

Delimitação das bacias hidrográficas da Ilha do Maranhão a partir de dados SRTM

Elienê Pontes de Araújo¹
Mércia Gabriely Linhares Teles¹
Willinielsen JackieLine Santos Lago¹

¹Núcleo Geoambiental da Universidade Estadual do Maranhão (UEMA/NUGEO),
Cidade Universitária Paulo VI, Caixa Postal 09, CEP 65.054-970, São Luis-MA, Brasil.
{eliene, mercia, nina}@nugeo.uema.br

Abstract: This research has for objective the redefinition of the limits of the hydrographic basins of the Island of Maranhão from orbital products. Techniques of remote sensing and GIS had been used for the elaboration and analysis of thematic mappings. The information sources had been topographical letters and altimetric data of the SRTM project (Shuttle) it had allowed the identification of the altimetric elements of characterization of the relief (curves of level and quoted points). From altimetry, obtains morphometric informations essential in the analysis of hydrographic basins such as: declivity, hypsometry, land profiles, calculation of areas, drainage density, among others. In digital ambient, with the use of Numerical Land Modeling (NLM), this information is obtained with rapidity and precision, making the process of elaboration of morphometric maps significantly more dynamic

Palavra – Chave: hydrographic basins, hierarchy, drainage, morphometry , bacias hidrográficas, hierarquização, drenagem, morfometria.

1. Introdução

A bacia hidrográfica, dentro de uma visão integrada, deve ser a unidade de caracterização, diagnóstico, planejamento e gestão ambiental, com vistas ao desenvolvimento regional sustentável, pois os impactos ambientais podem ser mensurados e corrigidos mais facilmente. Assim, a água vem a ser um elemento integrador dos fenômenos físicos.

A delimitação de uma bacia hidrográfica é um dos primeiros e mais comuns procedimentos executados em análises hidrológicas ou ambientais. Com o advento e consolidação dos Sistemas de Informações Geográficas e, conseqüentemente, o surgimento de formas digitais consistentes de representação do relevo, como os Modelos Digitais de Elevação (MDEs), a delimitação de bacias tem se tornado cada vez mais precisa.

As bacias da Ilha do Maranhão foram redelimitadas com base em cartas topográficas da DSG (escala 1:10.000) associada aos dados altimétricos SRTM e emprego do SIG-SPRING . A partir das curvas de nível, traçou-se uma linha divisora de água que liga os pontos mais elevados.

O presente trabalho apresentará um mapa com as bacias hidrográficas da Ilha do Maranhão, tendo como objetivo a identificação das principais bacias, suas características e dinâmica.

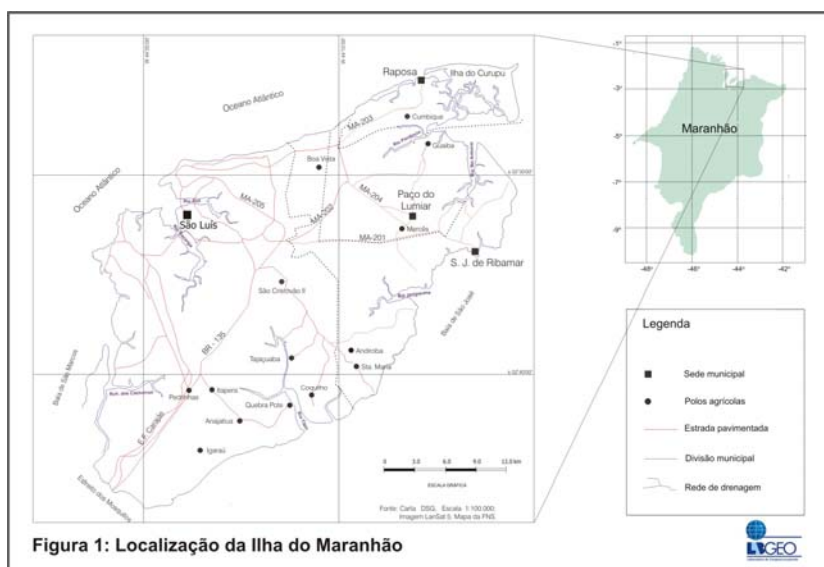
2. Metodologia de Trabalho

2.1 Área de estudo

A Ilha do Maranhão está situada ao norte do estado do Maranhão, região nordeste do Brasil. Está enquadrada pelas coordenadas geográficas 2° 24' 10" e 2° 46' 37" de latitude Sul e 44° 22' 39" e 44° 22' 39" de longitude Oeste, com área total de aproximadamente 831,7 Km². Possui uma população de 1.067.974 habitantes. A Ilha é composta pelos seguintes municípios: São Luís (capital), São José de Ribamar, Paço do Lumiar e Raposa (Figura1).

O clima da região, segundo a classificação de Koppen, é tipo AW, tropical chuvoso, com predominância de chuvas nos meses de janeiro a abril. A temperatura média anual oscila em torno de 28°.

A hidrografia da região é formada pelos rios Anil, Bacanga, Tibiri, Paciência, Maracanã, Calhau, Pimenta, Coqueiro e Cachorros. São rios de pequeno porte que deságuam em diversas direções abrangendo dunas e praias. Sendo que o rio Anil com 12,63km de extensão, e Bacanga com 233,84km drenam para a Baía São Marcos tendo em seus estuários áreas cobertas de mangues.



2.2 Metodologia

Na realização do trabalho, utilizaram-se mosaico de fotografias aéreas (AMBTEC/Aeroconsult), ano de 2001, na escala de 1:2.000; Cartas Topográficas produzidas pela DSG (Diretoria de Serviços Geográfico do Exército) na escala 1:10.000 e Dados SRTM, disponíveis no site <http://www.relevo.br.cnpm.embrapa.br/>, referentes à folha SA-23-Z-A na escala de 1:250.000, ajustados para a escala 1:10.000 do ano de 2001. Estas imagens foram processadas empregando-se o programa SPRING 4.3 (INPE, 2007).

Além das imagens de satélite, foram utilizados como base de dados cartas topográficas MI 495 e 594 (DSG, 1980), mapas hidrográfico, geomorfológico (Maranhão, 2002) e gerou-se um mapa de bacias hidrográficas. Estes dados foram carregados e analisados em um SIG, permitindo a integração das informações.

A digitalização da rede hidrográfica foi realizada com base em cartas DSG na escala de 1:10.000, sendo o mapeamento feito sobre o polígono de terras emersas da área de estudo. Após digitalização os vetores que correspondiam à categoria hidrografia foram classificados para a obtenção da extensão total dos canais através da função “temático - medidas de classes”. A delimitação das microbacias foi realizada tendo como base os elementos de drenagem e os altos topográficos obtidos através do Modelo Digital de Terreno, com isolinhas equidistantes 5 m.

3. Resultados

a. Definição dos limites das bacias da Ilha do Maranhão

A redelimitação das grandes bacias da Ilha do Maranhão (inicialmente propostas pelo Gerenciamento Costeiro do Estado do Maranhão em 1998) foi obtida em função do modelo numérico de terreno adotado no trabalho (SRTM e DSG). Na Figura 2 pode-se observar os limites das 12 grandes bacias hidrográficas da Ilha do Maranhão.

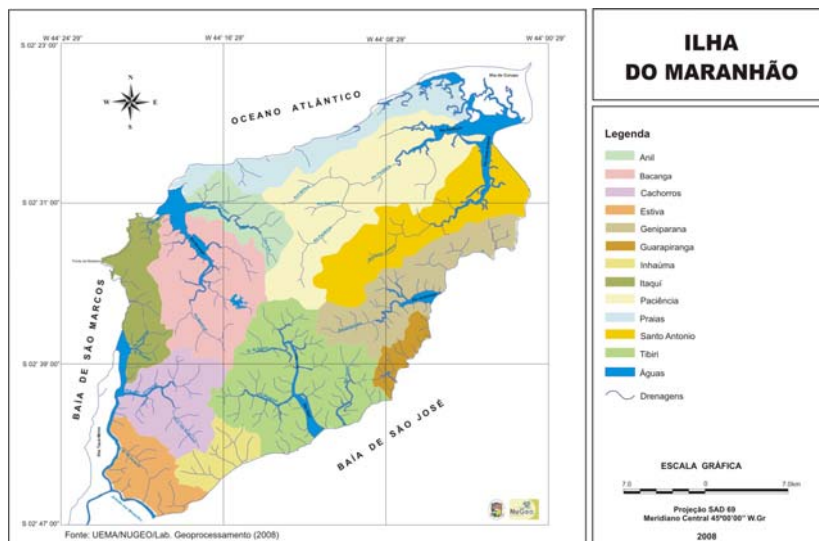


Figura 2. Mapa dos limites das bacias hidrográficas da ilha do Maranhão

b. Hierarquização da Rede Hidrográfica

Os sistemas de drenagem, de acordo com a hierarquia de Strahler apresentaram graus de ramificação de quarta, quinta e sexta ordens. Considera-se que, quanto mais ramificada for a rede, mais eficiente será o sistema de drenagem.

Tabela 1. Ordenamento de canais nas bacias

Bacias Hidrográficas	Area (km ²)	Hierarquia Fluvial
Anil	40,94	5 ^a ordem
Bacanga	105,9	5 ^a ordem
Tibiri	140,04	6 ^a ordem
Paciência	153,12	4 ^o ordem
Inhaúma	27,52	5 ^o ordem
Praias	61,05	1 ^o ordem
Santo Antonio	100,46	4 ^a ordem
Estiva	41,65	4 ^a ordem
Geniparana	81,18	5 ^a ordem
Cachorros	65,00	5 ^a ordem
Guarapiranga	16,48	4 ^a ordem
Itaqui	48,60	3 ^a ordem

c. Características morfométricas das bacias da Ilha do Maranhão

Área: Representa a área drenada pelo conjunto do sistema fluvial, projetada em plano horizontal. As bacias apresentaram áreas variando entre 16,48 a 153,12 km². O Perímetro representa a extensão linear do divisor topográfico que delimita as bacias (km). Os perímetros das bacias definidas variaram entre 24,98 e 73,95 km (Tabela 2).

Tabela 2. Área, perímetro e densidade de drenagem das bacias hidrográficas da ilha do Maranhão.

Bacias Hidrográficas	Área (km ²)	Perímetro (km)
Anil	40,94	33,39
Bacanga	105,9	48,86
Tibiri	140,04	52,88
Paciência	153,12	73,95
Inhaúma	27,52	26,15
Praias	61,05	69,90
Santo Antonio	100,46	60,04
Estiva	41,65	36,92
Geniparana	81,18	60,36
Cachorros	65,00	38,49
Guarapiranga	16,48	24,98
Itaqui	48,60	49,18
Total	1.290,00	-

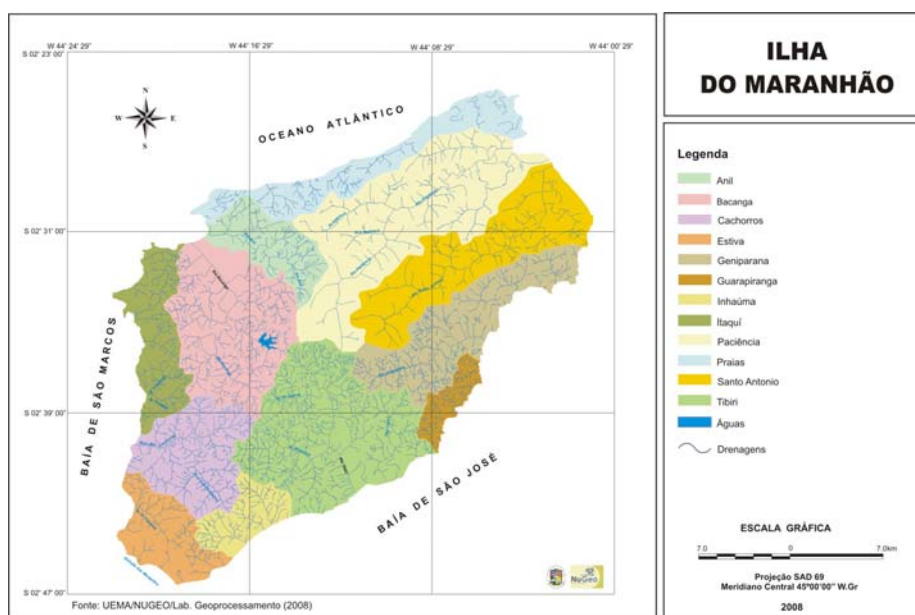


Figura 3. Mapa de densidade de drenagens das bacias hidrográficas da ilha do Maranhão

Densidade de Drenagem: Segundo Villela e Mattos (1975), esse índice pode variar de 0,5 km/km² em bacias com drenagem pobre a 3,5 ou mais nas bacias excepcionalmente bem drenadas. Valores baixos de densidade de drenagem estão geralmente associados a regiões de rochas permeáveis e de regime pluviométrico caracterizado por chuvas de baixa intensidade ou pouca concentração da precipitação.

A densidade de drenagem (Dd), que foi obtida pela razão entre o comprimento da rede de drenagem da bacia e a sua área apresentou variação entre 1,20 e 3,84 km/km², o que pode ser observado na Tabela 2 e Figura 3.

Altitude: A altitude média influencia na quantidade de radiação que a bacia recebe e, conseqüentemente influencia a evapotranspiração, temperatura e precipitação. Quanto maior a altitude da bacia, menor a quantidade de energia solar que o ambiente recebe e, portanto,

menos energia estará disponível para esse fenômeno. Além do balanço de energia, a temperatura também varia em função da altitude; grandes variações na altitude ocasionam diferenças significativas na temperatura, que, por sua vez, também causa variações na evapotranspiração. A altitude média nas bacias classificadas variou de 16,3 a 29,7 metros sendo a altitude média para a ilha do Maranhão 22.7m (Tabela 3 e Figura 4).

Tabela 3. Atitudes médias e máximas nas bacias hidrográficas da ilha do Maranhão.

Bacias Hidrográficas	Dd (km/km ²)	Área (km ²)
Anil	2,30	40,94
Bacanga	2,40	105,9
Tibiri	2,98	140,04
Paciência	1,20	153,12
Inhaúma	2,73	27,52
Praias	1,47	61,05
Santo Antonio	1,36	100,46
Estiva	1,81	41,65
Geniparana	2,46	81,18
Cachorros	2,56	65,00
Guarapiranga	3,84	16,48
Itaqui	2,21	48,60

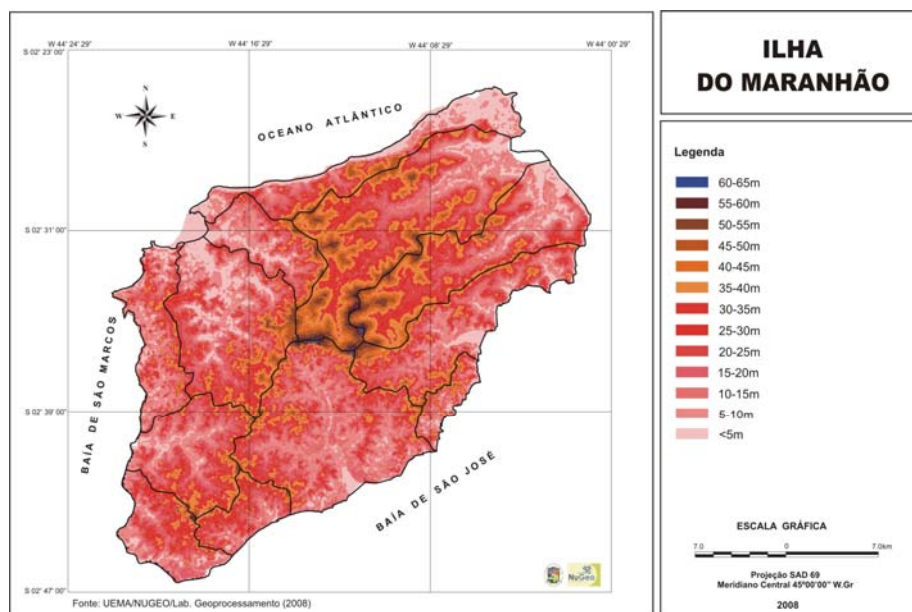


Figura 4. Mapa altimétrico das bacias hidrográficas da ilha do Maranhão

Declividade: A declividade de uma bacia hidrográfica é relevante no planejamento, tanto para com o cumprimento da legislação quanto para garantir a eficiência das intervenções do homem no meio e possui importante papel na distribuição da água entre o escoamento superficial e subterrâneo, dentre outros processos.

A ausência de cobertura vegetal associada a determinadas características de uma classe de solo, a intensidade das chuvas e a declividade, conduzirá à maior velocidade de escoamento, menor quantidade de água armazenada no solo e resultará em enchentes expressivas, sujeitando a bacia à degradação. Assim, a magnitude dos picos de enchentes ou a menor oportunidade de infiltração e suscetibilidade à erosão dos solos dependem da rapidez com que ocorre o escoamento superficial, que está fortemente relacionado com o relevo. A variação da

declividade nas bacias foi de 0 a 14 graus, caracterizando um relevo que varia de plano a muito ondulado (Tabela 4).

Tabela 4. Classes de declividade e relação de área nas bacias.

Bacias Hidrográficas	Classes	Declividade(graus)	Area (km ²)	% da Bacia
Anil	Plano	0 a 2,9	25,34	61,89
	Suave Ondulado	2,9 a 5,7	15,5	37,86
	Ondulado	5,7 a 8,5	0,1	0,24
Bacanga	Plano	0 a 2,9	66,8	63,08
	Suave Ondulado	2,9 a 5,7	38,5	36,36
	Ondulado	5,7 a 8,5	0,65	0,62
Tibiri	Plano	0 a 2,9	82,42	58,85
	Suave Ondulado	2,9 a 5,7	56,53	40,37
	Ondulado	5,7 a 8,5	1,1	0,79
Paciência	Plano	0 a 2,9	132	86,21
	Suave Ondulado	2,9 a 5,7	21,12	13,79
	Ondulado	5,7 a 8,5	0,02	0,01
Inhaúma	Plano	0 a 2,9	17,40	63,23
	Suave Ondulado	2,9 a 5,7	9,7	35,25
	Ondulado	5,7 a 8,5	0,329	1,20
	Muito Ondulado	8,5 a 14	0,08	0,29
Praias	Plano	0 a 2,9	46,94	76,88
	Suave Ondulado	2,9 a 5,7	12,02	19,69
	Ondulado	5,7 a 8,5	1,82	2,98
	Muito Ondulado	8,5 a 14	0,26	0,42
Santo Antonio	Plano	0 a 2,9	85,09	84,70
	Suave Ondulado	2,9 a 5,7	15,02	14,95
	Ondulado	5,7 a 8,5	0,35	0,35
	Muito Ondulado	8,5 a 14	0,04	0,04
Estiva	Plano	0 a 2,9	29,68	71,25
	Suave Ondulado	2,9 a 5,7	11,47	27,54
	Ondulado	5,7 a 8,5	0,51	1,23
Geniparana	Plano	0 a 2,9	55,09	67,87
	Suave Ondulado	2,9 a 5,7	25,74	31,71
	Ondulado	5,7 a 8,5	0,33	0,41
	Muito Ondulado	8,5 a 14	0,02	0,02
Cachorros	Plano	0 a 2,9	46,09	70,91
	Suave Ondulado	2,9 a 5,7	18,70	28,77
	Ondulado	5,7 a 8,5	0,17	0,26
	Muito Ondulado	8,5 a 14	0,08	0,12
Guarapiranga	Plano	0 a 2,9	5,37	32,58
	Suave Ondulado	2,9 a 5,7	8,72	52,91
	Ondulado	5,7 a 8,5	2,28	13,82
	Muito Ondulado	8,5 a 14	0,11	0,69
Itaqui	Plano	0 a 2,9	22,96	47,24
	Suave Ondulado	2,9 a 5,7	22,78	46,87
	Ondulado	5,7 a 8,5	2,78	5,72
	Muito Ondulado	8,5 a 14	0,08	0,15

Comprimento do rio Principal: o sistema de drenagem é composto pelo rio principal e seus rios tributários. Foi determinado que nas bacias estudadas o canal principal fosse o de maior extensão. A medição do rio principal, em cada bacia, foi efetuada através da função operações

métricas disponível no Spring 4.3. A Tabela 5 apresenta a extensão, em km, do canal principal das bacias da Ilha do Maranhão e sua classificação (toponímia).

Tabela 5. Nome e extensão do canal principal das bacias hidrográficas da Ilha do Maranhão.

Bacias Hidrográficas	Comprimento (km)	Canal Principal
Anil	12,63	Rio Anil
Bacanga	233,84	Rio Bacanga
Tibiri	16,04	Rio Tibiri
Paciência	27,48	Rio Paciência
Inhaúma	5,45	Igarapé Anajativa
Praias	3,75	Igarapé. Nunca Mais
Santo Antonio	25,88	Rio Santo Antonio
Estiva	7,09	Igarapé do Cajueiro
Geniparana	15,03	Rio Geniparana
Cachorros	10,71	Rio dos Cachorros
Guarapiranga	4,56	Rio Guarapiranga
Itaqui	6,09	Igarapé Anjo da Guarda
Total	368,55	----

Comprimento da rede de drenagem: Representa o somatório das medidas de todos os trechos de rios da bacia (km). A medição da rede de drenagem em cada bacia foi efetuada através da função operações métricas disponível no Spring 4.3 (Tabela 6).

Tabela 6. Comprimento da rede de drenagem das bacias hidrográficas da ilha do Maranhão.

Bacias Hidrográficas	Area (km ²)	Perímetro (km)	CRD (km)
Anil	40,94	33,39	94,00
Bacanga	105,9	48,86	254,60
Tibiri	140,04	52,88	416,63
Paciência	153,12	73,95	184,00
Inhaúma	27,52	26,15	75,06
Praias	61,05	69,90	89,68
Santo Antonio	100,46	60,04	136,82
Estiva	41,65	36,92	75,32
Geniparana	81,18	60,36	200,03
Cachorros	65,00	38,49	166,59
Guarapiranga	16,48	24,98	63,26
Itaqui	48,60	49,18	107,61
Total	1.290,00	-	2.319,00

4. Conclusão

A Redelimitação das bacias hidrográficas da Ilha do Maranhão se fez necessária devido a sua relevância no desenvolvimento sustentável da região. Para tanto, os produtos de sensoriamento remoto podem auxiliar no estudo e monitoramento das bacias, através da técnica de processamento de imagens. Considerando os produtos utilizados e as metodologias aplicadas, pode-se concluir que:

- As análises morfométricas são essenciais na delimitação das bacias hidrográficas. Através destas análises torna-se possível a construção de Modelo Sombreado do Terreno, apresentação do relevo em 3D, modelagem hidrológica e uma diversidade de cálculos

matemáticos (declividade, elevação, áreas, polígonos, comprimento, etc.) a partir dos produtos SRTM.

▪ As novas geotecnologias e produtos orbitais disponibilizados (gratuitamente) como imagens de Radar (SRTM) imagens de satélite, possibilitaram um levantamento mais rápido e detalhado das bacias hidrográficas.

Referências

Aeroconsult; Ambtec; Caema; Prefeitura Municipal de São Luís. **Fotografias aéreas, 2001.**

Araújo, E. P. de. **Aplicação de dados SRTM à modelagem da erosão em bacias por geoprocessamento.** 2006-04-25. (INPE--TDI). Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos. 2006.

Araújo, E.P.; Espig, S.A.;Parente Junior, J.W.C. Estudo das Unidades de Paisagem da Ilha do Maranhão: delimitação e dinâmica, 2004. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2005. p. 2607-2610. CD-ROM, On-line. ISBN 85-17-00018-8. (INPE-12691-PRE/7981). Disponível em: <<http://urlib.net/ltid.inpe.br/sbsr/2004/11.20.22.41>>. Acesso em: 17 jul. 2006.

Diretoria do Serviço Geográfico (DSG). **Cartas topográficas plani-altimétricas.** 1976.

Escada, M. I. S.; Alves, D. S. Indicadores para a Compartimentação da Paisagem em Unidades de Ocupação em uma Região de Fronteira Agrícola em Rondônia. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 11., 2003, Belo Horizonte. **Anais...** São José dos campos: INPE, 2001. p. 1099-1106. Disponível na biblioteca digital URLib: <iris.sid.inpe.br:1908/col/dpi.inpe.br/lise/2001/09.19.09.06/doc/0585.587.194.pdf>. Acesso em: 22 oct. 2004.

INPE. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **Software SPRING v.4.3.** São José dos Campos: INPE, 2004. CD-Rom.

Maranhão, 2002. **Atlas do Maranhão.** Gerência de Planejamento e Desenvolvimento Econômico/Laboratório de Geoprocessamento - UEMA. São Luís: GEPLAN, 44p.

Maranhão, Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Hídricos. Coordenadoria de Programas Especiais. Programa Estadual de Gerenciamento Costeiro. Macrozoneamento do Golfão Maranhense. **Diagnóstico Ambiental da Microrregião da Aglomeração Urbana de São Luís.** São Luís, SEMA/MMAPNMA, 1998. 186p.

Miranda, E.E. de; (coord).**Brasil em Relevo.** Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2005. Disponível em: <<http://www.relevobr.cnpem.embrapa.br>>. Acesso em: 03 mar. 2008.

Strahler, a. N. 1957. **Quantitative analysis of watershed geomorphology.** Transactions. American Geophysical Union, v38, p.913-920.

Villela, S. M.; Mattos, A. **Hidrologia Aplicada.** São Paulo, McGraw-Hill, 1975. 245p.