira e bacias oceânicas adjacentes**. Comissão Interministerial para Recursos do Mar (CIRM) – Grupo de Trabalho sobre Recursos não Vivos da Plataforma Continental, Relat. Inédito, p. 20-23. 1997.
30. SILVA, C. G. Placeres Marinhos. **Revista Brasileira de Geofísica**, Vol. 18(3), 2000, p. 327-336.
31. SILVA FILHO, W. F. **Domínios Morfoestruturais da Plataforma Continental do Estado do Ceará**. Tese (Doutorado), UFRGS, 2004. 307p.

32. SOUZA, D. R.; ABREU, J. G. N. 2005. Análise Quantitativa dos Minerais Pesados na Plataforma Continental Interna Adjacente ao Litoral Centro-Nortede Santa Catarina. **Braz. J. Aquat. Sci. Technol.**, 9(1):1-5. 2005.

Manuscrito recebido em: 30 de Maio de 2014
Revisado e Aceito em: 03 de Novembro de 2014