

FACIOLOGIA DA COBERTURA SEDIMENTAR SUPERFICIAL DA PLATAFORMA CONTINENTAL DO MARANHÃO

Lílian Poliana Sousa Gualberto¹
Maâmar El-Robrini²

1 Curso de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica - CG/UFPA,
2 Depto de Geologia - UFPA.
poliana@ufpa.br

RESUMO A Plataforma Continental do Maranhão localiza-se entre as latitudes de 00°57'N - 03°58'S e as longitudes de 47°17'W - 42°35'W. É um ambiente complexo que possui geometria e morfologia irregular, com baixo fluxo de águas fluviais e grande amplitude de maré (7,4 m). O trabalho foi desenvolvido no âmbito do Programa "Avaliação do Potencial Sustentável de Recursos Vivos na Zona Econômica Exclusiva" - REVIZEE, focalizando a caracterização granulométrica, classificação dos sedimentos marinhos, determinação de sua distribuição espacial e litofácies. A cobertura sedimentar superficial desta plataforma é constituída por areias. Estas areias são classificadas em: bioclásticas (28%), biolitolásticas (7%), litobioclásticas (10%) e litoclásticas (55%). As areias que recobrem esta plataforma não possuem um padrão de distribuição espacial. Com base nas concentrações de carbonato nos sedimentos, foram reconhecidas duas litofácies distintas, terrígena e carbonática, sendo a primeira predominante na plataforma continental interna e a segunda na externa. Na plataforma continental média ocorre a transição entre as fácies.

Palavras-chaves: Maranhão, plataforma, fácies, terrígena, carbonática

ABSTRACT The Maranhão Continental Shelf is localize between the 00°57'N - 03°58'S latitude and 47°17'W - 42°35'W longitude. The shelf is complex ambient with irregular geometric and morphology, that area have low meteoric water and great tidal range (7,4 m). This work was develop the REVIZEE Program, this study focused the granulometric classification, marine sediments classification, space and facies distribution determination. The superficial sediments cover of the shelf is constitute for sands. The sands are classify in: bioclastic (28%), bioliticlastic (7%), litobioclastic (10%) and litoclastic (55%). The shelf's sands don't have space of distribution standard. The sediments carbonatic concentration was acknwdged two distinction facies, terrigena and carbonatic, the first is predominant over the inner continental shelf and second have predominace on outer shelf. In the middle continental shelf is occring the transition between facies.

Keywords: Maranhão, shelf, facies, terrigena, carbonatic

INTRODUÇÃO

A Zona Econômica Exclusiva (ZEE) é uma área estratégica no que tange a exploração dos recursos bióticos e abióticos, sobretudo na Plataforma Continental do Maranhão. Esta plataforma apresenta características peculiares que a distingue das demais plataformas da Margem Continental Brasileira, seja por sua geomorfologia que propicia a acumulação de minerais pesados; por sua extensa faixa carbonática; pelos rios que percolam áreas de rochas antigas e nela deságuam trazendo materiais de interesse econômico; por sua exuberante e diversificada fauna; por sua dinâmica com as maiores amplitudes de maré da costa brasileira e a única com possibilidade de geração de energia; e por ser uma plataforma rasa, fato este que tornará viável a exploração de seus bens minerais.

O conhecimento das litofácies e a distribuição dos sedimentos na cobertura sedimentar são de fundamental importância para compreensão da dinâmica da plataforma, caracterização do habitat nos organismos que nela vivem, assim como, para delimitar áreas suscetíveis à acumulação de minerais pesados.

Este trabalho foi desenvolvido no âmbito do Programa "Avaliação do Potencial Sustentável de Recursos Vivos na Zona Econômica Exclusiva" - REVIZEE. Esse Programa, realizou várias operações oceanográficas entre o Cabo Orange/AP até a Foz do rio Parnaíba/PI: Operações Norte I (1995), Norte II (1997), Norte III (1999) e Norte IV (2001), a bordo do "NOc ANTARES" da Marinha do Brasil, e teve como objetivo central proceder ao levantamento dos potenciais sustentáveis de captura dos recursos vivos ZEE/NO. Neste contexto, a oceanografia geológica teve por meta a identi-

cação topográfica e o conhecimento da distribuição dos sedimentos da plataforma, talude e bancos oceânicos. Deste modo, este trabalho visa a caracterização granulométrica e classificação dos sedimentos da Plataforma Continental do Maranhão, assim como, a determinação de sua distribuição espacial.

MATERIAIS E MÉTODOS

A amostragem sedimentológica, na Plataforma Continental do Maranhão (Figura 1), foi realizada em Junho de 1999, no decorrer da Operação Norte III. A coleta dos sedimentos de fundo foi realizada ao longo de 09 perfis perpendiculares à costa, em que foram utilizados os amostradores do tipo: "Van Veen" e de arrasto de boca retangular. Os pontos de amostragem (estações) foram georreferenciados, através de um sistema de posicionamento, do tipo DGPS (Diferencial Global Positioning System).

Em laboratório, a metodologia adotada para análise das amostras seguiu os padrões metodológicos para as pesquisas do Programa REVIZEE, de acordo com Figueiredo et al. (1995).

CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O litoral maranhense tem 640 Km de extensão, recorta várias formações (Itapecuru, Pirabas, Grupo Barreiras e depósitos quaternários) que recobrem as bacias marginais São Luís e Barreirinhas (CPRM, 1994). É caracterizado por estuários, campos inundados, restingas, praias arenosas, dunas, entre outros ambientes (Moreira, 2000). Este litoral pode ser dividido em três áreas geomorfologicamente distintas: litoral ocidental, o Golfão Maranhense e o litoral oriental.

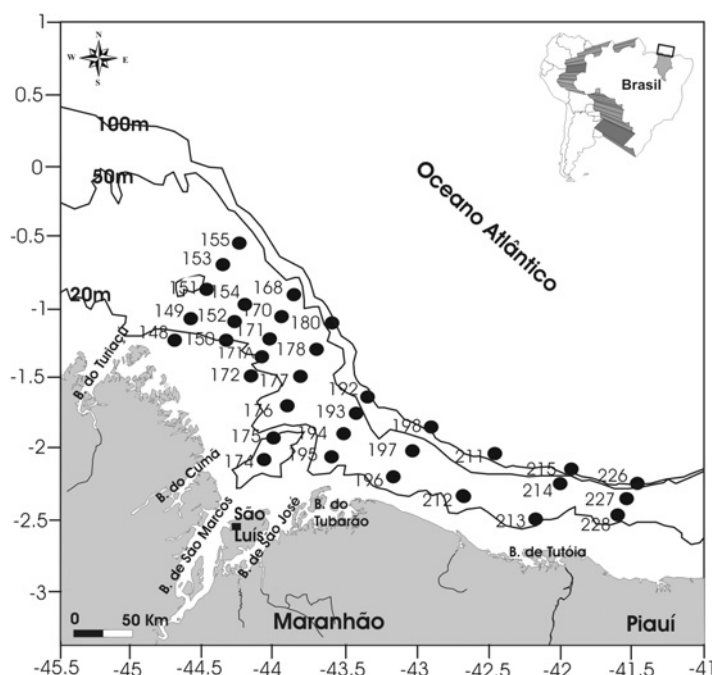


Figura 1 – Mapa de localização das estações oceanográficas (Operação Norte III/ Programa REVIZEE, julho/1999).

O litoral ocidental do Maranhão, compreende o espaço entre a foz do rio Gurupi e o Golfão Maranhense, onde encontram-se inúmeras reentrâncias correspondentes à foz dos rios, com a presença de ilhotas e pequenas falésias. Este sistema é denominado de Reentrâncias Maranhenses, sendo caracterizado por anastomose de rios, furos e igarapés, que atravessam extensas áreas de bosques de mangues (Gualberto, 2002; SUDENE, 1977). Os manguezais ocupam em torno de 6,02 Km² (IBAMA/SEMATUR, 1991), e correspondem às áreas úmidas costeiras do litoral maranhense. As reentrâncias representam à depressão estrutural e topográfica das bacias marginais mesozóicas de São Luís e de Barreirinhas, e da parte norte da bacia paleozóica do Parnaíba (Francisconi et al., 1974).

O litoral oriental estende-se desde a baía de Tubarão até a foz do rio Parnaíba à leste, possui uma costa regular retilínea, em

boa parte de sua área é recoberta por dunas arenosas. As dunas seguem em direção ao continente até uma distância de 50 Km da costa, formando a unidade de conservação do Parque Nacional de Lençóis Maranhenses (Gualberto, 2002; SUDENE, 1977). O relevo do litoral oriental e a plataforma Continental do Maranhão são influenciados, principalmente, por processos eólicos e pelas correntes litorâneas (Francisconi et al., 1979).

O Golfão Maranhense é um complexo estuarino, situado numa posição em ângulo reto em relação ao litoral. Está localizado na saída de duas importantes bacias fluviais, ramificadas na parte montante. O Golfão apresenta um alargamento ao Norte sobre a plataforma continental e, é desenvolvido entre dois tipos de costas (El-Robrini, 1990, 1996). Trata-se da feição geomorfológica com maior influência sobre a plataforma.

Na costa maranhense, a alta amplitude de maré (7,4 m) é uma importante caracte-

rística (El-Robrini & Souza Filho, 2000). Essa amplitude de maré é registrada na ilha de São Luís, contudo, observa-se que esta diminui para 3 - 4m na baía de Tutóia, a leste de São Luís, e também na direção noroeste.

As correntes de maré são fortes, notavelmente, na baía de São Marcos, onde a velocidade chega a alcançar 3,6 nós. A maré de enchente entra na baía em direção SW, atingindo uma velocidade de 3,9 nós. A vazante ocorre em direção ao Norte, paralela à costa, com velocidade máxima de 5,6 nós (DHN, 1972, 1977; Amaral, 1998; Frazão, 2000).

Ao longo das reentrâncias, entre as baías de Cumã e Turiaçú e nos Lençóis Maranhenses, entre as baías de Tubarão e Tutóia, a corrente de maré apresenta uma direção de WSW - SW perpendicular à costa, durante a enchente, e N - NE durante a vazante. Mais a norte, as correntes geralmente fluem para NW e W, entrando na baía de Turiaçú (DHN, 1972, 1977; Amaral, 1998; Frazão, 2000).

A Plataforma Continental do Maranhão com uma superfície de 55,70 Km², está compartimentada entre a foz dos rios Gurupi e Parnaíba, limitada "offshore" pela isóbata de 80m. Esta área situa-se entre as latitudes de 00° 57' N - 03° 58' S, e as longitudes de 47° 17' W - 42° 35' W. Apresenta geomorfologia irregular, bem evidenciada pelos campos de bancos arenosos submersos e pelo Parcel Manuel Luís, assim como, por sua geometria irregular que apresenta um alargamento no sentido NW e a Depressão Maranhense, trata-se de uma plataforma continental relativamente rasa (Gualberto, 2002). É caracterizada pela influência de ventos alíseos e por ocorrência de duas estações ao ano, verão e inverno (Frazão, 2000; Frazão et al. 2001).

A Plataforma Continental Interna (PCI) do Maranhão é limitada pela isóbata de 40m. Possui um relevo complexo, típico

de áreas com elevada energia de maré, onde ocorrem pequenas irregularidades, devido à presença de canais e ondulações. Esta região é caracterizada pela Depressão Maranhense, que constitui um complexo sistema de canais descontínuos, que estabelecem depressões alongadas, com profundidades médias de 28 a 32m (Houbolt 1968; Swift & Ludwick 1976; Palma, 1979, Amaral, 1998). Sendo que, no centro da Depressão Maranhense, entre os Vales de São Marcos e do Cumã, ocorre um conjunto de bancos arenosos, que segundo Swift (1975), envolve uma seqüência de processos originados no estuário ou junto à face praiada de plataformas abertas.

A Plataforma Continental Média (PCM) é uma área com maior inclinação, situada entre as isóbatas de 40 e 60m, sendo marcada por uma série de feições erosivas. Possui uma reentrância semelhante a um golfo, cuja largura é da ordem de 120 Km (El-Robrini, 1990), offshore da foz do rio Gurupi. Esta feição pode estar associada a um nível do mar baixo, ocorrido durante a Transgressão Holocênica (Palma, 1979). Na PCM encontra-se um dos maiores bancos de corais da América do Sul, o Parcel Manuel Luís. Trata-se de uma região recifal coralina, com forma circular imperfeita (Palma, 1979), cresce sobre o piso de profundidade em torno de 25 - 30 m, entre as coordenadas 00°46' - 00°58' S e 44°09' - 44°21' W. Apresenta-se quase totalmente submerso com alguns afloramentos coralíneos na maré baixa.

A Plataforma Continental Externa (PCE) está compartimentada entre a isóbata de 60 e 80m, com morfologia irregular que sugere uma natureza carbonática, provavelmente uma formação de bancos de algas paralelos à quebra do talude, onde ocorre uma série de reentrâncias, configurando pequenos canais de relevo irregular (Palma, 1979; Amaral, 1998).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

As análises granulométricas mostram que os sedimentos que recobrem a Plataforma Continental do Maranhão são constituídos por areias bem selecionadas, porém, com ocorrência subordinada de sedimentos pobremente selecionados. Estas areias são caracterizadas por distribuírem-se espacialmente de forma anômala, exibindo gradação de areia fina a grossa da PCI a offshore.

Na PCI ocorrem areias quartzíticas, bem selecionadas a moderadamente selecionadas, com pequena variação na escala phi para o diâmetro dos grãos, há o predomínio de areia fina. Com exceção na região em frente ao Golfão Maranhense, onde ocorre areia média.

Os processos eólicos atuantes no litoral oriental do Maranhão, associados a uma rede de drenagem incipiente, contribuem significativamente para um melhor seccionamento das areias, a nordeste do Golfão Maranhense.

As areias supra acima citadas, não apresentam um padrão na sua distribuição espacial na PCI. Essa distribuição aleatória deve-se, em parte, ao aporte das drenagens que deságuam nas baías de São Marcos e São José. O suprimento desses sedimentos é favorecido pelos processos de erosão relacionados à peneplanização do Ciclo Sul-Americano (CPRM, 1994), contribuíram para a construção de amplas baixadas e ao escavamento de vales relativamente rasos e abertos, ocorrendo a remoção de depósitos ainda inconsolidados.

A PCM é recoberta por areias finas a médias, de modo geral, são bem selecionadas. Nesta área, ocorre uma variação significativa no diâmetro dos grãos no sentido NE - NW, esse aumento no tamanho dos grãos acompanha o aumento do comprimento da Plataforma Continental do Maranhão, que atinge seu maior comprimento em frente à foz do rio Gurupi.

As areias (finas a grossas) com cascalho esparso e os cascalhos areno lamosos pobremente selecionados, são os sedimentos que recobrem a PCE. A origem e distribuição desses sedimentos está associada ao processo de abrasão das construções carbonáticas externas e o transporte em direção ao continente.

Os sedimentos da Plataforma Continental do Maranhão, segundo a classificação de Folk (1974), são classificados em (Figura 2):

- Areia (9%) e areia com cascalho esparso (91%), que corresponde à classe dominante na PCI;
- Areia com cascalho (8%), areia (25%), areia com cascalho esparso (33%) e cascalho arenoso (33%) são os sedimentos que recobrem a PCM;
- Cascalho areno lamoso (16%), areia com cascalho (33%), areia com cascalho esparso (50%), que corresponde à classe dominante;

Para classificação de sedimentos marinhos, Dias (1996) propôs 48 tipos de sedimentos marinhos, em função da granulometria e dos teores de carbonato. Cada tipo de sedimento é representado por uma associação de letras e números. Quanto ao teor de carbonato, foram estabelecidas quatro categorias: litoclásticos (<30% de CaCO_3); litobioclásticos (30 a 50% de CaCO_3); biolitoclásticos (50 a 70% de CaCO_3) e bioclásticos (>70% de CaCO_3). Com relação à textura, os sedimentos foram divididos também em quatro categorias principais, ou seja, seixos, grânulos, areias e lamas. Dias (1996) desenvolveu essa classificação dos sedimentos, para a Plataforma Continental Brasileira, baseado na metodologia utilizada por Larssonneur (1977) para o mapeamento do canal da Mancha.

Com base na classificação de Dias (1996), a cobertura sedimentar superficial da

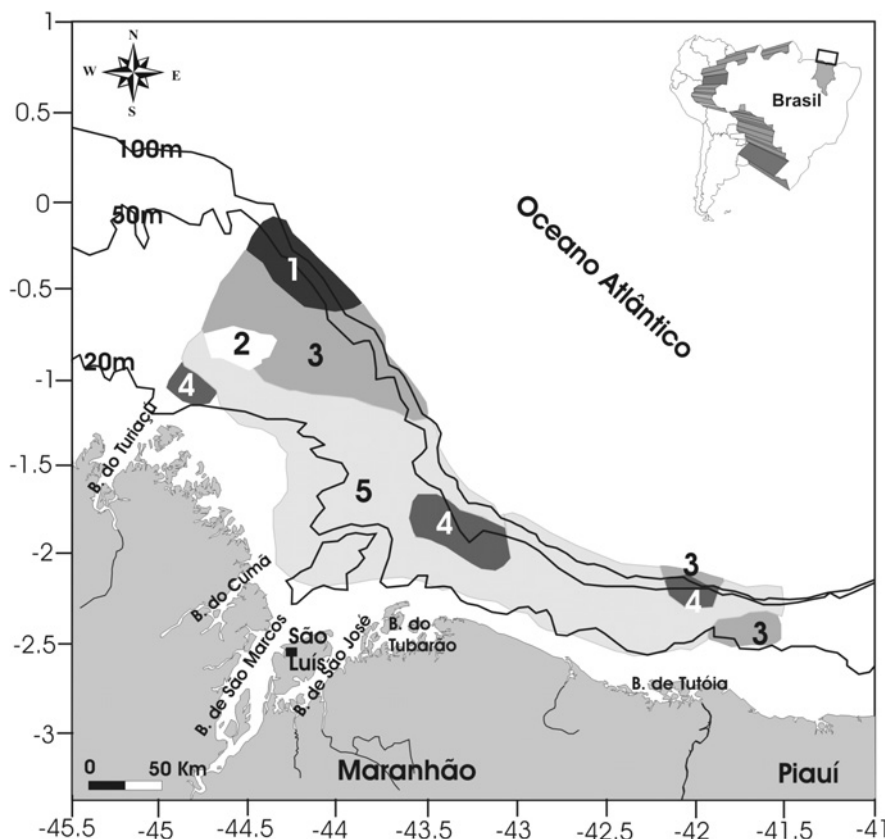


Figura 2– Mapa da cobertura sedimentar da Plataforma Continental do Maranhão (1 - cascalho arenoso; 2 - rocha, 3 - areia com cascalho; 4 - areia; 5 - areia com cascalho esparsa).

Plataforma Continental do Maranhão foi classificada em:

- Sedimentos litoclásticos (< 30% de CaCO_3), sendo L (lama) < 15%, Md (mediana) < 2mm, areia litoclástica média (75% AL1d) e fina a muito fina (25% AL1e). Estes sedimentos distribuem-se pela PCI;
- 1) Sedimentos litoclásticos (< 30% de CaCO_3), sendo L < 15%, Md > 2mm, areia litoclástica fina (36% AL1e); 2) sedimentos litobioclásticos (30 a 50% de CaCO_3), sendo L < 15%, Md > 2mm, areia litobioclástica: média (9% AL2d) e grossa (18% AL2c); 3) sedimentos biolitoclásticos (50 a 70% de CaCO_3), sendo L < 15%, Md > 2mm, areia bioli-

tolástica média (9% AB1d); 4) sedimentos bioclásticos (> 70% de CaCO_3), sendo L < 15%, Md > 2mm, areia bioclástica: média com grânulos (18% AB2b) e grossa a muito grossa (9% AB2c). A PCM é caracterizada por esses sedimentos, e nela ocorre transição entre os sedimentos de origem terrígena e carbonática.

- 1) Sedimentos litoclásticos (< 30% de CaCO_3), sendo L < 15%, Md > 2mm, areia litoclástica média (17% AL1d); 2) sedimentos biolitoclásticos (50 a 70% de CaCO_3), sendo L < 15%, Md > 2mm, areia biolitoclástica fina (17% AB1e); 3) sedimentos bioclásticos (> 70% de CaCO_3), sendo L < 15%, Md

>2mm, areia bioclástica: média com grânulos (50% AB2b) e média (17 AB2e).

Nota-se que as areias carbonáticas são predominantes na PCE.

Com base na classificação de Dias (1996), os sedimentos da Plataforma Continental do Maranhão são classificados em areias: bioclásticas (28%), biolitoclásticas (7%), litobioclásticas (10%) e litoclásticas (55%). Para a classificação de Folk (1974), estes sedimentos foram classificados em quatro classes distintas: areia com cascalho (20%), cascalho areno lamoso (6%), areia (14%) e areia com cascalho esparsa (60%), que corresponde à classe dominante. Ressaltando que nessa classificação, não se leva em conta o teor de carbonato de cálcio, sendo a granulometria o parâmetro adotado para a distinguir classes. Em ambas as classificações, esta evidente o domínio das areias na Plataforma Continental do Maranhão, com destaque das areias litoclásticas na PCI, e as bioclásticas a offshore.

Em relação as litofácies, foram identificadas as fácies terrígena e carbonática, na Plataforma Continental do Maranhão (Figura 3). A distinção entre as litofácies foi realizada com base no teor de carbonato e na origem dos sedimentos, aporte fluvial ou processo de abrasão das construções carbonáticas a offshore. O limite entre as litofácies foi estipulado nas variações nos teores de carbonato, ou seja, as estações oceanográficas em que os sedimentos apresentaram teores superiores ou iguais a 50% foram considerados pertencentes à fácies carbonática, e os com teores inferiores a 50% constituem a fácies terrígena.

Comparando os resultados obtidos com os do Projeto Reconhecimento da Margem Continental Brasileira - "Projeto REMAC", em termos de cobertura sedimentar superficial da Plataforma Continental do Maranhão, observa-se que a fácies carbonática na PCM e PCE não apresenta a continuidade proposta pelo Projeto REMAC. Essa descontinui-

dade da fácies carbonática registrada neste trabalho pode ser devido à escala de amostragem adotada pelo Programa REVIZEE (3 milhas náuticas a distância entre as estações), que permitiu um maior detalhamento da área. Os resultados aqui expostos, também apresentam divergência com o mapa proposto por Coutinho (1993) para distribuição dos carbonatos na Plataforma Continental Brasileira, neste mapa à noroeste do Golfo Maranhense os carbonatos ocorrem em uma faixa contínua, não havendo a individualização do Parcel Manuel Luís.

CONCLUSÕES

O baixo aporte fluvial, mesmo na estação chuvosa, mostra que a morfologia da Plataforma Continental do Maranhão associada as correntes são os principais agentes responsáveis pela dispersão dos sedimentos. Sendo que, na PCE as correntes atuam no processo de abrasão das construções carbonáticas, no transporte do material, que sofre atrito com o fundo. E assim, há uma diminuição na granulometria desses sedimentos.

As correntes, também, são responsáveis pelo avanço da litofácies carbonática na cobertura sedimentar superficial da PCM.

As irregularidades no relevo, principalmente na PCI, favorece a deposição de material terrígeno próximo à costa. Contudo, para o estudo dos minerais pesados, sugere-se uma malha de amostragem menor que a adotada pelo Programa REVIZEE, na PCI e PCM onde foi reconhecida à fácies terrígena.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao Ministério do Meio Ambiente (MMA), ao Comitê Executivo do Programa REVIZEE e Subcomitê Regional Norte (SCORE/NO). Ao Ministério da Defesa (MD)/ Marinha do Brasil (MB), à Comissão Interministerial para os

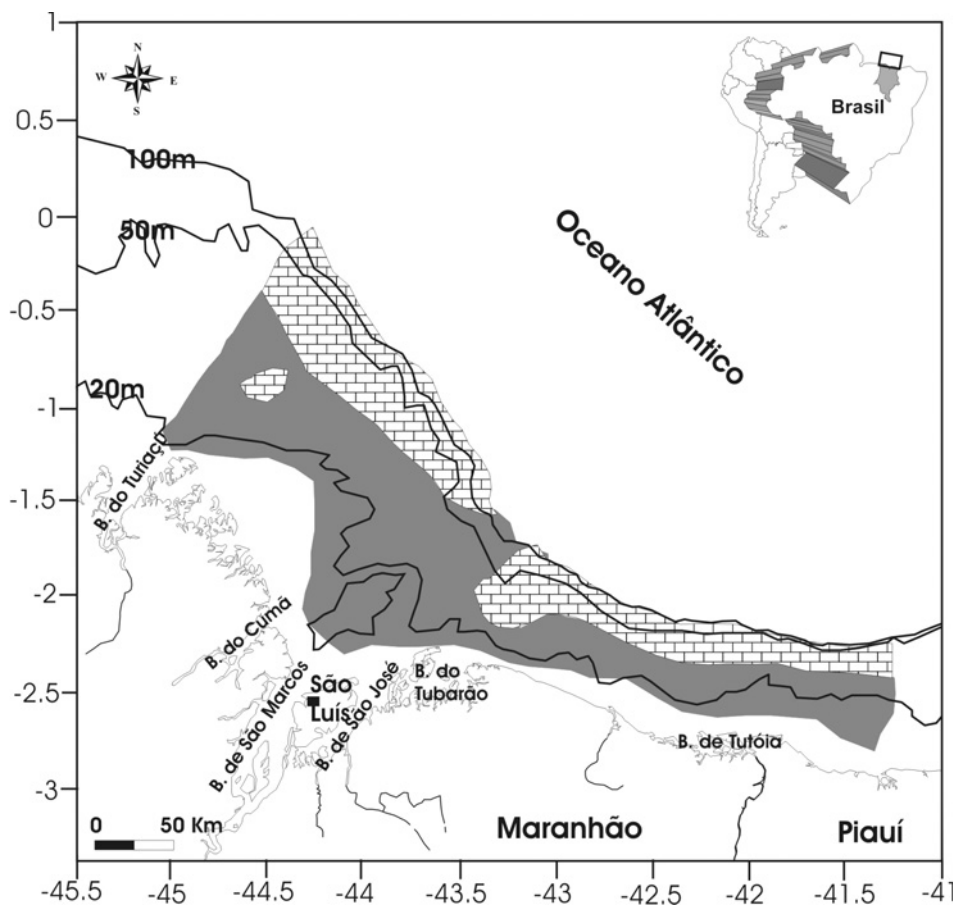


Figura 3 – Mapa faciológico da cobertura sedimentar superficial da Plataforma Continental do Maranhão. Em cinza fácies terrígena, em quadrículas fácies carbonática.

Recursos do Mar (CIRM), à Secretária da Comissão Interministerial para os Recursos do Mar (SECIRM), à Diretoria de Hidrografia e Navegação (DHN); A tripulação do Navio Oceanográfico ANTARES (H40); Ao Conselho Nacional de Pesquisa e Desenvolvimento (CNPq), pela concessão de 24 meses de bolsa e a Dra. Maria de Lourdes S. Santos pelo apoio durante as análises no Laboratório de Oceanografia/UFPA.

REFERÊNCIAS

- Amaral, M. S., 1998. Estudo da Distribuição dos Minerais Pesados Presentes na Cobertura Arenosa Superficial da Plataforma Continental do Maranhão. (Trabalho de Conclusão de Curso) UFPA, Belém/PA: 58p.
- Coutinho, P. N. 1993. Sedimentação na Plataforma Continental Brasileira. Revista de Geologia UFC. Vol. 6 Fortaleza: 65 - 72p.

- CPRM, 1994. Programa de Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil. Folha São Luís (SA.23-Z-A), Folha Cururupu (SA.23-X-C) Estado do Maranhão. Escala 1:250.000. Brasília: 185p.
- DHN, 1972. Cartas de Correntes de Maré: proximidades da baía de São Luís e portos de São Luís e Itaqui. Rio de Janeiro (DG 10-v-1): 197p.
- Dias, G. T. M. 1996. Classificação de Sedimentos marinhos Proposta de Representação em cartas Sedimentológicas. Anais do 39º Congresso Brasileiro de Geologia. Vol. 3. Sergipe: 423 - 426p.
- El-Robrini, M., Souza Filho, P. W. M., 2000. Potential of SAR/RADARSAT data for coastal and estuarine environment study, Golfão Maranhense, Brazil, Amazon Region. In: 31st International Geologic Congress. Abstracts Volume CD. Rio de Janeiro. Brazil
- El-Robrini, M., 1990. Evidences of on paleo-estuarine zone an the Pará-Maranhão Platform. Northern (Brazil). In: international Symposium on Quaternary Shorelines. Evolution, Processes and Future Changes. Buenos Aires, INQUA, Resumos. V.2:23
- El-Robrini, M., 1996. Análise Morfo-Sedimentar da Margem Continental do Pará-Maranhão/Norte (Brasil). Projeto de Pesquisa. Centro de Geociências/UFPA: 21p.
- Figueiredo, A., Satander, G., Faria Jr, L. E. de C., Lana, P. da C., Klein, A., Pezzuto, P. R., 1995. Padrões Mínimos Metodológicos para as Pesquisas do Programa "AVALIAÇÃO DO POTENCIAL SUSTENTÁVEL DE RECURSOS VIVOS NA ZONA ECONÔMICA EXCLUSIVA-REVIZEE". Ministério do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal, Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis, Diretoria de Incentivo à Pesquisa e Divulgação. Brasília: 53p.
- Folk, R. L., 1974. Petrology of Sedimentary Rocks. Austin. Hemphill: 182p.
- Francisconi, O., Costa, M. P. A., Coutinho, M. G. N. E Vicalvi, M. A., 1979. Geologia Costeira e Sedimentos da Plataforma Continental Brasileira. Projeto REMAC, nº 5: 35-51.
- Frazão, E. P., 2000. Estudo dos Parâmetros Físicos de Temperatura e Salinidade na Plataforma Continental do Maranhão entre as latitudes de 0°80'S - 2°20'S e longitudes de 44°40'W e 43°25'W: Uma análise ambiental. (Trabalho de Conclusão de Curso) UFPA, Belém/PA: 81p.
- Frazão, E. P., Santos, M. L. S., El-Robrini, M., 2001. Estudo da Temperatura, Salinidade e Massas D'Água na Plataforma Continental do Maranhão e Área Oceânica Adjacente. Resumos Boletim nº17. XIX Simpósio de Geologia do Nordeste - Natal/RN: 31-32p.
- Gualberto, L.P.S. 2002. Plataforma Continental do Maranhão: Distribuição Espacial e Análise Textural da Cobertura Sedimentar Superficial. (Trabalho de Conclusão de Curso) UFPA, Belém/PA: 56p.
- Houbolt, J. J. H. G., 1968. Recent sediments in southern bight of North Sea. Geologie en Mijnbouw, The Hague. 47: 245-73.
- IBAMA/SEMATUR, 1991. Diagnóstico dos principais problemas ambientais do Estado do Maranhão. Programa Nacional de Meio Ambiente. Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis/ Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Turismo do Maranhão. Ed. Lithograf. São Luís, MA: 194p
- Larsonneur, C., 1977. La cartographie des dépôts meubles sur le plateau continental français:méthode mise au point et utilisée en Manche. J. Rech. Oceanogra: 2, 34 -39.
- Moreira, I., 2000. O Espaço Geográfico: 488p.
- SUDENE, 1977. Inventário hidrogeológico básico do Nordeste, Folha nº São Luís

- SE. Série Brasil. Sudene. Hidrogeologia, 51. Ministério do Interior. Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste. Divisão de Recursos Minerais. Recife, PE: 135p.
- Swif, D. J. P., 1975. Tidal sand ridges and shoal-retreat massifs. *Mar. Geol.*, Amsterdam. 18: 105-34.
- Swif, D. J. P. & Ludwick, J. C., 1976. Substrate response to hydraulic process: grain size frequency and bed forms. In Stanley, D. J. & Swift, D. J. P., eds. *Marine sediment transport and environmental management*. New York, Wiley - Interscience: 159-96p.