

MAPA GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO DA BACIA DO RIO BACANGA – SÃO LUÍS (MA)

Ediléa Dutra PEREIRA ¹ & José Eduardo ZAINÉ ²

(1) Departamento de Geociências, Universidade Federal do Maranhão. Avenida do Português s/n.

CEP 65080-40. São Luís, MA. Endereço eletrônico: edileadp@gmail.com.

(2) Departamento de Geologia Aplicada, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista,

Campus de Rio Claro. Rua 24-A, 1515 – Bela Vista. CEP 13506-900. Rio Claro, SP. Endereço eletrônico: jezaine@rc.unesp.br.

- Introdução
- Materiais e Métodos
- Unidades Geológico-Geotécnicas
 - Unidade I – Depósitos Construídos
 - Unidade II – Áreas Planas de Fundo de Vales – Formação Açuí
 - Subunidade II-A – Mangues
 - Subunidade II-B – Planícies Fluviais ou Aluvionares
 - Unidade III – Terrenos Associados à Fácies Arenosa da Formação Barreiras
 - Subunidade III-A – Fácies Arenosa da Formação Barreiras em Topo de Tabuleiro
 - Subunidade III-B – Fácies Arenosa da Formação Barreiras em Situação de Meia Encosta
 - Unidade IV – Terrenos Associados à Fácies Areno-Argilosa da Formação Barreiras
 - Subunidade IV-A – Área de Ocorrência da Fácies Areno-Argilosa da Formação Barreiras em Topo de Colina
 - Subunidade IV-B – Fácies Areno-Argilosa da Formação Barreiras em Meia Encosta da Colina
 - Unidade V – Área de Domínio da Fácies Argilosa da Formação Barreiras
 - Subunidade V-A – Fácies Argilosa da Formação Barreiras em Topo de Colina
 - Subunidade V-B – Fácies Argilosa da Formação Barreiras em Situação de Média e Baixa Encosta
 - Unidade VI – Domínio da Formação Itapecuru
- Discussão dos Resultados
- Considerações Finais
- Agradecimentos
- Referências Bibliográficas

RESUMO – Este trabalho apresenta as características do meio físico da Bacia do Rio Bacanga, localizada na cidade de São Luís (MA). Dentro da compartimentação geomorfológica regional, a área insere-se no Golfão Maranhense, sendo caracterizada por duas unidades de relevo: colinas dissecadas a partir dos tabuleiros e planícies flúvio-marinhas. Os estudos objetivaram a elaboração de um mapa geológico-geotécnico, fundamentado no método do detalhamento progressivo, sendo integradas as informações geológicas, geomorfológicas e de solos em uma base topográfica na escala de 1:20.000. Para esses estudos foi utilizada como ferramenta principal a fotointerpretação detalhada, associada ao controle de campo e ensaio *in situ*. No mapa resultante foram caracterizadas seis unidades geológico-geotécnicas: Unidade I – depósitos construídos; Unidade II – áreas planas de fundo de vales; Unidade III – terrenos associados à fácies arenosa da Formação Barreiras; Unidade IV – fácies areno-argilosa da Formação Barreiras; Unidade V – área de domínio da fácies areno-argilosa da Formação Barreiras; Unidade VI – domínio da Formação Itapecuru. Nas unidades foram identificados os processos geológicos e os problemas ambientais que compõem a dinâmica da bacia do Rio Bacanga. O mapa elaborado é uma das ferramentas indispensáveis para subsidiar o planejamento do uso e ocupação do solo.

Palavras-chave: mapeamento geológico-geotécnico, relevo de tabuleiro, Rio Bacanga, São Luís (MA).

ABSTRACT – *E.D. Pereira & J.E. Zaine – Geologic-geotechnical map of Bacanga river basin, São Luís Island (MA), Brazil.* This paper presents the results of a study of geological characteristics of the Bacanga River basin materials, located in west zone of São Luís city (MA), Brazil. This basin is inserted on geomorphologic unity named Golfão Maranhense, according to the regional geomorphologic classification, with two marked relief forms: dissected hills and fluvial-marine plains. The studies aimed the elaboration of a geologic-geotechnical map based on progressive-detailed method, with geological, soil and geomorphological data plotted on a topographic base (1:20.000). Photogeological analysis was the main research tool, followed by field control and *in situ* tests. The mapping recognized six geological-geotechnical features: Unity I – built deposits; Unity II – flat surface valleys; Unity III – sandy facies of Barreiras Formation; Unity IV – sand-clayey facies of Barreiras Formation; Unity V – clayey facies of Barreiras Formation; Unity VI – Itapecuru Formation grounds. In these features were identified geological processes and environmental problems that make up the dynamics of Bacanga River basin. The confection of the geologic-geotechnical map is considered an indispensable tool to support the planning of land use.

Keywords: Geologic geotechnical mapping, uplands, Bacanga River, São Luís.

INTRODUÇÃO

O homem vem ocupando os espaços geográficos indiscriminadamente, sem o prévio conhecimento de suas vulnerabilidades e potencialidades. Isso vem acontecendo

na área da bacia do Rio Bacanga, localizada na cidade de São Luís (MA), na porção noroeste da Ilha do Maranhão, que é objeto do presente estudo. O

acesso rodoviário principal se faz pela BR-135, após atravessar o Estreito dos Mosquitos, canal que liga a ilha ao continente maranhense.

Nas últimas três décadas, o crescimento populacional e o desenvolvimento socioeconômico têm se intensificado na região, sendo que o uso intensivo e não planejado do território tem provocado vários níveis de degradação ambiental, principalmente do solo e dos recursos hídricos. Dessa forma, torna-se relevante o estudo que busca o entendimento das características geológicas e geomorfológicas da área. Nesse aspecto,

o mapeamento geológico-geotécnico realizado integra as informações do meio físico, com registros dos processos e fenômenos da dinâmica externa, indicando, assim, as potencialidades e fragilidades dos terrenos.

O objetivo principal do trabalho é apresentar o mapa geológico-geotécnico da bacia do Rio Bacanga, na escala 1:20.000, como um dos documentos cartográficos que permita subsidiar os órgãos governamentais na formulação de políticas públicas direcionadas ao planejamento territorial.

MATERIAIS E MÉTODOS

O mapa geológico-geotécnico apresentado foi fundamentado na primeira etapa do método do detalhamento progressivo de Cerri et al. (1996), integrando informações geológicas, geomorfológicas e de solos. Foram levantados 227 pontos em área de 106 km², considerando 160 pontos estudados em afloramentos, drenagens, cortes de estradas, voçorocas e outros. Foram também analisados 29 poços tubulares, 17 poços escavados, além da realização de 14 ensaios com permeâmetro de Guelph modificado e 7 ensaios com infiltrômetro de duplo anel.

Na fotointerpretação sistemática foram utilizadas fotografias aéreas na escala de 1:8.000, obtidas em 1988 pela Aerodata para a Companhia de Água e Esgoto do Estado do Maranhão (CAEMA), para determinação e individualização das áreas homólogas, conforme Soares & Fiori (1976) e Fiori (1980). A base topográfica foi elaborada a partir dos mapas planialtimétricos das folhas 21, 22, 23, 29, 30, 31, 37, 38 e 39 na escala de

1:10.000, da Diretoria de Serviço Geográfico, em escala 1:10.000, de 1980.

O método utilizado na caracterização das unidades foi a descrição de afloramentos, destacando-se os aspectos locais, litológicos, texturais, mineralógicos, estruturais, geomorfológicos, perfil de alteração, processos geológicos, uso e ocupação atual e problemas ambientais registrados na área, como erosão, assoreamento e outros.

As profundidades do nível de água subterrânea foram obtidas de dados de poços tubulares e poços escavados, de propriedade da CAEMA e de particulares, respectivamente.

A identificação dos tipos litológicos, a distribuição espacial, o arranjo das camadas e a profundidade associada à variação do relevo forneceram subsídios para elaboração do mapa geológico-geotécnico na escala de 1:20.000, onde foram definidas seis unidades de terreno, denominadas, no presente artigo, unidades geológico-geotécnicas.

CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A Ilha do Maranhão insere-se na área de transição climática do semi-árido nordestino e tropical úmido amazônico, com um clima tropical chuvoso, tipo Aw, conforme a classificação de Köppen (Strahler, 1960). A pluviosidade média anual é de 1.857,16 mm. A sazonalidade da chuva na área é marcante, com o período chuvoso de janeiro a junho e o período seco de julho a dezembro.

Os mapas geológicos disponíveis da região estão na escala 1:250.000, Folha São Luís SA.23-Z-A (Rodrigues et al., 1994) e na escala de 1:100.000 (Maranhão, 1998a).

A sedimentação na Bacia de São Luís iniciou-se com os sedimentos da Formação Itapecuru (Cretáceo), Formação Barreiras (Neógeno) e, finalmente, os sedimentos recentes da Formação Açuí (Quadro 1).

A estratigrafia adotada para a área é baseada na proposta de Rodrigues et al. (1994), com a adoção da nova divisão da Era Cenozóica (Quadro 1).

A Ilha do Maranhão está situada no centro da planície flúvio-marinha do Golfão Maranhense, sendo formada por rochas e sedimentos da Formação Itapecuru e Barreiras, respectivamente, cobertos por uma superfície de crosta ferruginosa que acompanha o relevo.

Na ilha são encontradas algumas formas de relevo características do Estado do Maranhão, como as planícies flúvio-marinhas e extensivos manguezais, que se apresentam nas faixas de baixas altitudes (0 a 5 m); as suaves colinas, nas cotas de 20 a 30 m; e os tabuleiros, em altitudes maiores, de 40 a 60 m. A maior altitude encontrada na ilha atinge 60 m.

QUADRO 1. Coluna estratigráfica da Bacia de São Luís. Adaptado de Rodrigues et al. (1994).

Era/Período		Unidades estratigráficas		Litologia	Potencial mineral
Cenozóico	Pleistoceno	Formação Açuí		Areia fina a média, madura a submadura, com estratificação cruzada Argila arenosa, maciça bioturbada	Areia Areia, argila
	Mesomioceno	Formação Barreiras		Areia fina a média, com concentrações ferruginosas, imatura, intercalações argilosas caulínicas	Argila, laterita, água subterrânea
	Paleógeno	Paleógeno		Areia fina a silte, com bolas de argilito, submadura, conglomerados, estratificação ondulada e cruzada	Argila, laterita, água subterrânea
Mesozóico	Cretáceo Superior	Formação Itapecuru	Membro Alcântara	Calculutitos, silte e areia muito fina, com argila, texturalmente imaturos, micáceos, estratificação plano-paralela	Calcário, argila
			Membro Psamítico	Arenito fino a médio, quartzito com feldspato, caulinizado, mica, nódulos ferruginizados, estratificação plano-paralela e cruzada	Água subterrânea

UNIDADES GEOLÓGICO-GEOTÉCNICAS

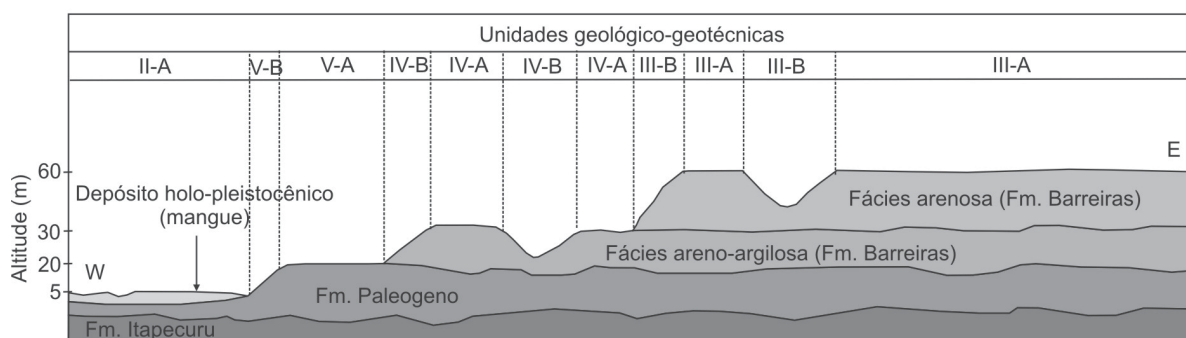
A bacia do Rio Bacanga foi dividida em seis unidades geológico-geotécnicas, definidas com base em observações e integrações das características das unidades geológicas e geomorfológicas, das feições e elementos de relevo e dos tipos de solo da área, extraídos de Rodrigues et al. (1994), Radambrasil (1993) e Maranhão (1998b), respectivamente, com adaptações a partir das informações de campo.

Os critérios utilizados na individualização e delimitação das unidades geológico-geotécnicas se basearam em Cooke & Doornkamp (1990), Lollo & Zuquette (1996) e Zaine (2000). Destaca-se a impor-

tância dos trabalhos de fotointerpretação para definição e delimitação das unidades geológico-geotécnicas mapeadas nesse estudo.

Como suporte para a definição das unidades e subunidades, e para o entendimento do posicionamento espacial das unidades, foram desenhadas, em forma de perfil esquemático, algumas características gerais da bacia do Rio Bacanga, tais como: perfil do relevo, extensão lateral e amplitudes, altitudes médias, de modo que possam ser visualizadas comparativamente. O perfil esquemático representa o modelo geológico-geomorfológico da área estudada (Figura 1).

(A) Seção esquemática característica da região do Parque Estadual do Bacanga



(B) Seção esquemática característica da região da foz do Rio Bacanga

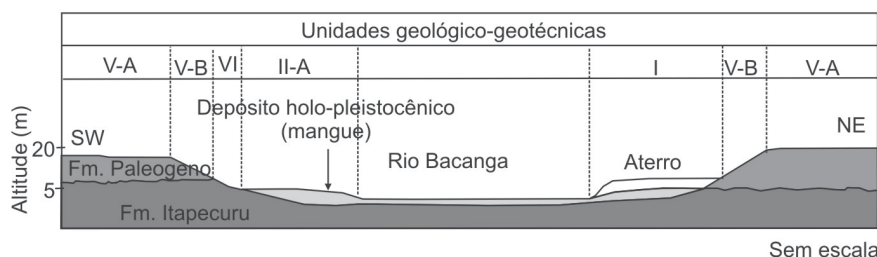


FIGURA 1. Seções esquemáticas da distribuição espacial das unidades geológico-geotécnicas mostrando a associação do substrato geológico e o relevo.

O Quadro 2 apresenta a síntese das principais características das unidades geológico-geotécnicas mapeadas na bacia do Rio Bacanga, cuja distribuição espacial é representada no mapa geológico-geotécnico da área (Figura 2).

A seguir são descritas as unidades mapeadas,

tecendo-se algumas considerações sobre as características dos materiais, do relevo e sua posição topográfica, além dos processos geológicos atuantes (dinâmica exógena) e conflitos decorrentes das diferentes formas de ocupação, principalmente pelo crescimento da área urbana da periferia de São Luís.

QUADRO 2. Síntese das principais características das unidades geológico-geotécnicas mapeadas na bacia do Rio Bacanga. K = Cretáceo, T = Terciário, Q = Quaternário, N.A. = Nível de água, Prof. = profundidade.

Unidades geológico-geotécnicas	Domínio geológico	Domínio geomorfológico	Características dos materiais	Declividades (%)	Altitudes (m)	Solo	Prof. do N.A. (m)	Principais processos/problemas de natureza geológico-geotécnica prováveis
I	Depósitos construídos. Holoceno (Tecnógeno)	Planície flúvio-marinha	Material de aterro proveniente da Formação Barreiras	Plano. 0-2%	0-5	Neossolo	Raso (<5)	Inundação, assoreamento, impermeabilizações, aterramento
II-A	Sedimentos quaternários. Formação Açui (Holoceno)	Planície flúvio-marinha	Sedimentos lodosos ricos em matéria orgânica, cinza-escuro	Plano. 0-2%	0-5	Solo de mangue	Raso (<5)	Assoreamento, inundação, desmatamento, aterramento, impermeabilizações, queimadas, eutrofização das águas; poluição provocada por esgoto <i>in natura</i>
II-B		Planície fluvial	Sedimentos arenosos a argilosos esbranquiçados com seixos e grânulos de lateritas dispersos, mal selecionados			Solo hidromórfico, orgânico e neossolo		
III-A	Fácies arenosa. Formação Barreiras (Neógeno)	Tabuleiro	Areia fina creme-avermelhada, bem selecionada, quartzosa	Plano. Variações de 2-5%, localizadas	45-60	Argissolo	7- 21. Variável	Suscetibilidade a erosão (ravina e voçoroca) e a rastejo
III-B		Vertentes	Sedimento amarelo a avermelhado, arenoso a argiloso com altas concentrações de laterita	Moderado a íngreme. 5 a 10%; >15%	45-30	Neossolo		Extração de areia e laterita
IV-A	Fácies areno-argilosa. Formação Barreiras (Neógeno)	Topo de Colina	Sedimento avermelhado a amarelado, areia fina a argilosa, com plaquetas de folhelho dispersas	Brando a moderado. 2-5%; 5-10%	20-30	Argissolo	20-48. Variável	Erosão (ravina e voçoroca)
IV-B		Vertentes	Sedimento areno-argiloso mosqueado e lateritizado	Moderado a íngreme. 5 a 10%; >15%		Argissolo, neossolo		Suscetibilidade a escorregamento
V-A	Fácies argilosa. Formação Paleogeno	Topo de Colina	Rocha rósea a avermelhada com tons esbranquiçados formada por siltitos, arenitos e argilitos, intensamente caulinizados	Plano a moderado. 0-2%; 2-5%	5-20	Argissolo	3-28. Variável	Erosão (ravina)
V-B		Vertentes		Moderado a íngreme. 5 a 10%; >15%		Argissolo, neossolo		Suscetibilidade a escorregamento
VI	Fácies arenosa. Formação Itapecuru (K)	Vertente dissecada	Arenito fino a argiloso, com manchas esbranquiçadas, maciço, estratificações plano paralela e convoluta	Moderado a íngreme. 5-10%; >15%	0-5	Argissolo	Raso (<5)	Erosão (ravina e voçoroca)

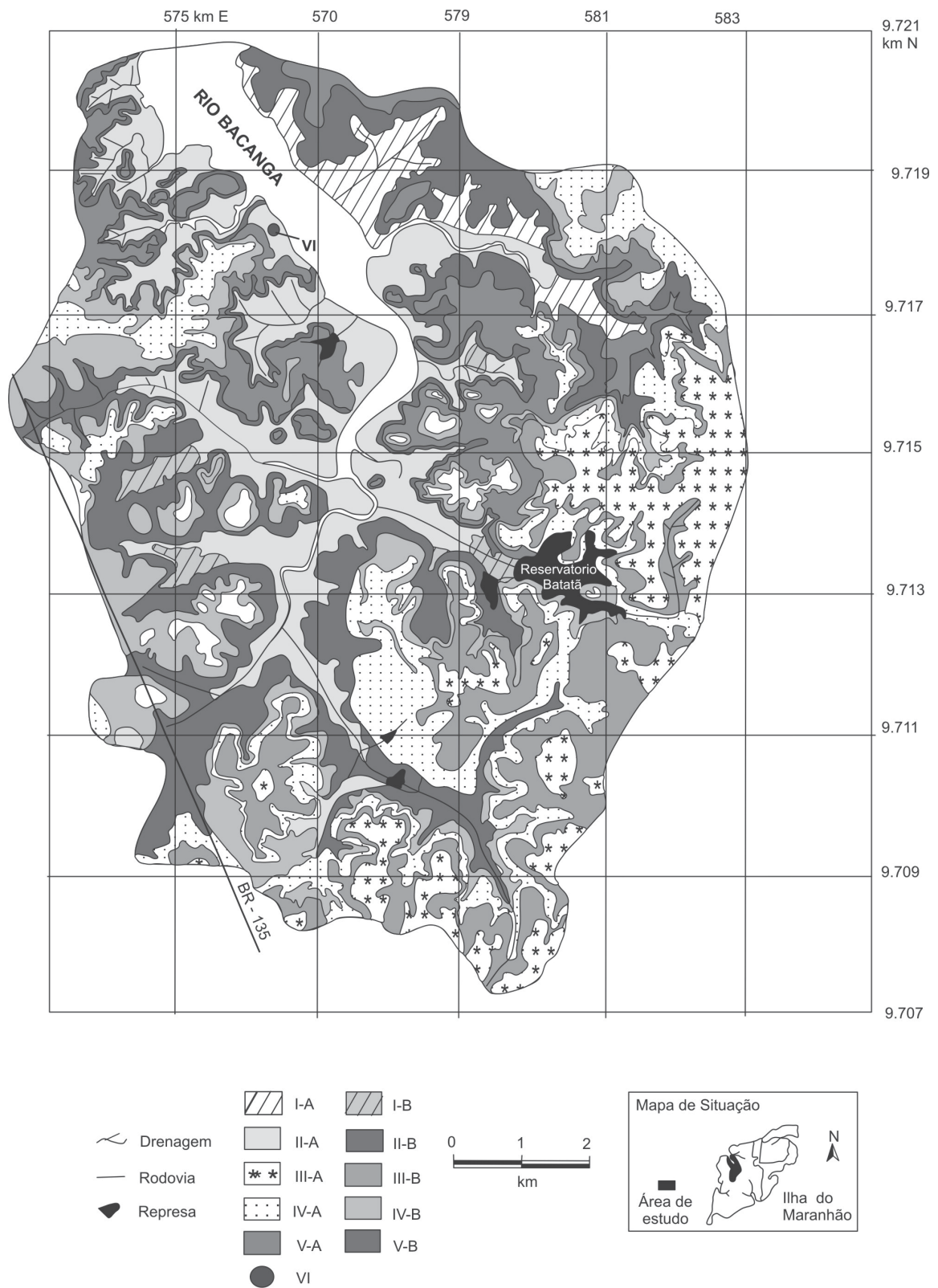


FIGURA 2. Mapa geológico-geotécnico da bacia do Rio Bacanga.

UNIDADE I – DEPÓSITOS CONSTRUÍDOS

Esta unidade corresponde a uma área de mangue pertencente à planície flúvio-marinha, com altitudes variando de 0 a 5 m, sujeita a entradas de marés e que foi aterrada com materiais de empréstimo para construção de rodovias e bairros. Tem sua ocorrência na porção norte, ao longo da margem esquerda do Rio Bacanga, com intensa urbanização, principalmente próximo da orla marinha.

A alteração promovida no ambiente flúvio-marinho provocou severas modificações na dinâmica da água na bacia, considerando os aterramentos, impermeabilizações e inundações frequentes. Também foram agrupados nesta unidade os depósitos de assoreamento associados às planícies flúvio-marinhas. Desta forma, essas áreas, com as características naturais modificadas, foram consideradas como unidade geológico-geotécnica cronologicamente atribuída ao Tecnógeno.

UNIDADE II – ÁREAS PLANAS DE FUNDO DE VALES – FORMAÇÃO AÇUÍ

Compreende uma área extensa e plana, pertencente à planície flúvio-marinha e fluvial, com altitudes variando de 0 a 5 m. Trata-se de um ambiente estuarino, rico em biodiversidade, tendo sua ocorrência ao longo do Rio Bacanga. Caracteriza-se por uma zona de acumulação de sedimentos argilosos e arenosos pertencentes à Formação Açuí.

A Unidade II foi subdividida em Subunidade II-A (mangues) e Subunidade II-B (planície fluvial ou aluvionar).

Subunidade II-A – Mangues

A Subunidade II-A foi definida como a porção de mangue existente na planície flúvio-marinha, com altitudes menores que 5 m, constituída por sedimentos lodosos, ricos em matéria orgânica e nutrientes, mal drenados, pertencentes à Formação Açuí (Rodrigues et al., 1994). Os solos presentes são indiscriminados de mangue (Maranhão, 1998b).

A modificação do regime das marés com a construção da Barragem do Bacanga, em 1979, alterou significativamente o manguezal. O lançamento de esgoto doméstico, oriundo dos bairros adjacentes, afetou a quantidade e qualidade da água do sistema receptor, provocando redução do oxigênio dissolvido (eutrofização), aumento de turbidez, alteração do pH, com reflexos na manutenção das condições ideais de sobrevivência dos organismos e para a saúde humana. Essas áreas estão intensamente urbanizadas e comprometidas pela impermeabilização, como exemplo, o Rio das Bicas.

Na área de estudo ocorrem cones de dejeção ao longo do Rio Bacanga, identificados a partir da análise de fotointerpretação. Observou-se a formação de três cones presentes nos afluentes pela margem esquerda e três cones menores ao longo dos igarapés Coelho e Batatã, provavelmente relacionados à intensa urbanização, à indústrias e aos processos erosionais reinantes na área.

Subunidade II-B – Planícies Fluviais ou Aluvionares

Os depósitos aluvionares, pertencentes à Formação Açuí, ocorrem nas áreas de várzeas dos rios, com altitudes de 0 a 5 m, onde predomina água doce. São representados por sedimentos arenosos a argilosos, esbranquiçados, com seixos e grânulos dispersos de lateritas, mal selecionados, com espessura inferior a 5 m. Os solos são classificados como hidromórficos e orgânicos.

Os principais problemas ambientais que ocorrem nessa unidade são representados pela frequente pressão para ocupação das áreas, principalmente para construção de casas, rodovias e desmatamento.

UNIDADE III – TERRENOS ASSOCIADOS À FÁCIES ARENOSA DA FORMAÇÃO BARREIRAS

Os problemas registrados na área da Unidade III são a alta suscetibilidade à erosão e rastejo. Registra-se a ocorrência de retirada ilegal de areia e lateritas para utilização em obras da construção civil.

As subunidades III-A e III-B apresentam, geralmente, solos profundos, em média com 1 a 2 m, caracterizados por argissolos e, às vezes, neossolos, alta condutividade hidráulica (486 a 594 cm/s). A profundidade do N.E. é variável, entre 7 e 21 m, com oscilações durante o período de estiagem.

Subunidade III-A – Fácies Arenosa da Formação Barreiras em Topo de Tabuleiro

A Subunidade III-A representa os altos topográficos, com altitudes que variam de 45 a 60 m, e pertence à Formação Barreiras (Rodrigues et al., 1994). O topo dos tabuleiros é plano (0 a 2%) constitui-se de areia fina, de cor creme a avermelhado-alaranjada, bem selecionada, quartzosa, de consistência média a baixa (Foto 1). Apresenta intercalações de concreções lateríticas.

Subunidade III-B – Fácies Arenosa da Formação Barreiras em Situação de Meia Encosta

A Subunidade III-B está representada nas encostas e é constituída por sedimentos arenosos, amarelados a avermelhados, ricos em concreções lateríticas envolvidas em uma matriz arenosa a argilosa, com declividade variando de moderadamente inclinado (5-15%) a íngreme (> 15%, Foto 2).



FOTO 1. Vista parcial do topo do tabuleiro da Unidade III-A.



FOTO 2. Concreções lateríticas que sustentam o tabuleiro da Unidade III-B.

UNIDADE IV – TERRENOS ASSOCIADOS À FÁCIES ARENO-ARGILOSA DA FORMAÇÃO BARREIRAS

A Unidade IV foi definida, principalmente, na área oeste da bacia, com altitudes de 20 a 30 m, demarcada pela quebra positiva na análise de fotointerpretação, presente no topo e meia encosta das colinas. Apresenta grande abrangência na área, com registro nos bairros Gapara, Anjo da Guarda e Vila Embratel e em nível regional.

A Unidade IV foi subdividida em Subunidade IV-A (topo de colina) e Subunidade IV-B (meia encosta da colina).

Subunidade IV-A – Fácies Areno-Argilosa da Formação Barreiras em Topo de Colina

Trata-se de sedimentos de coloração avermelhada a amarelada, compostos de areia fina a argila, com

plaquetas de folhelhos dispersos, macroporos; consistência média a baixa; intensamente lateritizados, pertencentes à Formação Barreiras. Os topos das colinas apresentam declividade branda (2-5%) a inclinada (5-15%, Foto 3).



FOTO 3. Vista parcial do topo da colina da Subunidade IV-A.

Subunidade IV-B – Fácies Areno-Argilosa da Formação Barreiras em Meia Encosta de Colina

A Subunidade IV-B compreende os sedimentos areno-argilosos, amarelados a avermelhados, intensamente mosqueados e lateritizados (Foto 4). As encostas apresentam-se moderadamente inclinadas, podendo, em áreas mais restritas, junto ao fundo de vales, apresentar maiores declividades. Registra-se a presença de voçorocas nesta unidade.



FOTO 4. Sedimentos areno-argilosos intensamente mosqueados da Subunidade IV-B.

Os solos presentes na área são os argissolos e neossolos, de espessura variável. A profundidade do N.E. é variável, podendo alcançar profundidade da ordem de 20 a 48 m para o aquífero livre Barreiras, indicada pelos dados de poços tubulares. A permeabilidade nesses sedimentos varia na ordem de 10^{-3} a 10^{-4} cm/s, conforme ensaio com permeâmetro de Guelph modificado.

Os principais problemas registrados nesta unidade relacionam-se aos conflitos do uso do solo. A Subunidade IV-B apresenta alta suscetibilidade à erosão (ravinas e voçorocas) e escorregamentos, provocando, por vezes, perdas materiais, com maior incidência durante o período chuvoso.

UNIDADE V – TERRENOS ASSOCIADOS À FÁCIES ARGILOSA DA BASE DA FORMAÇÃO BARREIRAS

A Unidade V tem sua ocorrência na porção norte da área e nas colinas, com altitudes de 5 a 20 m, dispostas ao longo das margens do Rio Bacanga. É demarcada por uma forte quebra positiva na análise de fotointerpretação. Apresenta grande abrangência nos bairros Vila Nova, Vila Mauro Fecury 2, Sá Viana, Filipinho, Sacavém, Coroado e Coroadinho, e no contexto regional extrapola os limites da área de estudo. Corresponde à porção inferior da Formação Barreiras (Rodrigues et al., 1994). A Unidade V foi subdividida em Subunidade V-A (topo de colina) e Subunidade V-B (média e baixa encosta).

Subunidade V-A – Fácies Argilosa da Formação Barreiras em Topo de Colina

Esta Subunidade ocorre no topo das colinas, com altitudes próximas de 20 m, formando colinas de topo aplainado (0-2%) e brando (2-5%). É representada por rochas de coloração rósea a vermelha, com intercalação de siltitos e arenitos finos com argilitos, em escala centimétrica a decimétrica. Por vezes, formam-se lentes de caulinita, com espessura de até 1 m na base do afloramento (Foto 5). No baixo curso do Rio Bacanga registra-se a ocorrência de anfiteatro de nascentes de drenagem, indicando uma baixa permeabilidade das rochas.

Subunidade V-B – Fácies Argilosa da Formação Barreiras em Média e Baixa Encosta

A Subunidade V-B compreende as encostas com declividade variando de moderadamente inclinada (5-15%) a íngreme (>15%), principalmente junto ao fundo de vale próximo ao mangue. Os solos presentes na Unidade V, geralmente, são argissoloso e neossolos. O nível freático é variável, observado em poços tipo tubular e escavado, com profundidade de 3 a 28 m, variando nos períodos de estiagem. A permeabilidade



FOTO 5. Lentes de caulinita na base do afloramento da Subunidade V-A.

varia de 10^{-4} a 10^{-5} cm/s, conforme ensaio com permeâmetro de Guelph modificado.

Os principais problemas registrados na Subunidade V-B referem-se a processos erosivos por ravinamentos, deslizamentos e inundação, chegando a causar danos materiais, principalmente durante o período chuvoso.

UNIDADE VI – DOMÍNIO DA FORMAÇÃO ITAPECURU

Esta unidade compreende as rochas da Formação Itapecuru (Rodrigues et al., 1994) encontradas na porção norte da área estudada, próximo à Barragem do Bacanga. Caracteriza-se por arenitos finos e argilosos, avermelhados e com manchas esbranquiçadas, homogêneos, com estratificação plano-paralela e cruzada, de baixo ângulo, e com estruturas convolutas (Foto 6).

Ocorre nas áreas mais baixas da bacia, com altitudes menores que 5 m, freqüentemente, formando



FOTO 6. Detalhe das manchas esbranquiçadas nas rochas da Unidade VI, na base da falésia do Bomfim.

a base das falésias do Bonfim e na planície flúvio-marinha, com espessura de até 2 m, com declividade moderadamente inclinada (5-15%) a íngreme (>15%). Aflora em corte de estrada próximo ao Porto do Itaqui, distante cerca de 3 km da área de estudo.

Conforme dados de poços profundos, esta uni-

dade é identificada na área estudada a partir de 60 m de profundidade e apresenta grande abrangência em nível regional. O solo residual formado por essa unidade são os argissolos. As rochas apresentam alta suscetibilidade à erosão quando submetidas ao forte intemperismo.

DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

A área de topo do tabuleiro, com as maiores elevações altimétricas da ilha (altitude de 60 m), pertence à Unidade III. Tem sua ocorrência na porção su-sudeste da bacia e representa área de recarga de aquífero, caracterizada por alta condutividade hidráulica (0,135 a 0,165 cm/h). Apresenta alto potencial hidráulico, capaz de distribuir água de infiltração para as áreas mais baixas, alimentando as reservas de água subterrânea e, conseqüentemente, a bateria de 11 poços da CAEMA, localizados na área de descarga.

As colinas com altitudes de 20 a 30 m, situadas a oeste da bacia, são caracterizadas pela Unidade IV, constituída por fácies areno-argilosa da Formação Barreiras em topo de colina, com registro de voçorocas.

Entre as altitudes de 5 a 20 m, as colinas localizadas na porção norte da bacia são caracterizadas pela ocorrência fácies argilosa da base da Formação Barreiras (unidade V). Nessas áreas, com baixa permeabilidade (10^{-4} a 10^{-5} cm/s), ocorrem nascentes de drenagem, formando anfiteatros.

As áreas da planície flúvio-marinha, com altitudes variando de 0 a 5 m, mapeadas como unidades I e II, caracterizam-se por uma zona de acumulação de sedimentos argilosos e arenosos pertencentes à Formação Açuí. Essas unidades sofreram diversos impactos ambientais em decorrência da intensificação da urbanização na área.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O mapa geológico-geotécnico, na escala de 1:20.000, apresenta um conjunto de características geológicas, geomorfológicas e geotécnicas agrupadas em unidades geológico-geotécnicas. Este documento cartográfico poderá e deverá subsidiar o planejamento do uso e ocupação do solo, e a gestão da instalação e funcionamento de futuros empreendimentos, com alterações significativas, principalmente em um ecossistema frágil como o da Ilha do Maranhão.

A Unidade III tem como substrato a fácies arenosa da Formação Barreiras, presente na porção sudeste da

bacia do Bacanga, em relevo de tabuleiros caracterizados como áreas de recarga do aquífero, indispensáveis para a manutenção das reservas hídricas da Ilha do Maranhão, pois representam áreas altas e planas, e são locais onde a especulação imobiliária é muito forte e desenfreada. Essas áreas devem ser protegidas por lei municipal para manutenção das reservas hídricas genuinamente ludovicenses. Desta forma, faz-se necessária a adoção de gestão e planejamento territorial, em consonância com as propriedades geológico-geotécnicas da Ilha do Maranhão.

AGRADECIMENTOS

A autora externa agradecimentos à CAPES, pela bolsa concedida durante o período de doutorado, à Universidade Federal do Maranhão e ao Departamento de Geociências, pela liberação para o doutorado e à UNESP/Campus de Rio Claro, pela aceitação no Programa de Pós-Graduação em Geociências e Meio Ambiente.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. CERRI, L.E.S.; AKIOSSI, A.; AUGUSTO FILHO, O.; ZAINÉ, J.E. Cartas e mapas geotécnico de áreas urbanas: reflexões sobre as escalas de trabalho e proposta de elaboração com o emprego do método do detalhamento progressivo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA, 8, 1966, Rio de Janeiro. *Anais...* Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Geologia de Engenharia, 1996, p. 537-548.
2. COOKE, R.U. & DOORNKAMP, J.C. **Geomorfology in Environment Management: a new introduction**. 2 ed., Oxford: Clarendon Press, 410 p., 1990.

3. FIORI, C.O. **Contribuição ao estudo das Formações Superficiais das quadriculas de Piracicaba e São Pedro**. Rio Claro, 1980. 120 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas/UNESP/Campus de Rio Claro.
4. LOLLO, J.A & ZUQUETTE, L.V. Utilização da técnica de avaliação do terreno em cartografia geotécnica: sistemática proposta e resultados obtidos para a quadricula de Campinas. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CARTOGRAFIA GEOTÉCNICA, 2, 1996, São Carlos. **Anais...** São Carlos: Associação Brasileira de Geologia de Engenharia, 1996, p. 3-12.
5. MARANHÃO – SECRETARIA DE ESTADO DO MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS. **Estudo de Geologia**. São Luís: SEMA/MMA/PNMA, Programa Estadual de Gerenciamento Costeiro. **Macrozonamento do Golfão Maranhense. Diagnóstico ambiental da microrregião da aglomeração urbana de São Luís e dos municípios de Alcântara, Bacabeira e Rosário**, 31 p., 1998. (Apostila). (a).
6. MARANHÃO – SECRETARIA DE ESTADO DO MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS. **Estudo de Pedologia e cobertura vegetal**. São Luís: SEMA/GERCO, Programa Estadual de Gerenciamento Costeiro. **Macrozoneamento e diagnóstico ambiental da microrregião de aglomeração urbana de São Luís e dos municípios de Alcântara, Bacabeira e Rosário**, 186 p., 1998. (Apostila). (b).
7. RADAMBRASIL. Geomorfologia da Folha SA 23 São Luís, escala 1:1.000.000. In: Radambrasil, **Levantamento de Recursos Naturais**, v. 3. Rio de Janeiro: Ministério das Minas e Energia, 1993.
8. RODRIGUES, T.L.N.; ARAÚJO, C.C.; CAMOZZATO, E.; RAMGRAB, G.E. (Orgs.) **São Luís, Folha SA-23-2-A, Cururupu Folha SA-23-X-C, escala 1: 250.000**. Brasília: Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais, Programa de Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil, 185 p., 1994.
9. SOARES, P.C. & FIORI, A.P. Lógica e sistemática na análise e interpretação de fotografias aéreas em Geologia. **Notícias Geomorfológicas**, v. 16, n. 32, p. 71-104, 1976.
10. STRAHLER, A.N. **Climate and their classification**. John Wiley, 2 ed., 1960.
11. ZAINÉ, J.E. **Mapeamento geológico-geotécnico por meio do método do detalhamento progressivo: ensaio de aplicação na área urbana do Município de Rio Claro**. 2000. 189 f. Tese (Doutorado em Geociências e Meio Ambiente) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, UNESP/Campus de Rio Claro.

*Manuscrito Recebido em: 13 de julho de 2006
Revisado e Aceito em: 29 de março de 2007*