



**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
CAMPUS DE PRESIDENTE PRUDENTE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA**



FRANCISCO DE ASSIS DA SILVA ARAÚJO

**GEOMORFOLOGIA APLICADA À FRAGILIDADE E AO ZONEAMENTO
AMBIENTAL DE CAXIAS – MA**



Presidente Prudente – SP

2012



**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
CAMPUS DE PRESIDENTE PRUDENTE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA**



FRANCISCO DE ASSIS DA SILVA ARAÚJO

**GEOMORFOLOGIA APLICADA À FRAGILIDADE E AO ZONEAMENTO
AMBIENTAL DE CAXIAS – MA**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação da Universidade Estadual Paulista, campus de Presidente Prudente, como requisito parcial para obtenção do título de Doutor em Geografia.

Área de concentração: Produção do Espaço Geográfico

Orientador: Prof. Dr. Paulo Cezar Rocha

Presidente Prudente – SP

2012


FICHA CATALOGRÁFICA

A689g Araújo, Francisco de Assis da Silva.
Geomorfologia aplicada à fragilidade e ao zoneamento ambiental de Caxias/MA / Francisco de Assis da Silva Araújo. - Presidente Prudente : [s.n], 2012
185 f. : il.

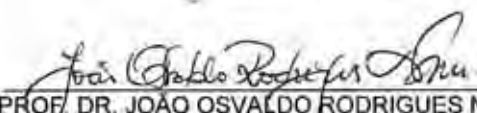
Orientador: Paulo Cesar Rocha
Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências e Tecnologia
Inclui bibliografia

1. Geomorfologia aplicada. 2. Fragilidade ambiental. 3. Zoneamento ambiental. I. Rocha, Paulo Cesar. II. Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Ciências e Tecnologia. III. Título.


BANCA EXAMINADORA



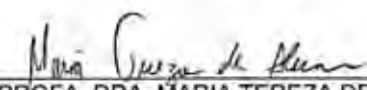
PROF. DR. PAULO CESAR ROCHA
ORIENTADOR



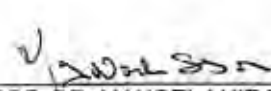
PROF. DR. JOÃO OSVALDO RODRIGUES NUNES
(UNESP/FCT)



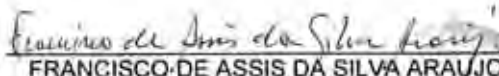
PROFA. DRA. ISABEL CRISTINA MOROZ CACCIA GOUVEIA
(UNESP/FCT)



PROFA. DRA. MARIA TEREZA DE ALENCAR
(UEMA)



PROF. DR. MANOEL LUIZ DOS SANTOS
(UEM)



FRANCISCO DE ASSIS DA SILVA ARAUJO

Presidente Prudente (SP), 16 de julho de 2012.

Resultado: APROVADO

DEDICATÓRIA

À família que formei e que muito me orgulha: minha esposa Rosinda e nossos filhos Lissa e Guilherme – perdão pelas minhas ausências e pelo *stress*, mas se persisti é porque tenho em vocês o apoio e o amor necessários.

AGRADECIMENTOS

À família que me formou e que é a base da minha existência – minha mãe e meus irmãos. As palavras existentes empobreceriam tudo o que vocês representam para mim.

À Unesp e todos os professores do doutorado, na pessoa do meu orientador Paulo Cesar Rocha, pela oportunidade de aprendizado e pela amizade que será perene.

À UEMA, por oportunizar o doutorado. Obrigado, Profa. Iris Porto, pela coordenação. Aos colegas do CESC-UEMA nas pessoas dos professores Manoel Afonso Campelo Filho, Raimunda Borba (Dudu), Jorge Martins Filho e Maria Teresa Alencar. Obrigado pela amizade, aprendizado e apoio constantes.

Ao IBAMA pela concessão do tempo e por nos proporcionar um ambiente de trabalho familiar. Obrigado a Joelza Enéas pela paginação e Carlos Alberto de Amorim pela leitura da primeira versão impressa e correções finais. E ainda: José Ivan Cruz, Manoel Silveira, Gildênio Sousa, Sandovaldo Moura, Francisco Celso (Patico), Eugenia Vitória Medeiros, Carlos Moura Fé, Manoel Borges, Gonçalo Amarantino e tantos outros pelos ensinamentos diários.

Aos colegas de doutorado da Uema, pelas inúmeras sugestões, pelas palavras de incentivo, pela luta árdua e por essa conquista que será partilhada com muitos maranhenses. Agradecimentos especiais à Ana Rosa – apoio, Marivânia – alegria, Quesia – ciência, Cláudio Eduardo e Luís Carlos – fraternidade.

Aos geólogos Érico Rodrigues Gomes e Manoel Carlos T.F. de Godoy, pela ajuda desinteressada. À Profa. Isabel Cristina Moroz, pela simplicidade com que passa ensinamentos complexos. Sem vocês essa tese seria menor ainda. E eu também.

Aos meus escudeiros da cartografia Francisco Smiley, Emerson Emmanuel e Samuel Maia pela ajuda na coleta de dados e elaboração dos mapas.

Ao casal José Tadeu G. Tommaselli/Gislene pelo esforço que fizeram para que eu me sentisse em casa em Prudente e em Venceslau e por me apresentarem Vó Dora e sua família incrível. Obrigado.

À Deus, que me proporcionou tudo isso.

Os meus sinceros agradecimentos.

A geografia deixou de ser uma disciplina académica para se empenhar cada vez mais nas práticas profissionais ligadas com o ordenamento e planeamento do território, a organização e gestão dos sistemas de informação geográfica, o desenvolvimento urbano e regional, o ambiente e com os projectos sociais e culturais. A geografia física e a humana reclamam para si as tarefas do planeamento, ordenamento e desenvolvimento, esquecendo o dualismo sempre presente na geografia e necessário ao objectivo principal que é a síntese geográfica, ou seja, o domínio das interligações entre fenómenos físicos e humanos.

FERREIRA, M.J. Nota introdutória à edição portuguesa. In: CLAVAL, P. **História da Geografia**. Lisboa: Edições 70, 2006.

Geomorfologia aplicada à fragilidade e ao zoneamento ambiental de Caxias/MA

RESUMO

Esta pesquisa traz uma proposta de zoneamento geomorfológico-ambiental voltado para o planejamento e a gestão ambiental da área da carta topográfica SB-23-X-B-IV-3, situada no município de Caxias – Maranhão. Trata-se de uma abordagem integrada do espaço geográfico centrada na paisagem como unidade de análise. Os zoneamentos ambientais são instrumentos estratégicos de planejamento, inseridos no contexto da avaliação de impactos ambientais. Resultam de estudos técnicos e científicos sob a ótica dos métodos e da abordagem integrada, no reconhecimento das potencialidades das paisagens de um dado espaço. Os trabalhos de gabinete concentraram-se na (re)elaboração de cartas temáticas e na análise das informações colhidas tanto nas pesquisas de campo quanto na revisão bibliográfica e cartográfica. Este procedimento permite realizar o diagnóstico, o zoneamento e dos processos naturais e das atividades antrópicas, fundamentais para o planejamento e conhecimento das mudanças ocorridas e das tendências atuais. Para o desenvolvimento dos trabalhos, e em razão da escassez ou dificuldade para lidar com outros meios técnicos, como foram utilizadas, em larga escala, técnicas de geoprocessamento. Para atingir os fins propostos, foram utilizados materiais e informações cartográficas pré-existentes como mapas e cartas para compor banco de dados digital e analógico de apoio à pesquisa e na elaboração das cartas de geomorfologia, de fragilidade e do zoneamento ambiental. Os resultados obtidos evidenciaram paisagens com grau médio e alto de fragilidade ambiental. Para a elaboração da carta do zoneamento da área estudada foram estabelecidas três zonas de ordenamento para a expansão urbana: zonas apropriadas (Z1); zonas apropriadas com restrições (Z2) e zonas impróprias (Z3). As análises empreendidas e os resultados obtidos comprovam a tese que “A fragilidade ambiental associada à morfologia da área da folha topográfica SB-23-X-B-IV-3 são fatores limitantes da expansão urbana de Caxias – MA”.

Palavras-Chaves: Geomorfologia aplicada; Fragilidade Ambiental; Zonaamento Ambiental.

Applied Geomorphology of fragility and environmental zoning of Caxias/MA

ABSTRACT

This research brings a geomorphological and environmental zoning proposal aimed at planning and environmental management of the topographic area SB-23-X-B-IV-3, located in the city of Caxias – Maranhão. It is an integrated approach to geographical space focused on the landscape as the unit of analysis. The environmental zoning is a strategic planning instrument, inserted in the context of environmental impact assessment. Result from technical and scientific studies from the perspective of the methods and integrated approach, in recognition of the potential of a given space. The office works focused on the (re) making of letters and in the analysis of information collected in the field research and literature review and mapping. This procedure allows the diagnosis, and zoning of the natural processes and human activities, essential for planning and knowledge of current trends and changes. For the development of the work, and because of the shortage of works or trouble to deal with other technical means, were used, in a large scale, geo-processing techniques. To achieve the proposed purposes, were used pre-existing cartographic materials and information as maps and letters to compose digital and analog database to support research and development of geomorphology, of fragility and environmental zoning. The results obtained showed landscapes with medium and high degree of environmental fragility. For the elaboration of the map of zoning of the area studied were established three regional planning areas to urban sprawl: appropriate zones (Z1); appropriate areas with restrictions (Z2) and improper areas (Z3). The analyses undertaken and the results obtained prove the thesis that "the environmental fragility associated with the morphology of the area of topographic sheet SB-23-X-B-IV-3 are limiting factors of urban sprawl of Caxias-MA".

Keywords: Applied Geomorphology; Environmental Fragility; Environmental Zoning.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CEESC – Centro de Estudos Superiores de Caxias
DSG – Diretoria de Serviço Geográfico – Exército Brasileiro
EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
IBAMA – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IDE – Índice de Desenvolvimento Econômico
IDEB – Índice de Desenvolvimento da Educação Básica
IDM – Índice de Desenvolvimento Municipal
IDR – Índice de Dissecação do Relevo
IDS – Índice de Desenvolvimento Social
IMESC – Instituto Maranhense de Pesquisas Socioeconômicas e Cartográficas
INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
NEMRH – Núcleo Estadual de Meteorologia e Recursos Hídricos - MA
ODM – Portal Objetivos do Milênio
PIB – Produto Interno Bruto
SIG – Sistema de Informações Geográficas
SISCOM – Sistema Compartilhado de Informações Ambientais - IBAMA
SIRGAS – Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas
SRTM – *Shuttle Radar Topography Mission*
UEMA – Universidade Estadual do Maranhão
ZCIT – Zona de Convergência Intertropical

LISTA DE MAPAS

Mapa 1	Localização da área de estudo no Estado do Maranhão e no município de Caxias.	19
Mapa 2	Mapa geológico da Carta SB-23-X-B-IV-3	117
Mapa 3	Principais associações de solos do município de Caxias, segundo a Embrapa.	130
Mapa 4	Uso da terra em 2010 da carta SB-23-X-B-IV-3 do município de Caxias – MA. A vegetação, ainda que bastante antropizada, recobre pouco mais de um terço da área.	143
Mapa 5	Classes Hipsométricas da Carta SB-23-X-B-IV-3	150
Mapa 6	Compartimentos geomorfológicos da Carta SB-23-X-B-IV-3	152
Mapa 7	Carta do Índice de Dissecação do Relevo – Folha Topográfica SB-23-X-B-IV-3	156
Mapa 8	Carta de Fragilidade Ambiental da folha topográfica SB23-X-B-IV-3	158
Mapa 9	Carta de Zoneamento Ambiental da folha topográfica SB23-X-B-IV-3	161

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Geoprocessamento: técnicas e tecnologias utilizadas.	58
Figura 2	Componentes de um Sistema de Informações Geográficas.	63
Figura 3	Estratégia dos procedimentos da pesquisa	77
Figura 4	Interpretação visual da rede hidrográfica, das texturas e das formas da carta hipsométrica da área de estudo.	81
Figura 5	Morfometria do relevo em aplicativo de cartografia digital.	82
Figura 6	Classificação supervisionada e tabela de atributos.	83
Figura 7	Classificação supervisionada – etapa final.	84
Figura 8	Rotina para realização do <i>composite bands</i> no Arcgis 9.3.	86
Figura 9	Esquema da correlação de informações voltadas para o zoneamento geoambiental.	87
Figura 10	Frentes de Povoamento do Maranhão	91
Figura 11	Dinâmica demográfica do município de Caxias (1970-2010)	101
Figura 12	Pirâmides etárias de Caxias, Maranhão e do Brasil – 2010	104
Figura 13	Distribuição temporo-espacial das chuvas e da temperatura no Estado do Maranhão	111
Figura 14	Província Sedimentar do Parnaíba – Principais estruturas e bacias sedimentares constituintes (modificado de Góes, 1995).	113
Figura 15	Coluna Estratigráfica generalizada da Província Sedimentar do Parnaíba	115
Figura 16	Reconstituição paleobiológica do Permiano da Bacia do Parnaíba.	118
Figura 17	Reconstituição paleobiológica do ambiente desértico e lacustre que originou as formações Pastos Bons e Corda da Bacia do Alpercatas.	119
Figura 18	Direções gerais dos lineamentos observadas em sedimentos argilosos da formação Corda, próximo à BR-316, na área urbana de Caxias (a) e numa pequena colina, já removida, no bairro Pai Geraldo (b). A caneta vermelha indica a direção SO-NE; a azul, a direção SE-NO.	120
Figura 19	Excerto do Mapa com as Unidades de relevo de Caxias, segundo o Projeto RADAM.	122
Figura 20	Geossistemas e relevo da área de Caxias, definidos pelo Zoneamento Ecológico-Econômico da bacia do Rio Itapecuru.	124
Figura 21	O Rio Itapecuru chegando à cidade de Caxias – MA. Na margem esquerda as ruínas de uma das usinas que processavam coco babaçu para produzir óleo comestível e derivados – a Francastro. A mata ciliar, neste ponto, próximo à BR 316, ainda encontra-se razoavelmente preservada.	127
Figura 22	Paisagem de ocorrência de Gleissolos e Areias Quartzosas (G1) ao longo do Rio São José, no Bairro São Francisco.	132

Figura 23	Perfil de um Plintossolo pétrico concrecionário, próximo à BR 316, ao sul do Bairro Bela Vista. Observa-se a segregação de óxido de ferro na forma de nódulos e/ou concreções em camada contínua (Horizonte B litoplíntico), no centro do perfil.	133
Figura 24	Valores médios de precipitação e temperatura do município de Caxias – MA.	138
Figura 25	Percentual de representação das associações de solo da área pesquisada – Caxias/MA.	142
Figura 26	Porcentual de Uso e Ocupação do Solo da carta SB-23-X-B-IV-3, Caxias – MA.	145
Figura 27	Cerrado Típico - município de Caxias – MA. Em primeiro plano observa-se o solo de aspecto arenoso e o tapete de gramíneas. Em segundo plano, arbustos de cerca de 5 m de altura, com troncos retorcidos e de pequeno diâmetro.	146
Figura 28	Cobertura terciária constituída por cascalhos com cimento betuminoso ou conglomerático. Sustentam os topos planos das partes mais altas da área mapeada.	154
Figura 29	Participação Percentual das unidades de relevo da folha topográfica SB-23-X-B-IV-3	155

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	População residente no Maranhão, Nordeste e Brasil, 1970/2010	99
Tabela 2	Taxa média geométrica de crescimento da população (%), em Caxias, Maranhão, Nordeste e Brasil, 1970-2002.	99
Tabela 3	Municípios de maior população absoluta do Estado do Maranhão (2010)	100
Tabela 4	População total, divisão por sexo e situação de domicílio, Caxias - Maranhão, 1970-2010.	103
Tabela 5	Índice de Desenvolvimento Municipal, ranking, Índice de Desenvolvimento Econômico e Índice de Desenvolvimento Social e população estimada, segundo os municípios – Maranhão – 2008.	105
Tabela 6	Posição geográfica, médias de pluviosidade e temperatura para municípios maranhenses dotados de postos pluviométricos.	109
Tabela 7	Associação de Solos – Correlação entre a notação antiga e a atual (2006) do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos	134
Tabela 8	Níveis Hierárquicos das Variáveis Pluviométricas	139
Tabela 9	Classes de fragilidade do solo	140
Tabela 10	Classes de fragilidade das associações de solo – Caxias/MA.	141
Tabela 11	Graus de proteção do solo segundo a cobertura vegetal.	144
Tabela 12	Graus de proteção do solo, segundo o uso e ocupação da terra e a cobertura vegetal da carta SB-23-X-B-IV-3 do município de Caxias – MA.	144
Tabela 13	Matriz dos Índices de Dissecação do Relevo	148
Tabela 14	Índice de Dissecação do Relevo (IDR) das unidades morfológicas mapeadas.	157
Tabela 15	Índices de fragilidade ambiental das unidades geomorfológicas.	157

LISTA DE QUADROS

Quadro 1	Relação entre os conceitos relacionados aos ambientes naturais e antropizados definidos por Ross (1994) e Tricart (1977).	48
Quadro 2	Variáveis utilizadas em cada uma das metodologias analisadas por Spörl (2001)	49
Quadro 3	Táxons da compartimentação geomorfológica da folha topográfica SB-23-X-B-IV-3	151
Quadro 4	Síntese integrada das unidades ambientais da folha topográfica SB23-X-B-IV-3.	163

SUMÁRIO

RESUMO	vi
ABSTRACT	vii
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS	viii
LISTA DE FIGURAS	ix
LISTA DE TABELAS	xii
LISTA DE QUADROS	xiii
INTRODUÇÃO	16
OBJETIVOS	20
1 – A GEOGRAFIA E O ZONEAMENTO GEOMORFOLÓGICO-AMBIENTAL DE ÁREAS URBANAS	23
1.1 Espaço e paisagem como categorias de análise da Geografia.	24
1.1.1 O espaço geográfico	26
1.1.2 O conceito de paisagem	29
1.1.2.1 A visão germânica da paisagem	31
1.1.2.2 A ciência da paisagem na Rússia	32
1.1.2.3 A visão francesa da paisagem	34
1.1.2.4 A estudo da paisagem no Brasil	38
1.2 Geomorfologia, Fragilidade e Zoneamento Ambiental	41
1.2.1 Análise da fragilidade ambiental	45
1.2.2 Zoneamento Ambiental como instrumento de planejamento urbano	51
2 – USO E APLICAÇÃO DAS GEOTECNOLOGIAS NO MAPEAMENTO GEOMORFOLÓGICO E NO ZONEAMENTO AMBIENTAL	55
2.1. Geotecnologias: evolução e aplicações	56
2.1.1 Cartografia digital	60
2.1.2 O Sistema de Posicionamento Global (GPS) e a Navegação por Satélite	61
2.1.3 O Sensoriamento Remoto	61
2.1.4 Os Sistemas de Informações Geográficas - SIGs	63
2.2 A cartografia geomorfológica e a geotecnologias	64
2.3 Aplicações das geotecnologias em estudos de zoneamento e fragilidade ambiental	67
3 – PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	71
3.1 Introdução.	72
3.2 Delineamento da Pesquisa	73
3.3 Organização dos trabalhos práticos	75
3.3.1 Trabalhos de Gabinete	75
3.3.2 Trabalhos de Campo	76

3.4 Procedimentos técnicos:	78
3.4.1 Elaboração dos mapas	79
4 – ANÁLISE ESPACIAL DOS DADOS GEOGRÁFICOS DA CARTA SB-23-X-B-IV-3, MUNICÍPIO DE CAXIAS - MA	89
4.1 Introdução	90
4.2 O Povoamento do Território Maranhense	91
4.3 Origem e evolução de Caxias	92
4.4 Caxias – História recente e caracterização socioeconômica	97
4.4.1 Dinâmica demográfica do município de Caxias	101
4.5 Elementos naturais da paisagem da carta SB-23-X-B-IV-3	108
4.5.1 Características climato-botânicas regionais de Caxias – MA.	108
4.5.2 Geologia de Caxias	112
4.3.3 Geomorfologia de Caxias	121
4.3.4 Hidrografia	126
4.3.5 Solos	129
5 – FRAGILIDADE E ZONEAMENTO GEOMORFOLÓGICO-AMBIENTAL DA CARTA SB-23-X-B-IV-3	136
5.1 Introdução	137
5.2 Área estudada – variável pluviométrica	138
5.3 Área estudada – variável solos	139
5.4 Área estudada – variável grau de proteção do solo/cobertura vegetal	142
5.5 Área estudada – variável Índice de Dissecação do Relevo	148
5.6 Área estudada – Carta de Fragilidade Ambiental	157
5.7 Área estudada – Proposta de Zoneamento Ambiental	159
CONCLUSÕES	164
REFERÊNCIAS	169

INTRODUÇÃO

Esta pesquisa traz uma proposta de zoneamento ambiental voltado para o planejamento e a gestão ambiental da área da carta topográfica SB-23-X-B-IV-3, situada no município de Caxias – Maranhão (Mapa 1). Trata-se de uma abordagem integrada do espaço geográfico centrada na paisagem como unidade de análise.

O município de Caxias está situado na porção leste do Estado do Maranhão, na região do médio Itapecuru (Mapa 1). É o principal município da microrregião de mesmo nome. Possui uma área de 5.224,98 km² e passou de 139.756 habitantes em 2000 para 155.129 habitantes (IBGE, 2010). A área urbana possui pouco mais de 20 km².

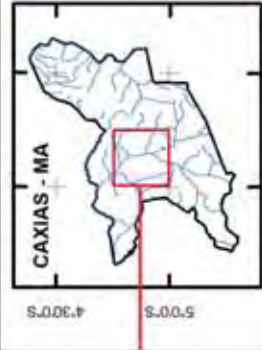
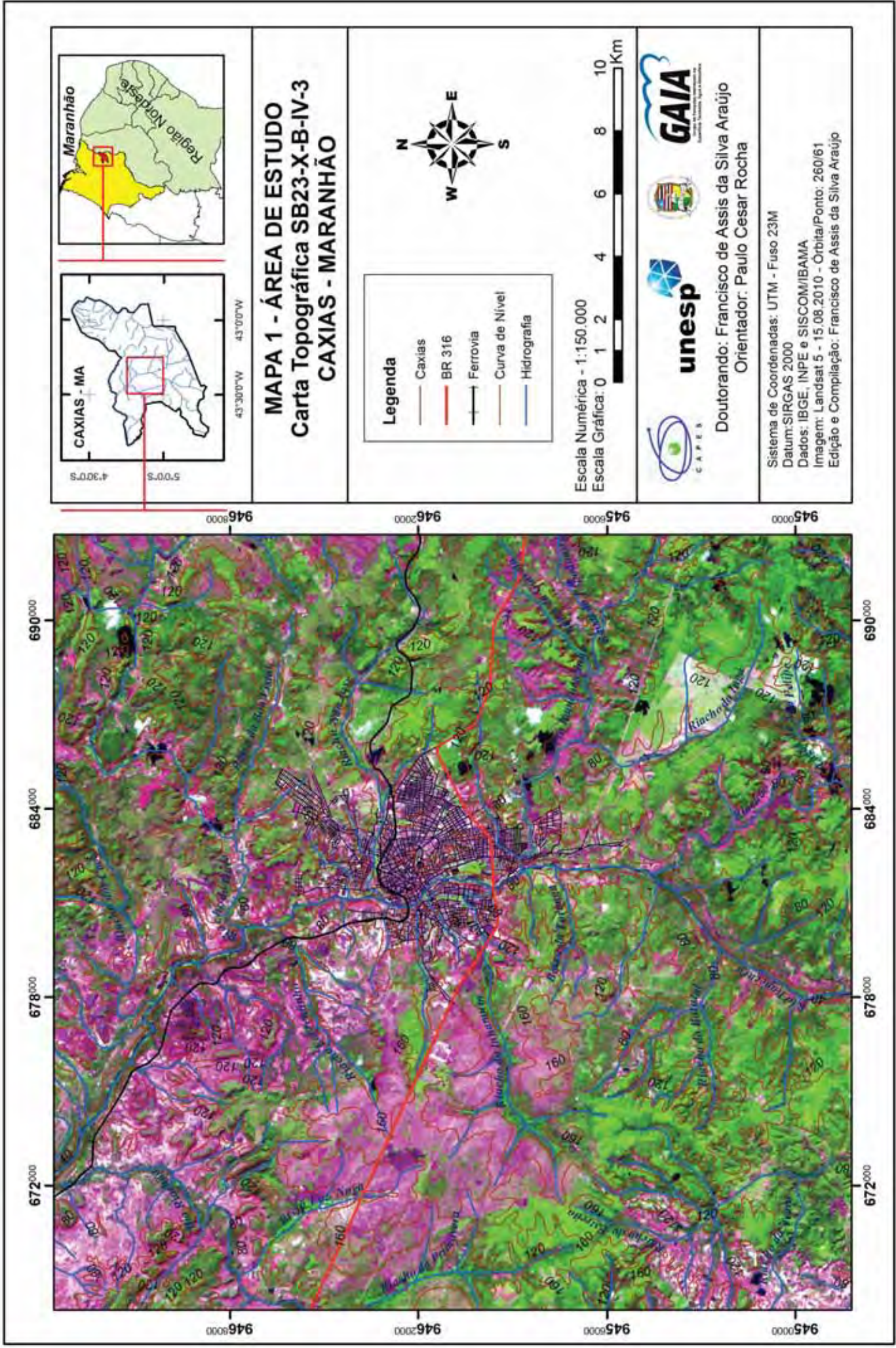
Dentre os principais problemas ambientais do município estão a ocupação desordenada de encostas, a retirada das matas ciliares, os desmatamentos para fins agropecuários e o lançamento de dejetos urbanos diretamente no leito do Rio Itapecuru e de seus afluentes.

A cidade de Caxias possui seu Plano Diretor materializado na Lei 1.637/2006, que em seu Artigo 4º, § III, tem como objetivo “definir diretrizes para preservar, proteger e recuperar o meio ambiente e o patrimônio cultural, histórico, paisagístico, artístico e arquitetônico do Município”.

Esta tese tem como objetivo contribuir para a definição destas diretrizes considerando os elementos da paisagem como norteadores do zoneamento ambiental de Caxias

Os zoneamentos ambientais são instrumentos estratégicos para o planejamento urbano e deveria anteceder o Plano Diretor. Resultam de estudos técnicos e científicos sob a ótica dos métodos e da abordagem integrada, no reconhecimento das potencialidades das paisagens de um dado espaço.

O crescimento das cidades no último século e a disputa por espaço geraram problemas de risco geomorfológico tais como enchentes e inundações, erosão de encostas, movimentos de massa, problemas de drenagem urbana entre outros. Estes impactos ambientais têm ocasionado inúmeros prejuízos aos cidadãos, à economia e ao poder público.



43°30'0"W 43°0'0"W

MAPA 1 - ÁREA DE ESTUDO

Carta Topográfica SB23-X-B-IV-3

CAXIAS - MARANHÃO

Legenda

- Caxias
- BR 316
- Ferrovia
- Curva de Nivel
- Hidrografia



Escala Numérica - 1:150.000
Escala Gráfica: 0 1 2 4 6 8 10 Km



Doutorando: Francisco de Assis da Silva Araújo
Orientador: Paulo Cesar Rocha

Sistema de Coordenadas: UTM - Fuso 23M
Datum: SIRGAS 2000
Dados: IBGE, INPE e SISCOM/IBAMA
Imagem: Landsat 5 - 15.08.2010 - Órbita/Ponto: 260/61
Edição e Compilação: Francisco de Assis da Silva Araújo

672000 678000 684000 690000

9450000 9452000 9454000 9456000

672000 678000 684000 690000

O Brasil é um país urbano há mais de quatro décadas. A Constituição do Brasil, promulgada em 1988, diante dessa realidade, estabeleceu normas que visam resguardar o bem estar e a qualidade de vida dos brasileiros. O artigo 182 da referida Constituição determina que a política de desenvolvimento urbano é atribuição do Poder Público Municipal, de acordo com as diretrizes que a lei estabelece, e supervisionada pelas demais esferas de governo, ou seja, a estadual e a federal.

O Estatuto das Cidades, cuja denominação legal é Lei 10.257 de julho de 2001, tem como propósito ordenar e orientar o planejamento urbano. Esse diploma legal colocou uma série de instrumentos à disposição dos gestores públicos que desejarem promover o desenvolvimento urbano, dentre eles o Plano Diretor.

O Plano Diretor é colocado, no mesmo dispositivo constitucional, como o instrumento básico do planejamento urbano nacional. É obrigatório para municípios com mais de 20 mil habitantes e “tem por objetivo ordenar o pleno desenvolvimento das funções sociais da cidade e garantir o bem-estar de seus habitantes” (CF, art. 182).

Estudos de impactos ambientais são imprescindíveis diante do crescimento acelerado dos centros urbanos. A instalação de atividades econômicas e de pessoas em locais inapropriados diminui a capacidade de suporte dos sistemas naturais. Isso ocasiona impactos negativos sobre o ambiente, acarretando graves problemas e exigindo elevados investimentos em projetos de recuperação ambiental. O planejamento urbano deve, pois, incorporar a variável ambiental em suas práticas administrativas, em respeito à legislação vigente e aos preceitos da sustentabilidade.

Atualmente é possível a realização de bons diagnósticos dos problemas urbanos, valendo-se dos avanços técnico-científicos das últimas décadas. Dentre eles destaca-se o emprego da cartografia digital e dos sistemas de informação geográficas. São técnicas eficientes e de custos relativamente baixos que agilizam a elaboração de planejamentos ecológicos e auxiliam os gestores públicos a propor soluções para os seus problemas.

Esta pesquisa foi estimulada, em grande parte, pelo exercício profissional e pela inquietação do autor diante de um questionamento: como contribuir para que análise geomorfológica e a identificação das unidades de paisagem da área estudada, com suas potencialidades ou fragilidades, sejam tratados como variáveis ambientais no processo de elaboração do zoneamento ambiental de Caxias?

O autor acredita que a análise geomorfológica pautada no estudo integral da paisagem da carta topográfica SB-23-X-B-IV-3, situada no município de Caxias, pode constituir um exemplo das vantagens que uma cidade pode auferir ao incorporar as variáveis ambientais nos seus planos diretores. Ao mesmo tempo, pretende sugerir procedimentos metodológicos que facilitem o levantamento, a correlação e o mapeamento dos elementos do meio físico inseridos no planejamento e gestão do município de Caxias.

O planejamento ambiental, em particular, deve almejar a compatibilização do crescimento e expansão dos espaços com a exploração equilibrada dos recursos naturais. A alteração do meio físico deve ser feita de forma cuidadosa, respeitando as potencialidades e fragilidades do espaço caxiense.

As motivações da tese são mais que evidentes: primeiro, com o objetivo de promover a pesquisa acadêmica no âmbito do Centro de Estudos Superiores de Caxias e da Universidade Estadual do Maranhão (CESC-UEMA) e, depois, suprir, ainda que modestamente, uma lacuna existente quanto ao conhecimento do espaço geográfico caxiense.

Desta forma, este estudo de caráter geográfico, pretende contribuir:

- a) para a melhoria do Ensino e da Pesquisa acadêmica no curso de Licenciatura em Geografia do CESC-UEMA;
- b) para a solução de problemas de planejamento ambiental e de conflitos de uso e ocupação do espaço na área pesquisada;
- c) reduzindo a escassez de conhecimento sobre espaço caxiense; e
- d) na mitigação de impactos ambientais existentes na área urbana e adjacências da cidade de Caxias.

Grande parte desses problemas poderia ser minimizada e até eliminada caso estudos com essa orientação fossem devidamente considerados ou incorporados pelos planejadores e gestores da cidade na tomada de decisões sobre a instalação de obras civis e direcionamento da sua expansão.

OBJETIVOS

Como objetivo mais amplo desta pesquisa e considerando a evolução histórica e as condições naturais do espaço caxiense, descritas neste trabalho, de modo particular no capítulo quarto, buscou-se comprovar a **hipótese** de que “A fragilidade ambiental associada à morfologia da área da folha topográfica SB-23-X-B-IV-3 são fatores limitantes da expansão urbana de Caxias – MA”.

Imbuído deste desafio, esta tese teve como objetivo geral elaborar uma proposta de zoneamento ambiental para o ordenamento da expansão urbana da folha topográfica SB-23-X-B-IV-3, situada no município de Caxias – Maranhão.

Quanto aos objetivos específicos, foram idealizados os seguintes:

- a) Executar a análise espacial dos elementos geográficos da folha topográfica SB-23-X-B-IV-3 referente à parte do município de Caxias – Maranhão
- b) Mapear e caracterizar os compartimentos geomorfológicos da folha topográfica SB-23-X-B-IV-3 referente a parte do município de Caxias – Maranhão;
- c) Identificar e caracterizar os níveis de fragilidade a processos físicos da área de estudo;
- d) Desenvolver uma proposta de zoneamento ambiental para o ordenamento da expansão urbana da área de estudo.

No desenvolvimento das pesquisas geomorfológicas surgiram diversos procedimentos metodológicos ou roteiros de trabalho. Cabe ao pesquisador escolher os processos mais convenientes na execução das suas tarefas, sem prejuízos de qualidade do produto final.

Para atingir os objetivos propostos nesta tese foram adotados os procedimentos metodológicos descritos a seguir

Os trabalhos de gabinete consistiram inicialmente na pesquisa bibliográfica e cartográfica sobre os fundamentos da ciência geográfica e a

caracterização geográfica da área pesquisada. A análise desse material possibilitou a (re)elaboração de cartas temáticas e o direcionamento das pesquisas de campo. Esse procedimento permitiu posteriormente realizar o diagnóstico, a correlação dos processos naturais, a identificação das unidades naturais da paisagem e a distribuição espacial das atividades antrópicas da área de estudo. Da sobreposição das cartas temáticas resultou o zoneamento ambiental, fundamental para o planejamento e conhecimento das mudanças ocorridas e das tendências atuais da área urbana de Caxias e suas adjacências.

A escassez de publicações de caráter geográfico sobre a área estudada foi um grande obstáculo para o desenvolvimento desta pesquisa. Além disso, o CESC-UEMA não dispõe de laboratórios especializados em análises geográficas. Para atingir os fins propostos, foram utilizados materiais e informações cartográficas pré-existentes como mapas e cartas para compor banco de dados digital e analógico de apoio à pesquisa. Também foram realizadas análises visuais e computadorizadas de imagens de satélites e de modelos digitais de informação para elaboração de mapas e como auxílio nas análises morfométricas do relevo. As informações extraídas foram registradas e interpretadas com o auxílio de diversos aplicativos computacionais de Geoprocessamento.

As pesquisas de campo forneceram os subsídios para melhor detalhamento e compreensão de processos geomorfológicos atuantes na cidade e para a melhoria da escala de mapeamento de alguns dos fenômenos estudados.

O conjunto de técnicas e materiais acima relacionados, embora limitados, aprofunda o conhecimento espacial e possibilita o diagnóstico socioambiental da área estudada. Vencida esta etapa, foi possível indicar as alternativas de manejo, propostas de sustentabilidade, zoneamento e o prognóstico ambiental da cidade de Caxias.

Para atingir os objetivos propostos neste trabalho foram organizados seis capítulos, cujo teor é descrito a seguir.

O primeiro capítulo esclarece os conceitos de espaço geográfico e paisagem como bases de análise da Geografia, adotados na tese. O segundo capítulo, como apêndice do primeiro, esclarece ao leitor o que se entende por

geotecnologias e como elas são importantes na apreensão dos conceitos trabalhados no capítulo anterior. Estes capítulos tem, ainda, um duplo propósito.

O primeiro, é o de ordenar os conceitos teóricos e metodológicos, respectivamente, visando nortear minimamente o leitor não-geógrafo nos caminhos da Geografia. O segundo propósito, mais realista, é demonstrar quais as idéias e os conceitos geográficos que o autor comunga ou defende. A exposição destas idéias, por si só, já é um compromisso firmado, por isso procurou-se evitar, a discussão longa e enfadonha.

O terceiro capítulo explicita os métodos e técnicas adotados na pesquisa. Dentre as técnicas, a ênfase recaiu, como dito acima, sobre as geotecnologias, já discutidas no segundo capítulo. A escolha baseou-se nas suas qualidades como técnica de trabalho que conjuga rapidez, confiabilidade e eficiência no tratamento de dados inerentes às ciências geográficas e, em particular, a geomorfológica.

O quarto capítulo traz a análise espacial da área de estudo. Além de situar o leitor na problemática discutida na tese, procurou-se resgatar e espacializar os aspectos geográficos da região em que está situada a cidade de Caxias para os dias atuais. Espera-se contribuir para preencher uma lacuna antiga na geografia do leste maranhense e para a realização de pesquisas futuras em que as informações espacializadas sejam relevantes.

O quinto capítulo trata da elaboração da carta de fragilidade da área estudada e da proposta de zoneamento geomorfológico-ambiental, que são a essência da tese. Para isso realizou-se a correlação das cartas temáticas elaboradas e apresentadas nos capítulos anteriores.

O sexto capítulo contém a síntese da tese e as recomendações para aplicação dos resultados da pesquisa.

A análise geomorfológica do sítio urbano de Caxias concorrerá para a identificação e mapeamento das unidades de relevo, detalhando seu significado morfogenético e influências estruturais e esculturais. Ao mesmo tempo, torna-se possível realizar o diagnóstico das áreas de maior fragilidade ambiental frente à expansão que o município vem sofrendo nas últimas décadas e propor medidas norteadoras de ocupações futuras e de recuperação para as áreas já degradadas.

**Capítulo 1:
A GEOGRAFIA E O ZONEAMENTO
GEOMORFOLÓGICO-AMBIENTAL DE
ÁREAS URBANAS**



1 A GEOGRAFIA E O ZONEAMENTO GEOMORFOLÓGICO-AMBIENTAL DE ÁREAS URBANAS

Neste capítulo são discutidas as bases conceituais, teóricas e científicas da Geografia e da Geomorfologia que norteiam esta tese. Inicialmente são discutidos os conceitos de espaço geográfico e paisagem que são aqui adotados. Busca-se também identificar como estas ciências podem contribuir para o planejamento e zoneamento ambiental voltado para uma ocupação racional e duradoura do espaço da folha topográfica SB-23-X-B-IV-3, referente ao município de Caxias – Maranhão.

1.1 Espaço e paisagem como fundamentos da Geografia.

O termo Geografia foi cunhado na antiguidade, pelos gregos, para designar os estudos relativos à Terra. As transformações sofridas desde então pelo que é rotulado de “geografia” têm causado grandes controvérsias, principalmente quanto à definição das unidades espaciais de análise deste ramo do conhecimento humano. Os diversos conceitos de espaço, região, território, lugar e paisagem, constituem-se no resultado destas diferentes formas de pensar a Geografia, porque, para Sauer (1998) “os grandes campos do conhecimento existem porque são reconhecidos universalmente por sua preocupação com uma grande categoria de fenômenos”.

A ciência geográfica moderna surge nos fins do século XIX e tem se voltado para a compreensão da atuação humana na transformação do planeta. As diferentes visões ou interpretações desta ação do Homem identificam cada uma das correntes do pensamento geográfico. Como ilustração, tem-se a Geografia Tradicional do fim do século XIX e a oposição entre deterministas e possibilistas. O século XX inicia-se com o embate entre a Geografia Regional e a Quantitativa. Nos anos de 1970, é marcado pela oposição entre a Geografia Crítica e a Teorética. Atualmente a Geografia Cultural opõe-se ao marxismo, mostrando que o debate permanece (SANTOS, 1986; DELGADO MAECHA, 2003).

A discussão a seguir baseia-se na análise de dois conceitos-chave: espaço e paisagem. Parte-se das contribuições ao debate de Santos (1988, 1992;

1996 e 2004), Corrêa (1990, 2009) e Delgado Maecha (2003) que sistematizaram diversas acepções de espaço geográfico. Os conceitos de paisagem são analisados segundo a visão das “escolas” de origem alemã, francesa e russa. Neste trabalho serão abordados os conceitos mais diretamente afinados com o espaço urbano.

A Geografia clássica, sistematizada no início do século XIX, fundamentou-se na descrição minuciosa de grandes extensões territoriais do Novo Mundo, recém-descoberto. Os conhecimentos produzidos, em grande parte sob o patrocínio das sociedades de geografia, são solidificados pelo surgimento das primeiras cátedras universitárias dedicadas à nova ciência. Dominavam, nessa época, os conceitos de paisagem e região, quando os geógrafos buscava processar e ordenar, em conjuntos homogêneos, um grande volume de informações relativas aos novos continentes.

As transformações ocorridas no capitalismo após a Segunda Guerra Mundial exigem uma nova postura da geografia. Moraes (1981; p. 94-5) argumenta que a teoria do livre mercado e da livre iniciativa fora substituída pelo intervencionismo estatal e que “o planejamento econômico estava estabelecido como arma de intervenção do Estado. E, com ele, o planejamento territorial, como proposta de ação deliberada na organização do espaço”. A Geografia tradicional não conseguiu cumprir essa função, daí sua crise.

Para Santos (1980) essa nova fase da geografia consistiria mais numa revolução do que mesmo uma evolução. As necessidades do planejamento apontavam para uma realidade muito complexa, baseada numa nova divisão social e territorial do trabalho, na industrialização, na urbanização, e numa cultura altamente tecnificada. Para Corrêa (1990, p.17-19) “trata-se de uma mudança tanto no conteúdo como nos limites regionais, ou seja, no arranjo espacial criado pelo homem”, surgindo daí a noção de organização espacial.

A “descoberta” do espaço pelos geógrafos e demais teóricos sociais vai ocorrer realmente a partir dos anos 1970 com a denominada Geografia Radical ou Crítica. Suas bases estão assentadas no materialismo histórico e na dialética marxista (CORRÊA, 1990).

Interessa a essa vertente geográfica, segundo Delgado Maecha (2003, p.80) o “espaço social produzido pelas relações sociais e as relações entre a sociedade e a natureza”. (...). “Nesta perspectiva, o espaço social se define como um produto social historicamente constituído pela dinâmica dos modos de produção”. Entendendo-se a forma como as sociedades se organizam para produzir, entende-se também a luta de classes e a natureza do domínio territorial. No materialismo histórico, natureza e sociedade são entidades diferentes, portanto a discussão marxista da Geografia será centrada no binômio natureza e espaço.

A geografia física, por outro lado, sofre profunda revitalização apoiada pelo neopositivismo, pelas inovações tecnológicas geradas em função da Segunda Guerra Mundial e pela disponibilidade de profissionais treinados em sensoriamento remoto, e então desmobilizados pelas forças armadas. A natureza recebe um tratamento modelístico-matemático, influenciado pela teoria dos sistemas que exerceu grande influencia sobre a Geomorfologia, permitindo-lhe tratar dos conjuntos complexos, típicos da organização espacial (GREGORY, 1992; HAYDEN, 2009).

A produção bibliográfica e a discussão sobre o tema são atualmente muito significativas, mas não se pode garantir que todos os geógrafos as conheçam, concordem uns com os outros ou dessa discussão participem de forma entusiasmada. É inegável, porém, que o objetivo perseguido pelos geógrafos, visando dotar a ciência geográfica de um corpo teórico consistente, tem progredido consideravelmente.

1.1.1 O espaço geográfico.

O conceito de espaço geográfico torna-se expressivo na ciência geográfica somente em meados do século XX, agora sob a égide da geografia quantitativa e de uma nova realidade comandada pela industrialização e pela urbanização.

Admite-se, desde Karl Marx (1818-1883), que as relações dos homens com a natureza dependem, em larga escala, das relações dos homens entre si. Estas relações, econômicas, sociais e políticas, são concretizadas através do modo de produção e, por conseguinte, das técnicas dominantes em cada época e em dado

lugar. Embora possam ocorrer em outros espaços, é na cidade que tais relações são mais intensas e complexas (MOREIRA, 1982; CORRÊA, 1990).

Os geógrafos têm buscado em Henri Lefebvre (GODOY, 2004; 2008) a idéia de que a construção do espaço geográfico é determinada pelo modo de produção adotado em cada sociedade. Aqui residiria, em suma, a diferença fundamental entre cada um dos agrupamentos humanos. Os espaços são diferentes entre si porque resultam da combinação cumulativa de técnicas, organização social, econômica e política de cada sociedade gerando organizações espaciais distintas (DOLFUSS, 1978; SANTOS, 1980; DELGADO MAECHA, 2003; BRAGA, 2007; CORRÊA, 2009).

Definir espaço geográfico é uma tarefa complexa por ser este um conceito que reúne variáveis muito diversificadas e dinâmicas. Compreende tanto a estrutura ecológica dos espaços quanto as estruturas humanas e edificadas que completam o quadro territorial.

Dolfuss (1978, p. 8) define o espaço geográfico como “o esteio de sistema de relações, algumas determinadas a partir dos dados do meio físico (arquitetura dos volumes rochosos, clima, vegetação) e outros provenientes das sociedades humanas (...) [formando um complexo] a que damos o nome de civilização”.

Dolfuss (1978), buscando maior precisão na conceituação, atribui ao espaço geográfico os seguintes adjetivos: a) localizável e concreto; b) mutável, dinâmico; c) homogêneo; d) internamente diferenciado; e) percebido e sentido pelos homens; f) é único e não se repete; g) é organizado e dividido; entre outras acepções. Essas características são também compartilhadas por Corrêa (1990 e 2009)

Santos (1988, p. 16) considera o espaço como “um conjunto indissociável do qual participam, de um lado, um certo arranjo de objetos geográficos, objetos naturais e objetos sociais e, de outro lado, a vida que os anima ou aquilo que lhes dá vida. Isto é a sociedade em movimentos”.

Posteriormente, Santos (1992, p. 1-6) complementa que a essência do espaço é social, colocando-o como uma das instâncias da sociedade, ao lado da instância econômica e da cultural-ideológica. Depois, enumera os elementos do

espaço, quais sejam: “os homens, as firmas, as instituições, o chamado meio ecológico e as infra-estruturas” (*sic*). O meio ecológico é entendido como base física do trabalho humano e as infraestruturas são “o trabalho humano materializado e geografizado”. Essas idéias serão utilizadas, por diversas vezes, ao longo desse trabalho.

Para Suertegaray (2001, s.p.) a Geografia trabalha com categorias e conceitos¹. As categorias da Geografia são quatro: natureza, sociedade, tempo e espaço. Os conceitos são mais numerosos, sendo que os de paisagem, lugar, território e ambiente são os mais adequados ao estudo da questão ambiental. A autora esclarece também que “o campo de atuação da Geografia está balizado pelo conceito de espaço geográfico. Constitui este, o conceito mais abrangente, por consequência o mais abstrato.”

Para mais detalhes sobre esta discussão sugerem-se as obras de Delgado Maecha (2003), Braga (2007) e Corrêa, (2009) que analisam várias acepções do conceito de espaço nas diversas correntes do pensamento geográfico.

Baseando-se nos autores acima, compreende-se que o espaço geográfico é um sistema constituído por forças históricas e naturais, marcadas por profundas interações capazes de produzir uma forma espacial única. Essas forças ao atuar sobre os homens os dispersaram sobre a superfície da Terra, originando as diferentes coletividades humanas. Neste sistema de forças existem fluxos e relações que produzem uma estrutura interna altamente organizada e complexa, cuja dinâmica é determinada pela ordenação de elementos e da organização das sociedades humanas ali estabelecidas ao longo da história.

Esta perspectiva conceitual de espaço geográfico proporcionará o entendimento da geomorfologia da área em estudo, de maneira integrada, na perspectiva do espaço-tempo. Permite também compreender, sob uma ótica holística, sua dinâmica ambiental. A cidade é fruto do trabalho humano e “todo trabalho humano é geográfico” (SANTOS, 2008:96).

¹ Japiassú e Marcondes (1996, p. 40/48) definem categoria como “a unidade de significação de um discurso epistemológico”, enquanto conceito é “uma idéia geral, designando seja um objeto suposto único”.

A preocupação com o zoneamento ambiental tem como objetivo propor alternativas que possam compatibilizar o uso adequado da terra e das formas de relevo com as dimensões ecológicas, sociais e econômicas da cidade de Caxias.

Esta compreensão dará sustentação teórica e analítica a esse trabalho porque aqui será evidenciado o espaço urbano. Como o conceito é muito amplo, torna-se necessário conjugá-lo com outro. Para atingir esse fim utiliza-se a paisagem com o intuito de apreendermos os conjuntos geográficos formados ao longo da história da cidade de Caxias visando o planejamento ambiental e territorial.

Sendo o espaço geográfico uma construção humana, carregada de história (DOLFUSS, 1978), só é possível apreendê-lo sob uma perspectiva dinâmica e integrada dos seus fenômenos e processos. Sendo Caxias uma cidade com dois séculos de existência, não é possível avaliar seu estado atual sem considerar todo esse lapso de tempo. Uma análise histórica detalhada destes dois séculos exigiria outra abordagem, que foge aos propósitos deste trabalho.

1.1.2 O conceito de paisagem

O termo paisagem voltou a ser discutido na Geografia, com grande ênfase, nas últimas décadas. Essa nova onda de interesse decorre do seu potencial enquanto abordagem integrada da “epiderme da terra”, atualmente analisada sob a ótica ambiental.

Existem diferenças conceituais significativas entre os que estudam a paisagem do ponto de vista geográfico e do planejamento urbano. Observa-se, de modo geral, duas fortes tendências nestes estudos: a primeira, em que a paisagem é visualizada como algo estático, quase sempre definida como “um golpe de vista”; “cena natural”, “conotação artística”, “como um ramo da pintura ou da fotografia”. A segunda, apreendida pela geomorfologia e por este estudo, vê a paisagem como uma combinação de elementos do meio, como um ente dinâmico que muda através do tempo, por causas naturais ou antrópicas. Presente na ciência e na arte, a paisagem é vista como categoria e eixo de investigação científica principalmente na ciência geográfica (ARGÜELLO *et al*, 1991; ROUGERIE e BEROUTCHACHVILI, 1991).

Na geografia, essa preocupação já estava presente nas obras dos alemães Alexander von Humboldt (1769-1859) e Karl Ritter (1779-1859) nos fins do século XVIII, onde a palavra-chave, segundo Wooldridge e East (1967, p. 20-21) “é *Zusammenhang* – literalmente, ‘condição de estarem as coisas ligadas entre si’, o que podemos traduzir por ‘contexto’ (...)”.

A visão positivista daquilo que Humboldt denominou de “característica total de uma região terrestre”, regida por leis gerais de integração, pode ser adaptada perfeitamente aos conceitos atuais de paisagem integrada (BOLÓS i CAPIDEVILLA, 1981; 1992) ou visão sistêmica e holística da natureza (METZGER, 2001; TROPPMAIR e GALINA, 2006).

Para Ritter o estudo da paisagem é centrado nas relações entre o homem e o meio ambiente, com destaque para o primeiro, e pela noção de totalidade. Moraes (1981, p. 48-9) considera a obra de Ritter “explicitamente metodológica”, “antropocêntrica (o homem é o sujeito da natureza), regional (aponta para o estudo de individualidades), valorizando a relação homem-natureza” e também porque

Ritter define o conceito de “sistema natural”, isto é, uma área delimitada dotada de uma individualidade. A Geografia devia estudar estes arranjos e compará-los. Cada arranjo abarcaria um conjunto de elementos, representando uma totalidade, onde o homem seria o principal elemento.

O caráter normativo da obra de Ritter pode ser observado ainda pela elaboração do princípio da analogia segundo o qual “a diversidade dos lugares só pode ser apreendida pela contraposição das individualidades” (MORAES, 1981, p. 25).

A disseminação dos estudos da paisagem pelo mundo criou certas diferenciações regionais. Autores como Rougerie e Beroutchachvili (1991) e Bolós i Capidevilla (1992) admitem a existência de várias “escolas” tais como a germânica, a francesa, a russo-soviética, a anglo-saxônica, a ibérica, dentre outras.

Para Bertrand e Beroutchachvili (2007, p. 48) “cada “escola” possui sua própria concepção de paisagem, sua própria problemática e, frequentemente sua própria linguagem”.

1.1.2.1 A visão germânica da paisagem

A escola germânica e sua orientação ecológica têm suas raízes em Humboldt e Ritter, como dito acima. Carl Troll (1982[1950], p. 324) atribui a Siegfried Passarge a introdução do termo “geografia da paisagem” na literatura geográfica alemã. Passarge publicou o primeiro livro dedicado ao assunto, em 1913, embora a expressão (*Landschaft*) já existisse na língua germânica por mais de mil anos. Carl Troll foi também o criador do termo Ecologia das Paisagens, posteriormente adaptado à expressão Geoecologia, em que “visualizava a aplicação da ecologia das paisagens aos propósitos humanos, tais como ao desenvolvimento das terras, planejamento ambiental e planejamento urbano” (CHRISTOFOLETTI, 2000, p. 39).

Além de Carl Troll e S. Passarge, Bolós i Capidevilla (1981, p. 13-16) menciona outros teóricos que lançaram os fundamentos dos estudos germânicos da paisagem, tais como: Ferdinand von Richthofen, para quem a superfície do globo era uma intercessão de diferentes esferas terrestres; Alfred Hetner e J. Schimthüsen, preocupados com a globalidade total das paisagens; O. Schluter, precursor da visão da paisagem através da percepção dos sentidos; e Haase, que dedicou-se à cartografia das unidades de paisagem.

Tricart (1981, p. 7) defende a noção de totalidade no estudo da paisagem e critica fortemente os geógrafos alemães por não incluírem no conteúdo destes estudos “as modificações introduzidas pelo homem e, se for o caso, eles distinguem entre paisagem natural (*Naturlandschaft*) e paisagem humanizada (*Kulturlandschaft*)”.

Percebe-se que os geógrafos e naturalistas alemães, em termos gerais, adotaram um conceito de paisagem muito vago, de caráter descritivo e com apelo estético, originando dois problemas. Inicialmente, nenhum dos geógrafos mencionados conseguiu superar a visão humboldtiana, fortemente positivista e romântica, da paisagem. Posteriormente, essa separação entre paisagem natural e paisagem humana vai de encontro à ideia de unidade e de totalidade apregoadas, respectivamente, por Humboldt e Ritter e que tanto mal irá causar à geografia no futuro.

1.1.2.2 A ciência da paisagem na Rússia

Na Rússia, a Ciência da Paisagem desenvolveu-se com a denominação de geografia física complexa no final do século XIX e início do século XX. Surge sob influência da escola alemã e com o intuito de exploração do imenso território russo. Nasce ao mesmo tempo em que surge a ciência do solo, fundada por V.V. Dokuchaev (1846 – 1903).

Dokuchaev denominou, em 1889, de ‘complexo natural territorial’ a unidade espacial que resulta da “interação de componentes abióticos e bióticos constituindo a expressão da vida dos sistemas que regem este complexo.” Esta formulação marca o nascimento da ciência da paisagem na Rússia (FROLOVA, 2001; 2007). G N. Vysiotski aplicou o conceito em suas pesquisas e desenvolveu um método de cartografar estas unidades de paisagem. Cabe a A.A. Borzov (1908) e L.S. Berg (1913) a introdução do termo paisagem na Rússia. Solncev aprimora o conceito em vários artigos publicados entre 1945 e 1965, definindo-o “como um complexo geneticamente homogêneo quanto ao clima, à geologia e à geomorfologia, que se interligam, conferem uma dinâmica e se repetem regularmente na paisagem”(ROUGERIE e BEROUTCHACHVILI, 1991: , p. 56-7).

O pragmatismo da economia planificada, adotada na União soviética no século XX, levou ao desenvolvimento de uma Geografia aplicada ao diagnóstico e prognóstico dos territórios visando o planejamento e a ocupação dos mesmos. Uma das propostas de renovação da ciência geográfica, apoiada na Ecologia e na teoria geral dos sistemas, foi elaborada por V. B. Sotchava (1905-1978), do Instituto de Geografia da Sibéria e Extremo Oriente, em Irkutsk (ROUGERIE e BEROUTCHACHVILI, 1991; BOLÓS i CAPIDEVILLA,1992; MONTEIRO, 2001; PASSOS, 2003; ANDRADE, 2008).

Sotchava propõe, em 1963, o termo geossistema² para designar “os sistemas naturais, de nível local, regional ou global, nos quais o substrato mineral, o solo, as comunidades de seres vivos, a águas e as massas de ar, particulares às

² Em curso ministrado na UNESP – PP em setembro de 2010, o Prof. Bertrand revelou que a adoção do termo geossistema deu-se em virtude da recusa dos soviéticos em utilizarem o equivalente “ecossistema” em voga no ocidente capitalista.

diversas subdivisões da superfície terrestre, são interconectados por fluxos de matéria e de energia, em um só conjunto” (PASSOS, 2003, p.37).

Ao mesmo tempo, Sotchava (1977) sugere que o mesmo seja tomado como objeto de estudo da geografia física aplicada ao planejamento do território. Recomenda que os estudos geográficos atenham-se à dinâmica da paisagem, suas estruturas funcionais e conexões e evitem a mera descrição morfológica das mesmas. Além disso, Sotchava via a interferência humana na paisagem, denominadas de antropogênicas, como meros “estados variáveis de primitivos geossistemas naturais” (op. cit., p. 7). Defendia a aplicabilidade dos conhecimentos geográficos e a incorporação da teoria sistêmica como saída para a modernização e fortalecimento da ciência geográfica, “para ser utilizada nos processos de previsão e planejamento” (op. cit., p.47).

Grigoriev (2005) denomina de “estrato geográfico da Terra” à interface que “compreende a crosta, a baixa atmosfera (troposfera e parte da estratosfera), hidrosfera, regolito (manto do solo), cobertura vegetal e reino animal”. Com o mesmo propósito de Sotchava, Grigoriev explica a importância do estudo desta interface, dizendo que o “estudo sobre as partes componentes do estrato geográfico têm revelado que a estrutura e evolução são tão profundamente interconectadas e inter-relacionadas que forma um todo inseparável, um peculiar fenômeno natural, com leis próprias de estrutura e evolução”.

Estas idéias de Grigoriev influenciaram os trabalhos de diversos geógrafos brasileiros, como os de Ross (2000 e 2006), tratando de Geomorfologia, planejamento e ecogeografia.

Sobre a “escola soviética da paisagem”, Gómez Mendonza (1982) tece duras críticas quanto às exigências da quantificação e de medições complexas e exatas, apoiadas pela cibernética, e da dependência de suas metodologias de técnicas matemáticas complexas. Esta complexidade, por outro lado, exigia altos investimentos em infraestrutura de pesquisa que só tornou-se possível graças aos volumosos recursos da planificação dos países socialistas.

Além das dificuldades já mencionadas por Gómez Mendonza (1982) é necessário ressaltar que boa parte da literatura da escola soviética foi publicada em russo, língua de difícil acesso para os ocidentais. Os textos de Sotchava mais conhecidos no Brasil foram traduzidos do inglês (MONTEIRO, 2001). Entretanto, é difícil não reconhecer a influencia desta escola, seja por conta do rigor metodológico, seja pelo poder de síntese e análise da proposta geossistêmica.

A noção de geossistema, de origem russa, tem a afinidade com o planejamento do território necessária ao trabalho que será desenvolvido nesta tese. Outro aspecto atraente desta escola é valorização do geógrafo, como analista ambiental, e da geografia física como instrumento de análise. É também uma forma de aproximar a geografia acadêmica da geografia aplicada à solução de problemas de áreas urbanas. Acredita-se que grande parte destes problemas pode ser mitigada, diante do conhecimento cada vez mais detalhado do espaço que se deseja gerenciar.

1.1.2.3 A visão francesa da paisagem

O termo paisagem foi introduzido na França por meio dos estudos de Geografia regional de Vidal La de Blache, no início do século XX. A visão lablachiana do termo paisagem, associada à ideia de região, designa um espaço em que os elementos naturais e humanos estão intimamente relacionados, conforme explicita Jean Tricart (1981, p. 2):

O termo “paysage” deriva do termo “pays”, que tem uma forte conotação territorial. (...) P. Vidal de La Blache fundou a geografia regional sobre o estudo dos “pays” tradicionais da França. Mas, entre nós, são o relevo e os solos que, como ele, derivam da evolução geomorfológica, que se constituem em características determinantes.

Moraes (1981, p. 68-9) escreve que “Vidal de La Blache definiu o objeto da Geografia como a relação homem-natureza, na perspectiva da paisagem”. As idéias lablachianas dominaram a geografia na primeira metade do século XX, entretanto seus discípulos abandonaram a ideia de paisagem em favor do conceito de região.

A “escola” francesa da paisagem, de modo geral, possui duas abordagens conceituais: a primeira delas associa a paisagem ao território, à ecologia e ao meio ambiente, com destaque para a visão ecodinâmica de Jean Tricart. A segunda, seguida por Georges Bertrand, entende a paisagem como uma manifestação cultural e sensível, derivada das ciências sociais e das artes.

Para Bertrand (1972, 2007) a geografia francesa, vivia marcada pela exaltação da geomorfologia e pela marginalização da Biogeografia, presentes na obra monumental de Emmanuel De Martonne, publicada no início do século XX. A geografia física estava “desequilibrada pela hipertrofia da pesquisa geomorfológica e por graves carências, em particular no domínio das ciências biogeográficas” (op. cit., 1972) porque “se a hegemonia do filão geologia-geomorfologia familiarizou o geógrafo com as ciências da terra, ela o isolou das ciências da vida” (op. cit., 2007, p. 104).

Na década de 1960, geógrafos como Pierre Birot, Henri Elhaï, Gabriel Rougerie e Georges Bertrand “se aventuram no campo das ciências biogeográficas e se inspiram na ecogeografia de Troll, na ecofisiologia de Ellenberg, na cartografia geográfica de Gaussen, na pedologia florestal de Duchaufour; ou seja, pesquisas conduzidas na tradição naturalista” (BERTRAND, 2007, p. 105-6).

Os trabalhos de Jean Tricart sobre ecodinâmica e ecogeografia tem início nos anos de 1950. Tricart (1976; 1977) defende o conceito de sistema como um instrumento lógico e universal de estudos de problemas do meio ambiente, com ênfase na sua dinâmica. Tricart (1977, p. 19) também define um método de estudo capaz de “melhorar a geografia física”, tirando-a do isolamento e aproximando-a da ecologia, e de “reequilibrar a ecologia” que negligenciou os estudos do meio físico ocupado pelos seres vivos.

Este método é baseado no estudo da dinâmica dos ecótopos, daí o termo *ecodinâmica*. Consiste na identificação das unidades ecodinâmicas, que se caracterizam “por certa dinâmica do meio ambiente que tem repercussões mais ou menos imperativas sobre as biocenoses” (op. cit, 1977, p. 32) e na avaliação do impacto das ações antrópicas sobre os ecossistemas. Porque “um dos objetivos da administração e ordenamento do meio ambiente é, necessariamente, diminuir a

instabilidade morfodinâmica. (...) [dada] a necessidade de se estabelecer uma taxonomia dos tipos de meios ambientes fundada no seu grau de estabilidade-instabilidade morfodinâmica” (1977, p. 29)

As intervenções antrópicas normalmente afetam a cobertura vegetal, revelando uma antinomia entre ela e a morfodinâmica. O componente mais importante da dinâmica da superfície terrestre é o morfogênico. Quanto maior for a ação morfodinâmica, maiores serão as limitações para o desenvolvimento dos seres vivos e dos solos.

A partir destas considerações Tricart (1977, p. 35) distingue três grandes tipos de meios morfodinâmicos, em função dos processos atuais: meios estáveis, meios *intergrades* e os fortemente instáveis. Nos meios estáveis, dentre outros aspectos, predomina a pedogênese; nos meios instáveis é morfogenese que se instala e, nos meios *intergrades*, os dois processos concorrem entre si.

Estes estudos são detalhados através de cartas elaboradas em dois momentos sucessivos: no primeiro elaboram-se a *carta ecodinâmica*, onde são avaliados os caracteres específicos do meio ambiente, contendo informações como litologia, declividade, morfodinâmica, pedogênese e regime hídrico. No segundo, os mapas de estudos de projetos, de caráter particular e conjuntural, pautado nas consequências esperadas de um determinado manejo dos solos voltados para a prevenção de algum inconveniente previsível.

A concepção ecodinâmica de Tricart evoluiu depois para Ecogeografia, em obra publicada em 1992. Mantendo a mesma linha de análise voltada para o ordenamento do meio natural, Tricart distingue três âmbitos de organização do ambiente: a organização da matéria, a organização da vida e a organização social. Estes três níveis organizacionais necessitam de certa harmonia para bem desempenhar suas funções. Essa harmonia fundamenta-se na dependência que as organizações sociais tem da vida (ROSS, 2006)

A metodologia proposta por Tricart foi aplicada em diversos estudos no Brasil, desde os anos de 1980. Crepani *et al* (1996) adaptam a proposta tricartiana ao mapeamento da vulnerabilidade à erosão, utilizando sistemas de informação

geográfica. O objetivo destes mapas era subsidiar o Zoneamento Ecológico-Econômico dos Estados da Amazônia, dentre eles o do Estado do Maranhão.

Bertrand (1972) entende a diversidade de abordagens no estudo da paisagem principalmente como um problema de método. Por isso, propôs um sistema de classificação em que as paisagens são divididas em seis níveis têmporo-espaciais.

As unidades superiores como a zona, o domínio e a região, estão associadas a fenômenos de grande abrangência como o clima zonal e a estrutura geológica. Nestes espaços as transformações são de longo prazo. As unidades inferiores, denominadas geossistema, geofácies e geótopo, são definidas por características mais localizadas no espaço, onde os fatores são mais dinâmicos.

Bertrand (1972, p. 1) trata a paisagem como

uma determinada porção do espaço, o resultado da combinação dinâmica, portanto instável, de elementos físicos, biológicos e antrópicos que, reagindo dialeticamente uns sobre os outros, fazem da paisagem um conjunto único e indissociável, em perpétua evolução.

Na ótica bertrandiana, a paisagem resulta da interação entre três subconjuntos: o potencial ecológico – combinação dos fatores geomorfológicos, climáticos e hidrológicos; a exploração biológica – conjunto dos seres vivos e o solo; e a ação antrópica.

Passos (2003) faz um relato da evolução do pensamento conceitual de G. Bertrand destacando o seguinte: em 1978, Bertrand modifica seu conceito de geossistema, na tentativa de uniformizar e simplificar o conceito, aproximando-se do conceito de Sotchava. Em 1982, propõe uma geografia física sistêmica, em que inexistia hierarquia das suas subdivisões. Em 1997, Bertrand propõe três entradas para um sistema, criando o modelo GTP (Geossistema-Território-Paisagem). Recentemente, Bertrand e Bertrand (2007) propõem uma análise das dinâmicas socioambientais de forma integrada, ao mesmo tempo em que se delineiam os aspectos naturais da base material sobre a qual se assenta uma sociedade.

Passos (2003) tem se destacado nas últimas décadas como um dos grandes divulgadores da obra de G. Bertrand no Brasil. Tem orientado dissertações

e teses e publicado diversos trabalhos nessa temática como “Biogeografia e Paisagem”, uma referencia útil para quem se inicia nestes dois temas da geografia.. Traduziu recentemente a obra que reúne os principais trabalhos deste autor, destaca que ultimamente Bertrand vem se utilizando do termo geocomplexo, como unidade espacial, por considerar o termo geossistema tão somente um modelo teórico. (BERTRAND e BERTRAND, 2007).

1.1.2.4 A estudo da paisagem no Brasil

O estudo da paisagem foi introduzido no Brasil por Pierre Deffontaines, em 1935, quando propõe uma divisão do estado de São Paulo em unidades de paisagem. Ab’Sáber(1969) compreendeu que paisagem é como um palimpsesto³, em que processos passados, definidores da compartimentação regional, são somados aos processos recentes, responsáveis pela dinâmica atual. A tese de doutorado de Adilson A. de Abreu, publicada em 1973, sobre as paisagens do médio vale do Jaguari-Mirim, é pioneira em considerar o papel fundamental da geomorfologia na organização paisagística regional. Igual valor é dado à tese de doutorado de Olga Cruz, de 1974, sobre os deslizamentos de terra na Serra do Mar, em São Paulo (CONTI, 2001; MODENESI-GUATTIERI, 2010).

Outros geógrafos trilharam este mesmo caminho. Monteiro (2001), para quem o estudo dos geossistemas representa um novo paradigma da ciência geográfica, foi também um dos primeiros a dar publicidade no Brasil aos artigos de Bertrand (1972) e Sotchava (1977). Monteiro (op. cit., p. 39) faz um paralelo entre as idéias de Ab’Saber (1969), Bertrand (1972) e Delpoux (1974) e as suas a respeito do binômio paisagem-geossistema, definindo a paisagem como uma

Entidade espacial delimitado (*sic*) segundo um nível de resolução do geógrafo (pesquisador) a partir dos objetivos centrais da análise, de qualquer modo sempre resultante da integração dinâmica, portanto instável, dos elementos de suporte e cobertura (físicos, biológicos e antrópicos) expressa em parte delimitáveis infinitamente, mas individualizadas através das relações entre elas que organizam um todo complexo (Sistema), verdadeiro conjunto, solidário e único, em perpétua evolução.

³ Palimpsesto – tipo de pergaminho utilizado diversas vezes pelo usuário. Devido ao seu elevado custo, era costume raspá-lo antes de receber novas anotações. A paisagem, tal qual o pergaminho, acumula ao longo da sua existência informações referentes à dinâmica dos espaços.

Assim como Monteiro (2001), Caseti (2005, s.p.), avalia que a análise integrada dos componentes da paisagem representa um avanço metodológico nos estudos ambientais, ao afirmar que

O conceito de paisagem, como fator de integração de parâmetros físicos, bióticos e socioeconômicos, tem sido utilizado em estudos de impactos ambientais em diferentes empreendimentos, com importantes resultados, o que leva necessariamente ao reconhecimento da vulnerabilidade e potencialidade da natureza, segundo os diferentes táxons.

Caseti (op.cit) atribui ao relevo importante papel na delimitação das unidades de paisagens, uma vez que sua gênese e ação dinâmica representam: a) um jogo de forças contrárias, endógenas e exógenas, resultando em formas de relevo influenciadas pela estrutura geológica, pelo clima ou por ambos; b) relação entre o relevo e a cobertura pedológica; e c) relações antropomorfológicas em que “o processo de apropriação do relevo seja como suporte ou como recurso, vincula-se ao comportamento da morfologia e às condições pedológicas”.

A delimitação das unidades de paisagem pode ser feita por diversas metodologias. Verdum (2005) sugere a partir de quatro critérios conforme: 1. A *forma*, cujos elementos podem ser facilmente identificados no campo ou com o auxílio das geotecnologias, como o relevo, a cobertura vegetal, a presença de água e o uso e ocupação do solo; 2. A *função* refere-se às atividades exercidas e materializadas no espaço como formas produzidas pelo trabalho social também pode ser apreendida com auxílio das geotecnologias; 3. A *estrutura*, que revela a natureza socioeconômica dos espaços construídos, resulta do consórcio forma e função, expondo os valores e funções dos objetos produzidos numa dada época; e 4. A *dinâmica* representa a ação contínua do tempo (geológico e histórico) sobre os elementos da paisagem. Nas formas produzidas é possível reconhecer os processos atuantes no passado e as potencialidades das UPs para ocupações futuras, isto é, o zoneamento, as efetivações e os usos.

Ross (1998, 2000, 2006) tem produzido diversos trabalhos ligando a geomorfologia aos estudos de impactos ambientais e ao planejamento. Em “Ecogeografia do Brasil” (2006) o autor se volta para o planejamento ambiental, a

partir dos conceitos de geossistemas, de ecodinâmica e de ecogeografia, apoiado em autores russos e franceses.

Percebe-se atualmente que o estudo da paisagem, em suas múltiplas acepções, voltou a ser largamente adotado na Geografia brasileira. A emergência dos problemas ambientais tem questionado a interferência do homem sobre as paisagens. Os impactos da ação antrópica sobre os geossistemas têm intensificando o diálogo entre as geociências.

No caso da ciência geográfica, é cada vez maior o seu contato com a Biologia através dos estudos de Ecologia da Paisagem e da Biogeografia. Sob esta ótica, os estudos na área de planejamento e o zoneamento ambiental podem representar uma sólida possibilidade de preservar e manter o equilíbrio dos geossistemas.

Apesar da multiplicidade de abordagens, a influência das escolas francesa e alemã sobre os estudos da paisagem no Brasil são significativos. Entretanto, nas últimas décadas, os trabalhos inspirados na escola russo-soviética vêm avolumando-se, graças à contribuição de pesquisadores brasileiros associados ao geógrafo cubano José Manuel Mateo Rodriguez, que tem publicado diversos trabalhos nessa linha (MATEO RODRIGUEZ et al, 2004; 2007).

Atualmente é possível, além dos autores citados e sem esgotar o assunto, consultar diversas obras sobre o tema na ciência geográfica brasileira (MONTEIRO, 2001; PASSOS, 2003; SCHIER, 2003; MAXIMIANO, 2004; CASSETI, 2005; TROPPIAIR e GALINA, 2006; ROSS, 2006; MARQUES NETO, 2008; PISSINATI e ARCHELA, 2009; MEZZOMO, 2010). Esta é uma prova irrefutável do interesse despertado pelo estudo da paisagem como um dos conceitos fundamentais da ciência geográfica.

Para a compreensão das dinâmicas territoriais caxienses serão utilizadas as concepções de paisagem oriundas da escola russa, da ecodinâmica e ecogeografia de Jean Tricart e do modelo GTP (Geossistema-Território-Paisagem) proposto por Bertrand (2007).

São três vertentes que apresentam numerosos pontos em comum: entendem que a ciência da paisagem é uma ponte entre a Geografia e a Ecologia;

que as paisagens são realidades dinâmicas que evoluem em sequência; que o Homem é um elemento ativo do geossistema e deve ser considerado importante quando for necessário explicar as paisagens; que a visão integrada ou sistêmica adotada por essas correntes permite constatar a estreita correlação entre os elementos da paisagem formando unidade que se combinam de maneira independente.

Essa postura conceitual fornecerá tanto a sustentação teórica desta tese quanto o método de trabalho. Compreender a relação sociedade-natureza por este viés é entendê-la como um sistema que reúne tanto os aspectos naturais bióticos e abióticos (*source*) sobre a qual se assenta a sociedade caxiense (paisagem), como as relações de poder sobre as fontes e a exploração sustentável destes recursos (*ressource*).

1.2 Geomorfologia, Fragilidade e Zoneamento Ambiental

A civilização contemporânea é caracterizada como urbana, industrial e altamente tecnificada (CHOAY, 2005). Essa dinâmica tem trazido grandes benefícios para a humanidade. Por outro lado, a exploração dos recursos naturais como matérias-primas do setor industrial, acarretou diversos problemas ambientais. Vive-se uma crise ambiental sem precedentes.

Percebe-se que não é possível para o sistema capitalista expandir-se continuamente sem colocar em risco a existência do Homem na Terra. A partir desta constatação surgiu a idéia de conciliar o crescimento econômico com a proteção da natureza a fim de que isso, em tese, traga melhoria de vida para todos.

Entretanto, mesmo com os avanços das ciências e das técnicas, a solução para os problemas ambientais ainda não atingiu o nível esperado. Sociedade e Natureza têm histórias, ritmos e dinâmicas próprias necessitando de novas abordagens capazes de estudar estas diferenças de forma integrada.

Para George (1978, p. 8) neste ponto reside a originalidade da Geografia, qual seja o de estabelecer o “relacionamento de dados heterogêneos e diacrônicos” da natureza com a “arritmia de intervalos” das obras humanas. Lidar com essa complexidade para explicar “porque os homens estão onde estão”, impõe à ciência geográfica e aos geógrafos a necessidade de dialogar com outros saberes.

O relevo, objeto de estudo da Geomorfologia interfere no comportamento dos climas e da rede hidrográfica, na distribuição das formações vegetais e dos solos. A cidade, enquanto espaço geográfico é uma construção erguida sobre formas de relevo e solos. Desta forma a Geomorfologia, possuindo um caráter integrador entre as geociências, auxilia na compreensão na evolução têmporo-espacial da paisagem através de suas formas, materiais e processos (TRICART, 1977 e 1981; CHRISTOFOLETTI, 2001; MONTEIRO, 2001; CASSETI, 2005).

A abordagem integrada nos estudos ambientais é objeto de preocupação da Geografia há bastante tempo (TRICART, 1977; SANT'ANNA NETO, 1991; MARQUES NETO, 2008). A ciência geográfica e, mais particularmente a Geomorfologia, podem contribuir, de forma relevante, para a execução de estudos integrados dos aspectos físicos e sócio-econômicos das coletividades humanas, para que o planejamento e gestão dos recursos naturais apresentem a eficácia desejada e com isso catástrofes sejam evitadas, assim como a degradação do meio físico.

Trabalhos como o de Penteado-Orellana (1981), Monteiro (2000), Christofolletti (1997; 2001) e Ross (1998, 2000 e 2006) relacionam a Geomorfologia com os aspectos sociais sob a ótica da teoria geral dos sistemas. É esforço concreto e significativo de superação da dicotomia da Geografia, a partir da perspectiva de geógrafos-geomorfólogos.

Considerando a escala do Homem, o relevo é tomado como invariante do geossistema e a ação antrópica deriva ou altera essa organização, como lembra Penteado-Orellana (1981, p. 3-4):

O homem tem capacidade de duas coisas: derivar negativamente e positivamente sistemas naturais. **A sua atuação depende do seu nível de organização social, das diferenças culturais, do grau de desenvolvimento tecnológico e da vitalidade da economia.** [grifo nosso]

Christofolletti (2001, p. 436) defende o uso da geomorfologia e do mapeamento geomorfológico no planejamento ambiental, ao afirmar que

É o embasamento físico que deve ser manejado. Se os planejadores desconhecerem as implicações da qualidade, grandeza e dinâmica dos elementos ambientais, tais como da topografia, dos recursos hídricos, do potencial dos solos e do clima, os programas torna-se-ão eivados de riscos e projeções infelizes para que haja a efetivação do desenvolvimento sustentável. (...) **Há forte interação entre as necessidades e demandas geradas pelos responsáveis pelos programas de desenvolvimento e os conhecimentos gerados pela comunidade de geógrafos.** (Christofoletti, 2001:436) [grifo nosso]

Christofoletti (op.cit) considera ainda que o diagnóstico e a avaliação das características e funcionamento dos condicionantes geomorfológicos contribuem para evidenciar as potencialidades naturais de um sistema ambiental. Estudos e mapas de relevo são recursos imprescindíveis para uma correta avaliação do potencial do uso da terra, da disponibilidade e uso racional dos recursos hídricos além do uso e conservação dos solos em áreas rurais e urbanas. Utilizando-se destas informações os programas de desenvolvimento podem ser formulados adequadamente.

Mérida Rodriguez (1995) analisa o relevo tanto como um fator de localização dos sítios urbanos, quanto pelo seu valor simbólico e paisagístico. A defesa do território contra invasões, a proteção contra inundações, o aproveitamento do sol nas encostas mediterrâneas, explica, em grande parte, a escolha de terrenos acidentados para a construção de cidades no passado. Na atualidade, a demanda por áreas planas vem sendo suprida pelo desenvolvimento de novas técnicas de engenharia e recuperação de terras como corte e aplainamento de morros, aterros de depressões, dessecamento de pântanos, entre outras.

Ross (1996, p. 291ss) lembra que a Geomorfologia desempenha importante papel no estudo de impactos ambientais (EIAs) e na implantação de núcleos urbanos porque possibilita a avaliação da fragilidade dos ambientes, seja o de uma bacia hidrográfica ou de seus compartimentos (vertentes e vales) quando apropriados pela sociedade. Em função de seu objeto de estudo a Geomorfologia tem espaço garantido na análise ambiental, pois

sua aplicação nos estudos ambientais voltam-se (*sic*) para o Planejamento Ambiental, Planejamento Regional, Planos diretores Municipais, bem como aos Estudos de Impactos Ambientais (EIAs/RIMAs) (...) núcleos de assentamentos agrários, instalação de núcleos urbanos. (ROSS,1996:324).

O papel do geomorfólogo será proporcional à sua capacidade de oferecer respostas à multiplicidade de aspectos que surgem nas intrincadas e múltiplas relações que ocorrem no meio ambiente. As pesquisas geomorfológicas são amplamente aplicáveis para diferentes tipos de atividades humanas dependendo, segundo, do “nível de aprofundamento dos estudos decorrentes da dimensão da área, do objetivo da atividade a ser implementada e da complexidade geomorfológica da área objeto de análise” (ROSS,1996; p. 334).

Christofolletti (1997, p. 129-131) ao tratar da questão ambiental em áreas urbanas tropicais, relaciona quatro abordagens geográficas possíveis: a) pelo viés da ecologia humana e da Geografia Urbana é possível analisar as condições ambientais de áreas tropicais urbanizadas, ressaltando o bem estar das populações; b) a visão ecossistêmica do meio urbano pode ser estudada pela Geografia física para mostrar o grau de alteração das áreas urbanas em comparação com as áreas rurais; c) O estudo dos azares permite analisar a vulnerabilidade das áreas urbanizadas, consistindo em estudos da dinâmica ambiental naturais; e d) é possível analisar os impactos ambientais ocasionados pela urbanização na perspectiva geossistêmica considerado as interações do meio físico com a sociedade.

Suertegaray e Nunes (2001) sugerem três caminhos a serem trilhados pela geomorfologia na atualidade. A primeira é manter-se baseada no positivismo lógico ou neopositivismo como base de suas pesquisas. A segunda, trabalhar a dinâmica da natureza a partir das práticas da sociedade. A terceira, que é adotada neste trabalho, volta-se para a geomorfologia aplicada, assentada na solução dos problemas resultantes da ocupação das unidades do relevo, voltando-se para os diagnósticos ambientais.

Guerra e Marçal (2006), Florenzano (2009) e Guerra (2011) publicaram obras coletivas de *Geomorfologia* com o intuito de subsidiar trabalhos voltados para o planejamento ambiental. São trabalhados conceitos e aplicações da Geomorfologia para áreas urbanas, perpassando pelos conceitos de paisagem e unidades de paisagem no contexto da Geografia Física.

Observa-se que os estudos ambientais e a relação sociedade-natureza representam um dos segmentos de maior expressividade na produção geográfica

atual apontando novos rumos desta ciência no Brasil. Dentre estes estudos destacam-se a pesquisas sobre impactos ambientais e geomorfologia de áreas urbanas ou rurais. Pode-se notar pela recente produção científica da Geografia, que os geógrafos começam a compreender melhor as interações do meio físico com o meio social (SUERTEGARAY e NUNES, 2001).

Seja qual for a visão adotada pelo pesquisador em relação às cidades, é notório que o relevo influencia a origem, expansão e dinâmica das áreas urbanas. Qualquer atividade de planejamento deste espaço deveria incorporar a variável geomorfológica, não só com o propósito de resolver problemas atuais quanto para prevenir problemas futuros.

1.2.1 Análise da Fragilidade Ambiental

A paisagem natural encontra-se em equilíbrio dinâmico enquanto não ocorre a intervenção humana. Intensificada continuamente pela reprodução do capital e pelo desenvolvimento das ciências e tecnologias, esta intervenção visa explorar a natureza como suporte e fonte de matérias-primas para as diversas atividades produtivas da sociedade.

Para Ross (1994; p. 14-15) “toda ação humana no ambiente natural ou alterado causa algum impacto em diferentes níveis, gerando alterações com graus diversos de agressão, levando às vezes as condições ambientais a processos até mesmo irreversíveis”.

Esta afirmação encontra apoio em Guerasimov (1980; p. 58) quando explica que “assim ocorre porque com tais medidas se busca o efeito técnico e econômico imediato, sem efetuar cálculos de longo alcance, sem prognosticar com amplitude e a fiabilidade suficientes as consequências duradouras da intervenção técnica no meio ambiente”.

A intensidade das transformações impostas à natureza pela sociedade tem acarretado numerosas, e graves, consequências. Na atualidade a questão ambiental impõe uma nova lógica voltada para o uso racional dos recursos terrestres. Para a ciência surge o desafio da prevenção e mitigação dos impactos ambientais. Uma das metas é a realização de diagnósticos ambientais para a

compreensão dos mecanismos de funcionamento das paisagens (COOKE e DOORNKAMP, 1990; ROSS, 1994; CHRISTOFOLETTI, 2001).

Ross (1994; p. 16) salienta que “nesse contexto, a Geografia como um todo, e a Geomorfologia especificamente, são de vital importância no trabalho de inventariar e analisar o quadro ambiental, que é antes de mais nada um espaço, humanizado ou não, eminentemente geográfico”.

Para atingir estes objetivos pesquisadores de diversas partes do mundo desenvolveram metodologias com intuito de avaliar a fragilidade e a vulnerabilidade dos ambientes a diversos fatores. O mapeamento da fragilidade ambiental é fundamental para o planejamento do meio físico, porque permite avaliar suas potencialidades e restrições à ocupação humana (KAWAKUBO et al.,2005). A utilização de cada uma delas depende de decisões do pesquisador quanto aos objetivos a serem alcançados e a escala de trabalho adotada.

A **Equação Universal de Perda de Solo** (EUPS) é um modelo, de base empírica, desenvolvido por Wischmeier e Smith (1978) para avaliar o risco de degradação e as perdas de solo por erosão laminar em microbacias hidrográficas. Aplicada inicialmente em estudos agrônômicos, baseia-se nas características da cultura, do solo, do regime de chuvas, da topografia e das práticas de manejo. Utiliza como parâmetros os seguintes fatores: a erosividade da chuva (R); erodibilidade do solo (K); comprimento (L) e declividade da encosta (S), além de práticas conservacionistas (P). A fórmula resultante é $A = R.K.L.S.C.P$. Recentemente tem sido utilizada também em estudos ambientais (ZAPAROLI e CREMON, 2010).

Crepani et al (1996; 2001) desenvolveram uma metodologia para produção de cartas de vulnerabilidade natural a erosão para subsidiar o Zoneamento Ecológico-Econômico da Amazônia. Denominada de **Análise da Vulnerabilidade Natural a Perda de Solo**, esta metodologia baseia-se na definição de unidades ecodinâmicas, segundo proposta de Tricart (1977). Utiliza recursos de sensoriamento remoto, imagens TM/Landsat como “âncoras”, SIGs e mapas temáticos pré-existentes para definir unidades de paisagens, denominadas de unidades territoriais básicas (UTB).

Cada UTB é definida pela media aritmética dos valores de cada tema, “segundo uma equação empírica, que busca representar a posição desta unidade dentro da escala vulnerabilidade natural à perda de solo” (SPÖRL,2004; p. 45):

$$\text{VULNERABILIDADE} = \frac{\text{CLIMA} + \text{GEOLOGIA} + \text{RELEVO} + \text{VEGETAÇÃO} + \text{SOLO}}{5}$$

A avaliação da estabilidade ou vulnerabilidade é definida de acordo com a relação morfogênese-pedogênese a partir de uma escala de 21 valores (de 1.0 a 3.0) de estabilidade. Com esta metodologia é possível elaborar cartas de vulnerabilidade natural a erosão na escala de 1:250.000.

Ross (1994) desenvolveu dois métodos de **Análise Empírica da Fragilidade dos Ambientes Naturais e Antropizados**, com apoio nas *classes de declividade* e nos *índices de dissecação do relevo*, largamente empregado em estudos ambientais em diversas áreas do país, como os de Spörl (2001) para áreas na fronteira de São Paulo e Minas Gerais, Kawakubo et al., (2005) para Atibaia – SP, Amaral e Ross (2009) em Teodoro Sampaio – SP, Oliveira e Chaves (2009) para o Raso da Catarina – BA e Carmo et al. (2011) para Londrina-PR, entre outros.

A definição de unidades ecodinâmicas apoia-se também na proposta de Tricart (1976; 1977). Na identificação das unidades morfodinâmicas Ross (1994) propõe que a partir de levantamentos de campo e trabalhos de gabinete sejam gerados produtos cartográficos temáticos de climatologia, geologia, geomorfologia, e uso da terra/vegetação.

A correlação destes mapas permite identificar a fragilidade potencial e a fragilidade emergente do ambiente, assim definidas por Kawakubo et al., (2005, p. 2204): “É denominado de fragilidade potencial a vulnerabilidade natural do ambiente e de fragilidade emergente a vulnerabilidade natural associada aos graus de proteção que os diferentes tipos de uso e cobertura vegetal exercem”. Ou seja, a primeira está relacionada às condições físicas do relevo e dos solos e a segunda depende das formas de uso e ocupação da terra, dominantes no espaço em questão.

A relação entre as unidades ecodinâmicas de Tricart (1977, 1976) e as unidades morfodinâmicas de Ross (1994) é apresentada no quadro a seguir (AMARAL e ROSS 2009; p. 62):

Quadro 1 – Relação entre os conceitos relacionados aos ambientes naturais e antropizados definidos por Ross (1994) e Tricart (1977).

Autores	Proposta Metodológica	Conceituação	
		Ambientes Naturais	Ambientes Antropizados
Tricart (1977)	Ecodinâmica	Unidades Estáveis	Unidades Instáveis
Ross (1994)	Fragilidade Ambiental	Unidades Ecodinâmicas de Instabilidade Potencial	Unidades Ecodinâmicas de Instabilidade Emergente

Fonte: Amaral e Ross (2009).

Spörl (2001) comparou os modelos de análise da fragilidade ambiental de Ross (1994) e Crepani et al (2001) aplicando-os em duas áreas situadas na fronteira dos Estados de São Paulo e Minas Gerais. O resultado foi a geração de três mapas com índices de fragilidade ambiental diferentes entre si, o que, segundo Spörl (2001) não invalida as propostas.

Os modelos tem em comum a visão integrada do meio físico, princípio herdado das unidades ecodinâmicas de Tricart (1977). São diferentes quanto a “operacionalização dos métodos, nas variáveis analisadas e nos pesos atribuídos para cada uma das variáveis” (SPÖRL, 2007; p. 96). Sendo que “as diferentes formas de calcular a vulnerabilidade e os “pesos” distintos para cada uma das variáveis envolvidas na obtenção dos graus de fragilidade são as grandes responsáveis pelas divergências apresentadas pelos mapas síntese” (op. cit.; p. 97).

Diante das incertezas da confiabilidade dos modelos analisados, Spörl (2007) propõe uma metodologia para a elaboração de modelos de fragilidade ambiental utilizando redes neurais artificiais.

Para gerar a carta de fragilidade ambiental da área de estudo foi adotado o procedimento metodológico proposto por Ross (1994), fundamentado no princípio da funcionalidade intrínseca existente entre os elementos físicos e bióticos da natureza. Tem como variáveis os padrões de formas, os índices de dissecação do relevo, conforme matriz citada (Quadro 9) e a cartografia temática de climatologia, pedologia, geomorfologia, uso da terra ou cobertura vegetal da área estudada.

Quadro 2 – Variáveis utilizadas em cada uma das metodologias analisadas por Spörl (2001)

Metodologias Variáveis	Índice de Dissecação do Relevo (ROSS, 1994)	Classes de Declividade (ROSS, 1994)	UTB's (CREPANI et al, 1996)
Índice de Dissecação do Relevo	X		X
Declividade		X	
Solos	X	X	X
Cobertura Vegetal	X	X	X
Rochas			X
Clima	X	X	X

Fonte: Spörl (2001; p.135)

A escolha deste método justifica-se pela ênfase dada aos parâmetros geomorfológicos, a escala de mapeamento adotada, de 1:100.000, a possibilidade de utilização de ferramentas de geoprocessamento e pela larga aceitação entre pesquisadores brasileiros (KAWAKUBO et al., 2005; AMARAL e ROSS, 2009; CARMO et al., 2011).

As variáveis desta metodologia são hierarquizadas em cinco classes de fragilidade da seguinte forma:

- Pluviosidade – fraca (1) a muito forte (5);
- Cobertura Vegetal – grau de proteção muito alto (1) a muito baixo (5);
- Solos – classe de fragilidade muito baixa a nula (1) a muito alta (5);
- Índice de Dissecação do Relevo – classes com hierarquia muito fraca (1) a muito forte (5);

A fragilidade de cada unidade de paisagem é definida por uma nomenclatura resultante da combinação de quatro dígitos. Cada um dos dígitos representa o grau de fragilidade das variáveis analisadas: o primeiro, relativo a pluviosidade; o segundo a cobertura vegetal; o terceiro aos solos; e o quarto ao Índice de Dissecação do Relevo.

A combinação 1111, por exemplo, representaria todas as variáveis favoráveis, ou seja: clima com distribuição regular da pluviosidade com volumes anuais não muito superiores a 1.000 mm/ano. A cobertura vegetal seria de mata, com máxima proteção do solo. O relevo teria Índice de Dissecação muito baixo e os

solos apresentariam fraca erodibilidade. No outro extremo têm-se variáveis desfavoráveis quando a representação numérica for resultante de uma combinação como a 5555.

1.2.2 O Zoneamento Ambiental como instrumento de planejamento urbano

O planejamento surgiu da necessidade de proteger a propriedade. Como técnica de planejamento, o zoneamento foi desenvolvido pelo arquiteto alemão Joseph Stüben (1845-1936). Entretanto, ganhou notoriedade nos Estados Unidos ao ser aplicado aos bairros de classe média de Nova Iorque, em 1916. A discriminação racial e as fortes desigualdades sociais dessa época vão popularizar a prática do zoneamento naquele país, a ponto de este instrumento ser confundido com o próprio planejamento. Considerando que o principal objetivo do zoneamento é criar unidades territoriais sobre as quais incidem restrições de uso, o planejamento, essencialmente discriminador e anti-igualitário, precisa discriminar “zonas” para afetá-las a determinadas finalidades (CULLINGWORTH,1997; CASTILHO: 2003; SOUZA, 2004; SOUZA e RODRIGUES, 2004).

Castilho (2003, p. 32) faz a seguinte distinção: o termo **zona** pressupõe análise do espaço urbano global e identificação de homogeneidades; pressupõe planejamento e indica agrupamento de localizações. Por outro lado a palavra **zonear** consiste em “repartir utilizações diferentes do solo dentro do espaço urbano (...). Portanto, a zona pressupõe planejamento e indica agrupamento de localizações, sendo o mais elementar aquele que separa as áreas residenciais das áreas industriais”.

O zoneamento ambiental ou ecológico-econômico é um dos instrumentos da política ambiental brasileira. Suas bases foram firmadas pelos artigos 21, alínea IX, 25, § 3º e 182, § 1º, da Constituição Federal de 1988, pela Lei federal 6938/81, artigo 9º, inciso II, e pelo Decreto 4297/2002, que a regulamenta. Neste Decreto, zoneamento é conceituado como (art. 2º, Decreto Federal n. 4.297/02 In: BRASIL, 2004, p. 727).

“Instrumento de organização do território a ser obrigatoriamente seguido na implantação de planos, obras e atividades públicas e privadas, estabelece medidas e padrões de proteção ambiental destinados a assegurar a qualidade ambiental, dos recursos hídricos e do solo e a conservação da biodiversidade, garantindo o desenvolvimento sustentável e a melhoria das condições de vida da população.”

No caso do artigo 21 da Constituição Federal, a gestão ambiental do território brasileiro deve ser articulada para um mesmo complexo ambiental e socioeconômico, buscando a redução das desigualdades e o desenvolvimento sustentável. No artigo 25, § 3º, está a ênfase a organização ao planejamento das cidades.

O artigo 183 estabelece a obrigatoriedade aos municípios de mais de vinte mil habitantes a instituírem o Plano Diretor. Não está explícito que o Plano Diretor deve conter o zoneamento, mas implicitamente o zoneamento está contido na expressão ordenamento da cidade tendo “por objetivo ordenar o pleno desenvolvimento das funções sociais da cidade e garantir o bem-estar de seus habitantes”, como descrito do *caput* do citado artigo.

O termo zoneamento ambiental foi utilizado inicialmente no Brasil na setorização de Unidades de Conservação como forma de apoiar seus planos de manejo. A Lei 6938/81 em seu art. 9º, Inciso II, proclama o zoneamento ambiental como um instrumento de planejamento e gestão do espaço junto ao Sistema Nacional de Meio Ambiente (SISNAMA), juntamente com os Estudos e Relatórios de Impacto Ambiental (EIA/RIMA) e Gerenciamento de Bacias Hidrográficas. No Brasil houve aprimoramento dos mecanismos de elaboração do EIA/RIMA, porém o zoneamento ambiental não recebeu a mesma atenção (SILVA, 1997) até a aplicação desta metodologia de trabalho no Programa de Zoneamento Ecológico-Econômico da Amazônia Legal – PZEEAL, estabelecido em 1991 pelo Governo Federal (BRASIL, 2001).

Santos (2004, p. 35) entende o zoneamento como a divisão de uma região em espaços ou porções territoriais supostamente homogêneos, definida por uma série de atributos ou variáveis ambientais. Sendo que essas unidades são “passíveis de serem delimitadas no espaço e na escala adotada”, possuindo

estrutura e funcionamento semelhantes. O autor alerta ainda que o planejador deve conhecer bem as características de sua área de trabalho, as similaridades de cada elemento analisado e, simultaneamente, claras distinções entre os grupos para alcançar uma análise múltipla e integradora.

A metodologia do zoneamento ecológico foi desenvolvida com base no conceito de ecodinâmica de Tricart (1977), considerando a relação morfogênese-pedogênese (Crepani et al., 1996, 2001). Ross (1994, p. 64) vai além sugerindo que uma metodologia de zoneamento deve ser “baseada na compreensão das características e da dinâmica do ambiente natural, e do meio sócio econômico, visando buscar a integração das diversas disciplinas científicas específicas, por meio de uma análise do conhecimento acerca da realidade pesquisada”.

Silva (1997, p.19) ao propor uma metodologia de zoneamento ambiental, o define como um instrumento de planejamento e gestão ambiental colocado à disposição dos planejadores como uma “referência espacial aportada pela setorização das diversidades ambientais para subsidiar os planos e projetos de ordenamento do território”. Ao apontar os indicadores ambientais a serem considerados numa análise ambiental voltada para o zoneamento, particularmente aqueles relativos à geomorfologia, a autora (op. cit., 1997, p.19) explica que

Os estudos [geomorfológicos) contribuem para a realização das diversas etapas do diagnóstico ambiental: fornecem a base para a foto-interpretação; permitem situar os solos e os seres vivos no contexto dinâmico; definem restrições morfodinâmicas ao meio ambiente; possibilita a compreensão das interações morfogênese/pedogênese do que depende a estabilidade e vulnerabilidade dos sistemas ambientais; e identificam as heranças paleogeográficas da evolução durante o Cenozóico (principalmente no Quaternário).

O zoneamento dá suporte à tomada de decisões no planejamento e gestão territorial, seja sob a ótica econômica, social, ecológica ou cultural. É uma forma de compartimentar o espaço geográfico, segundo critérios objetivos, baseados nas suas peculiaridades e dinâmicas. Estes estudos devem ser voltado para o entendimento dos processos de ocupação, desenvolvimento e apropriação dos recursos de um dado território (ROSS, 1994; ZACHARIAS e FREITAS, 2008).

O zoneamento é considerado hoje um instrumento objetivo de implantação da sustentabilidade orientada para um dado espaço geográfico, além de ser um mecanismo integrador de políticas públicas voltadas para solução de contradições e conflitos sócio-ambientais.

Concorda-se enfim com os esclarecimentos dos termos propostos Zacharias e Freitas (2008, p. 123) para quem

Planejamento significa propor metas. *Gerenciamento*, controlar e monitorar. *Gestão*, instituir medidas, as quais podem ser administrativas, jurídicas, socioeconômicas ou ambientais. E o *Zoneamento*, ordenar zonas, ou seja, hierarquizar ou identificar as áreas homogêneas da paisagem para o delineamento das potencialidades e restrições de seu território.

O direito de propriedade da terra está sujeito ao respeito aos interesses coletivos, a função social da propriedade e a conservação do meio ambiente, conforme previsto no ordenamento jurídico brasileiro. Qualquer que seja o conceito de zoneamento, o objetivo será o mesmo; delimitar espaços ou zonas com características comuns para determinar regimes especiais de uso, gozo e fruição de seu potencial.

A aplicação dos resultados obtidos pelos estudos geográficos e geomorfológicos depende de ações decisões políticas, muitas vezes ousadas, para serem implantadas. Tem sido comum nas administrações municipais, como também em outras esferas de poder, a ausência, a não implementação ou a inadequação de políticas públicas capazes de solucionar definitivamente os graves problemas de controle de enchentes, poluição, coleta, tratamento e destinação final de resíduos, proteção dos mananciais e ocupação de áreas de risco.

Por outro lado, planejar não se tornou ainda uma prática comum dos gestores públicos brasileiros. Os planos diretores urbanos, quando existem, ou são desprezados ou estão comprometidos apenas com a cidade formal, reproduzindo e ampliando a informalidade.

Os estudos dos impactos da ação humana sobre ambientes urbanos tem caráter multidisciplinar por envolverem dois elementos cuja interação tem sido o cerne de praticamente toda a busca científica, principalmente da ciência geográfica:

a natureza e a sociedade (GUERRA, 2011). Tais elementos apresentam dinâmicas espaciais e temporais diferentes tanto em ritmo quanto em intensidade e duração dos seus efeitos.

A ciência geográfica tem buscado a integração entre estes dois objetos de estudo desde o seu surgimento. Acredita-se hoje que as dificuldades existentes nesta tarefa devam-se, sobretudo, ao método científico cartesiano, que separa em partes distintas os dois “mundos” e utiliza metodologias diferentes para cada objeto. Diante dos desafios do presente acredita-se que a visão cartesiana não seja a forma mais adequada de investigação da sociedade moderna em seu convívio com o meio natural.

A análise multidisciplinar que se deseja empreender aqui apoia-se no paradigma que propõe o diálogo entre os diferentes elementos que compõem o cenário urbano pelo viés da Geomorfologia urbana. Busca-se a adoção de metodologias múltiplas e técnicas advindas de diversos ramos da ciência, na tentativa de compor um discurso ponderado capaz de unificar e proporcionar o mesmo valor e voz a todos os elementos integrantes do espaço aqui analisado.

**Capítulo 2:
USO E APLICAÇÃO DAS
GEOTECNOLOGIAS NO
MAPEAMENTO GEOMORFOLÓGICO
E NO ZONEAMENTO AMBIENTAL**



2 USO E APLICAÇÃO DAS GEOTECNOLOGIAS NO MAPEAMENTO GEOMORFOLÓGICO E NO ZONEAMENTO AMBIENTAL

Este capítulo trata do uso e aplicação das geotecnologias no mapeamento ambiental. Por tratar-se de um trabalho de pesquisa voltado para mapeamento e zoneamento ambientais, deseja-se informar ao leitor a visão do autor sobre esta temática.

O risco é claramente assumido, porque estas páginas não alcançam toda a extensão do assunto. Trata-se mais de uma bibliografia comentada e um pouco das experiências do autor com o uso das geotecnologias.

Além desta experiência, esta tese apela para estes recursos com o intuito de extrair as informações desejadas e suprir a escassez de informações existentes para a área estudada.

2.1. Geotecnologias: evolução e aplicações

A Geografia e o geógrafo têm, entre outras atribuições, que mapear os fenômenos de seu interesse. A Geografia Tradicional trata a localização como um dos princípios norteadores do método geográfico porque é através dela que chegam até o interessado as primeiras informações espaciais de um fato.

A popularização da informática e os progressos da cartografia digital possibilitaram um grande salto quali-quantitativo nas técnicas de mapear a superfície terrestre, ou parte dela. Esse salto tecnológico foi mais impactante e de difusão mais rápida do que aquele provocado pela aerofotogrametria, após a Segunda Guerra Mundial. No caso dos mapas temáticos em Geomorfologia isso não foi muito diferente, exceção feita à questão da simbologia, cujos signos carecem de uma uniformidade universal.

A necessidade de processar grande volume de dados, visando baratear os custos da produção e atualização de mapas, ocorreu na década de 1950 na Inglaterra e nos Estados Unidos e na década de 1960 no Canadá. O incipiente desenvolvimento da informática e a escassez de mão-de-obra especializada e de sistemas comerciais prontos implicavam em elevados investimentos em tempo e recursos.

No Brasil, a introdução do Geoprocessamento deu-se por iniciativa do Prof. Jorge Xavier da Silva, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, na década de 1980. Deste período aos dias atuais, Xavier-da-Silva (2001) e diversos colaboradores (XAVIER-DA-SILVA e ZAIDAN, 2004) tem desenvolvido e utilizado o aplicativo Saga – Sistema de Análise Geo-Ambiental em estudos e análises ambientais.

Desde o final dos anos 1990 o panorama do Geoprocessamento modificou-se substancialmente com o surgimento dos computadores pessoais e de seus periféricos. A produção e consumo em larga escala destas máquinas tem proporcionado significativa redução por unidade (Câmara e Davis, 2000).

Câmara e Medeiros (2003, p. 3) consideram o Geoprocessamento como “uma disciplina do conhecimento que utiliza técnicas matemáticas e computacionais para o tratamento de informações geográficas”. Nas palavras dos autores temos que se a pergunta ou o problema é *onde?* é provável que o Geoprocessamento seja uma das suas ferramentas de trabalho.

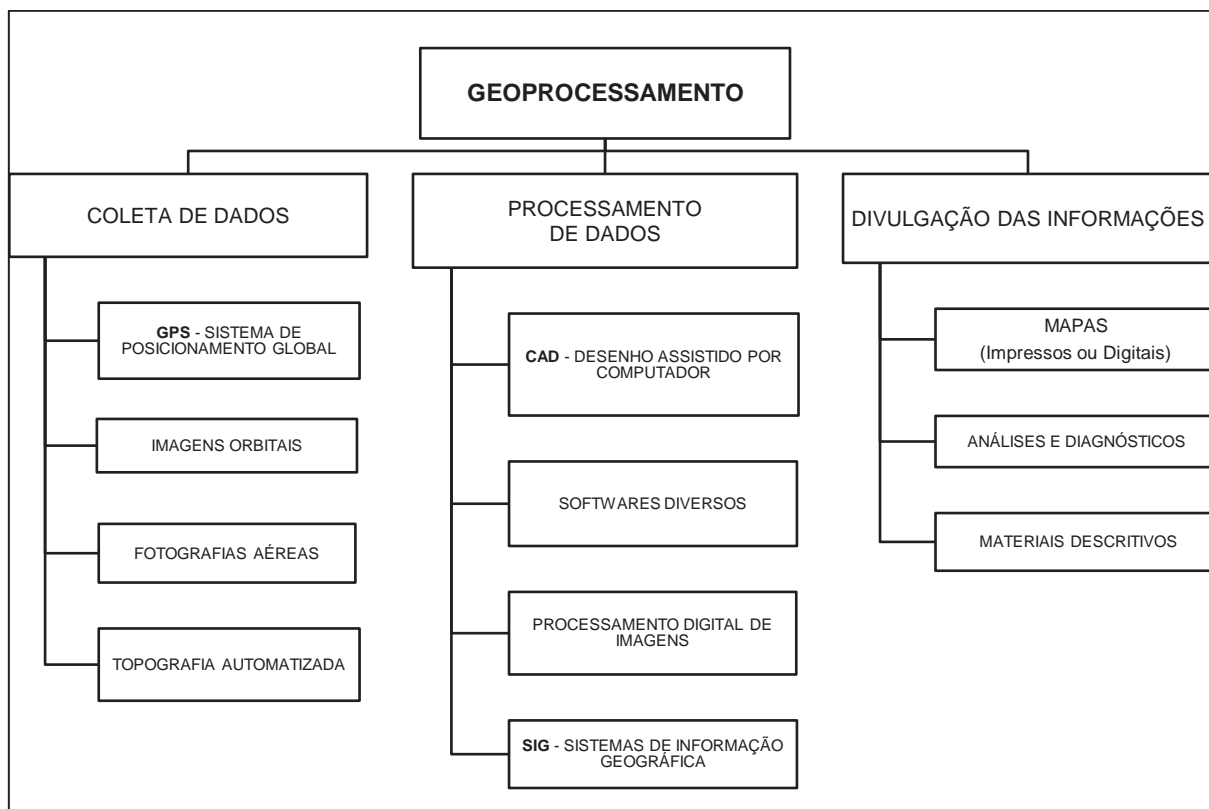
Esta disciplina abrange um conjunto de tecnologias (Figura 1), comumente denominadas de geotecnologias e voltadas para a coleta, o processamento e a manipulação de informações geograficamente referenciadas. Estão nela incluídas, além das técnicas computacionais, o sistema de Cartografia Digital, o Sistema Global de Navegação por Satélite (GPS), o Sensoriamento Remoto e o Sistema de Informações Geográficas (SIG) entre outras.

É possível também visualizar, projetar e divulgar a informação geográfica com qualidade e precisão. Em contrapartida, essa tecnologia necessita de mão de obra altamente treinada e de grandes investimentos iniciais para sua implantação em escala empresarial. Implica ainda em mudanças na cultura das empresas, o que tem retardado sua propagação.

Como tecnologia de origem recente e muito promissora para os estudos e análises espaciais, o Geoprocessamento tem evoluído com grande rapidez. Os programas de computador possuem as mais diversas ferramentas para coletar dados, visualizar, (re)projetar e divulgar a informação geográfica. Em contrapartida, essa tecnologia necessita de mão de obra bem treinada e de grandes investimentos

iniciais para sua implantação, que implicam em mudanças na cultura das empresas e lentidão para a sua propagação.

Figura 1 – Geoprocessamento: técnicas e tecnologias utilizadas.



Organização: ARAÚJO, 2009.

Dentre as áreas que mais tem se beneficiado com este instrumental estão a Cartografia, a Análise de Recursos Naturais, o Planejamento Urbano e Regional, entre outras. Câmara e Medeiros (2003) apontam ainda quatro dimensões da questão ambiental onde é grande o impacto das tecnologias de Geoprocessamento: Mapeamento Temático, Diagnóstico Ambiental, Ordenamento Territorial e os Prognósticos Ambientais.

A cartografia tem um papel fundamental no contexto do Geoprocessamento porque é através do mapa que os resultados da coleta e do tratamento dos dados são apresentados em sua forma visual. As operações mais comuns nesta técnica, como adição, subtração e fusão de informações, são realizadas através da álgebra de mapas. Grande parte da informação coletada pelos técnicos encontra-se na forma de mapas, tanto no formato de papel quanto no formato digital.

O geógrafo, ou mais precisamente a Geografia, lida há bastante tempo com análise espacial. Entretanto, o conhecimento cartográfico do geógrafo, embora muito antigo, necessita atualmente de constante atualização. Os cursos de Geografia nem sempre conseguem acompanhar esta evolução (FLORENZANO, 2005). Além disso, o ensino das disciplinas que embasam a Cartografia, como o cálculo matemático e a Geodésia tem sido negligenciando.

A Geografia necessita, enquanto ciência, observar o rigor, a clareza e a concisão na elaboração de seus produtos, principalmente quando voltado para públicos não especialistas. Ninguém produz mapas apenas para si. Da mesma forma, não adianta produzir mapas cuja leitura e interpretação seja de domínio apenas de alguns poucos “especialistas”.

Na geomorfologia, ainda existem dificuldades para o tratamento do relevo enquanto grandeza tridimensional, limitando a leitura mais detalhada e precisa dos índices geomorfológicos tradicionais. Diversos outros temas geográficos ainda não foram tratados de forma inadequada pelas ferramentas das geotecnologias (FERNANDES et al, 2001/2002; FLORENZANO, 2005; 2008).

Fernandes et al (2001/2002) destacam as seguintes limitações do geoprocessamento em estudos geoecológicos: a multiescalaridade e a grande variabilidade de tipos e características dos dados geográficos e a “capacidade limitada e discreta da representação [de elementos da natureza] em sistemas computacionais” (op. cit.; p. 56-57).

Quanto ao uso de técnicas automatizadas em estudos geomorfológicos Florenzano (2008, p.18) salienta que “as vantagens dos métodos automatizados referem-se à economia de tempo, ao armazenamento e à capacidade de manipular uma grande quantidade de dados, à integração de dados e à geração de cartas morfométricas”.

Fitz (2008) defende a ideia que muitos geógrafos não associam o uso das geotecnologias com os afazeres da Geografia. Este distanciamento, originário da Geografia quantitativa e associado a uma visão obtusa, explicaria a apropriação deste setor por outros profissionais, limitando o campo de atuação do geógrafo.

Entende-se por fim que toda inovação tem aspectos positivos e negativos. É necessário continuar pesquisando para encontrar soluções para os problemas existentes. A difusão ou aceitação podem ocorrer de forma lenta porque necessita de investimentos constantes. Por outro lado, os ganhos advindos do uso das geotecnologias tem se mostrado superiores às limitações até então apresentadas. Essa expectativa é otimista face aos volumosos recursos destinados às pesquisas nesta área.

A propósito, segue uma caracterização rápida das geotecnologias com intuito de situá-las na discussão enquanto ponto de fusão de tecnologias e métodos de trabalho do geógrafo.

2.1.1 A Cartografia digital

A cartografia digital tem um papel fundamental no contexto do Geoprocessamento porque é através do mapa que os resultados da coleta e do tratamento dos dados são apresentados em sua forma visual. As operações mais comuns nesta técnica, como adição, subtração e fusão, são realizadas através dos mapas. Grande parte da informação coletada pelos técnicos encontra-se na forma de mapas, tanto no formato de papel quanto no formato digital.

Soares Filho (2000, p.3) denomina de Cartografia Digital “como um conjunto de ferramentas, incluindo programas e equipamentos, orientado para a conversão para o meio digital, armazenamento e visualização de dados espaciais.”

A Cartografia Digital corresponde ao núcleo dos Sistemas de Informação Geográfica. Pode-se afirmar que todas as geotecnologias giram em torno da Cartografia, afinal é através dela e em função dela que as demais ferramentas foram desenvolvidas.

Os sistemas computacionais tornaram as atividades de mapeamento menos árduas e muito mais produtivas. Desenhar, organizar a simbologia, atualizar cartas e divulgar resultados, por exemplo, são tarefas muito mais simples hoje.

Por outro lado, operar ou dominar aplicativos de computador não é fazer Cartografia. Compreender esta ciência, método ou arte requer conhecimentos que vão além destas habilidades. As geotecnologias são muito exigentes quanto à

qualificação de mão-de-obra. O principal risco do uso inadequado ou do desconhecimento dos princípios da Cartografia Digital é a produção de mapas de baixa qualidade (SOARES FILHO, 2000).

2.1.2 O Sistema de Posicionamento Global (GPS) e a Navegação por Satélite

O Sistema de Posicionamento Global – GPS surgiu durante o conturbado período da “corrida armamentista” entre União Soviética – URSS e Estados Unidos – EUA, conhecido como Guerra Fria. A supremacia bélica de cada potência era determinada por elevados investimentos em pesquisa, ciência e tecnologia de novas armas, de novos materiais e de novos equipamentos. Determinar a posição exata de tropas, de exércitos (próprios ou inimigos) sempre foi de suma importância estratégica.

Embora os princípios de funcionamento do GPS tenham sido observados desde o final da década de 1950, após o lançamento do satélite soviético Sputnik, é bem mais tarde, e nos Estados Unidos, que ele ganha mais importância. Atribui-se este sucesso à popularização dos satélites, aos avanços tecnológicos e ao fato de que sob o capitalismo era possível tirar proveito econômico das invenções bélicas. Hoje o uso civil do GPS criou um novo e forte segmento das ciências cartográficas, que vai dos aparelhos de navegação de uso veicular até a modernização da Geodésia espacial.

Graças ao GPS muitos erros decorrentes do sistema tradicional de levantamento de terras, com teodolito e trenas, foram corrigidos. Ganhou-se celeridade e precisão em Topografia e Cartografia. Até em áreas pouco afeitas ao rigor da ciência, como os esportes de aventura, o GPS trouxe agilidade, confiabilidade e presteza. Entretanto, mesmo no lazer, o GPS exige do usuário um nível de conhecimento que vai além da compreensão do conceito de coordenadas geográficas.

2.1.3 O Sensoriamento Remoto

Para a ONU (1986) “O termo «sensoriamento remoto» significa o sensoriamento remoto da superfície da Terra a partir do espaço que utiliza as propriedades das ondas eletromagnéticas emitidas, refletidas ou difracionadas pelos

objetos sensoriados, para melhorar a gestão dos recursos naturais, o uso da terra e a proteção do meio ambiente”.

Segundo Novo (1995, p. 2) Sensoriamento Remoto é a “... utilização conjunta de modernos sensores, equipamentos para processamento de dados, equipamentos de transmissão de dados, aeronaves, espaçonaves, etc., com o objetivo de estudar o ambiente terrestre através do registro e da análise das interações entre a radiação eletromagnética e as substâncias componentes do planeta Terra em suas mais diversas manifestações”.

Para Florenzano (2008, p. 31) “Sensoriamento remoto é a tecnologia de aquisição, a distancia, de dados da superfície terrestre, isto é, por meio de sensores instalados em plataformas terrestres, aéreas ou orbitais (satélites)”.

Sensores Remotos são sistemas óptico-eletrônicos capazes de detectar e registrar sob a forma de imagens o fluxo de energia radiante (REM) que é refletido ou emitido por diferentes alvos ou fenômenos na superfície da Terra. O sistema sensor capta a REM na forma de níveis discretos de energia refletidos e/ou emitidos pelos alvos, de maneira seletiva em relação ao comprimento de onda. O registro energético é convertido em sinal elétrico pelos detectores e, posteriormente amplificados por circuitos eletrônicos para serem transmitidos em uma determinada frequência às estações receptoras em Terra (NOVO, 1995; FLORENZANO, 2008).

Imagens são produtos obtidos por satélites, fotografias aéreas ou "scanners" aerotransportados. As imagens representam formas de captura indireta de informação espacial. Armazenadas como matrizes, cada elemento de imagem, denominado "pixel", tem um valor proporcional à energia eletromagnética refletida ou emitida pela área da superfície terrestre correspondente. Pela natureza do processo de aquisição de imagens, os objetos geográficos estão contidos na imagem, sendo necessário recorrer a técnicas de fotointerpretação e de classificação para individualizá-los.

A utilização de imagens nos estudos geográficos oferece ao pesquisador uma visão de conjunto que combinada com trabalhos de campo proporcionam comodidade e cientificidade aos trabalhos de pesquisa (FLORENZANO, 2005; HAYDEN, 2005). As imagens orbitais podem auxiliar na escolha da área e das

variáveis de estudo. A extração de feições pode ser feita através da interpretação visual ou com o auxílio de programas computacionais de processamento de imagens.

Os aplicativos de processamento digital de imagens oferecem recursos poderosos para a realização desta tarefa por um só operador, às vezes, reduzindo significativamente os custos. Identificação de feições do terreno, cálculo de áreas, regulares ou não, e de perímetros são realizadas com grande precisão, só para citar as funções mais simples. Os ganhos de qualidade, rapidez e precisão cobrem rapidamente os custos de contratação de serviços terceirizados que nem sempre o pesquisador dispõe.

2.1.4 Os Sistemas de Informações Geográficas - SIGs

Um sistema de informações geográficas funciona mediante a integração de pelo menos cinco componentes: computadores ou *hardware*, aplicativos computacionais ou *softwares*, dados, pessoas ou *peopleware* e método de trabalho (Figura 2).

Figura 2 – Componentes de um Sistema de Informações Geográficas.



A implantação destes sistemas apresentava elevados custos no passado. Atualmente, mediante sua vulgarização e produção em grande escala, tem ocorrido significativa redução dos mesmos. Uma exceção deve ser observada quanto ao custo de mão-de-obra, que exige treinamento e tratamento diferenciado.

A utilização de SIGs abrange os mais diversos campos do conhecimento em que a informação espacial seja pertinente. Mais diretamente relacionados à Geografia temos a Cartografia, a Análise de Recursos Naturais, Sistemas de Transportes, Comunicações, entre muitos outros.

Observa-se que os fenômenos geográficos podem ser representados basicamente no computador de três formas: pelo ponto, pela linha e pelo polígono. Através dos SIGs é possível associar a cada uma destas formas diversos tipos de dados não-espaciais constituindo um Banco de Dados Georreferenciados. Com isto é possível armazenar, tratar e recuperar informações com facilidade e rapidez, agilizando a elaboração de documentos cartográficos e barateando seus custos.

Os SIGs apresentam grande potencial para a realização de zoneamento em planejamentos ambientais, conforme afirmam Silva e Santos (2004) porque são eficientes para acessar e modificar dados, mantem a integridade dos dados mesmo sendo acessado por múltiplos usuários e persistentes, ao manter dados por longo tempo, mesmo com a evolução dos aplicativos.

A utilização de SIGs pela Geografia vai além da proposição de novas técnicas ou de novos métodos, passa pelo desenvolvimento de novas teorias e de novos enquadramentos filosóficos. Abrem-se novos horizontes para o entendimento da mecânica das relações entre a Sociedade e o uso que ela faz do espaço que ocupa. O contexto atual é propício para o desenvolvimento desta nova mentalidade na Geografia, porque tempo e espaço estão compactados graças ao desenvolvimento das comunicações, da qual os SIGs e a Cartografia Digital fazem parte.

2.2 A cartografia geomorfológica e as geotecnologias

O mapeamento é uma das mais antigas e utilizadas técnicas da ciência geomorfológica. O mapa geomorfológico é análise e síntese, pois representa uma

fonte e o ordenamento de informações sobre o relevo (ROSS, 2000; FLORENZANO, 2008).

Um tablete de argila, datado de 4.500 a.C., encontrado na Babilônia, já trazia detalhes sobre a topografia, a vegetação e a rede fluvial da região. Usava montículos para representar as montanhas e linhas paralelas para indicar os rios, notação utilizada na Cartografia por milhares de anos. A representação do relevo por hachuras surge no século XVIII e as curvas de nível, combinadas ou não com o sombreamento, datam do século XIX (GUSTAVSSON, 2006).

A cartografia geomorfológica moderna nasce com os esboços e blocos-diagramas contidos nas cadernetas de campo dos pioneiros da Geomorfologia. Embora alguns deles possuíssem excelente qualidade, tratava-se de uma fisiografia descritiva e estática que impossibilitava quantificar e comparar diversas paisagens. O advento da fotografia aérea possibilitou uma visão regional abrangente do relevo em toda a sua complexidade, superando a visão estática contida na teoria do “ciclo de erosão” de W. M. Davis (HAYDEN, 1986; FLORENZANO, 2008).

O mapeamento geomorfológico contemporâneo desenvolve-se com maior vigor na Polônia (década de 1950) e na Austrália (década de 1960), como suporte ao planejamento econômico. Apesar do desenvolvimento já alcançado por este método de pesquisa, não existe um padrão único e de reconhecimento universal para os mapas geomorfológicos, seja sob o ponto de vista da taxonomia das formas, das escalas adotadas seja pela simbologia empregada (COOKE e DOORNKAMP, 1990; ARGENTO, 2001; FLORENZANO, 2008)

Mapas geomorfológicos detalhados de áreas urbanas, por exemplo, contribuem para explicar a interação sociedade-natureza e a alteração ou magnitude de processos morfogenéticos causados pela ação antrópica. Permite também mapear os diversos usos do espaço urbano e em propostas de zoneamento.

Para Cooke e Doornkamp (1990, p. 20) esta contribuição é muito significativa porque estudos dessa natureza requerem conhecimento da distribuição das formas do relevo, dos solos e dos materiais rochosos ou das feições criadas pelos processos superficiais.

O mapa geomorfológico é um instrumento imprescindível na elaboração de projetos e planos voltados para o diagnóstico e mitigação de impactos ambientais, orientando a tomada de decisões quanto ao uso e ocupação da terra. (ROSS, 1990; ARGENTO, 2001; MARQUES, 2001).

A partir dos mapas geomorfológicos é possível elaborar muitos outros de interesse ambiental tais como: mapas de risco geológico, mapas de solos, mapas de ordenamento territorial, etc.

Cunha e Guerra (1998, p. 347) acentuam que “nas áreas urbanas, o descalçamento e o corte das encostas, para a construção de casas, prédios e ruas é uma das principais causas da degradação. A desestabilização das encostas, feita para a construção de casas por população de baixa ou alta renda tem provocado o desencadeamento de uma série de problemas ambientais”.

Florenzano (2008, p. 11) acredita que “a análise do relevo é importante não só para a própria Geomorfologia, mas também para as outras ciências da terra que estudam os componentes da superfície terrestre (rochas, solos, vegetação e água), bem como na definição da fragilidade/vulnerabilidade do meio ambiente e no estabelecimento de legislação para sua ocupação e proteção”.

Florenzano (2008, p. 32) acredita que a ciência geomorfológica “é uma das mais beneficiadas pela tecnologia de sensoriamento remoto”. Trabalhos de mapeamento geomorfológico, tradicionalmente realizados pela fotointerpretação, evoluíram bastante com o auxílio do instrumental desenvolvido pela ciência da geoinformação. Atualmente, a diagnose dos conflitos sócio-ambientais pode ser realizada em curto espaço de tempo, a custos mais baixos e com considerável grau de confiabilidade.

Para trabalhos de grande escala (até 1:25.000), como o mapeamento geomorfológico e urbano, tem sido comum a utilização de fotografias aéreas. As imagens orbitais podem auxiliar na escolha da área e de variáveis de estudo quando se trata de escala regional. Recentemente, sensores de alta resolução têm produzido imagens muito úteis para os estudos em grande escala, entretanto a escolha destas ou de fotografias aéreas depende dos propósitos do pesquisador e dos recursos disponíveis para a pesquisa.

A extração de feições, o cálculo de áreas e de perímetros e a correlação de dados podem ser feitos de diversas formas. Os aplicativos computacionais de processamento digital de imagens oferecem recursos cada vez mais poderosos para a realização destas tarefas. Estas atividades mais rotineiras e cansativas podem ainda ser delegadas a terceiros ou a empresas especializadas, reduzindo significativamente os custos.

O pesquisador pode, portanto, deter-se mais na análise e cotejamento dos dados, como bem dizia Xavier-da-Silva (1992, p. 50): “o profissional passa a ser pago para executar as tarefas nobres de análises e sínteses inferenciais, não executáveis, em nível elevado, por qualquer sistema de processamento hoje existente”.

2.3 Aplicações das geotecnologias em estudos de zoneamento e fragilidade ambiental

As constantes referências à análise espacial feitas acima, pode remeter o leitor ao texto de Rosa (2011) sobre o assunto e alguns dos trabalhos mencionados a seguir.

A utilização de geotecnologias na identificação e caracterização das unidades de paisagem, em estudos de fragilidade ambiental e propostas de zoneamento, poderiam se valer das orientações de Verdum (2005; 2008) uma vez que:

a) A **forma** é a parte visível da paisagem e um dos elementos de identificação imediata tanto no campo quanto nas imagens orbitais e nos modelos digitais de terreno. Formas irregulares indicam normalmente objetos naturais: relevo, rios, lagoas, florestas, etc. Formas regulares, geométricas representam objetos produzidos ou construídos pelo homem: uso da terra, rodovias, áreas urbanas, entre outras.

b) A **função** pode ser inferida a partir da forma e do conhecimento do pesquisador sobre a área estudada: atividades agrícolas, indústrias, áreas de lazer, padrão de moradias;

c) A **estrutura** não pode também ser dissociada da forma e da função por revelar a organização espacial dos objetos construídos, assim como sua natureza social e econômica;

d) A **dinâmica**, como ação contínua, também se revela através dos critérios anteriores: a forma, a função e a estrutura da paisagem denunciam sua trajetória temporal, geológica ou histórica, sua apropriação, ontem e hoje, e as intervenções futuras como o zoneamento.

Vale lembrar, mais uma vez, das recomendações de Xavier-da-Silva (1992): é necessário valorizar sempre o pesquisador porque equipamentos de GPS, computadores e aplicativos, nada significam se tomados isoladamente. A escolha do método de trabalho e o cuidado na coleta dos dados, preciso e confiáveis, é uma decisão do pesquisador.

Existem hoje muitos trabalhos em geografia que utilizam as ferramentas do geoprocessamento na delimitação de paisagens ou no planejamento ambiental e urbano. É uma demonstração de que esta é uma técnica de trabalho já adotada por muitos pesquisadores.

Moura (2005) aplica o geoprocessamento em diagnósticos e prognósticos voltados ao planejamento urbano de Ouro Preto, Minas Gerais. Para entender a realidade complexa desta cidade a autora estuda suas variáveis utilizando as ferramentas de SIGs, Desenho Assistido por Computador (CAD) e recursos de realidade virtual, propondo uma inovação tecnológica em suas análises.

Alerta Moura (2005) que atualmente “migramos da dificuldade em obter dados para o excesso de dados, exigindo do pesquisador boa base conceitual e metodológica para organizá-los e tratá-los, para que os produtos gerados realmente sirvam de subsídios para intervenções positivas na realidade espacial” (op. cit.,; p.6)

Gustavsson (2006) lembra que por muito tempo a análise ambiental era baseada em trabalhos de campo e de laboratório, juntamente com a utilização de mapas de papel. As geotecnologias mudaram tudo isto. Um mapa baseado em SIG oferece ao geomorfológo a oportunidade para descrever e analisar uma paisagem de forma mais complexa do que usando o tradicional mapa de papel. O SIG proporciona a sobreposição ou combinação de diversas camadas de outros dados

espaciais, como precipitação e cobertura vegetal, com os dados geomorfológicos. Outra vantagem é de associar modelos digitais do terreno com produtos do sensoriamento remoto, reduzindo o tempo e os custos de uma pesquisa.

Spörl e Ross (2004) utilizam geotecnologias, principalmente o sensoriamento remoto, para comparar três modelos metodológicos aplicados aos estudos de fragilidade ambiental, incluindo o modelo baseado no índice de dissecação do relevo utilizado nesta pesquisa. Concluem que tais modelos fornecem subsídios à gestão territorial, auxiliando na tomada de decisões e evitando o problema da ocupação desordenada dos espaços. A deficiência dos modelos reside na subjetividade da atribuição de pesos às variáveis utilizadas nas análises. Posteriormente, Spörl (2007) propõe uma metodologia baseada em redes neurais para o mesmo fim.

Santos (2008) estuda a dinâmica das dunas do Parque Nacional dos Lençóis Maranhenses através de análises geomorfológicas, geocronológicas e pelo uso das tecnologias de GPS, geoprocessamento e interpretação de imagens. O geoprocessamento contribuiu, no estudo, para o monitoramento da atividade das dunas e para a realização de mapeamentos e de cálculos cartográficos.

Florenzano (2008; p.5-6) organiza obra em que fica patente o propósito de “incentivar a exploração de dados de sensoriamento remoto e de novas tecnologias para analisa-los, mostrando o seu potencial para estudos geomorfológicos”. O capítulo 4, de sua autoria, trata da Cartografia geomorfológica. O capítulo 10, de autoria da equipe de Edson Crepani, trata especificamente de zoneamento ecológico-econômico aplicado a dois municípios do sul do Piauí e elaborado com a utilização de geotecnologias.

A ascensão dos problemas ambientais à condição de prioritários, nas políticas de governo, deu novo impulso aos mapeamentos temáticos, dentre eles os de Geomorfologia. Estes mapas têm possibilitado um entendimento mais amplo e profundo das interações existentes entre os elementos que compõem a paisagem.

Programas de computador tem agilizado a representação dos elementos cartografados. Atualmente é possível, e simples, realizar sobreposição de dados em

camadas (layers), modificar cores e formas. Houve melhorias na precisão cartográfica e na qualidade gráfica dos mapas.

É possível ainda associar banco de dados externos, textos e fotografias comuns ao produto final. Técnicas de geoprocessamento permitem analisar, quantificar e cruzar de planos de informação facilitando a tomada de decisões de planejadores e gestores.

Pode-se observar atualmente o quanto as ciências ambientais têm avançado na compreensão dos fenômenos resultantes da ação antrópica. Os mapas de riscos ambientais exigem a manipulação de volume considerável de dados. A álgebra de mapas pode ser realizada em frações de tempo, possibilitando a sobreposição de fenômenos geográficos complexos e tornando a análise espacial mais confiável.

É necessário, por fim, que a comunidade dos geógrafos perceba o quanto antes que manipular computadores e aplicativos computacionais para produzir informações cartográficas tem implicações muito mais amplas. A Cartografia digital e as demais geotecnologias necessitam ser compreendidas, não apenas como novas possibilidades tecnológicas, mas como ferramentas de trabalho que, somadas aos já existentes, podem fortalecer a análise geográfica e a própria Geografia enquanto ciência.

**Capítulo 3:
PROCEDIMIENTOS
METODOLÓGICOS**



3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

3.1 Introdução.

Na introdução foram delineadas as linhas gerais desta pesquisa através da apresentação de seus objetivos. O geral corresponde ao objetivo que se deseja alcançar com este esforço, isto é, elaborar uma proposta de zoneamento para a área mais densamente povoada do município de Caxias. Já os objetivos específicos delineiam as etapas que foram cumpridas para atingir o fim maior.

A escolha da área de estudo é resultado de vários fatores. Primeiro, buscou-se produzir conhecimentos sobre a cidade de Caxias, no Maranhão. No ano do bicentenário desta cidade (2012) não existem ainda trabalhos de síntese e de cunho geográfico que subsidiem análises espaciais da mesma. Informações existentes sobre os aspectos da Geografia física da cidade são normalmente tratados em escala regional, normalmente em 1:1.000.000 (BIZERRA, 1984; EMBRAPA, 1986 e 2006; FEITOSA, 2006). Esta pesquisa tenta preencher esta lacuna com o capítulo a seguir e com as demais informações nela contidas.

Uma vez publicadas, tais informações podem ser utilizadas pela comunidade caxiense e, particularmente, pelos gestores públicos, para planejar o futuro da cidade, considerando as especificidades das suas paisagens. Além disso, a análise espacial de Caxias suprirá parte das necessidades acadêmicas do curso de Licenciatura em Geografia do Centro de Estudos Superiores de Caxias, uma das unidades da Universidade Estadual do Maranhão. Tanto o autor quanto os demais professores desta instituição serão beneficiados no desenvolvimento de suas pesquisas sobre o município

A definição do tamanho da área a ser estudada foi outro fator a ser considerado com cautela. A princípio, tencionava-se abranger todo o município. Na prática percebeu-se que a extensão territorial de Caxias, de 5.224,98 km, e as dificuldades de acesso, deslocamento e de custeio das saídas a campo poderiam inviabilizar a execução da tese.

Optou-se, então por uma fração do território que incluísse a área urbanizada e mais densamente povoada e que obedecesse a metodologia de mapeamento do território brasileiro (figura 1).

3.2 Delineamento da Pesquisa

Dentre os procedimentos metodológicos comumente adotados na ciência geográfica brasileira, destaca-se aquele apresentado por Libault (1971). Nesta proposta são definidos quatro níveis ou etapas de pesquisas em geografia: o Nível Compilatório, o Nível Correlatório, o Nível Semântico e o Nível Normativo.

A pesquisa se desenvolve inicialmente pelo **Nível das Compilações**, que é quando se define o espaço geográfico a ser trabalhado. Após esta definição, é possível passar à fase do levantamento bibliográfico e da concepção de um projeto cartográfico onde são definidas a escala de trabalho, as cartas de base e os mapas temáticos que irão compor o banco de dados geográficos da área estudada.

Na revisão da literatura sobre as categorias geográficas, foram consultadas, entre outras, obras de CORREA (1990, 2002, 2009), Delgado Maecha (2003) e Santos (1980, 1988, 1992, 1996, 2004, 2008).

Sobre paisagem como unidade espacial da pesquisa foram apreciadas as obras de Andrade (2008), Bertrand (1972, 2007), Bolós i Capidevilla(1992), Casseti (2005), Mateo Rodriguez (2004) Monteiro (2001), Passos (2003), Ross (2006), Rougerie e Beroutchachvili (1991), Tricart (1976; 1977), Troppmair e Galina (2006) entre outros.

Em seguida realizou-se uma pesquisa bibliográfica sobre historia e geografia do Estado do Maranhão e do município de Caxias visando identificar o contexto geográfico regional da área estudada. Para este fim foram consultadas as obras de conteúdo histórico como as de Petrone (1979), Prado Junior (1983), Trovão (1989; 2008; 2010). De conteúdo geográfico tem-se Ab'Saber (1960, 1986); Aguiar(1971); Alcântara (2004), Bizerra (1984). Recentemente, diversos trabalhos sobre a realidade e a conjuntura maranhenses têm sido publicados pelo Instituto Maranhense de Estudos Socioeconômicos e Cartográficos – IMESC, como Trovão (2010) e Maranhão (2010).

Em virtude das dificuldades referentes a obtenção de fotografias aéreas e de imagens de satélite de alta resolução espacial, deu-se grande ênfase, neste trabalho, à Cartografia digital e ao Geoprocessamento, baseados em dados orbitais disponíveis na rede mundial de computadores. Para atingir os objetivos esperados, definiu-se também um pacote de aplicativos computacionais que foram utilizados no projeto cartográfico da pesquisa, os quais serão descritos adiante.

No segundo instante, no **Nível das Correlações**, após a coleta e seleção de dados, faz-se a compilação das informações. Os dados comparados permitem, de imediato, produzir documentos que ampliam a percepção das inter-relações entre as variáveis que respondem pela dinâmica ambiental da área estudada.

A utilização de SIGs foi fundamental nesta etapa. A sua utilização abrange os mais diversos campos do conhecimento em que a informação espacial seja pertinente. Mais diretamente relacionados à Geografia temos a Cartografia, a Análise de Recursos Naturais, Sistemas de Transportes, Comunicações, entre muitos outros.

A utilização de SIGs pela Geografia, assunto abordado no capítulo anterior, vai além da proposição de novas técnicas ou de novos métodos e passa pelo desenvolvimento de novas teorias e de novos enquadramentos filosóficos. Abrem-se novos horizontes para o entendimento da mecânica das relações entre a sociedade e o uso que ela faz do espaço que ocupa. O contexto atual é propício para o desenvolvimento desta nova mentalidade na Geografia, porque tempo e espaço estão compactados, ou seja, as distancias foram encurtadas graças ao desenvolvimento das comunicações modernas, da qual os SIGs e a Cartografia Digital fazem parte.

Nesta etapa foram elaborados os diversos mapas temáticos apresentados na tese, fruto de trabalho de compilação, aferição de campo e correlação de dados.

Na terceira etapa, a do **Nível Semântico ou Interpretativo**, faz-se a consolidação do diagnóstico ambiental, através de sucessivos níveis de síntese. Os diversos componentes do meio físico e da organização social e seus atributos são colocados em destaque, permitindo ao pesquisador estabelecer correlações entre os aspectos ambientais e os socioeconômicos.

Após essa análise a área estudada foi compartimentada em unidades territoriais homogêneas, permitindo sua hierarquização e caracterização em unidades taxonômicas, fundamentais para as interpretações gerais e finais.

A última etapa, a do **Nível Normativo**, trata da geração de mapas e diretrizes que possibilitam aos gestores e planejadores estabelecer normas para uma eficiente gestão ambiental municipal.

A análise ecodinâmica possibilitou a identificação do comportamento, das potencialidades e das fragilidades das unidades taxonômicas existentes na área.

Como produto desta última fase foram geradas as cartas de fragilidade ambiental e conseqüentemente a carta do zoneamento ambiental aqui proposto.

Este nível de análise e síntese, apoiada nas geotecnologias e no conhecimento cartográfico, fortalece a ciência geográfica e os profissionais que nela militam.

3.3 Organização dos trabalhos práticos

3.3.1 Trabalhos de Gabinete

Os trabalhos de gabinete foram desenvolvidos em todas as etapas de elaboração da tese.

Inicialmente, esteve voltado para a elaboração do projeto de pesquisa e para o levantamento bibliográfico. Neste primeiro momento, o pesquisador depara-se com vasta bibliografia cuja seleção deve ater-se aos objetivos mais específicos da tese, que representem significativo avanço do conhecimento e que proporcione informações referentes aos temas pesquisados.

Foram realizados diversos levantamentos bibliográficos ao longo da elaboração deste trabalho. Foram fundamentais a disponibilidade dos acervos das bibliotecas da Universidade Estadual Paulista e as publicações existentes em bibliotecas virtuais da rede mundial de computadores. As incursões às bibliotecas das Universidades Federal e Estadual do Maranhão, em São Luís e Caxias, foram pouco produtivas. Os trabalhos, de caráter geográfico ou afins, relativos ao Estado do Maranhão estão dispersos, escassos ou são de difícil acesso.

Em outra etapa, procedeu-se a leitura e compilação de dados climáticos, geológicos, geomorfológicos, pedológicos, socioeconômicos e cartográficos, entre outros. Contribuíram significativamente para este fim as publicações de instituições governamentais como as do IBGE, e desta particularmente o ZEE da Bacia do Itapecuru (IBGE, 1996) e o Projeto Radam (1973), da Embrapa (1986; 2006) e do IMESC (TROVÃO, 2008; 2010).

3.3.2 Trabalhos de Campo

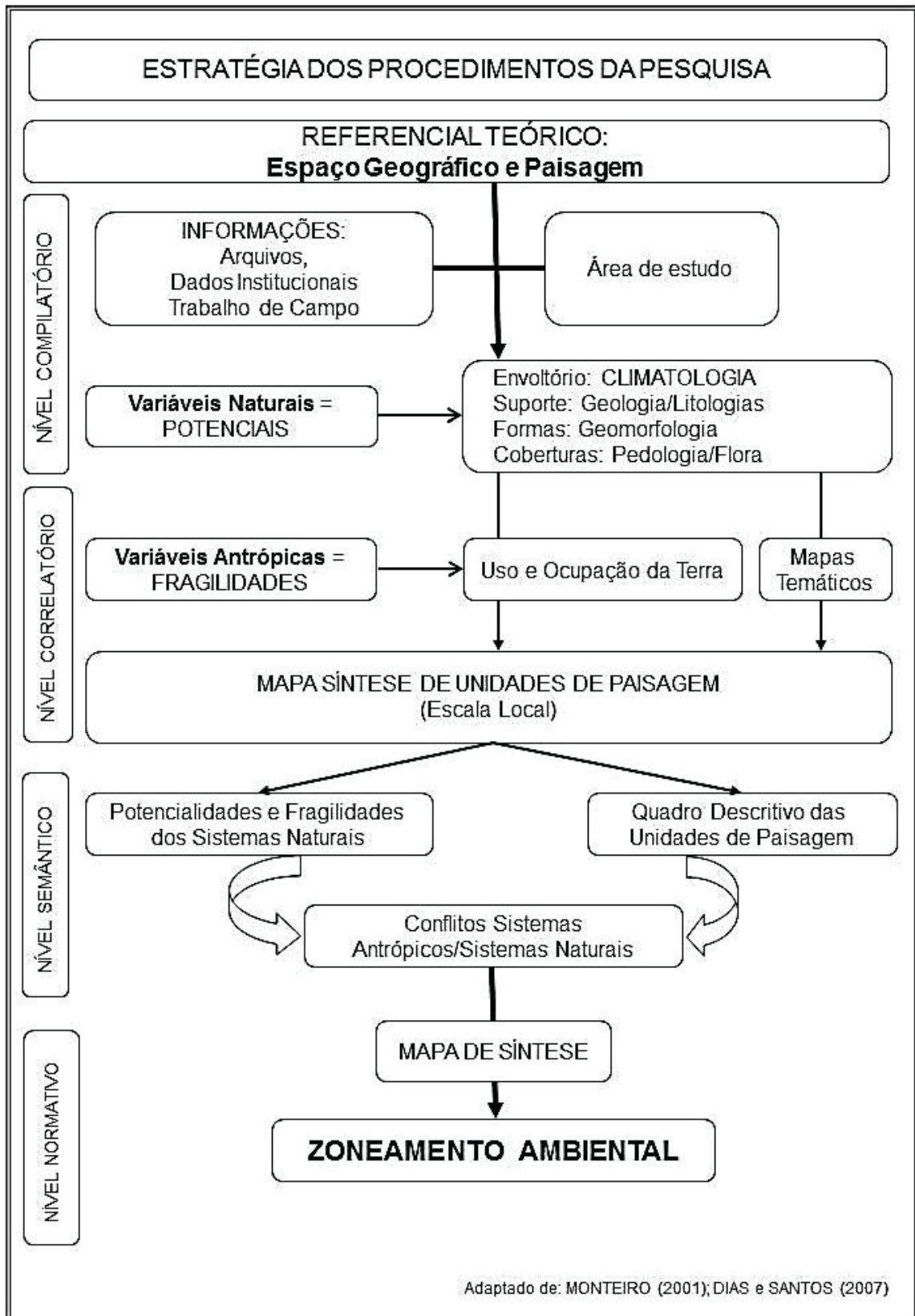
Os trabalhos de campo foram realizados em diversas etapas, sendo que três delas foram mais significativas. A primeira e terceira, aconteceram, respectivamente, em 21 e 22 de julho de 2010 e de 31 de janeiro a 4 de fevereiro de 2012 e foram realizadas com a presença do orientador Prof. Dr. Paulo César Rocha. A segunda foi realizada em 03 de setembro de 2010 e contou com a colaboração do geólogo Érico Rodrigues Gomes, mestre em Geologia pela Universidade Federal do Pará.

Nas duas saídas a campo, buscou-se identificar as características das formações geológicas, do relevo e dos solos dominantes na área pesquisada para compará-las com os mapas existentes. Grande parte das fotografias contidas neste trabalho foi obtida durante estas três excursões.

Diversas observações relativas aos aspectos da vegetação, da rede hidrográfica e de processos erosivos das áreas vizinhas foram realizadas durante as viagens realizadas pelo autor entre Teresina e Caxias ou levando alunos do curso de Geografia do CESC/UEMA para aulas práticas.

Para melhor apreensão do que vai exposto neste capítulo, foi elaborado um esquema geral dos procedimentos metodológicos ou da estratégia desenvolvida nesta tese (Figura 4).

Figura 3 – Estratégia dos procedimentos da pesquisa.



Organização: ARAÚJO, 2011.

3.4 Procedimentos técnicos:

Nos últimos anos diversas instituições governamentais tem realizado digitalização de dados e mapeamentos de território brasileiro, cujas bases são disponibilizadas ao publico em formato digital. São disponibilizados também diversos aplicativos geradores de mapas virtuais que realizam a sobreposição de dados como o I3GEO - Interface Integrada para Internet de Ferramentas de Geoprocessamento.

A realização desta pesquisa tornou-se possível graças à existência destes dados, o que demonstra a validade destas ações. Entretanto, a disponibilidade de bases cartográficas atualizadas em escala de detalhe, tais como 1:25.000 ou 1:10.000 é muito reduzida. Este problema tem inviabilizado a popularização dos SIGs e pode causar um acúmulo de erros cartográficos.

A parte referente à pesquisa cartográfica iniciou-se com identificação das cartas topográficas do Departamento de Serviço Geográfico (DSG) do Exército Brasileiro, na escala de 1:100.000. Essas cartas representam o que existe de mais confiável na cartografia brasileira e são a base de qualquer trabalho nessa área.

Para a elaboração do mapa geológico de Caxias foram utilizados os dados disponíveis no sitio eletrônico (www.cprm.gov.br) do Serviço Geológico do Brasil (CPRM).

Ao realizar o Zoneamento Ecológico-Econômico do Maranhão, a Embrapa digitalizou estes produtos. Eles foram disponibilizados em sítio eletrônico do governo maranhense (www.zee.ma.gov.br). A carta SB.23-X-B-IV (Caxias – MI 812) foi utilizada como base cartográfica deste trabalho. Esses documentos permitem avaliar todo o espaço do município e seu entorno, incluindo-se a rede hidrográfica.

Dados disponíveis no sitio eletrônico da Embrapa Solos (2006) foram utilizados para elaboração do mapa esquemático das associações de solos de Caxias (<http://www.uep.cnps.embrapa.br/solos/index.php?link=ma>).

Dados do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), como imagens de satélite, modelo digital do terreno e dados topográficos, possibilitaram a avaliação da topografia regional e local.

O sitio eletrônico do IBGE contem, além das publicações digitalizadas, maior banco de dados de informações geográficas do país e foi uma das fontes de consulta mais utilizadas.

A partir da coleta desses dados foram elaborados diversos documentos cartográficos. Nesta fase residiu a maior dificuldade devido a incompatibilidade de escalas entre os dados coletados e aquela desejada para estudos dessa natureza. Para contornar essas dificuldades foram realizados dois procedimentos: interpretação de imagens de satélite e reambulação.

3.4.1 Elaboração dos mapas

Por tratar-se de uma tese em Geografia e de uma proposta de zoneamento voltada para o planejamento ambiental de Caxias, a cartografia dos fenômenos deveria receber especial atenção. Entretanto, a extensão da área, o tempo disponível, a dificuldade de obter dados e financiamentos para a pesquisa limitou a escala de mapeamento. Por outro lado, as possibilidades de pesquisas futuras poderão superar esta falha.

As técnicas informacionais acima mencionadas permitem ao pesquisador coletar, selecionar e transformar em arquivos digitais, as informações da sua área de interesse contidas em mapas convencionais. Neste formato e em ambiente computacional, os dados são georreferenciados e ajustados a um sistema de coordenadas, escalas e *datum* mais adequados aos objetivos do estudo em curso.

Os mapas desta pesquisa foram elaborados em escala 1:100.000, projetados no Sistema UTM e datum SIRGAS 2000. A execução dos mesmos foi viabilizada em ambiente de um sistema de informação geográfica, cujo cenário foi descrito no segundo capítulo.

Uma base cartográfica digital é de grande utilidade para o geógrafo, por possibilitar a espacialização das informações levantadas e as análises geográficas desejadas. Para esta pesquisa, além do que foi dito, a cartografia digital facilitou a coleta de informações e supriu, em grande parte, a escassez de informações sobre o meio estudado, permitindo a realização das análises desejadas.

Os procedimentos adotados nesta pesquisa serão descritos a seguir tendo-se com isto a intenção de auxiliar pesquisas futuras.

Mapa Geológico – Baseado na Folha Caxias SB.23-X-B (RIBEIRO, MELO e VERÍSSIMO, 2001) na escala 1:250.000, apresentada em formato não gráfico e na projeção UTM, Datum Córrego Alegre. A carta e o texto explicativo encontram-se disponíveis no sítio eletrônico do Serviço Geológico do Brasil – CPRM (<http://www.cprm.gov.br/>).

Inicialmente procedeu-se ampliação em tela da citada carta, recorte da área de estudo e sua transformação em formato gráfico através do programa Paint, que acompanha o Sistema Operacional Windows. Em seguida a quadricula foi georreferenciada, digitalizada e reprojetada para o Sistema UTM, Fuso 23M e ao Datum Sirgas 2000. Para a realização destas tarefas e do mapa final foi utilizado o programa ArcGis 9.3, com licenças disponíveis nos grupos de pesquisa da Unesp.

Mapa Pedológico – digitalizado de Embrapa (1986). O processo foi semelhante ao do mapa geológico, sendo que o arquivo obtido já se encontrava em formato gráfico. Cada polígono digitalizado corresponde a uma associação de solos cuja denominação recebe o nome do solo que ocupe, no mínimo, 40% da área demarcada. Procurou-se manter a fidelidade ao mapa original, incluindo a nomenclatura antiga das associações de solos em função do está colocado no quadro 11 (ROSS, 1994). A conversão para a nova nomenclatura foi feita apenas no quadro 12, onde são definidas as classes de fragilidade das associações de solos.

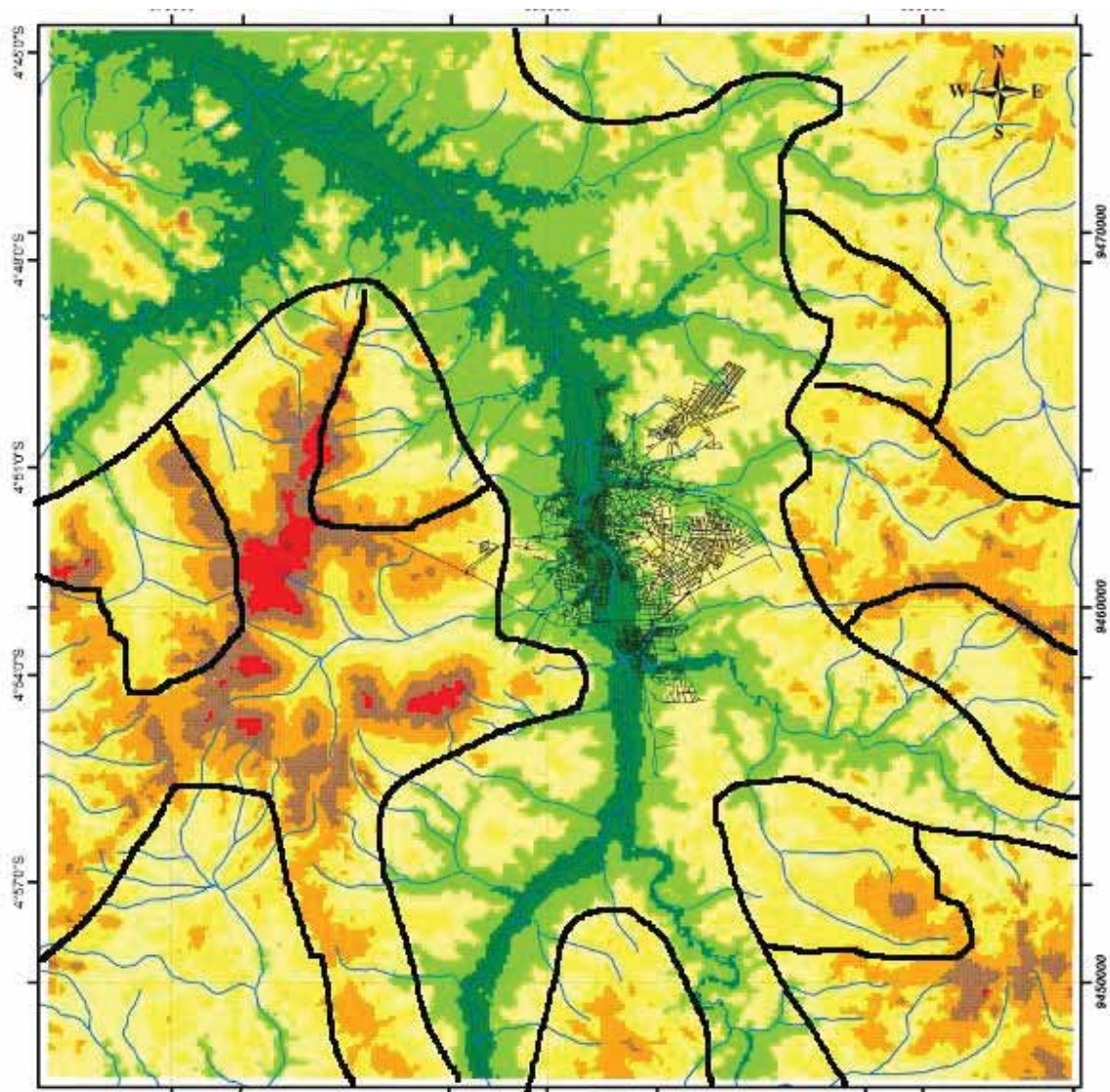
Mapa das Unidades Geomorfológicas – elaborado partindo-se de pesquisas bibliográficas sobre mapeamento geomorfológico (DEMEK, 1967; MEIS et al, 1982; CASSETI, 2001,2005; GRANELL-PEREZ, 2004; ROSS, 1992 e 2000; ROSS e FIERZ, 2005; ARGENTO, 2006; OLIVEIRA E CHAVES, 2007; DIAS e FUJIMOTO, 2010) e sobre o relevo do Maranhão e de Caxias (PROJETO RADAMBRASIL, 1973; BIZERRA, 1984; FEITOSA, 2006).

Em seguida, procedeu-se a interpretação do mapa geológico, do mapa topográfico e do modelo digital do terreno gerado a partir de dados SRTM corrigidos. A partir destas bases, das análises feitas em campo e da interpretação visual de imagens orbitais do Landsat 5 e das curvas de nível, foi realizado o refinamento do

mapa geológico e da carta hipsométrica na escala de 1:100.000. A análise de curvas de nível baseou-se na aplicação da técnica de desnivelamento altimétrico em bacias de drenagem de até segunda ordem, proposta por MEIS et al. (1982).

Com o auxílio do programa Arcgis 9.3. foi feita a sobreposição destes mapas. Depois, procedeu-se a interpretação visual das texturas e das formas da carta hipsométrica (Mapa 5) assim como das características da rede hidrográfica com a finalidade de compartimentar a área de estudo em unidade menores (Figura 4).

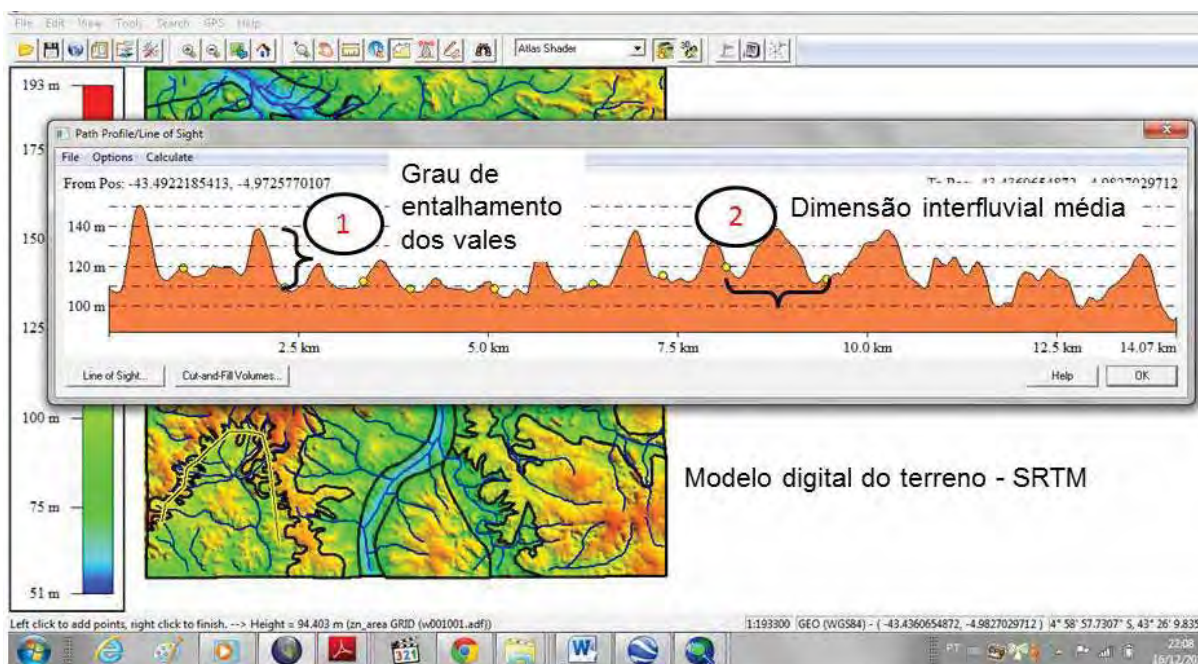
Figura 4 – Interpretação visual da rede hidrográfica, das texturas e das formas da carta hipsométrica da área de estudo.



Organização: ARAÚJO, 2012.

No aplicativo Global Mapper v. 12, da Bluemarble Inc., foi possível visualizar o modelo digital do terreno (SRTM) em três dimensões e realizar os cálculos morfométricos que definiram os índices de dissecação do relevo em cada unidade delimitada (Figura 5).

Figura 5 – Morfometria do relevo em aplicativo de cartografia digital.



Organização: ARAÚJO, 2012.

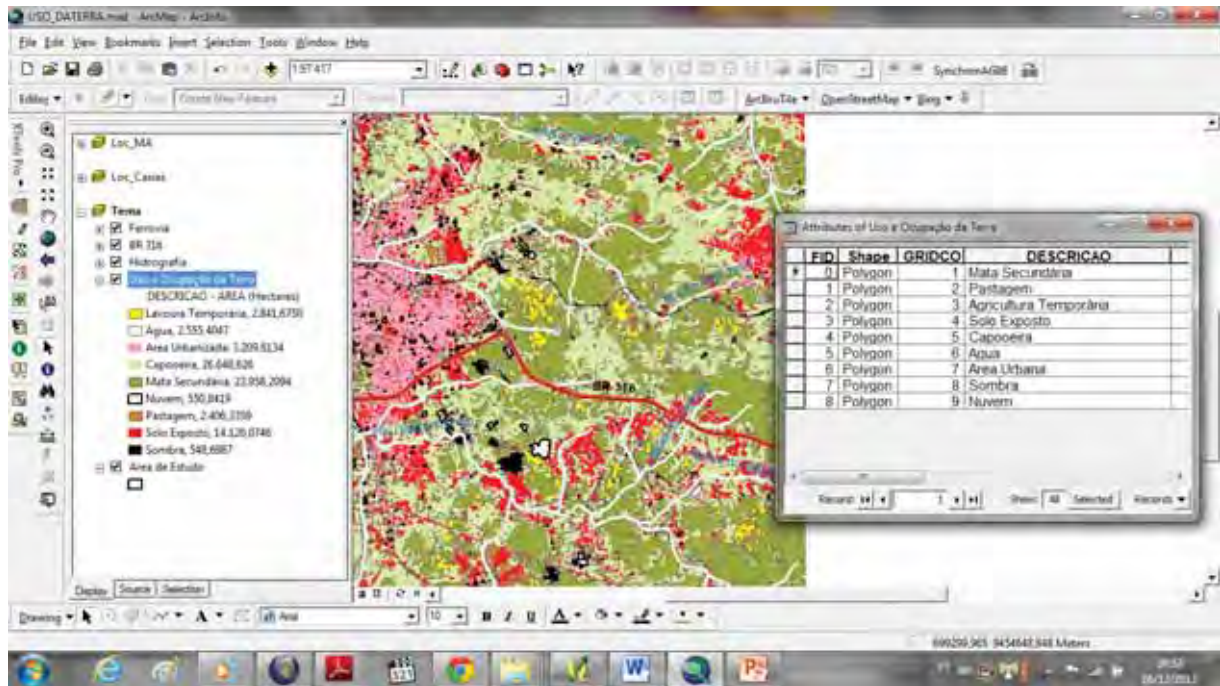
Este procedimento foi realizado três vezes para cada unidade quase sempre coincidindo com a bacia de um afluente do Rio Itapecuru. Dos valores obtidos fez-se uma média, considerando o conjunto das formas, em seguida comparou-se os resultados com a matriz de dissecação do relevo (ROSS,1994), mostrada no quadro 14.

Mapa Uso e Ocupação da Terra – realizado através de classificação supervisionada no programa Arcgis 9.3, descrita por Sadeck (2011). Esta atividade consiste na extração de amostras de pixels de uma imagem TM LANDSAT 5 de 24.07.2008, com a composição das bandas 3(B)4(G)5(R).

Após abrir a imagem criou-se um arquivo de polígono para edição das amostras extraídas por identificação visual. Este procedimento exige muito conhecimento da área a ser classificada. Para cada classe identificada na imagem

deve-se inserir os respectivos atributos, um novo *ID* (chave de identificação) e uma *Class* para cada conjunto de amostras (Figura 6).

Figura 6 – Classificação supervisionada e tabela de atributos.

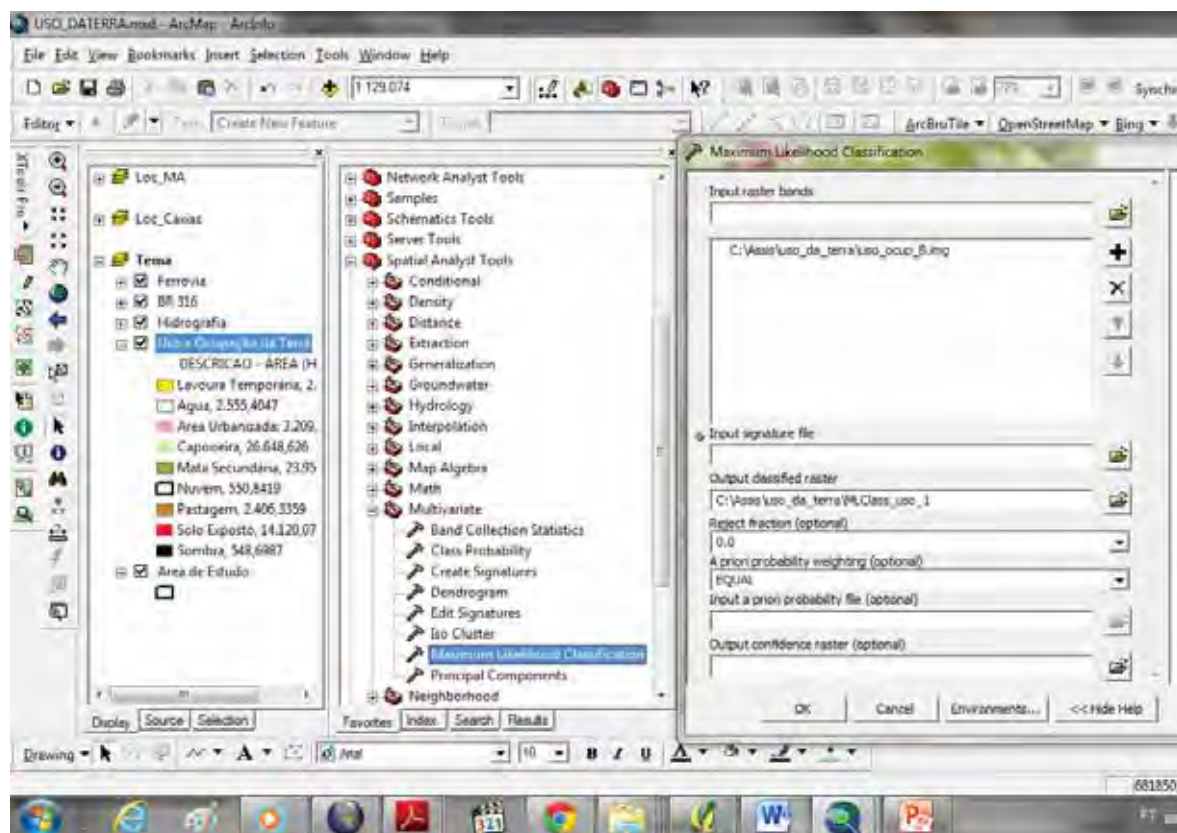


Organização: ARAÚJO, 2012.

Para transformar o arquivo vetor em estatística para classificação devem ser obedecidos os seguintes passos, após abrir o ArcToolbox → Spatial Analyst Tools → Multivariate → Create Signatures. Clicar em Ok e aguardar o processamento.

Depois do processo finalizado, ainda no ArcToolbox, clicar na sequência: Spatial Analyst Tools → Multivariate → Maximum Likelihood. Entra-se com a imagem a ser classificada, o arquivo de assinaturas criado anteriormente, configura-se, se necessário, a rejeição de frações e a probabilidade, conforme a figura a seguir (Figura 7)

Figura 7 – Classificação supervisionada – etapa final.



Organização: ARAÚJO, 2012.

Na determinação das classes de uso e ocupação e de suas respectivas tabela de cores, foram adotados os procedimentos contidos em IBGE (2006):

Mapa de Fragilidade Ambiental – gerado pela correlação de mapas temáticos conforme proposta de Ross (1994).

Para este caso adotou-se um procedimento em que as classes de fragilidade foram hierarquizadas após a soma dos valores resultantes da composição do índice de fragilidade, composto de quatro algarismos que vão de 1 a 5. Os quatro algarismos representam, respectivamente, os parâmetros CLIMA, SOLO, VEGETAÇÃO e IDR – índice de dissecação do relevo.

Quando aplicados a cada uma das unidades geomorfológicas, somam-se os algarismos, ou seja, $4+5+2+5$, e o resultado obtido, **16** neste caso, é aplicado a uma escala cujo valor máximo seria 20 ($5+5+5+5$). Este valor máximo pode então ser dividido em cinco classes de intervalos iguais, conforme segue:

- De 4 a 6 – Fragilidade Muito Fraca
- De 7 a 10 – Fragilidade Fraca
- De 11 a 14 – Fragilidade Média
- De 15 a 17 – Fragilidade Forte
- De 18 a 20 – Fragilidade Muito Forte

Para melhor entendimento deste índice, são dados os seguintes exemplos:

- Planícies Fluviais – Índice 4-5-2-5: Fragilidade **Forte** (16): esta unidade geomorfológica apresenta forte interferência do clima em sua dinâmica (4), com solos em sua maioria representados pela associação dos Podzólicos Acinzentados concrecionários (plintossolos) e neossolos com fragilidade alta (5), recoberta com vegetação que lhe garante um grau de proteção alto (2). O último algarismo (5) representa a fragilidade (IDR) desta forma de relevo, considerada **forte**.
- Colinas de Topos Tabulares – Índice 4-4-2-2: Fragilidade **Média** (12): apresenta o mesmo clima (4), solos de fragilidade baixa, principalmente representados pelo latossolos (2), fraca proteção da vegetação (4), embora alguns trechos também em que se observe cobertura de mata com uma proteção maior, e IDR fraco (2).

A manutenção de diversos índices com a mesma classe de fragilidade média, no caso, teve duplo propósito. O primeiro é demonstrar que combinações diferentes dos índices produzem resultados semelhantes, fato já tratado por Spörl (2001). O segundo é de exercício de representar por uma família de cores as gradações possíveis em cada índice.

A maior dificuldade encontrada nesta fase da tese foi a da atribuição de valores à associação de solos. Tomando-se somente o solo de maior expressão espacial no polígono do mapa de solos do Maranhão (EMBRAPA, 1986), todo o espaço analisado apresentou fragilidade média.

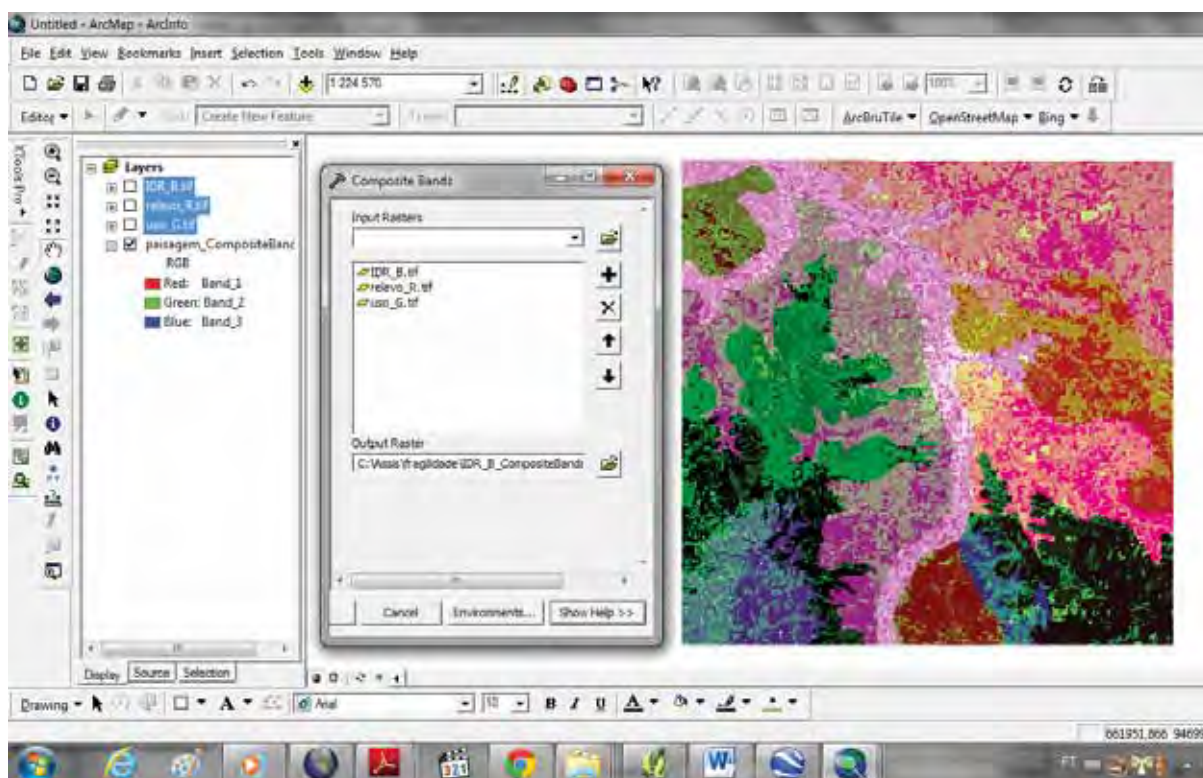
Somente quando analisada cada uma das associações, percebeu-se que os outros solos da composição apresentava maior fragilidade, tornando possível

distinguir mais classes de fragilidade, como se observa no mapa da figura 28. Ou seja, apesar da sua praticidade e simplicidade operacional da metodologia, deve o pesquisador conhecer bem a área a ser trabalhada e realizar ponderações com cuidado para não mascarar resultados.

Apesar dos problemas que metodologia apresenta, como a subjetividade e a adoção de pesos, eles não invalidam sua adoção (SPÖRL, 2001, 2004). Presume-se que às qualidades acima mencionadas, de praticidade e simplicidade de operação, pode-se acrescentar a da adaptabilidade que cada pesquisador pode fazer à metodologia. São casos a considerar em trabalhos futuros.

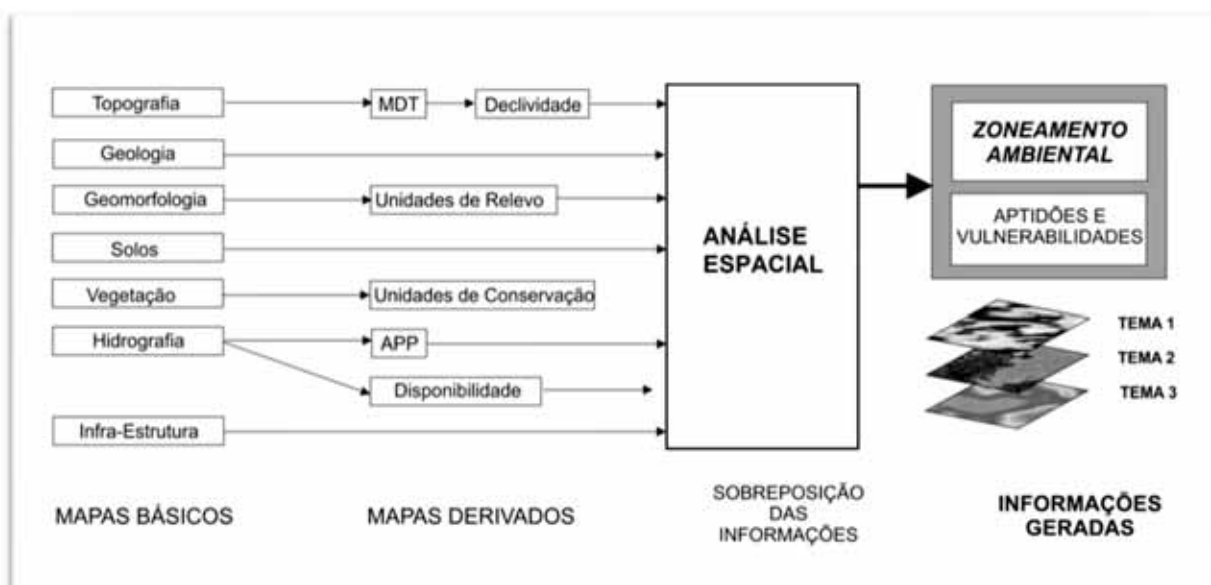
Definição das Unidades de Paisagem – para definição das unidades de paisagem, foram convertidos para *raster* os arquivos vetoriais dos seguintes mapas: geomorfológico, de índice de dissecação do relevo e do uso e ocupação da terra. Em seguida, fez-se de uma composição de bandas no Arcgis: Arctoolbox→Data Management Tools→Raster→Raster Processing→ CompositeBands (Figura 8).

Figura 8 – Rotina para realização do *composite bands* no Arcgis 9.3.



Mapa de Zoneamento Ambiental – segue em linhas gerais o que está disposto em Robaina et al (2009). Este procedimento consiste na identificação das fragilidades e potencialidades dos elementos do meio através da seleção de alguns dos seus parâmetros, à escolha do pesquisador: condições climáticas, geologia, formas de relevo, feições da rede hidrográfica, solos, entre outros (Figura 9).

Figura 9 – Esquema da correlação de informações voltada para o zoneamento geoambiental.



Organização: ARAÚJO, 2010.

De início foram levantados dados sobre a área estudada e demais documentos básicos como mapas topográficos, imagens orbitais e demais mapas pré-existentes. A integração e compilação de dados geraram os documentos derivados, como o mapa de declividade gerado a partir do mapa topográfico e o mapa de uso e ocupação da terra, pela análise de imagens orbitais.

Os documentos interpretativos foram produzidos a partir da correlação dos mapas derivados e apoiados pelas saídas a campo, como o mapa dos compartimentos do relevo e a carta de fragilidade ambiental.

Considerando que a área estudada é uma vale fluvial, a mera sobreposição das informações obtidas permitiu identificar rapidamente suas unidades ambientais a partir das unidades geomorfológicas. Contribuíram ainda para esta tarefa os seguintes aspectos:

a) a área encontra-se bastante alterada sendo simples e rápido o processo de classificação de imagens de satélite para obtenção da carta de uso e ocupação do solo sendo que as maiores dificuldades residem no tipo de imagem a ser utilizada;

b) Seria mais adequada a utilização de imagens com melhor resolução espacial. Entretanto, observou-se que os padrões de uso e ocupação da terra obedeciam, em linhas gerais, aos mesmos limites espaciais já identificados no mapa geomorfológico; e

c) Apesar da escala, o mapa de solos, quando associado ao modelo digital do terreno, forneceu os elementos necessários para a identificação das unidades de paisagem com a identificação visual das manchas de solos podzolicos/argissolos e das associações de latossolos e gleissolos. Desnecessário mencionar que a superação dos problemas do mapa de solos, quanto ao nível detalhamento traria grande ganhos para uma análise como esta.

Resolvidas as questões relativas às associações de solo e da composição do quadro dos atributos exigidos por Ross (1994), definiu-se a carta de fragilidade, tornando evidentes as zonas ambientais que obedecem à estratégia de identificação que foi estabelecida.

Em todas as etapas dos procedimentos metodológicos desta pesquisa buscou-se fazer a análise integrada dos elementos do meio ambiente de Caxias. Esta visão permite apresentar e discutir os processos naturais atuantes na área estudada, assim como as intervenções antrópicas.

O ambiente computacional hoje disponível ao pesquisador possibilita a redução de esforço em tarefas árduas, demoradas e às vezes passível de erros. Os sistemas de informação geográfica – SIG – não são imunes a erros, mas permitem ao pesquisador gerar trabalhos complexos com mais rapidez e qualidade facilitando e dando segurança às tomadas de decisão.

**Capítulo 4:
ANÁLISE ESPACIAL DOS DADOS
GEOGRÁFICOS DA CARTA
TOPOGRÁFICA SB-23-X-B-IV-3,
MUNICÍPIO DE CAXIAS – MA**



4 ANÁLISE ESPACIAL DOS DADOS GEOGRÁFICOS DA CARTA TOPOGRÁFICA SB-23-X-B-IV-3, MUNICÍPIO DE CAXIAS – MA

4.1 Introdução

Este capítulo tem por objetivo apresentar a análise espacial da área da carta SB-23-X-B-IV-3, no município de Caxias, no Estado do Maranhão. Para tanto foram realizadas pesquisas bibliográficas e cartográficas sobre o Estado e o município, assim como análises estatísticas dos dados disponibilizados por diversas instituições como o IBGE e o IMESC. As abordagens históricas e socioeconômicas referem-se ao município inteiro, já os mapas e as informações dos aspectos físicos foram, na medida do possível, adaptados somente à área estudada.

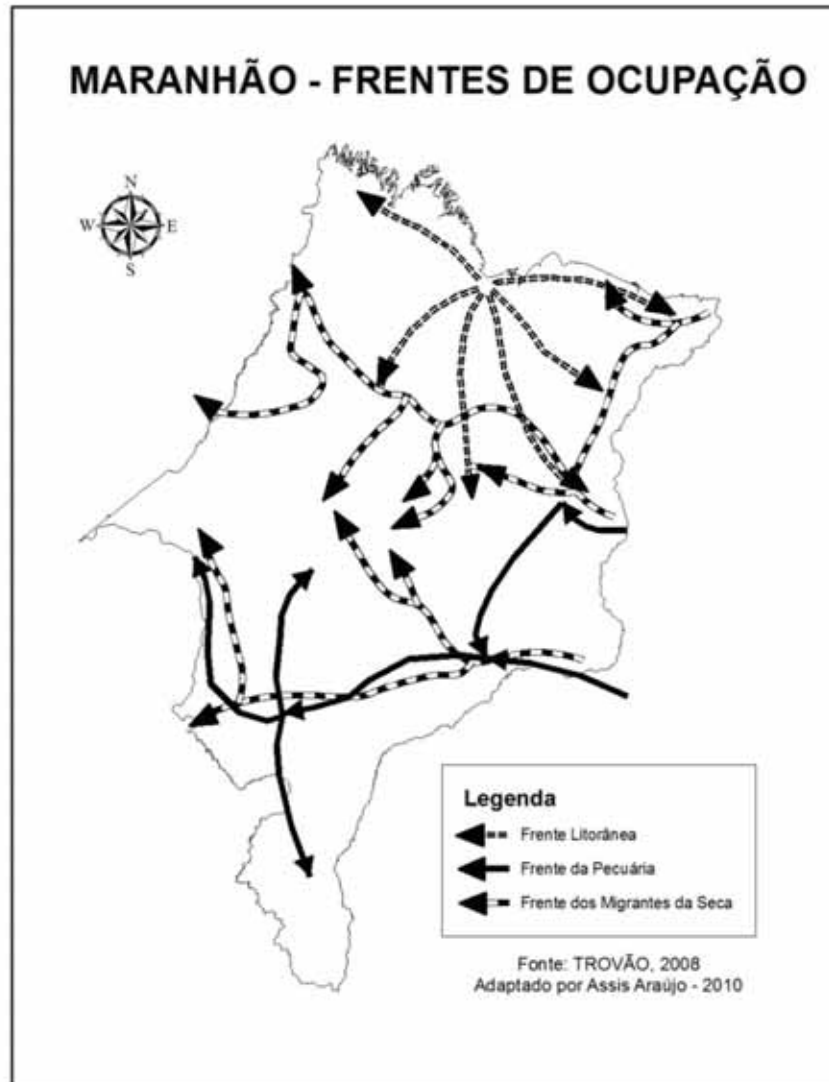
4.2 O Povoamento do território maranhense

O Maranhão não se enquadrou inicialmente no “modelo” colonial lusitano pela sua posição periférica em relação às rotas comerciais do Oceano Atlântico e pelo fracasso das Capitânicas Hereditárias. Os elementos do meio natural também não se mostraram promissores às culturas de maior valor de mercado da época. Sem estímulos, a escassa população dedica-se inicialmente à agricultura de subsistência.

Trovão e Feitosa (2006) e Trovão (2008) advogam a ideia de que o território maranhense foi efetivamente ocupado a partir de três frentes de povoamento (Figura 10), com origens e épocas diferentes. Todas elas chegam ou passam pelo médio vale do Itapecuru, onde surgiu Caxias, como se pode observar a seguir.

A primeira leva de povoadores, denominada de “corrente do litoral” e iniciada no século XVII, caracterizou-se pela efetiva participação do Estado português e da Igreja, interessados em conquistar os nativos, embora com métodos e propósitos diferentes. Originando-se em São Luís, a capital, a frente segue em direção ao interior do estado pelos vales dos rios Itapecuru, Mearim e Grajaú, chegando até o município de Caxias. A introdução das culturas da cana-de-açúcar e do arroz e a instalação de diversos engenhos açucareiros, como o de Manuel Bequimão, situado no vale do Mearim, marcam essa primeira etapa de povoamento do território maranhense.

Figura 10 – Frentes de Povoamento do Maranhão



Organização: ARAÚJO, 2011.
Adaptado de Trovão (2008).

A segunda frente de ocupação do Estado foi denominada de “pastoril”, ou dos criadores de gado, e ocorreu mais de um século depois da primeira. O divórcio entre a atividade açucareira e a pecuária na Zona da Mata estimulou o povoamento dos sertões nordestinos pelo gado. Oriundos da Bahia e de Pernambuco, os vaqueiros sobem o Rio São Francisco atravessam os rios piauienses Gurguéia e Piauí e vão instalar-se na Região de Pastos Bons, iniciando a ocupação e o povoamento rarefeito do sul do Maranhão no século XVIII.

A terceira frente foi denominada de “frente de expansão agrícola” por uns e/ou “corrente de fugitivos da seca” por outros. Originária do sertão nordestino, no início do século XX, esta frente adentra o território maranhense por três pontos: pelo

porto de Tutóia e por Teresina e Floriano, cidades dotadas de pontes sobre o rio Parnaíba. Trovão (2008) considera que os motivos que trouxeram os migrantes do leste para o oeste são de caráter repulsivo quando se trata do fenômeno periódico das secas, ou de caráter atrativo, quando são considerados fatores tais como: a disponibilidade de terras devolutas, maior e melhor distribuição das chuvas, solos de boa fertilidade e a disponibilidade dos recursos florestais.

4.3 Origem e evolução de Caxias

O município de Caxias está situado na porção leste do Estado do Maranhão, na região do médio Itapecuru, com coordenadas geográficas 04 51' 43,63" Sul e 43 21' 50,27" Oeste e a 373 km da capital, São Luís. Teresina, no Piauí, é a capital mais próxima, cerca de 70 km, interligada à sede de Caxias pela BR-316. Pertence a Messorregião do Leste Maranhense e é o principal município da microrregião de mesmo nome. Possui uma área de 5.224,98 km², ou seja, pouco menos da metade dos quase 11.700 km² que possuía na década de 1960 e que foi cedida para criação de diversos municípios (IBGE, 1960).

Caxias limita-se ao norte com os municípios de Codó, Aldeias Altas e Coelho Neto; ao sul com os municípios de Parnarama, Matões e Timon; a leste com o Estado do Piauí e, por fim, a oeste com os municípios de Codó, São João do Sóter e Senador Alexandre Costa.

Caxias foi fundada por portugueses no século XVIII, às margens do médio Itapecuru. O povoado recebeu inicialmente a denominação de São José das Aldeias Altas, decorrente, possivelmente, da oposição destas às primeiras aldeias ocupadas pelos açorianos no baixo curso do Itapecuru. Marques (1970:185) relata a existência de documentos, anteriores ao século XVIII, tratando de um conflito entre jesuítas e um criador de gado de nome desconhecido por terras onde Caxias foi erguida.

Marques (1864:91) assim descreve a fundação de Caxias:

“No século XVII, quando os portugueses com suas investigações e explorações iam invadindo o interior da província, os índios gamellas ou timbiras⁴, perseguidos ou aterrados se foram recolhendo às florestas e montanhas, e como este lugar era mui proprio para n’elle se refugiarem e se defenderem, ahi fundaram bastante aldeias. (...) Foi no começo do seculo XVIII que os portugueses se estabeleceram n’essas tabas, já então abandonadas⁵, e a esse lugar apelidaram Aldeias Altas.” (MARQUES, 1864:91)

A vila foi criada em 24 de janeiro de 1821 e a cidade em 5 de julho de 1836. Por outro lado, o dia 1º de agosto (de 1823) é considerado como a data magna do município, quando “as forças independentes entraram em Caxias” e proclamaram sua independência (MARQUES, 1864; IBGE, 1960).

A cidade no Brasil colonial desempenhava uma função secundária, sendo mera extensão das fazendas. Era principalmente ponto de encontro das famílias que buscavam os ofícios religiosos dominicais. O comércio era fraco e controlado pela metrópole. Além disso, não possuía os “confortos” da vida do campo, dentre eles a disponibilidade de água e de produtos alimentícios de primeira necessidade. O fornecimento de água e alimentos, as riquezas minerais dos leitos fluviais e a facilidade de transportes e comunicação eram decisivos na escolha dos sítios urbanos. Por essas razões, além da tropicalidade, as cidades criadas no Brasil estão quase sempre associadas a um rio, qualquer que seja sua dimensão. (DEFFONTAINES, 1939; AZEVEDO, 1979; REIS FILHO, 2004)

Petrone (1979:10) lembra que o traço marcante do processo de colonização do território brasileiro foi o seu caráter periférico. No litoral foi possível ao colonizador fixar-se e desenvolver as atividades econômicas de seu interesse, afinal o contingente de colonos portugueses era infinitamente desproporcional ao território conquistado. A ocupação das áreas interioranas foi uma empreitada longa, complexa, nem sempre bem sucedida, e ainda incompleta nos dias atuais.

O isolamento das terras maranhenses, em relação ao litoral ocidental – Pernambuco e São Vicente, o fraco comércio, a ausência de “drogras do sertão” e as limitações dos solos arenosos para a cultura canavieira são citadas como causas da lentidão de seu desenvolvimento. Furtado (1986:67) afirma que “em toda a

⁴ Marques (1864:91; 1970:185) escreve “gamellas ou timbiras”. Em diversas fontes, incluindo a Enciclopédia dos Municípios Brasileiros (IBGE, 1960), encontra-se “gamelas e timbiras”. Preferimos a primazia de Marques.

⁵ Em Marques (1970:185) esse segundo parágrafo foi exterminado, assim como índios, fossem timbiras ou gamelas.

segunda metade do século XVII e primeira do seguinte, os colonos do chamado Estado do Maranhão lutaram tenazmente para sobreviver”. Os poucos engenhos instalados nas fozes dos rios Mearim e Itapecuru e a criação de gado eram as atividades mais comuns.

O desenvolvimento da pecuária é explicado como um complemento da economia açucareira, pela facilidade de tocar o gado nas áreas dos cerrados do Meio Norte e ao longo dos rios, e pela parceria entre o criador de gado e o vaqueiro, em que este, como trabalhador livre, participava dos ganhos do fazendeiro. Além disso, a pecuária valorizou as terras, tidas como inadequadas para a cana.

Petrone (1979:137) refere-se às qualidades excepcionais do sertão dos Pastos Bons, hoje município do médio Parnaíba maranhense. Nessa região, o gado mestiço era criado de forma extensiva, desde o final do século XVII e início do século XVIII. Domingos Afonso Sertão, preposto da Casa da Torre e povoador do Piauí, foi introdutor da atividade pecurista na região. A vila de Caxias das Aldeias Altas será o ponto de encontro dessa corrente de povoamento com a outra, mais antiga, que subia o Itapecuru desde o litoral.

A crise econômica que sucedeu as fases de riqueza produzidas pela cana e pelo ouro preocupou seriamente a coroa portuguesa. O primeiro-ministro de D. José I, Sebastião José de Carvalho e Melo, o Marquês de Pombal, procurou superar a estagnação econômica criando uma companhia de comércio (1755) e diversificando a produção agrícola com o cultivo do arroz e do algodão. Procurava o ministro, desta forma, apoiar os colonos maranhenses que, como ele, opunham-se ao poder dos jesuítas. Novo impulso veio também através da abolição da escravidão indígena e da implantação e fortalecimento do comércio de escravos africanos, o que dinamizou a economia e modificou definitivamente a composição étnica maranhense.

A rápida expansão da cotonicultura no vale do Itapecuru, na primeira metade do século XVIII, proporcionou uma fase de euforia econômica, amplamente desfrutada pela vila de Caxias, por ser esta um “nó de comunicações” (ANDRADE, 1979, p.56) entre as correntes de povoamento do litoral e da região dos Pastos Bons. A grande aceitação do algodão no mercado internacional resultou da queda da produção das colônias norte-americanas durante as suas guerras de

independência (1812-1814) e da Secessão (1861-1865). Além disso, o algodão convivia harmoniosamente com a agricultura de subsistência, praticada entre as fileiras de algodoeiros, e com a pecuária que consumia os restos das duas culturas (ANDRADE, 1979).

Andrade (1979, p. 57) lembra ainda que o sistema agrícola adotado, o método da “coivara”, lixiviou os solos, exigindo dos agricultores a conquista de novas terras e tornando itinerante esta atividade. As capoeiras formaram pastos ao mesmo tempo em que foram tomadas pelas palmeiras do babaçu, iniciando o consórcio da pecuária com a atividade extrativista do coquilho, que se expandia na mesma velocidade em que o produto era aceito no mercado interno e externo. Do ponto de vista social, o trabalhador fica na terra, onde constroi sua moradia, cultiva pequenas roças de milho, arroz e mandioca, enquanto as mulheres da família transformam-se em quebradeira de coco, cuja amendoas são vendidas ao dono da terra que determina seu preço.

A retração do mercado internacional do algodão ocorre na segunda metade do século XVIII. Passada a crise norte-americana e com o desenvolvimento da cotonicultura no Egito, então colônia inglesa, o algodão nordestino necessitava de novos mercados. Andrade (1979:72) esclarece que as instalações de “fábricas de tecido tiveram importância para o desenvolvimento econômico e social e a ocupação do espaço nordestino, uma vez que ofereceram ao plantador de algodão uma segunda alternativa”.

A cultura do algodão, nos séculos XVIII e XIX, fortaleceu a economia do município em questão, transformando-o num dos principais polos econômicos do Maranhão. Em crise, a economia algodoeira gerou um dos mais sangrentos movimentos populares da história do Brasil: a Revolta dos Balaios ou Balaiada.

O algodão transformou a vila de Caxias numa potência agrícola e comercial. Egler (1951) ao descrever a população do Maranhão, na década de 1940, considera a Caxias de então como

“a principal cidade, depois de São Luís, e contava com uma população de 7.041 habitantes em 1940. É o maior centro exportador e produtor de algodão do Maranhão. Devido à sua situação privilegiada, (...), é o maior entreposto da região, servindo aos sertões do Parnaíba, Tocantins e Itapecuru. Tem a cidade intenso movimento comercial e industrial, com numerosas fábricas têxteis, donde bem lhe cabe o cognome de “Manchester do Nordeste Brasileiro”. (EGLER, 1951:76)

Coutinho (1980) compila diversas descrições elogiosas de viajantes e observadores sobre a rica Caxias, tratando-a como “a melhor povoação do Maranhão” (p.19); “lugar populoso de grande importância comercial” (p.24), e possuindo “vantajosas lavouras de algodão e arroz, em que ocupa mais de duzentos mil escravos” (p. 25); “uma das mais florescentes vilas do interior do Brasil” (p. 25).

Oliveira (2007) retoma a história do algodão no Meio Norte e situa por volta de 1760 as exportações das primeiras sacas do produto pelo Maranhão. Uma década depois já era possível falar em fortunas geradas pelas lavouras algodoeiras. O ápice da exportação é situado em 1818, quando são exportadas 402.793 arrobas, pouco mais de 6 mil toneladas, do “ouro branco” maranhense.

A cotonicultura faz do vale do Itapecuru a região mais rica do Maranhão por mais de um século. O fim da escravidão, a concorrência internacional, as dificuldades de modernização, as dívidas contraídas, entre outras, são causas do declínio desta atividade em todo o Maranhão. As duas grandes guerras do século XX trazem uma breve sobrevida aos teares caxienses, mas os últimos deles serão desativados na década de 1960, de forma irreversível.

Pessoa (2009) rastreia as marcas deixadas por essa fase progressista de Caxias e que a transformou numa cidade efervescente e moderna, conforme o imaginário elitista do final do século XIX. A decadência da economia agroexportadora do algodão desperta nas classes dirigentes de Caxias a ideia de que a saída para a crise está baseada no seguinte trinômio: abolição do trabalho escravo, substituição da Monarquia pela República e a liberdade teoricamente trazida pela democracia. Esse discurso da elite acusando a “omissão do governo” frente à crise é uma estratégia para angariar privilégios para si, na forma de estímulo à iniciativa privada, a que Pessoa (op. cit.: 64) define como “demarcação de um espaço de poder”.

Para a classe dominante, construir pontes e ferrovias ou erguer fábricas, sem a ajuda governamental, traduziria essa “ambiência de idéias reformistas” (PESSOA, op. cit.; p.44) visando transformar Caxias numa cidade “fabril, eufórica e conectada aos símbolos modernos” (op. cit.; p. 74). Para atingir estes objetivos a elite adota o discurso da modernidade baseado no desejo de cuidar da cidade, através da adoção de códigos de postura (op. cit.; p. 83), do discurso higienista e do controle social. A legislação urbana era puramente retórica e distante da prática social, iniciando-se por aspectos urbanos, afeitos a todos, até chegar literalmente ao quintal dos cidadãos.

Não havia, entretanto, conexão entre a “visão de cidade-conceito” (op. cit.; p. 93) da elite, esclarecida e europeizada, e a “Caxias real”. Essa euforia cega impedia que essa classe vislumbrasse o que um parque fabril necessitava para funcionar a contento, e que de fato a cidade da década de 80 do século XIX não possuía.

O modelo econômico da monocultura do algodão gerou exclusão social e não fortaleceu o mercado interno. A cidade, além de provinciana, era muito pequena e certas melhorias trazidas pelo progresso, como o telefone e água canalizada, pareciam sem serventia diante do baixo poder aquisitivo do cidadão comum.

4.4 Caxias – História recente e caracterização socioeconômica

A história recente e a caracterização socioeconômica da área estudada são tratadas a seguir dentro do contexto nacional e regional. Considera-se que o município tomado de forma isolada empobrece e esvazia a análise, conforme reza a tradição dos estudos geográficos.

O Brasil conta atualmente com uma população de 190.732.694 habitantes, enquanto o Maranhão possui 6.569.683 habitantes, ou seja, 3,44% do total da Federação. A densidade demográfica do Estado maranhense continua baixa, passando em 2010 para 19,78 hab./km², ou seja, abaixo da nacional que é de 22,40 hab./km² (IBGE – Censo 2010).

Camarano e Beltrão (2000) dividem a história da dinâmica demográfica do Brasil em três períodos. O primeiro vem desde a ocupação das terras brasileira pelos colonizadores europeus até década de 1930, quando a população

apresentava elevadas taxas de natalidade e mortalidade, em função das más condições de vida, resultando num pequeno crescimento vegetativo.

A imigração estrangeira, expressiva entre 1870-1930, eleva essa taxa de crescimento para mais de 2% a.a. No caso do Maranhão e de Caxias, neste período ocorreu um incremento demográfico expressivo atrelado à expansão da economia algodoeira, que provocou a duplicação da população estadual no mesmo período.

O segundo período inicia-se a partir de 1940 estendendo-se até o final da década de 1960, quando uma série de acontecimentos, como avanços da medicina preventiva, o crescimento da urbanização e a evolução da economia nacional causam declínio das taxas de mortalidade e da migração estrangeira, enquanto as taxas de natalidade mantinham-se elevadas. O resultado será o aumento substancial do crescimento vegetativo da população.

Este período foi marcado também por grande mobilidade interna da população, causada pela ocupação da Amazônia e da pré-amazônia maranhense, a construção de Brasília e o crescimento industrial da Região Sudeste, transformada em polo econômico do país. Todas essas regiões receberam expressivos fluxos migratórios oriundos do Nordeste centro-oriental.

O contingente de nordestinos deslocados pelas secas e pelos incentivos da SUDENE, que estimularam a colonização do alto Turi, foram os principais responsáveis pelo elevado índice de crescimento da população maranhense de 4,64%, enquanto a região Nordeste crescia 2,24% e o Brasil 3,17% no mesmo período (TROVÃO, 1989).

O terceiro período inicia-se no final da década de 1960 e ainda prossegue (Tabela 1). Ocorre uma redução acelerada do crescimento vegetativo, marcada pela modernização do país, estimado hoje em 1,2% a.a. A participação da mulher no mercado de trabalho aumentou, acarretando em menor taxa de fecundidade.

O mesmo efeito será atribuído à urbanização, que eleva o custo social de criação dos indivíduos e melhora a disponibilidade de serviços médico-hospitalares à população. Nas décadas de 1970-1980 o Maranhão apresenta queda de índices de crescimento demográfico, superiores àqueles registrados pelo Nordeste e pelo Brasil. O fluxo migratório de nordestinos volta-se para as grandes capitais regionais,

em detrimento do Oeste maranhense, e até o movimento em direção ao Sudeste sofre grande retração (Quadro 1 e Tabela 1).

Tabela 1 – População residente no Maranhão, Nordeste e Brasil, 1970/2010

Ano	Caxias		Maranhão		Nordeste		Brasil	
	Nº habitantes	%	Nº habitantes	%	Nº habitantes	%	Nº habitantes	%
1970	88.334	2,95	2.992.678	3,20	28.111.551	30,20	93.139.037	100
1980	125.507	3,14	3.996.444	3,40	34.815.439	29,30	119.002.706	100
1991	145.725	2,95	4.930.253	3,40	42.497.540	28,90	146.825.475	100
2000	139.756	2,47	5.651.475	3,30	47.741.711	28,10	165.715.400	100
2010	155.129	2,36	6.569.683	3,44	53.078.137	27,82	190.732.694	100

Fonte: IBGE – Censos Diversos

Esse desempenho modificará evidentemente o perfil do Estado no contexto regional. Após a década de 1970, a participação da população maranhense no conjunto nordestino mantém-se em torno de 3,50% (Quadro 1).

Tabela 2 – Taxa média geométrica de crescimento da população (%), em Caxias, Maranhão, Nordeste e Brasil, 1970-2002.

Período	Maranhão	Nordeste	Brasil
1970 – 1980	2,93	2,16	2,48
1980 – 1991	1,93	2,16	2,48
1991 – 2000	1,54	1,31	1,63
2000 – 2010	1,52	1,07	1,17

Fonte: IBGE – Censos Diversos.

A distribuição espacial segue em linhas gerais as correntes de povoamento (Figura 10), isto é, acompanhando os grandes rios e as rodovias. Os dez municípios mais populosos concentram um terço da população do total; a capital, por sua vez, quase chega a um sexto do total (Tabela 3).

Outro aspecto relevante é que, observando a localização destes municípios, é possível delimitar certas concentrações como a já citada Ilha do Maranhão, formada por São Luís, São José de Ribamar e Paço do Lumiar. Além da capital, que concentra grande parte dos serviços urbanos existentes no Estado, é uma região turística e recebe grandes investimentos na indústria de base desde os anos de 1970.

Tabela 3 – Municípios de maior absoluta do Estado do Maranhão (2010)

Municípios mais populosos		
Posição	Município	População
1	São Luís	1.011.943
2	Imperatriz	247.553
3	S. José de Ribamar	162.925
4	Timon	155.396
5	Caxias	155.202
6	Codó	118.072
7	Paço do Lumiar	104.881
8	Açailândia	104.013
9	Bacabal	99.960
10	Balsas	83.537
	Total	2.243.482,00

Fonte: IBGE (2012)

Em outra área, situada ao longo da Estrada de Ferro Teresina-São Luís estão os municípios de Timon, Caxias, Codó e Bacabal. São municípios de povoamento antigo e que ainda significam muito na economia do Estado.

A terceira concentração demográfica ocorre na pré-amazônia maranhense, representada pelos municípios de Imperatriz e Açailândia. São áreas povoadas desde a década de 1950 e que receberam grandes contingentes migratórios, principalmente de nordestinos.

Foram ainda áreas beneficiadas com elevados investimentos privados e estatais nas últimas décadas. Os dois possuem um parque industrial em expansão e são grandes criadores de gado, mais precisamente o município de Açailândia, detentor do maior rebanho bovino do Maranhão. Juntas estas três aglomerações respondem por quase metade da população estadual (Tabela 3).

O Maranhão sempre foi essencialmente rural. Por essa razão foi o último Estado da Região Nordeste a ter maioria da população vivendo em áreas urbanas, o que veio a ocorrer somente em meados de 1990. A taxa de urbanização em 2010, de 63,07%, continua sendo a mais baixa do país.

Isso significa que o Maranhão ainda possui quase 2,5 milhões de habitantes residindo na zona rural, ou seja, dez vezes a população de Imperatriz, a segunda cidade maranhense.

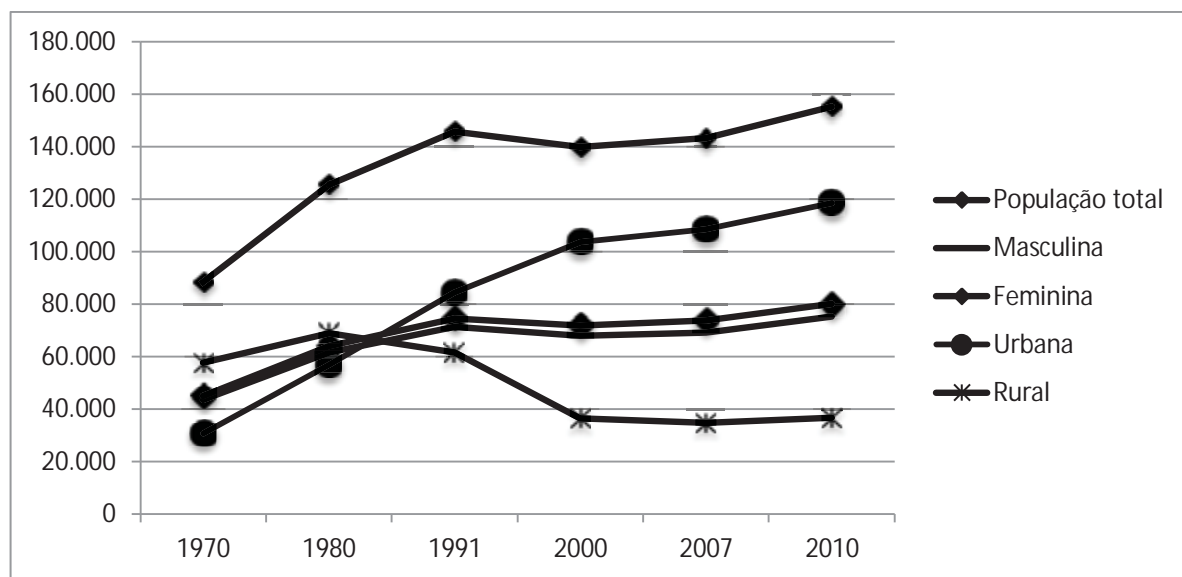
O processo de urbanização do Maranhão seguiu as mesmas linhas do restante do país. A elevação da taxa de urbanização conta com fatores tradicionais como a migração rural-urbana e a modernização da economia. Entretanto, deve-se considerar nas últimas décadas a transformação de população de áreas rurais em populações urbanas através da criação de 81 novos municípios.

A instalação dos complexos industriais da Alumar e da Companhia do Vale do Rio Doce, na capital do Estado, atraiu grande número de pessoas para a ilha. Parte instalou-se no município de São Luís; o restante dispersou-se pelos municípios mais próximos como Paço do Lumiar e São José de Ribamar.

4.4.1 Dinâmica demográfica do município de Caxias

A população do município de Caxias passou por grandes transformações nos últimos cinquenta anos (Figura 11). Este período foi marcado por grande mobilidade interna da população causada pela ocupação da Amazônia e da pré-amazônia maranhense, a construção de Brasília e o crescimento industrial da Região Sudeste, transformada em polo econômico do país.

Figura 11 - Dinâmica demográfica do município de Caxias (1970-2010)



Fonte: IBGE (Censos diversos).
Org.: ARAÚJO, 2012.

Todas essas regiões receberam expressivos fluxos migratórios oriundos do Nordeste centro-oriental. O contingente de nordestinos deslocados pelas secas e pelos incentivos da SUDENE, que estimularam a colonização do alto Turi, foram os principais responsáveis pelo elevado índice de crescimento da população maranhense de 4,64%, enquanto a região Nordeste crescia 2,24% e o Brasil 3,17% no mesmo período.

Desde o final da década de 1960 tem ocorrido uma redução acelerada das taxas de mortalidade, refletindo-se posteriormente sobre o crescimento vegetativo, sendo hoje estimado em 1,2% a.a. Dentre as causas mais citadas encontra-se o aumento da participação da mulher no mercado de trabalho, acarretando menor taxa de fecundidade. O mesmo efeito será atribuído à urbanização, que eleva o custo social de criação dos indivíduos e melhora a disponibilidade de serviços médico-hospitalares à população.

Nas décadas de 1960-1970 o Maranhão apresenta sensível queda de índices de crescimento demográfico, inferior àqueles registrados pelo Nordeste e pelo Brasil. O fluxo migratório de nordestinos volta-se para as grandes capitais regionais, em detrimento do oeste maranhense. O mesmo ocorreu com o tradicional movimento migratório em direção ao Sudeste, que sofreu grande retração desde então.

O crescimento da população absoluta de Caxias também foi influenciado, passando de 88.334 habitantes na década de 1970 para 139.756 habitantes em 2000 e para 155.129 habitantes em 2010. A população urbana cresceu quatro vezes de 1970 a 2010 e corresponde atualmente a 76,39% do total. Com uma área urbana de pouco mais de 20 km², sua densidade demográfica atual é de 30,12 hab./km² (Tabela 4).

A variação da população absoluta de Caxias, acima referida, decorre do processo global de urbanização e da criação de diversos municípios, desmembrados de seu território. Contribuíram também para essa variação os ciclos de expansão e crise de sua economia, atraindo e expulsando, respectivamente, expressivos contingentes demográficos, nas décadas anteriores ao período mencionado.

Tabela 4 – População total, divisão por sexo e situação de domicílio, Caxias - Maranhão, 1970-2010.

	1970	1980	1991	2000	2007	2010
População total	88.334	125.507	145.725	139.756	143.197	155.202
Masculina	43.349	61.511	71.239	67.914	69.155	75.082
Feminina	44.985	63.996	74.486	71.842	73.780	80.047
Urbana	30.735	56.668	84.331	103.485	108.542	118.534
Rural	57.599	68.839	61.394	36.271	34.655	36.595

Fonte: IBGE, censos diversos e sitio web.

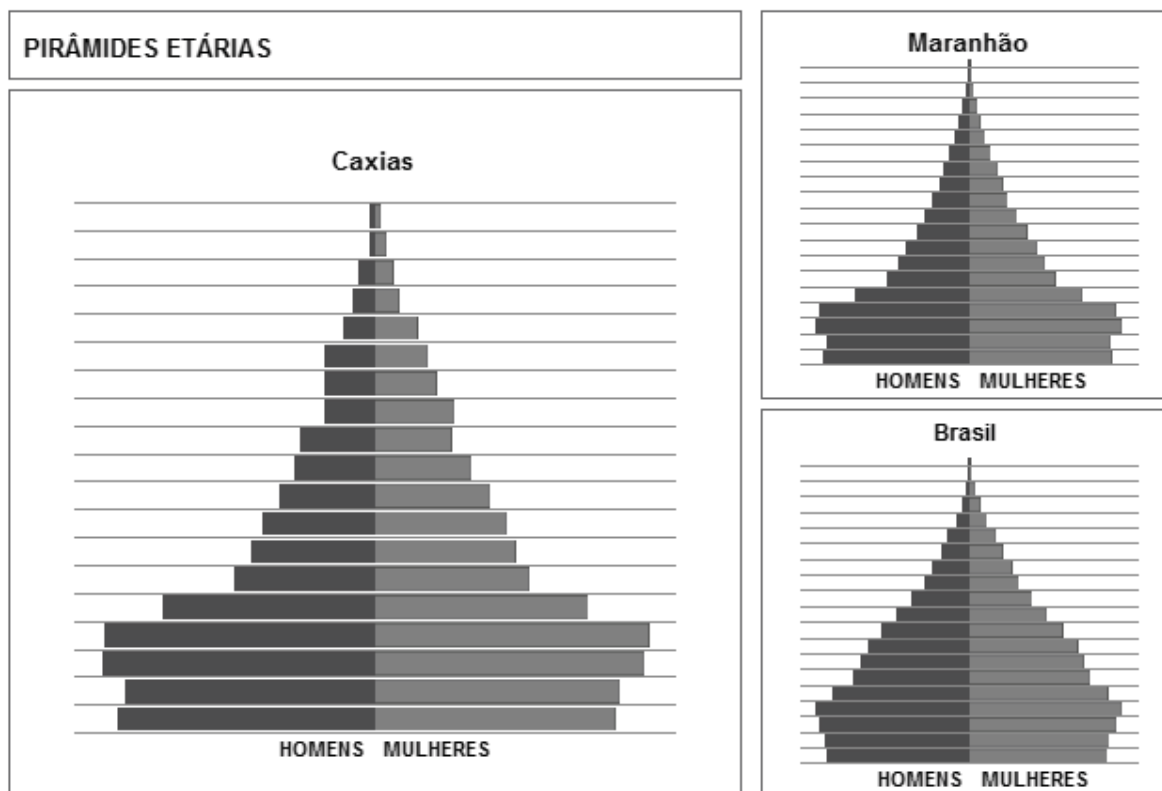
A composição etária da população é um dado demográfico imprescindível para planejamento e aplicação de políticas públicas. Planejar o bem estar da população, através de políticas educacionais, de saúde e emprego, por exemplo, exige conhecimento do público-alvo.

Grande número de habitantes nas faixas etárias de menor idade exige grandes investimentos nas áreas de saúde e educação. Ao atingir a maioridade esse contingente demográfico exigirá criação de grande número de empregos, acirrando a competição no mercado de trabalho.

Analisando-se as pirâmides etárias (Figura 12) do Maranhão e de Caxias e comparando-as com a pirâmide do Brasil percebem-se diferenças fundamentais nas suas formas. A população brasileira mostra sinais de redução da natalidade e de envelhecimento, com o estreitamento mais acentuado da base e ampliação do corpo da pirâmide.

Por outro lado as populações maranhense e caxiense ainda possuem elevadas porcentagens de jovens e por isso apresentam grandes bases, embora apresentem ligeira redução, e corpos estreitos. Ou seja: quanto maior a idade menor é a participação na sua composição etária. O fato de o Maranhão ainda possuir expressiva população rural e baixos indicadores socioeconômicos ajudam a explicar estas formas.

Figura 12 – Pirâmides etárias de Caxias, Maranhão e do Brasil – 2010



Fonte: IBGE – sitio web.
Organização: ARAÚJO, 2011.

O IMESC divulgou em 2010 o “Índice de Desenvolvimento Municipal – IDM” para o Estado. Segundo a publicação “o IDM é composto de 45 indicadores distribuídos em dois grandes grupos: i) Índice de Desenvolvimento Econômico – constituído dos indicadores de Infraestrutura, Qualificação da Mão-de-obra e Produtividade, e de Produção Municipal; e ii) Índice de Desenvolvimento Social - constituído dos indicadores de Saúde, Educação, Oferta de Serviços Básicos e Meio Ambiente” (IMESC, 2010).

A divulgação de tais índices tem como objetivo auxiliar os gestores no planejamento de políticas públicas para seus municípios. Permite ainda a realização de análises comparativas entre os mesmos dentro de um panorama estadual.

Apesar de situar-se entre os municípios mais populosos do Estado, Caxias apresenta índices que o colocam apenas na 12ª posição no Estado. Isto é explicado pelo fraco desempenho da economia caxiense nas últimas décadas.

Dados do IBGE indicam um Produto Interno Bruto (PIB) de apenas R\$ 738.456,00, sendo que 80,88% é proveniente do setor de Serviços; 4,68% provem da Agropecuária; e 14,88% vem da atividade industrial.

A tabela seguinte (Tabela 5) contem os municípios que apresentam os melhores resultados do IDM (Índice de Desenvolvimento Municipal) entre os 217 municípios maranhenses.

O setor agropecuário apresenta desempenho econômico fraco. Na agricultura estão apenas culturas de subsistência como o arroz, o feijão e o milho. Na pecuária caxiense destacam-se os rebanhos bovino, suíno, caprino e galináceo, porém com pequena produção, destinada essencialmente ao mercado local.

Tabela 5 – Índices de Desenvolvimento e população estimada, segundo os municípios – Maranhão – 2008.

Município	IDM*	Ranking	IDE**	IDS***	População Estimada
São Luís	0,748	1	0,829	0,674	986.826
Imperatriz	0,651	2	0,635	0,668	236.311
Balsas	0,539	3	0,530	0,549	81.497
Estreito	0,522	4	0,475	0,574	27.328
Açailândia	0,511	5	0,469	0,556	100.017
S.J. de Ribamar	0,495	6	0,447	0,549	135.821
Porto Franco	0,481	7	0,418	0,554	19.271
Bacabal	0,475	8	0,432	0,521	97.946
Timon	0,472	9	0,419	0,531	148.804
Pedreiras	0,469	10	0,457	0,481	39.049
Santa Inês	0,465	11	0,445	0,486	84.582
Caxias	0,461	12	0,413	0,515	147.416

*Índices de Desenvolvimento Municipal,

**Índice de Desenvolvimento Econômico

***Índice de Desenvolvimento Social

Fonte: IMESC, 2010.

Adaptado por ARAÚJO, 2010.

Em Caxias, destacam-se as seguintes atividades industriais: extração de óleos vegetais, produção de bebidas, sabões, laticínios, móveis e produtos cerâmicos. A indústria da construção civil é o segmento mais importante, sendo

responsável por mais de 48,00% dos postos de trabalho. Atualmente encontram-se instaladas indústrias de cervejas, refrigerantes e água mineral e de processamento de óleo de mamona. A indústria de transformação é segmento que detém 4,63% da mão-de-obra contratada.

O Setor Industrial teve uma redução na composição do PIB Municipal comparando com o ano de 2004 que era de 23,04% e, em 2008 variou para 14,88% do PIB Municipal (IBGE, 2008).

O setor terciário é representado por atividades bancárias e pelo pequeno comércio. Caxias centraliza diversas atividades que atendem às necessidades dos municípios vizinhos.

Caxias apresenta desempenho ligeiramente melhor quanto ao Índice de Desenvolvimento Social – IDS. Dados como os relativos aos indicadores de serviços básicos apontam-na com 74,18% de residências com coleta de lixo, 56,88% de residências atendidas com esgotamento sanitário e 43,39% de residências com serviço de energia elétrica no ano de 2008 (IMESC, 2010).

Entretanto, dados sobre o ensino fundamental do Portal Objetivos do Milênio (ODM) (2012) indicam que em 2010, 13,6% das crianças caxienses de 7 a 14 anos não cursavam o ensino fundamental e que a taxa de conclusão, entre jovens de 15 a 17 anos, era de 43,3%.

Outro dado que preocupa é a defasagem idade-série, que eleva-se à medida que se avança nos níveis de ensino. No ensino fundamental, 29,60% dos alunos estão com a idade superior à recomendada; no ensino médio chega 48,40%. O percentual de alfabetização da população com 15 anos ou mais de idade, em 2010, era de 74,30%.

Além disso, o rendimento escolar é muito baixo. O Índice de Desenvolvimento da Educação Básica (IDEB) (2007/2009) combina o rendimento escolar às notas no exame “Prova Brasil” e varia de 0 a 10. Em Caxias as notas foram de 4,4 e de 3,7, para os alunos do 4º e 8º ano das escolas públicas, respectivamente. Este resultado colocou Caxias na 3.602ª posição, quando avaliados os alunos do 4º ano e na 3.643ª posição dentre os alunos do 8º ano,

considerando-se os 5.564 municípios do Brasil. Para as escolas particulares, as notas médias foram, respectivamente, 6,4 e 5,9 (Portal ODM, 2012).

Botelho (2008) relaciona diversos problemas estruturais relacionados com o modelo de gestão posto em prática no Maranhão. Alguns muito graves, como a questão da terra e seus inúmeros conflitos no Estado, frutos de políticas estaduais discriminatórias e excludentes.

Dentre estas políticas equivocadas estão a instalação de grandes projetos minero-metalúrgicos e a produção de soja nos cerrados maranhenses. No primeiro caso, empreendimentos são financiados com recursos públicos, favorecendo grandes grupos empresariais ao mesmo tempo em que provocam fortes impactos ambientais. No segundo caso, privilegia-se a exportação de grãos em detrimento das culturas alimentícias tradicionais como a do arroz. São questões de grande vulto que tem que ser enfrentadas, embora seja difícil precisar o esforço necessário para tanto.

Mesmo com os dispositivos legais protegendo os investimentos públicos e com os vultosos investimentos privados, as políticas governamentais recentes aplicadas ao Maranhão não conseguiram erradicar a pobreza. Ainda são numerosas as carências do Estado, como bem alerta Ferreira (2008; p. 237):

“ (...) o estado (*sic*) do Maranhão deve priorizar as melhorias das condições de vida da maioria da população, uma vez que, apesar do discurso oficial de que ele “se desenvolveu”, “os grandes empreendimentos são redentores”, existe “abundância” etc., o que se constata é o analfabetismo funcional que predomina, o índice de exclusão social é um dos mais elevado do Brasil e a população, que ganha até um salário mínimo, foi ampliada de 28,97% em 1980 para 39,81% em 2000 e 48,87% em 2005.”

4.5 Elementos naturais da paisagem da carta SB-23-X-B-IV-3

4.5.1 Características climato-botânicas regionais de Caxias – MA.

O domínio de baixas latitudes, a grande extensão territorial, o relevo de baixas altitudes e o encontro de diferentes sistemas atmosféricos fazem da climatologia da Região Nordeste uma das mais complexas do mundo (NIMER, 1977; 1989).

Além disto, as bases de coleta de dados disponíveis são em número reduzido e apresentam má distribuição espacial. No caso específico do Estado do Maranhão, com seus 331.983 km² de área, encontram-se instaladas apenas 13 estações ao longo do seu território e três distribuídas entre as localidades de Ulianópolis – PA, Campos Lindos – TO e Santa Filomena – PI.

Nimer (1977) define quatro sistemas atmosféricos atuando no estado do Maranhão: as correntes perturbadas de sul, norte, este e oeste. Para Bizerra (1984) apenas dois desses sistemas atuam com mais intensidade no Maranhão e na bacia do Itapecuru: as correntes perturbadas de norte e de oeste. São elas que dão origem, respectivamente, à Massa Equatorial Atlântica e à Massa Equatorial Continental.

A massa Equatorial Atlântica forma os vento alísios de nordeste, cujos deslocamentos meridionais mais importantes ocorrem no verão-outono. Sua atuação determina, para o norte do Brasil, o regime pluviométrico denominado de Equatorial marítimo com totais pluviométricos que variam entre 1.000 e 1.600 mm.

A Massa Equatorial Continental origina-se na região equatorial amazônica sendo marcada, portanto, pelas baixas pressões e por ser uma área continental muito aquecida. Apresenta-se, portanto, instável e portadora de elevadas temperaturas e umidade. As amplitudes térmicas, diária e anual, são geralmente baixas. No verão, as calmarias e os ventos fracos atraem os ventos oceânicos e alísios provocando precipitações abundantes, do tipo convectivas, denominadas de aguaceiros tropicais (NIMER, 1977; BIZERRA, 1984; VAREJÃO-SILVA, 2005; TORRES e MACHADO, 2008).

A Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) é uma linha de instabilidade resultante da convergência das massas de ar Equatorial Atlântica e Equatorial Continental. Situada nas proximidades do Equador geográfico, para ela convergem os ventos constantes denominados de alísios de nordeste, quando procedentes do hemisfério norte, ou de sudeste quando realizam o percurso sul-norte.

Para Varejão-Silva (2005:347)

“a ZCIT se caracteriza por uma acentuada instabilidade atmosférica que favorece o desenvolvimento de intensas correntes ascendentes, com formação de grandes nuvens convectivas, geradoras de precipitação abundante. Fortes aguaceiros, acompanhados de relâmpagos e trovões são comuns em toda a ZCIT e, como sua posição oscila muito com o tempo, a precipitação gerada vai sendo distribuída sobre uma faixa de considerável largura”.

A dinâmica e o posicionamento da ZCIT são de grande importância para o território maranhense, porque influem decisivamente na quantidade e na qualidade das chuvas, quando o adentram até a altura do paralelo de 5° N, produzindo precipitações abundantes e quase diárias no verão-outono. Os dados disponíveis sobre as médias de pluviosidade e temperatura para municípios maranhenses dotados de postos pluviométricos são listados abaixo (Tabela 6).

Tabela 6 – Posição geográfica, médias de pluviosidade e temperatura para municípios maranhenses dotados de postos pluviométricos.

Cidade	Posição Aproximada	Pluviosidade (mm/ano)	Temperatura Média (°C)
Barra do Corda	05 29' 48,56 S; 45 14' 54,59 W	1.244	25,7
Grajaú	05 48' 49,21 S; 46 28' 46,44 W	1.288	25,4
Imperatriz	05 31' 06,50 S; 47 28' 39,81 W	1.464	26,5
Caxias	04 51' 54,19 S; 43 21' 42,30 W	1.557	26,9
Carolina	07 20' 09,02 S; 47 27' 48,32 W	1.721	26,1
Zé Doca	03 16' 12,52 S; 45 39' 19,24 W	1.836	26,4
Turiação	01 39' 32,13 S; 45 22' 45,80 W	2.196	26,3
São Luis	02 31' 47,00 S; 44 18' 10,01 W	2.328	26,5

FONTE: Laboratório de Meteorologia – LABMET/UEMA
Organização: ARAÚJO, 2010

De um modo geral não se pode falar de grandes variações nos componentes climáticos do Estado, especialmente da amplitude térmica, onde as médias térmicas acima de 24° C são comuns, assim como chuvas de verão e outono (Figura 9), com índices pluviométricos superiores a 1.200 mm.

A distribuição espacial dos dados de temperaturas médias e das precipitações pluviométricas, conforme apresentado abaixo (Figura 13) permite as seguintes inferências:

1. As precipitações diminuem de oeste para leste em função das modificações das características da massa equatorial continental em seu deslocamento oeste-leste, responsável pelas chuvas intensas de verão.

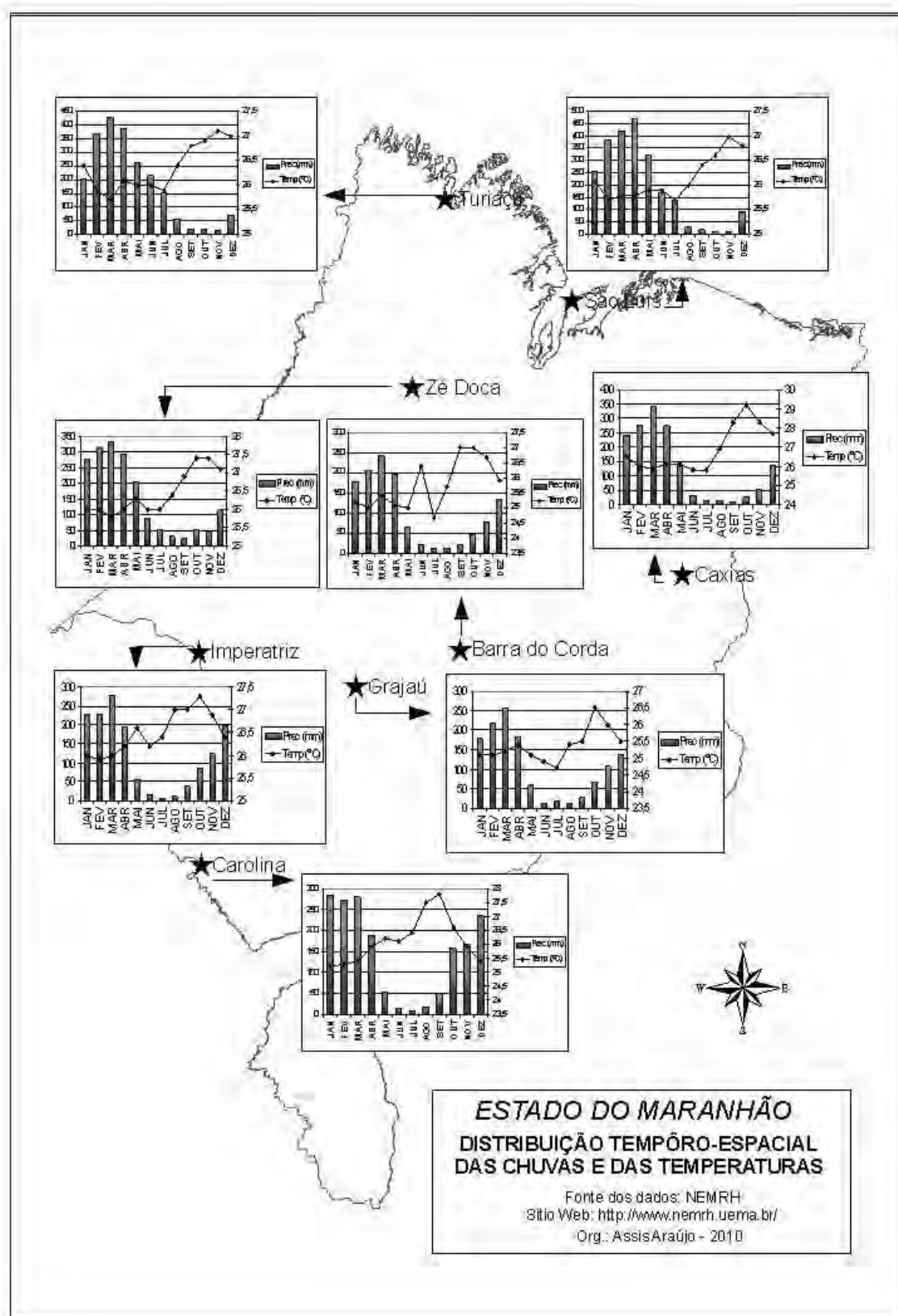
2. Os maiores índices são observados na porção noroeste do território maranhense, que possui características amazônicas, como em Turiaçu, com 2.196 mm anuais e Zé Doca, com 1.836 mm ao ano.

3. Comportamento semelhante ocorre na direção norte-sul: em São Luís chove, em média 2.328 mm, graças às influências tanto da mEc quanto da mEa. Com o ligeiro aumento da continentalidade e uma pequena redução das temperaturas médias a pluviosidade de Barra do Corda reduz-se para 1.244 mm e para 1.288 mm, em Grajaú (Quadro 6).

4. Tropical: Aw – Predomina na parte centro-sul e sudeste do Maranhão. Corresponde ao clima que recebe a menor quantidade de chuva. A média pluviométrica anual é da ordem de 1.200 mm. As temperaturas são elevadas, com médias térmicas anuais entre 25 e 27 °C. Sob este clima a vegetação dominante é o cerrado. Montes (1997; p. 33) considera duas formações para esta parte do Maranhão: a Floresta Ombrófila, nas áreas um pouco mais úmidas, como Açailândia e Imperatriz e a da Floresta Estacional, onde decresce a pluviosidade, como na região de Grajaú (Figura 9).

5. Tropical úmido: Aw' – Clima predominante na maior parte do estado do Maranhão. Ocorre em toda a faixa litorânea, na baixada, no nordeste e na região dos cocais, onde está situado o municípios de Caxias. Caracteriza-se por apresentar índices pluviométricos regulares entre 1.600 e 1.800 mm. As temperaturas, mínimas, médias e máximas, são normalmente elevadas. A média anual é superior a 24 °C.

Figura 13 – Distribuição temporo-especial das chuvas e da temperatura no Estado do Maranhão



FONTE: LABMET/UEMA.
 Organização: ARAÚJO, 2010.

4.5.2 Geologia de Caxias

Existem no Brasil três grandes províncias sedimentares paleo-mesozóicas: Amazonas, Paraná e Parnaíba. Foram originadas durante o processo de ruptura do supercontinente gondwanico, no final do Paleozóico e início do Mesozóico. A tafrogenia⁶ que separou as terras africanas das sul-americanas e proporcionou o surgimento do Oceano Atlântico é um processo tectônico-magmático responsável por tectonismo de falhas e por intensa atividade vulcânica no Meio Norte do Brasil. Esse processo foi denominado de Reativação Wealdeniana por Almeida (1967) e de Sul-Atlantiana por Schobbenhaus e Campos (1984).

A geologia maranhense é constituída quase inteiramente por terrenos pertencentes a província sedimentar do Parnaíba, cuja área, com cerca de 800.000 km², estende-se pelos Estados do Ceará, Piauí, Maranhão, Tocantins e Pará. A literatura registra diversas denominações dadas a esta área: Maranhão, Meio-Norte, Piauí-Maranhão, entre outras.

Góes (1995) sugeriu a denominação de Província Sedimentar do Parnaíba, ao tempo em que propôs uma subdivisão da mesma em quatro bacias sedimentares menores: Parnaíba (Siluriano-Triássico), Alpercatas (Jurássico-Eocretáceo), Grajaú (Cretáceo), e Espigão Mestre (Cretáceo), além do Cráton de São Luís (Figura 14). Para Bizzi *et al* (2003; p. 67) “a designação é pertinente, uma vez que sua evolução deu-se de maneira policíclica, compartimentada em bacias com gêneses, estilos tectônicos, preenchimento sedimentar e idades distintos”.

A Província do Parnaíba encontra-se inserida na Plataforma Sul-americana, sendo classificada como intracratônica simples. Possui formato alongado na direção NE-SW. Seus limites estruturais são representados pelo Arco Ferrer-Urbano Santos ao norte; a leste pela falha de Tauá; a sudeste pelo Lineamento Senador Pompeu; a oeste pelo Lineamento Tocantins-Araguaia; e, a noroeste, pelo Arco Tocantins e os demais sistemas de lineamentos de direção NE-SW (GÓES, 1995; BIZZI *et al*, 2003).

⁶ Refere-se a movimentos crustais, geralmente verticais, geradores de rifts ou falhamentos.

Figura 14 – Província Sedimentar do Parnaíba – Principais estruturas e bacias sedimentares constituintes (modificado de Góes, 1995). O quadrado em vermelho delimita a área estudada, de forma aproximada.



Fonte: Silva et al (2003).
Adaptado por: ARAÚJO, 2010.

A Bacia Sedimentar do Parnaíba ocupa metade da área da província de mesmo nome, ou seja, 400.000 km². Sua origem está diretamente relacionada com o processo de ruptura do supercontinente gondwanico, no final do Paleozóico e início do Mesozóico. Movimentos crustais separaram as terras africanas das sul-

americanas, proporcionando o surgimento do Oceano Atlântico, de falhamentos e intensa atividade vulcânica no Meio Norte do Brasil.

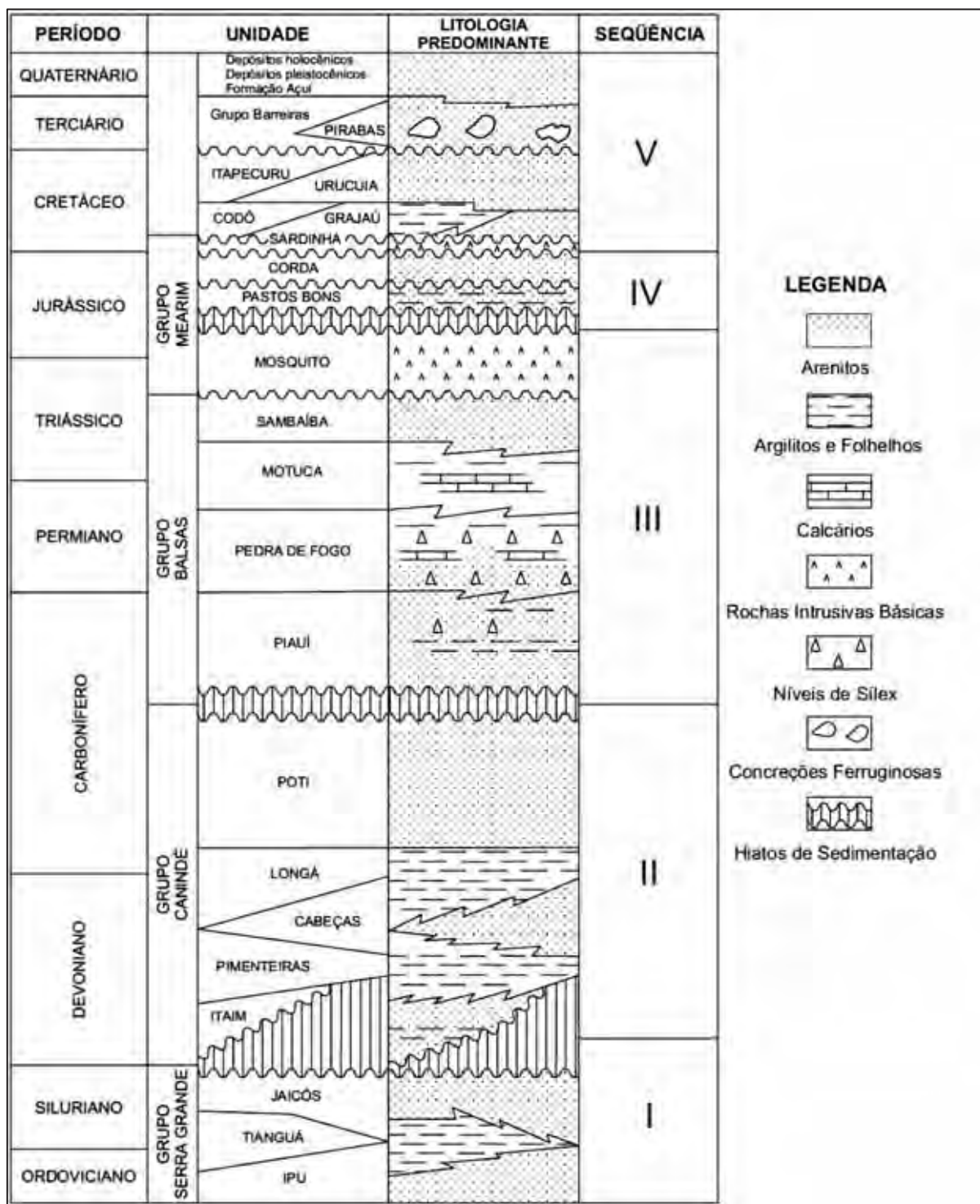
Para Góes (1995) a estratigrafia da bacia refere-se exclusivamente à deposição dos grupos Serra Grande, Canindé e Balsas (Figura 15). Este último, de maior interesse para esta pesquisa, é constituído pelas formações Piauí, Pedra de Fogo, Motuca e Sambaíba São sedimentos de origem paleozoica com cerca de 3.000 metros de espessura máxima.

A Anfíclise⁷ ou Bacia das Alpercatas, deve sua denominação à Serra das Alpercatas, possui orientação ENE-WSW e ocupa cerca de 70.000 km². Foi preenchida por sedimentos com 200 metros de espessura constituindo o Grupo Mearim, de idade mesozoica e composto pelas formações Corda e pelas rochas vulcânicas básicas das formações Mosquito e Sardinha. Góes (1995) define-a como, “uma bacia intracratônica assoreada com rochas sedimentares e massas de derrames, tufo e outros materiais vulcânicos, trazidos à superfície através de falhas e formando pilhas”.

As demais bacias sedimentares existentes no Maranhão são: Grajaú, São Luis e Barreirinhas. A Bacia do Grajaú recobre uma área de aproximadamente 250.000 km² ao norte das Bacias do Parnaíba e das Alpercatas. Sua origem é semelhante à da Bacia de Barreirinhas: ambas são do tipo rift, originadas a partir dos esforços tectônicos que resultaram na formação do Oceano Atlântico equatorial. É delimitada pelos arcos estruturais Xambioá, ao sul e Parnaíba, a leste. Ao norte, o arco Ferrer-Urbano Santos a separa, em profundidade, da Bacia de São Luís, sendo que Rosseti (2003) considera-as em conjunto. Trata-se de um pacote de sedimentos cretácicos constituídos por arenitos, argilitos, folhelhos, carbonatos e anidritas correspondentes às formações Itapecuru, Codó e Grajaú, depositados em ambiente epicontinental com eventuais incursões marinhas restritas à base da seqüência. A atividade vulcânica é atribuída à formação Sardinha (ROSSETI, 2003).

⁷ Anfíclise - Bacia que apresenta fundo chato e acolheu um volume significativo de produtos vulcânicos e subvulcânicos, aliada a um embasamento de história geológica simples. (IBGE .Vocabulário Básico de Recursos Naturais e Meio Ambiente. 2. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2004)

Figura 15 – Coluna Estratigráfica generalizada da Província Sedimentar do Parnaíba

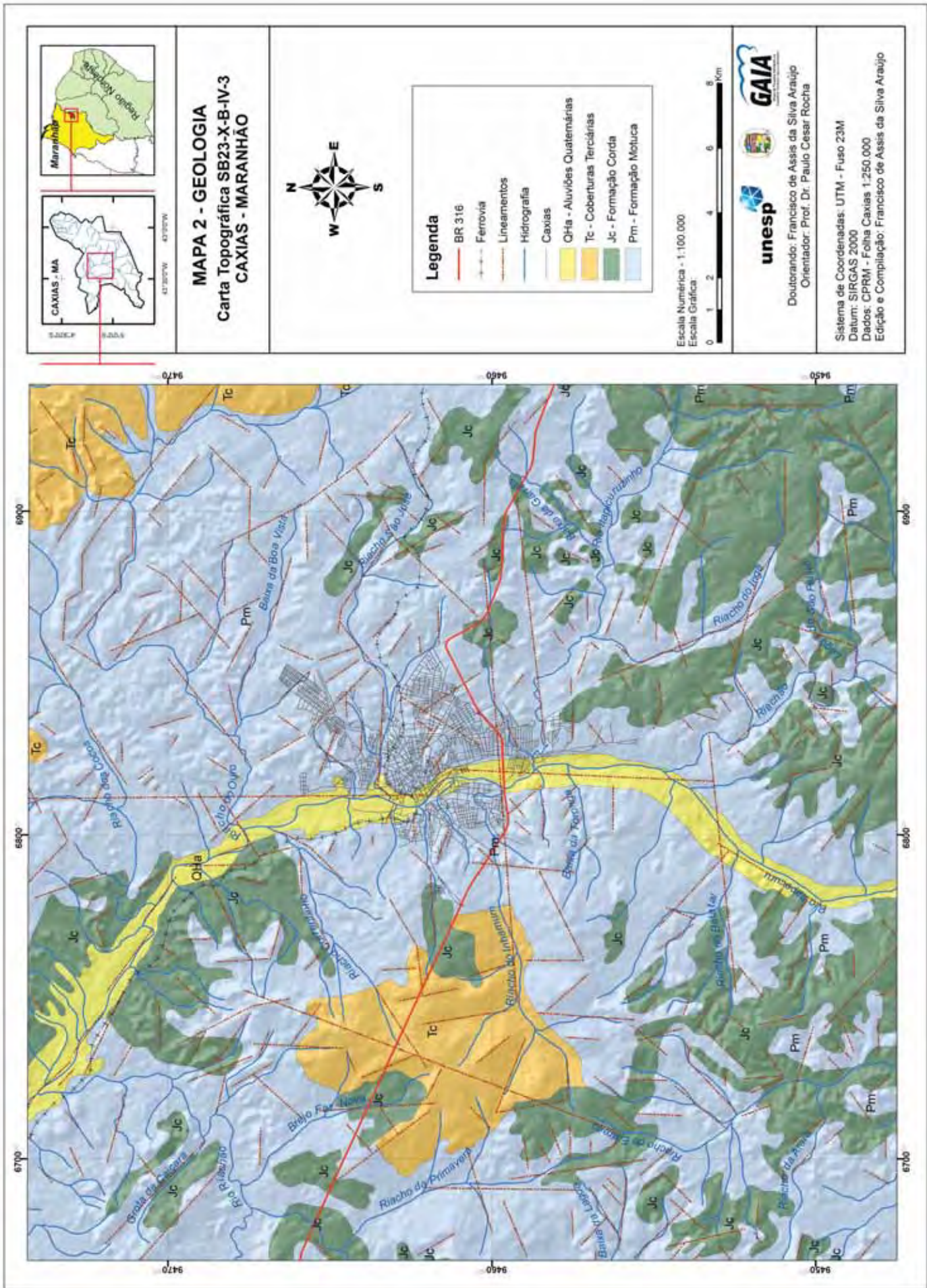


Fonte: Silva et al (2003).

Adaptado por: ARAÚJO, 2010.

O município de Caxias tem sua morfoestrutura associada aos terrenos sedimentares da Bacia do Parnaíba, constituída do Grupo Balsas, e da Bacia das Alpercatas, formada pelo Grupo Mearim, e de pequenas áreas pertencentes à Bacia do Grajaú, de acordo com a estruturação proposta por Góes (1995).

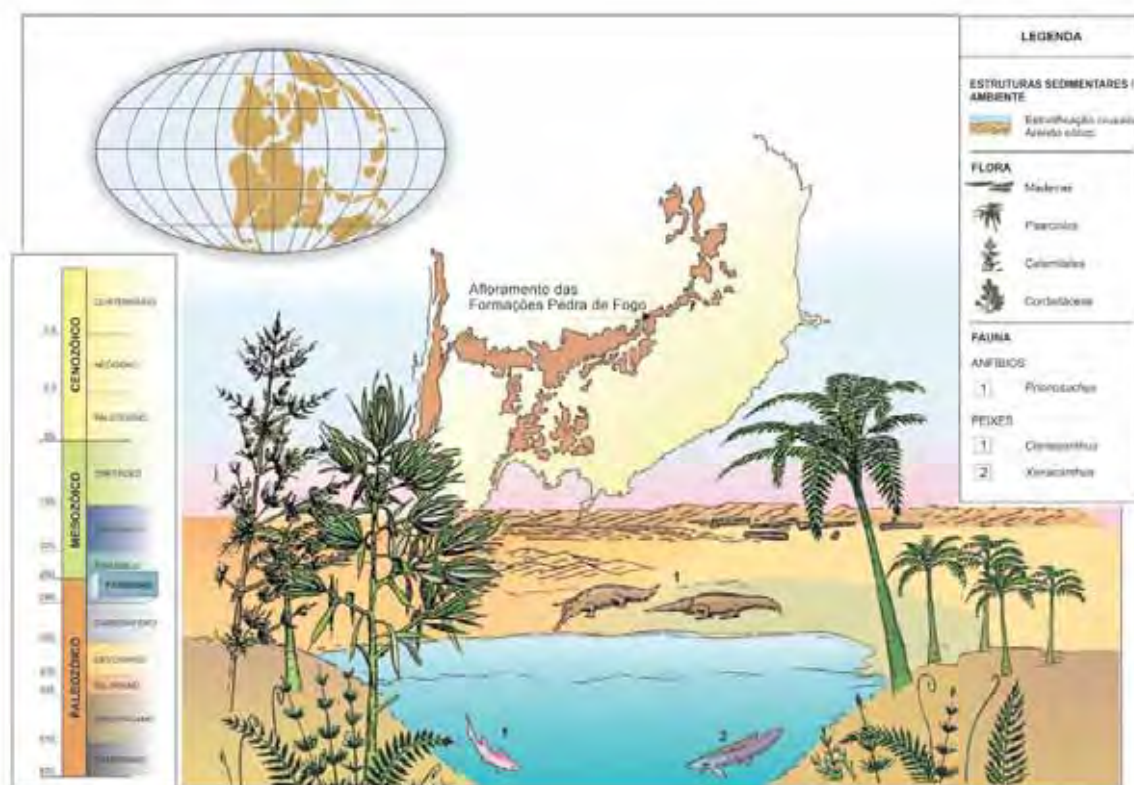
Na área da carta SB-23-X-B-IV-3, objeto de estudo desta tese, predominam, entretanto, as formações Motuca e Corda além das coberturas terciárias e de uma estreita faixa de aluviões quaternários (Mapa 2).



Aguiar (1971, p. 116) atribuiu a idade permiana à formação Motuca e a dividiu em três membros: “o inferior, arenoso, o médio, com predominância de folhelhos, calcário e anidrita, e o superior, também arenoso”.

Para Santos e Carvalho (2009; p.94) “na Formação Motuca do permiano Superior, as condições climáticas quentes e áridas foram acentuadas (Figura 16). A sedimentação é de ambiente de cursos fluviais periódicos, dunas eólicas, lagos salgados (sabkhas), *red beds* e evaporitos”. A espessura da formação situa-se próxima dos 300 m (AGUIAR, 1971; SANTOS e CARVALHO, 2009).

Figura 16 – Reconstituição paleobiológica do Permiano da Bacia do Parnaíba, período de origem da Formação Motuca.



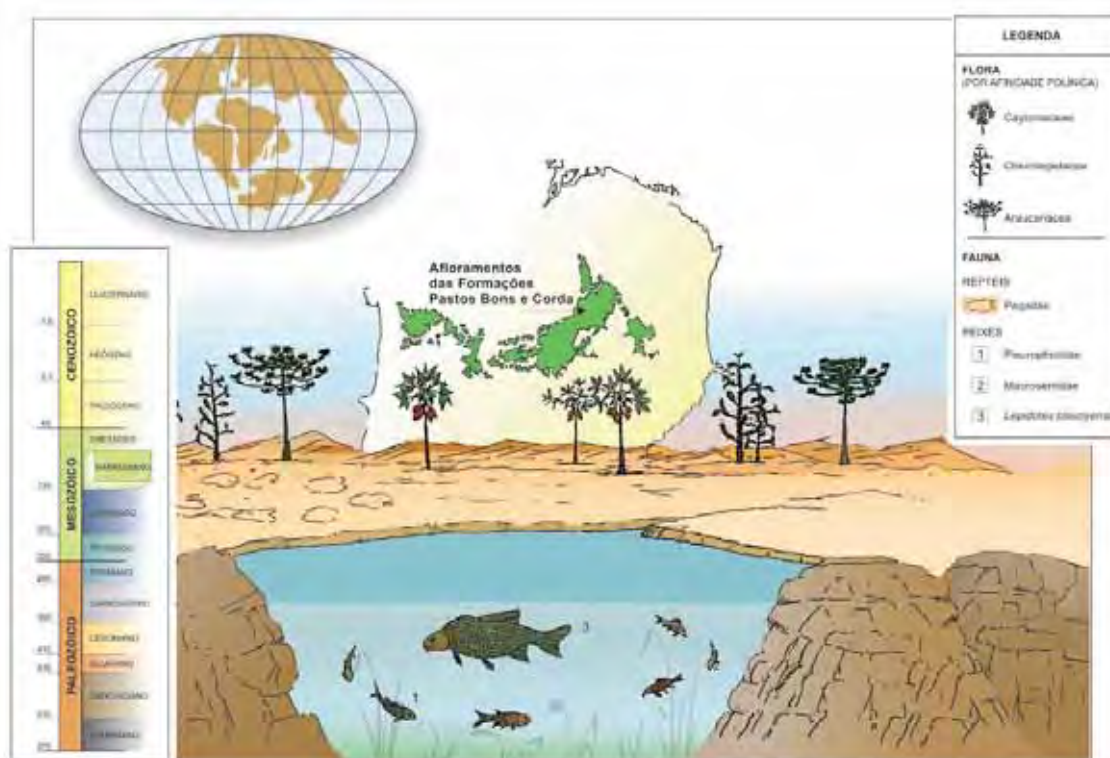
Fonte: Santos e Carvalho, 2009.
Org.: ARAÚJO, 2012.

Essa formação compõe as partes mais baixas do relevo da área urbana de Caxias representada por um relevo de colinas bastante dissecadas de topo arredondado a plano, com altitudes situadas entre 80 e 100 m.

O Grupo Mearim, de idade jurássica (AGUIAR, op.cit.), é constituído pelas formações Pastos Bons e Corda, depositadas em ambiente desértico e fluvio-

lacustre (Figura 17) retrabalhados pela ação eólica. A atividade vulcânica se faz presente através da Formação Mosquito.

Figura 17 - Reconstituição paleobiológica do ambiente desértico e lacustre que originou as formações Pastos Bons e Corda da Bacia das Alpercatas.



Fonte: Santos e Carvalho, 2009.
Organização: ARAÚJO, F.A.S., 2012.

Aguiar (op.cit.; p. 118) descreve os arenitos da formação Corda como “amarelados, róseos e cinza-amarronzados a arroxeados. São argilosos e possuem várias intercalações de siltitos e folhelhos marrons e róseos, e leitos de sílex”. Apresentam ainda estratificação cruzada e granulometria mista em que se alternam grãos finos e médios a grosseiros, sendo esse último de alta esfericidade.

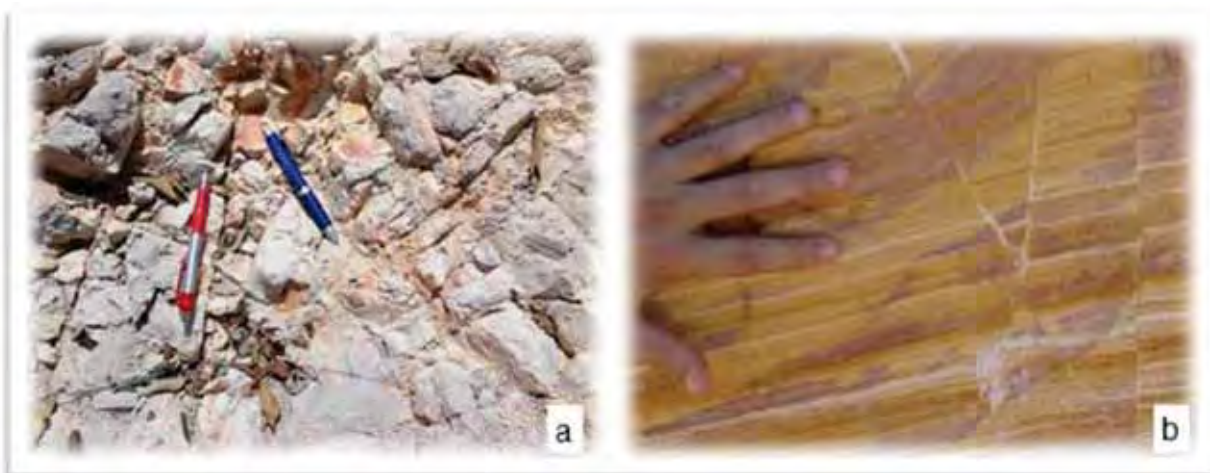
O jazimento da Formação Corda sobre a Motuca, mais antiga, ocorre desta forma porque, conforme Aguiar (op.cit.; p. 118), “o contato das formações Corda e Pastos Bons é concordante e gradacional. Como a deposição da segunda se deu sobre uma superfície extremamente irregular, preenchendo apenas os baixos topográficos, é comum se encontrar a Formação Corda repousando sobre as formações mais antigas.”

Na parte centro norte existe uma grande faixa composta por depósitos colúvio-eluviais de idade quaternária, recoberto por crosta laterítica composta de seixos rolados e fraturados. Os seixos rolados são originários do desmonte de conglomerados triássicos; os fraturados resultam de processos morfogenéticos típicos de clima semi-árido que dominou essa região no passado. Esse platô forma um divisor de águas entre as bacias dos rios Itapecuru e Parnaíba.

Os sedimentos cenozoicos presentes na área pesquisada são constituídos de seixos de quartzo com matriz areno-argilosa e areias e cascalhos não consolidados, de textura variável, ou seja, finas e por vezes grosseiras. Surgem também depósitos argilosos de cores diversificadas, exploradas pelas empresas ceramistas, todas situadas na margem esquerda do Rio Itapecuru.

A província sedimentar do Parnaíba, apesar da quase ausência de movimentos tectônicos expressivos, foi afetada por um sistema de falhas, cujas manifestações locais, bem visíveis na rede hidrográfica, obedecem duas direções principais: o lineamento Picos-Santa Inês, com direção SE-NW, enquanto o lineamento Parnaíba obedece à direção SO-NE (Figura 18).

Figura 18 – Direções gerais dos lineamentos observadas em sedimentos argilosos da formação Corda, próximo à BR-316, na área urbana de Caxias (a) e numa pequena colina, já removida, no bairro Pai Geraldo (b). A caneta vermelha indica a direção SO-NE; a azul, a direção SE-NO.



Organização e Fotos: ARAÚJO, 2010.

4.3.3 Geomorfologia de Caxias

O território maranhense compreende um conjunto paisagístico de características muito diversificadas. Dispõe de um grande litoral com amplo golfo na parte central, ladeado por uma costa de rias a oeste e dunas a leste, seguindo por uma ampla planície.

Para o interior, a região apresenta características de três grandes domínios morfoclimáticos. A oeste, com clima equatorial e densa rede de drenagem, surgem baixos platôs florestados – a pré-amazônia maranhense. Ao sul, o clima tropical, com grandes extensões de terras aplainadas, assemelha-se ao Brasil central, recoberto por cerrados em que predominam solos profundos como os latossolos, altamente intemperizados.

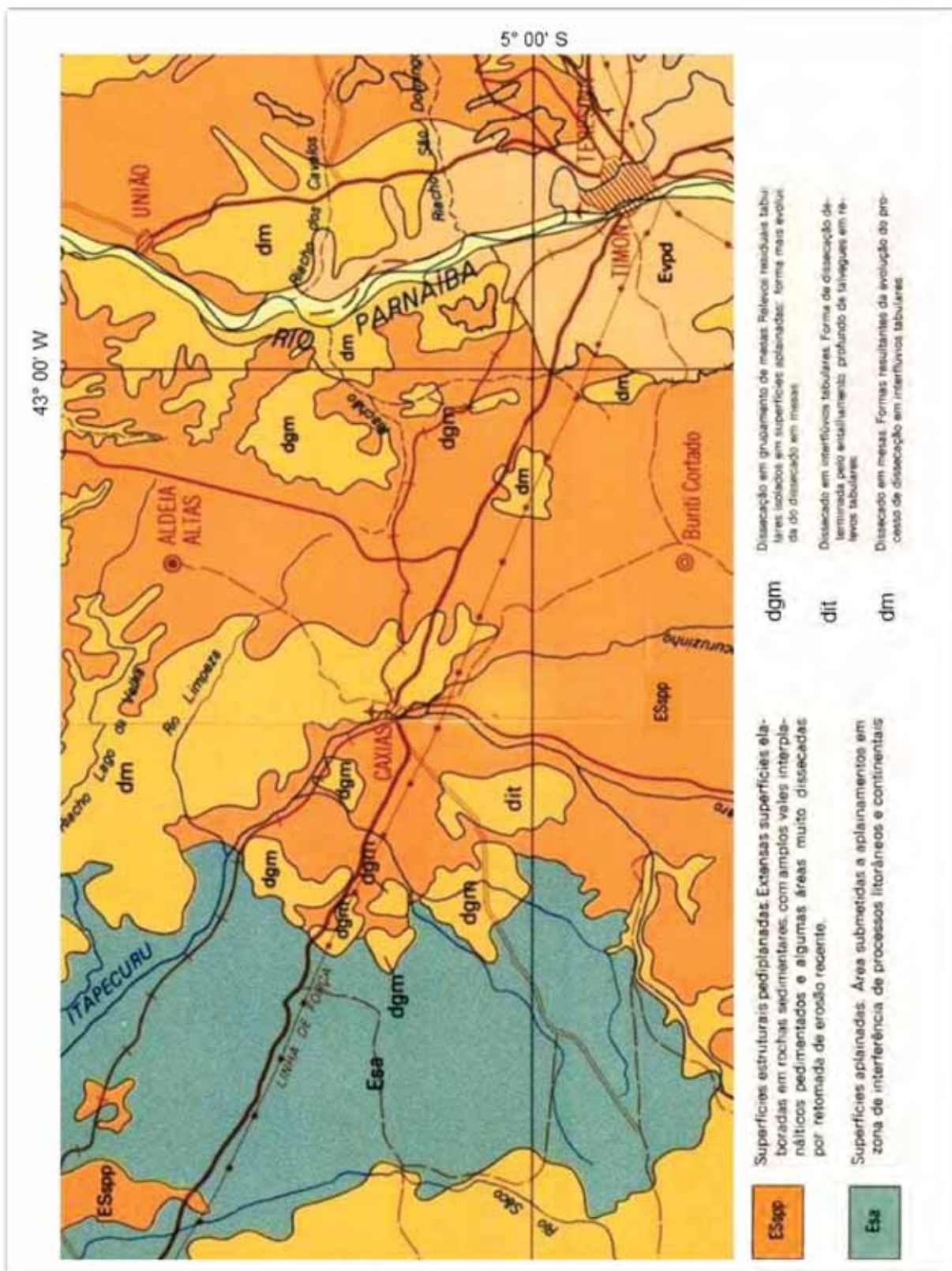
Para oeste, a umidade diminui progressivamente (Figura 13), enquanto aumentam as semelhanças com o Nordeste semi-árido. Os cerrados tornam-se pouco densos, mal recobrendo o solo. O relevo, geralmente esculpido em rochas sedimentares, é constituído de formas tabulares e colinas de baixas altitudes, por vezes intensamente dissecados.

Para o Projeto RADAMBRASIL (1973), o município de Caxias apresenta relevo de formas irregulares, como resultado de processos essencialmente erosivos. Está situado em grande parte no Pediplano Central do Maranhão, assim denominado por encontrar-se entre o Planalto da Bacia Sedimentar Piauí-Maranhão, a oeste e o Planalto Setentrional Pará-Maranhão, a leste.

A estrutura geológica é constituída de materiais intensamente alterados, exercendo pouca influência sobre a geomorfologia local. O relevo é constituído por uma “superfície pediplanada levemente inclinada para norte-nordeste acompanhando o vale do rio Parnaíba, resultando da coalescência dos vales pedimentados dos rios Parnaíba, Itapecuru, Corda, Mearim e Alpercatas” (PROJETO RADAMBRASIL, 1973; p. I/11).

A cartografia do Projeto RADAMBRASIL, realizada na escala de 1: 1.000.000, ainda é referência para muitos trabalhos realizados na região. A ilustração a seguir é a reprodução de um trecho da referida carta (Figura 19).

Figura 19 – Excerto do Mapa com as Unidades de relevo de Caxias, segundo o Projeto RADAM.



Fonte: Projeto RADAMBRASIL, 1973.
Organização. ARAÚJO, 2012

Observa-se que há predomínio expressivo de formas tabulares e superfícies aplainadas. O domínio de climas tropicais com elevada pluviosidade, a existência de rochas areníticas e os aspectos estruturais de uma bacia sedimentar muito extensa e antiga respondem pela existência de tais formas. Apesar da escala de mapeamento, os trabalhos do Projeto Radam contribuíram para o conhecimento científico e em maior detalhe da região.

O Atlas do Maranhão (IBGE, 1984) situa o município de Caxias na unidade de relevo denominada de “superfície maranhense com testemunhos”. Trata-se de relevo constituído de testemunhos tabulares da superfície de cimeira do ciclo Velhas.

O Zoneamento Ecológico-Econômico da bacia do Rio Itapecuru (IBGE, 1998) foi realizado pelo Governo do Maranhão, visando a gestão ambiental da bacia hidrográfica que abastece São Luís, a capital do estado. Trata-se de um estudo integrado da paisagem, dentro de um enfoque holístico-sistêmico, em que a bacia hidrográfica é tratada como um sistema natural.

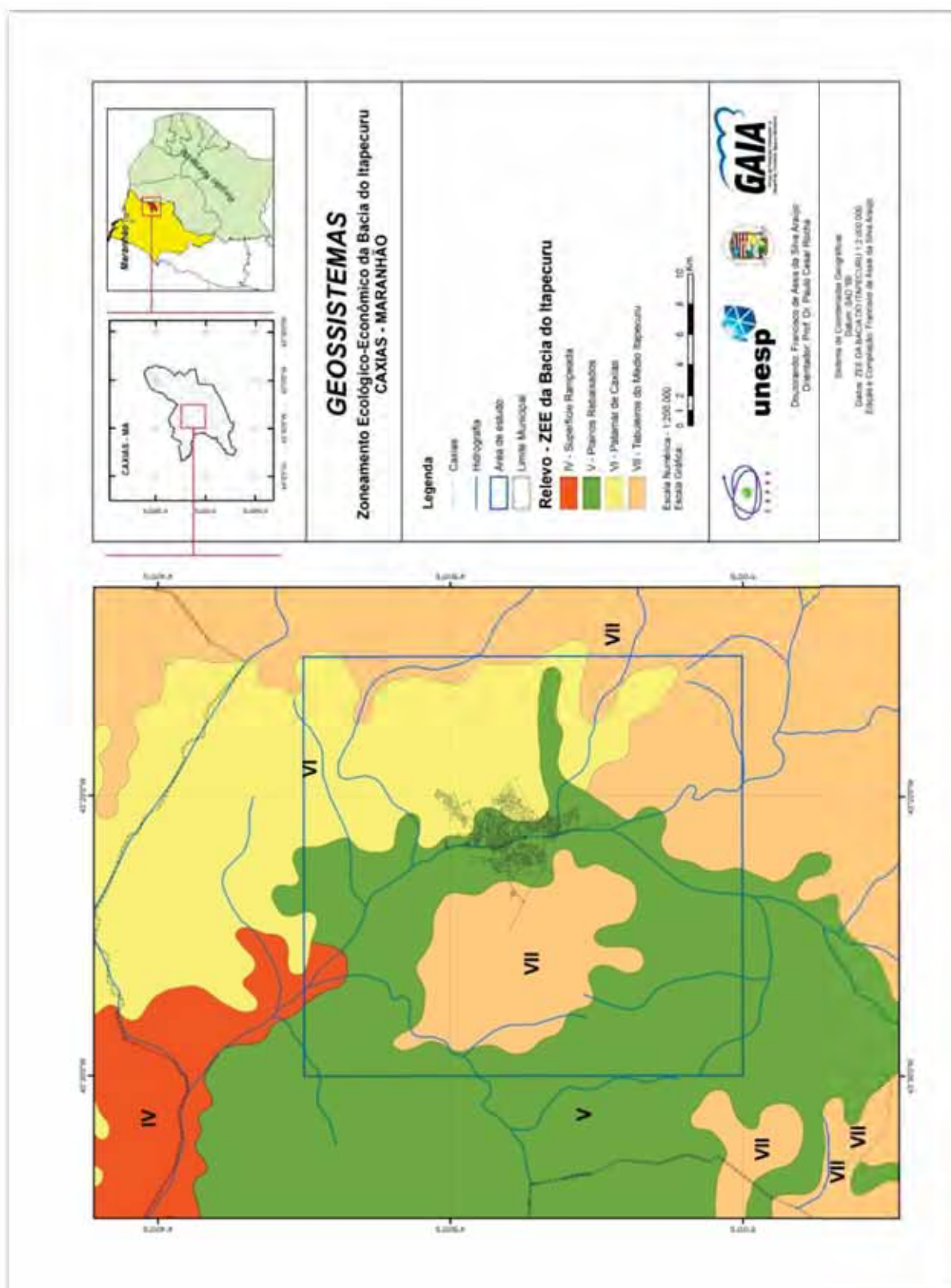
Para os estudos de geomorfologia foi adotada a mesma metodologia desenvolvida pelo Projeto RADAMBRASIL (1973), na escala de 1:250.000. Foram identificados quatro sistemas naturais (Figura 20):

- a) Planície Costeira no Domínio das Formações Pioneiras;
- b) Planalto e Superfície Rebaixada no Domínio da Floresta Estacional,
- c) Tabuleiros e Patamares no domínio da Tensão Ecológica, e
- d) Chapadões e Vales no Domínio da Savana.

A área de Caxias está inserida no sistema natural dos “Tabuleiros e Patamares no Domínio da Tensão Ecológica”. Este, por sua vez, foi dividido em quatro geossistemas:

IV – Superfície Rampeada: extensas áreas aplainadas, situadas entre 120 e 150 metros de altitude e declividade entre 0 e 8% e solos Neossolos Quartzarenicos.

Figura 20 – Geossistemas e relevo da área de Caxias, definidos pelo o Zoneamento Ecológico-Econômico da bacia do rio Itapecuru. O número e o nome das unidades são identificados no texto.



Fonte: IBGE (1998).
Organização: ARAÚJO, 2012

V – Planos Rebaixados: áreas de plainos irregulares, com altitudes entre 130 e 150 m, com dissecação incipiente e declividades inferiores a 3%. Relevo formado por cristas, pontões e morro isolados, possui declividade de 8 a 20%. Predomínio de Plintossolos e Argissolos pouco férteis e rasos.

VI – Patamar de Caxias: representado por colinas e vales com declividade baixa e morros isolados, esculpidos em arenitos, siltitos e folhelhos, de onde se originaram Argissolos de baixa e média fertilidade, com vulnerabilidade à erosão de alta a muito alta; e

VII – Tabuleiros do médio Itapecuru: constituído por arenitos argilosos e cobertura areno-argilosa, dissecados com várzeas e terraços, ao longo dos rios, variando de 180 a 240 m. Latossolos recobrem o topo dessas elevações, enquanto nas partes mais baixas, sujeitas a inundações, predominam os Plintossolos e Gleissolos. A vulnerabilidade geoambiental desta unidade varia de baixa a muito alta.

Em estudo recente Feitosa (2006) propõe uma compartimentação geomorfológica para o Maranhão em duas grandes unidades morfoestruturais, sem, contudo, apresentar um mapa:

1. A Planície, constituída por terrenos com amplitudes altimétricas inferiores a 200 m, dominando a porção norte do Estado, onde se destacam o Litoral Ocidental, o Golfão Maranhense e o Litoral Oriental; e

2. O Planalto, que inclui as áreas mais elevadas do centro-sul do Estado, dividido em Pediplano Central, Planalto Oriental, Planalto Ocidental, Depressão do Balsas e Planalto Meridional.

Na classificação proposta por Feitosa (2006) a área de Caxias situa-se parte na Planície Fluvial e parte no Planalto Oriental. A Planície fluvial é formada por terrenos aluviais que vão do litoral ao baixo curso dos grandes rios maranhenses, dentre eles o Itapecuru, que tem a cidade de Caxias como divisor entre o médio e o baixo curso. O Planalto Oriental compreende o centro-sul maranhense. É formado por terrenos com altitudes entre 200 e 400 m. Apresenta forma tabulares, que decaem para vales mais amplos em colinas de declividade média a alta (FEITOSA, 2006).

4.3.4 Hidrografia

O Maranhão possui uma rede hidrográfica considerável. Numerosos rios e lagos constituem um grande potencial hídrico, colocando o Estado em situação privilegiada na Região Nordeste quanto a este recurso. Desde o início da sua história, os maranhenses têm utilizado rios e lagos como vias de transporte, possibilitando o povoamento do interior e como fonte de água e alimento.

Pela sua importância geográfica e histórica, a hidrografia maranhense tem sido objeto de grande interesse científico. Destacam-se aqui os trabalhos de Steffan (1977), sobre a hidrografia regional; Bizerra (1984), Barradas (1996) e Alcântara (2004), sobre a bacia do Itapecuru.

A rede hidrográfica maranhense reflete as condições climáticas do território, mais próximas dos climas amazônicos do que das regiões mais secas do Nordeste. As principais bacias, tributárias do golfo maranhense, têm suas nascentes em áreas de pluviosidade entre 1.250 e 2.000 mm anuais.

O padrão dominante de drenagem, na área estudada, é o dendrítico, também designado como arborescente (HOWARD, 1967). Os tributários distribuem-se em todas as direções, e se unem formando ângulos agudos. Esse padrão é tipicamente desenvolvido sobre rochas de resistência uniforme, ou em estruturas sedimentares horizontais.

Os terrenos sedimentares e os solos permeáveis retêm a água nos meses mais secos garantindo o escoamento regular das águas (STEFFAN, 1977). A topografia tabuliforme, entalhada profundamente, e os falhamentos direcionam a drenagem, dando aos rios um percurso quase retilíneo no sentido sul-norte.

Caxias está inserido em duas grandes bacias hidrográficas regionais: a bacia do Itapecuru e a do Parnaíba.

O rio Itapecuru, principal curso d'água do estado do Maranhão, divide a cidade em duas partes: a área central (Figura 21), na margem direita e a Trezidela⁸ na margem esquerda. Diversos afluentes do rio Itapecuru como o Corrente, Gameleira, Coroatá, Olho D'água, Veneza, Itapecuruzinho, Sanharó, Ponte, Prata,

⁸ Azevedo (1979:233) afirma que trezidela é um "nome utilizado no Meio Norte e surgido em Caxias, no Maranhão". Marques (1970:185) utiliza a grafia "tresidela" para explicar que o termo é uma corruptela de *Três Aldeias*, porque "semelhante etimologia parece acomodar-se com a denominação de Aldeias Altas".

Ouro, Limpeza e São José compoem a densa rede hidrográfica urbana caxiense. A cidade também divide o rio. Em Caxias, faz-se a transição do médio para o baixo curso do Itapecuru (BIZERRA, 1984).

Figura 21 – O Rio Itapecuru chegando à cidade de Caxias – MA. Na margem esquerda as ruínas de uma das usinas que processavam coco babaçu para produzir óleo comestível e derivados – a Francastro. A mata ciliar, neste ponto, próximo à BR 316, ainda encontra-se razoavelmente preservada.



Fonte: Prefeitura Municipal.
Org.: ARAÚJO, 2010.

A bacia do Rio Itapecuru possui uma área de pouco mais de 53.000 km². Nasce na região dos chapadões denominados localmente por serras da Croeira e do Itapecuru, ao sul da serra das Alpercatas. Seu curso é relativamente sinuoso e encaixado, com uma extensão de 925 km. Corre inicialmente no sentido nordeste, mas ao atingir a cidade de Caxias forma uma longa curva, mudando seu curso para noroeste (RIBEIRO, 2001). Steffan (1977) e Bizerra (1984) dizem tratar-se de uma possível captura fluvial. Os dados que comprovem essa afirmativa são escassos ainda.

São antigos os registros relacionados aos episódios das enchentes no município. Marques (1970) menciona grandes cheias do rio Itapecuru ocorridas nos

anos de 1789 e 1805. Gaioso (1970) faz o mesmo, mas vai além ao atribuir este fenômeno ao fato “de se haverem abatido os madeiros, que ficão nessa beiradas cujos destroços tirando às barreiras o seu necessário amparo, forão precipitando as arêas no fundo do rio, de que se originou um leito menor, para receber as agoas do monte.”

Os cursos d'água da área urbana encontram-se altamente comprometidos com a carga de dejetos de toda ordem lançada sistematicamente em seus leitos, pela retirada da mata ciliar e consequente erosão das margens e pelas construções em áreas de preservação permanente.

A bacia do Rio Parnaíba ocupa quase um quinto do território maranhense. O maior afluente maranhense é o Rio Balsas. Com cerca de 1.400 km de extensão, o Parnaíba representa o limite entre os climas mais úmidos, a oeste, onde predominam rios perenes e a leste, onde surgem rios temporários ou intermitentes, próprios do sertão semiárido nordestino.

O aproveitamento dos recursos hídricos maranhenses ainda é bastante reduzido. Por percorrerem terras baixas os rios maranhenses apresentam baixo potencial hidrelétrico. Por outro lado, o Estado possui mais de 5.000 km de rios navegáveis, entretanto o transporte fluvial é insignificante, porque a economia é frágil, existe a concorrência das rodovias e grandes rios, como o Grajáú e o Mearim, atravessam regiões ainda muito isoladas. O mesmo ocorre com a irrigação, porque a agricultura é atrelada ao período chuvoso e é baixa a inversão de capitais no setor primário maranhense.

A principal utilização dos recursos hídricos ocorre nas proximidades das áreas urbanas, com a derivação para abastecimento d'água e como dispersor de poluentes e resíduos industriais e humanos.

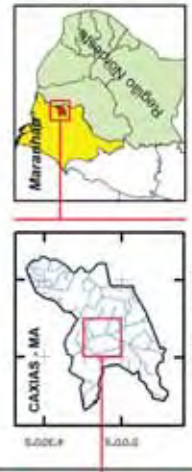
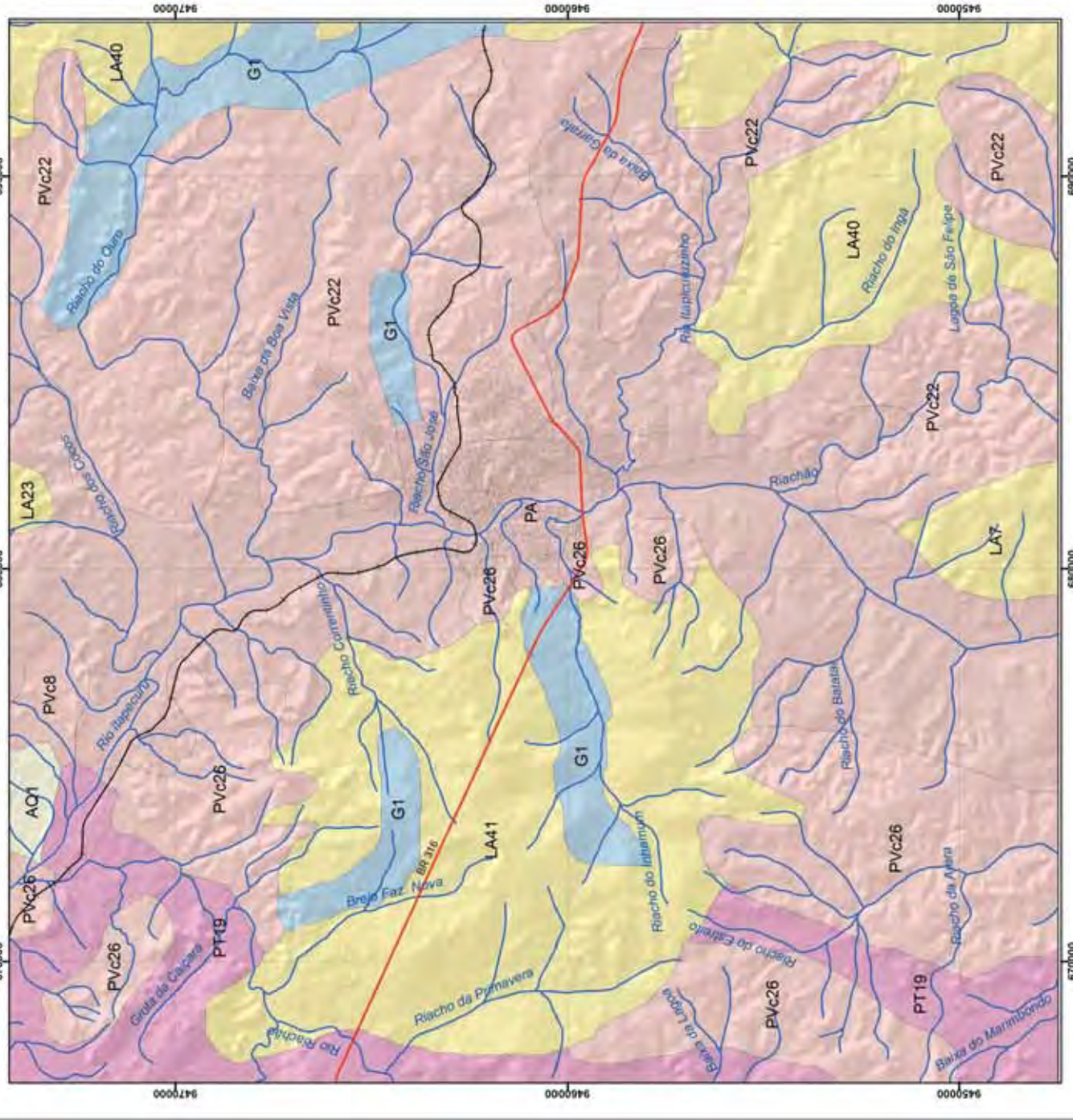
Para Santos (2010, p. 250), as principais fontes de degradação ambiental nas bacias hidrográficas maranhenses são: o desmatamento da vegetação ripária, causando assoreamento; o lançamento de esgotos domésticos e despejos industriais, a extração irregular de areia, a criação extensiva de animais e a ocupação urbana.

A dificuldade para enfrentar esses graves problemas tem componentes em todas as esferas da sociedade. As políticas públicas federais e estaduais de gestão do meio ambiente são ainda embrionárias. Para a grande maioria dos municípios maranhenses são quase completamente desconhecidas. Acredita-se que o poder público municipal, não apenas no Maranhão, mas também em escala regional, necessita de melhorias nas suas práticas administrativas e de gestão. Mesmo em municípios como o de Caxias percebe-se o quanto as políticas públicas são deficientes na gestão dos bens públicos e na prestação de serviços aos cidadãos.

4.3.5 Solos

Para o geógrafo, o conhecimento da origem e dinâmica ambiental do solo é significativo para determinar potencialidades e fragilidades no uso e ocupação de um território. As informações pedológicas são reputadas como das mais influentes e determinantes no planejamento e zoneamento ambientais. Entretanto, para essa parte do Brasil as informações disponíveis encontram-se numa escala inadequada para trabalhos dessa natureza.

O mapa de solos apresentado a seguir (Mapa 3) foi digitalizado a partir do mapeamento na escala 1:1.000.000 da Embrapa Solo para os Estados do Nordeste. A nomenclatura e a descrição foram adaptadas do Mapa Exploratório-Reconhecimento de Solos do Estado do Maranhão (EMBRAPA, 1986; 2006), cuja versão eletrônica encontra-se disponível na base de dados Embrapa Informática Agropecuária: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/62684/1/CNPS-BOL.-PESQ.-35-86.pdf>>.



MAPA 3 - ASSOCIAÇÕES DE SOLOS
Carta Topográfica SB23-X-B-IV-3
CAXIAS - MARANHÃO



Legenda

- Ferrovia
- BR 316
- Caxias
- Hidrografia

Associação de Solos

- AQ1 - AREIAS QUARTZOSAS
- G1 - GLEISSOLOS
- LA - LATOSSOLOS AMARELOS
- PT - PLINTOSSOLOS
- PA - PODZÓLICOS ACINZENTADOS
- PV - PODZÓLICOS VERMELHO AMARELO

Escala Numérica - 1:100.000
 Escala Gráfica: 0 1 2 4 6 Km



Doutorando: Francisco de Assis da Silva Araújo
 Orientador: Prof. Dr. Paulo Cesar Rocha

Sistema de Coordenadas: UTM - Fuso 23M
 Datum: SIRGAS 2000
 Dados: EMBRAPA, 1986.
 Edição e Compilação: Francisco de Assis da Silva Araújo

Para esta modalidade de mapeamento, generalizado e de pequena escala, são identificadas unidades cartográficas compostas frequentemente de associações de solos (LEPSCH, 2002). Uma associação de solos é definida pelo IBGE (2007; p.125) como

um grupamento de unidades taxonômicas definidas, associadas geográfica e regularmente num padrão de arranjo definido. É constituída por classes de solos distintos, com limites nítidos ou pouco nítidos entre si, que normalmente podem ser separados em levantamentos de solos mais pormenorizados. (...) Sua designação é feita pela junção dos nomes de duas ou mais classes de solos e/ou tipos de terreno ligados pelo sinal (+).

A caracterização geral das associações de solos existentes na área de estudo e o percentual de cada tipo existente em cada polígono foi adotado de Embrapa (1986; 2006). Para a área de estudo foram definidas as seguintes associações de solos (Mapa 3):

AQ1 – Associação de 4 componentes de solos: 1º - (40%) AREIAS QUARTZOSAS, A fraco e moderado. Fase cerrado subcaducifólio, floresta subcaducifólia dicótilo-palmácea (com babaçu) relevo plano e suave ondulado + 2º - (35%) PLINTOSSOLO Tb ÁLICO e DISTRÓFICO, A moderado, textura média e textura arenosa/média. Fase cerrado subcaducifólio, floresta subcaducifólia dicótilo-palmácea (com babaçu) relevo plano e suave ondulado.+ 3º (15%) GLEISSOLO Tb ÁLICO e DISTRÓFICO solódico e não solódico vértico e não vértico A moderado textura indiscriminada. Fase floresta perenifólia hidrófila e higrófila de vereda com buriti relevo plano.+ 4º (10%) AREIAS QUARTZOSAS HIDROMÓRFICAS ÁLICAS e DISTRÓFICAS A moderado. Fase floresta perenifólia hidrófila e higrófila de vereda com buriti relevo plano.

G1 – Associação com 3 componentes de solo (Figura 25): 1º (50%) GLEISSOLO Tb e Ta ÁLICO e DISTRÓFICO A moderado textura indiscriminada. Fase floresta perenifólia hidrófila e higrófila de vereda com buriti relevo plano. 2º (30%) AREIAS QUARTZOSAS HIDROMÓRFICAS ÁLICAS e DISTRÓFICAS A moderado. Fase floresta perenifólia hidrófila e higrófila de vereda com buriti relevo plano. 3º (20%) PODZÓLICO ACINZENTADO Tb ÁLICO e DISTRÓFICO A moderado textura média e arenosa/média. Fase cerrado/floresta com e sem babaçu relevo plano e suave ondulado.

LA23 – Associação com 2 componentes de solo: 1º (70%) LATOSSOLO AMARELO ÁLICO e DISTRÓFICO A moderado e proeminente textura média. Fase cerrado subcaducifólio, cerrado subcaducifólio/floresta subcaducifólia relevo plano e suave ondulado. 2º (30%) PODZÓLICO VERMELHO-AMARELO CONCRECIONÁRIO ÁLICO e DISTRÓFICO plíntico e não plíntico A moderado e proeminente textura média e média/argilosa. Fase cerrado subcaducifólio, cerrado subcaducifólio/floresta subcaducifólia com e sem babaçu relevo suave ondulado.

LA7 - Associação com 3 componentes de solo: 1º (50%) LATOSSOLO AMARELO ÁLICO e DISTRÓFICO A moderado e proeminente textura média e argilosa. Fase floresta subcaducifólia/caducifólia, floresta subcaducifólia dicótilo-palmácea (babaçual e/ou com babaçu) relevo plano e suave ondulado. 2º (25%) LATOSSOLO AMARELO ÁLICO e DISTRÓFICO A moderado e proeminente textura média e argilosa. Fase pedregosa (cn) III floresta subcaducifólia/caducifólia, floresta subcaducifólia dicótilo-palmácea (babaçual e/ou com babaçu) relevo plano e suave ondulado. 3º (25%) PODZÓLICO VERMELHO-AMARELO CONCRECIONÁRIO ÁLICO e DISTRÓFICO plíntico e não plíntico A moderado e proeminente textura média e média/argilosa. Fase floresta subcaducifólia/caducifólia, floresta subcaducifólia dicótilo-palmácea (babaçual e/ou com babaçu) relevo plano e suave ondulado.

Figura 22 – Paisagem de ocorrência de Gleissolos e Areias Quartzosas (G1) ao longo do Rio São José, no Bairro São Francisco. Descrição no texto.



Foto e Organização: ARAÚJO, 2010.

LA40 - Associação com 2 componentes de solo: 1º (60%) LATOSSOLO AMARELO ÁLICO e DISTRÓFICO A moderado textura média fase cerrado subcaducifólio, cerrado subcaducifólio/floresta subcaducifólia relevo plano ou plano e suave ondulado. + 2º (40%) AREIAS QUARTZOSAS ÁLICAS e DISTRÓFICAS A fraco e moderado fase cerrado subcaducifólio, cerrado subcaducifólio/floresta subcaducifólia relevo plano ou plano e suave ondulado.

LA41 - Associação com 5 componentes de solo: 1º (30%) LATOSSOLO AMARELO ÁLICO e DISTRÓFICO A moderado textura média. Fase cerrado subcaducifólio, cerrado subcaducifólio/floresta subcaducifólia relevo plano e suave ondulado. 2º (25%) PODZÓLICO VERMELHO-AMARELO CONCRECIONÁRIO ÁLICO e DISTRÓFICO plíntico e não plíntico A moderado textura média/argilosa. Fase cerrado subcaducifólio, cerrado subcaducifólio/floresta subcaducifólia relevo suave ondulado e ondulado. 3º (25%) AREIAS QUARTZOSAS ÁLICAS e DISTRÓFICAS A fraco e moderado. Fase cerrado subcaducifólio, cerrado subcaducifólio/floresta subcaducifólia relevo plano e suave ondulado. 4º (10%) PLINTOSSOLO Tb ÁLICO e DISTRÓFICO A moderado e proeminente textura arenosa e média/média e argilosa. Fase floresta subcaducifólia/cerrado com babaçu, floresta subcaducifólia dicótilo-palmácea (babaçual ou com babaçu e/ou com buriti) relevo plano e suave ondulado. 5º (10%) PODZÓLICO ACINZENTADO Tb ÁLICO e DISTRÓFICO A moderado e proeminente textura arenosa e média/média e argilosa. Fase floresta subcaducifólia/ cerrado com babaçu, floresta subcaducifólia dicótilo-palmácea (babaçual ou com babaçu e/ou buriti) relevo plano e suave ondulado.

Figura 23 – Perfil de um Plintossolo pétrico concrecionário, próximo à BR 316, ao sul do Bairro Bela Vista. Observa-se a segregação de óxido de ferro na forma de nódulos e/ou concreções em camada contínua (Horizonte B litoplíntico), no centro do perfil. Descrição no texto.



Foto: Érico Rodrigues.
Organização: ARAÚJO, 2010.

PA – Associação com 3 componentes de solo: 1º (50%) PODZÓLICO ACINZENTADO Tb ÁLICO e DISTRÓFICO A fraco e moderado textura média e arenosa/média. Fase floresta subcaducifólia dicótilo-palmácea (babaçual), floresta subcaducifólia/cerrado com e sem babaçu relevo plano e suave ondulado. 2º (25%) PLINTOSSOLO Tb ÁLICO e DISTRÓFICO A fraco e moderado textura média e arenosa/média. Fase floresta subcaducifólia dicótilo-palmácea (babaçual), floresta subcaducifólia/cerrado com e sem babaçu relevo plano e suave ondulado. 3º (25%) PODZÓLICO VERMELHO-AMARELO CONCRECIONÁRIO ÁLICO e DISTRÓFICO plíntico e não plíntico A moderado e proeminente textura média e média/argilosa. Fase floresta subcaducifólia dicótilo-palmácea (babaçual), floresta subcaducifólia/cerrado com e sem babaçu relevo suave ondulado e ondulado.

PVc8 – Associação com 3 componentes de solo: 1º (50%) PODZÓLICO VERMELHO-AMARELO CONCRECIONÁRIO ÁLICO e DISTRÓFICO plíntico e não plíntico A moderado e proeminente textura média e média/ argilosa. Fase floresta subcaducifólia dicótilo-palmácea (babaçual), floresta subcaducifólia/cerrado relevo suave ondulado e ondulado ou suave ondulado a forte ondulado. 2º (30%) PODZÓLICO ACINZENTADO Tb ÁLICO e DISTRÓFICO A moderado textura média e arenosa/média. Fase floresta subcaducifólia dicótilo-palmácea (babaçual) relevo plano e suave ondulado. 3º (20%) AREIAS QUARTZOSAS ÁLICAS e DISTRÓFICAS A moderado. Fase floresta subcaducifólia dicótilo-palmácea (babaçual) relevo plano.

PVc22 – Associação com 3 componentes de solo: 1º (50%) PODZÓLICO VERMELHO-AMARELO CONCRECIONÁRIO ÁLICO, DISTRÓFICO e EUTRÓFICO plíntico e não plíntico A moderado e proeminente textura média e média/argilosa. Fase floresta subcaducifólia dicótilo-palmácea (babaçual e/ou com babaçu), floresta subcaducifólia/caducifólia e/ou floresta subcaducifólia/cerrado subcaducifólio relevo suave ondulado e ondulado. 2º (30%) LATOSSOLO AMARELO ÁLICO e DISTRÓFICO A moderado e proeminente textura média. Fase floresta subcaducifólia dicótilo-palmácea (babaçual e/ou com babaçu), floresta subcaducifólia/caducifólia e/ou floresta subcaducifólia/cerrado subcaducifólio relevo plano e suave ondulado. 3º (20%) PLINTOSSOLO Tb ÁLICO, DISTRÓFICO e EUTRÓFICO A moderado e proeminente textura arenosa e média/média e argilosa. Fase floresta subcaducifólia dicótilo-palmácea (babaçual) relevo plano e suave ondulado.

PVc26 – Associação com 4 componentes de solo: 1º (40%) PODZÓLICO VERMELHO-AMARELO CONCRECIONÁRIO DISTRÓFICO e EUTRÓFICO plíntico e não plíntico A moderado textura média e média/argilosa. Fase erodida e não erodida floresta subcaducifólia/caducifólia com e sem babaçu relevo suave ondulado e ondulado ou suave ondulado a forte ondulado. 2º (35%) SOLOS LITÓLICOS textura média. Fase pedregosa e rochosa erodida e não erodida substrato arenito e siltito ambos fase erodida e não erodida; floresta subcaducifólia/caducifólia com e sem babaçu, floresta subcaducifólia/cerrado com e sem babaçu relevo suave ondulado e ondulado ou suave ondulado a forte ondulado. 3º (15%) PLINTOSSOLO Tb ÁLICO, DISTRÓFICO e EUTRÓFICO A moderado textura arenosa e média/média e argilosa. Fase floresta subcaducifólia dicótilo-palmácea (babaçual e/ou com babaçu), floresta subcaducifólia/cerrado com e sem babaçu relevo plano e suave ondulado. 4º (10%) PODZÓLICO ACINZENTADO Tb ÁLICO, DISTRÓFICO e EUTRÓFICO com e sem fragipan A moderado textura arenosa e média/média e argilosa. Fase floresta subcaducifólia dicótilo-palmácea (babaçual e/ou com babaçu), floresta subcaducifólia/cerrado com e sem babaçu relevo plano e suave ondulado.

PT19 – Associação com 3 componentes de solo: 1º (40%) PLITOSSOLO Tb e Ta ÁLICO, DISTRÓFICO e EUTRÓFICO A moderado textura média e média/argilosa. Fase floresta subperenifólia dicótilo-palmácea (babaçual e com babaçu), complexo cicótilo-palmáceo (babaçu e carnaúba, com espécies de cerrado e caatinga) relevo plano e suave ondulado. 2º (35%) PODZÓLICO VERMELHO-AMARELO Tb ÁLICO, DISTRÓFICO e EUTRÓFICO plíntico e não plíntico A moderado textura média e média argilosa. Fase pedregosa (cn) II e não pedregosa cerrado subcaducifólio, cerrado subcaducifólio/floresta subcaducifólia/caatinga com e sem carnaúba e babaçu e floresta subcaducifólia dicótilo-palmácia (babaçual e com babaçu) relevo plano e suave ondulado. 3º (25%) SOLONETZ-SOLODIZADO Ta A fraco e moderado textura média/argilosa e siltosa. Fase complexo dicótilo-palmáceo (babaçu e carnaúba com espécies de cerrado e caatinga) relevo plano e suave ondulado.

Considerando a época em que este mapeamento foi realizado, é necessário estabelecer uma correlação entre notação dos tipos de solos adotados à época deste levantamento (EMBRAPA, 1986) com a notação adotada atualmente (EMBRAPA, 2006), conforme apresentado na Tabela 7, a seguir.

Tabela 7 – Associação de Solos – Correlação entre a notação antiga e a atual (2006) do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos.

Símbolo	Notação Antiga	Notação Atual (2006)	Área (Km ²)	Percentual (%)
AQ1	1º (40%) Areias Quartzosas	1 – Neossolo	3,39	0,46
	2º (35%) Plintossolo Tb Álico e Distrófico,	2 – Plintossolo		
	3º (15%) Gleissolo Tb Álico e Distrófico	3 – Gleissolo		
	4º (10%) Areias Quartzosas Hidromórficas Álicas e Distróficas	4 – Neossolo		
G1	1º (50%) Gleissolo Tb e Ta Álico e Distrófico	1 – Gleissolo	42,78	5,90
	2º (30%) Areias Quartzosas Hidromórficas Álicas e Distróficas	2 – Neossolo		
	3º (20%) Podzólico Acinzentado Tb Álico e Distrófico	3 – Argissolo		
LA23	1º (70%) Latossolo Amarelo Álico e Distrófico	1 – Latossolo		
	2º (30%) Podzólico Vermelho-Amarelo Concrecionário Álico e Distrófico	2 – Argissolo		
LA7	1º (50%) Latossolo Amarelo Álico e Distrófico	1 – Latossolo		
	2º (25%) Latossolo Amarelo Álico e Distrófico	2 – Latossolo		
	3º (25%) Podzólico Vermelho-Amarelo Concrecionário Álico e Distrófico	3 – Argissolo		
LA40	1º (60%) Latossolo Amarelo Álico e Distrófico	1 – Latossolo	179,42	24,47
	2º (40%) Areias Quartzosas Álicas e Distróficas	2 – Neossolo		
LA41	1º (30%) Latossolo Amarelo Álico e Distrófico	1 – Latossolo		
	2º (25%) Podzólico Vermelho-Amarelo Concrecionário Álico e Distrófico	2 – Argissolo		
	3º (25%) Areias Quartzosas Álicas e Distróficas	3 – Neossolo		
	4º (10%) Plintossolo Tb Álico e Distrófico	4 – Plintossolo		
	5º (10%) Podzólico Acinzentado Tb Álico e Distrófico	5 – Argissolo		
PA	1º (50%) Podzólico Acinzentado Tb Álico e Distrófico	1 – Argissolo	168,19	22,94
	2º (25%) Plintossolo Tb Álico e Distrófico	2 – Plintossolo		
	3º (25%) Podzólico Vermelho-Amarelo Concrecionário Álico	3 – Argissolo		
PVc8	1º (50%) Podzólico Vermelho-Amarelo Concrecionário Álico e Distrófico	1 – Argissolo		
	2º (30%) Podzólico Acinzentado Tb Álico e Distrófico	2 – Argissolo		
	3º (20%) Areias Quartzosas Álicas Distróficas	3 – Neossolo		
	1º (50%) Podzólico Vermelho-Amarelo Concrecionário Álico, Distrófico e Eutrófico	1 – Argissolo		
PVc22	2º (30%) Latossolo Amarelo Álico e Distrófico	2 – Latossolo	275,46	37,60
	3º (20%) Plintossolo Tb Álico, Distrófico e Eutrófico	3 – Plintossolo		
	1º (40%) Podzólico Vermelho-Amarelo Concrecionário Distrófico e Eutrófico	1 – Argissolo		
PVc26	2º (35%) Solos Litólicos	2 – Neossolo		
	3º (15%) Plintossolo Tb Álico, Distrófico e Eutrófico	3 – Plintossolo		
	4º (10%) Podzólico Acinzentado Tb Álico, Distrófico e Eutrófico	4 – Argissolo		
	1º (40%) Plintossolo Tb e Ta Álico, Distrófico E Eutrófico	1 – Plintossolo		
PT19	2º (35%) Podzólico Vermelho-Amarelo Tb Álico, Distrófico e Eutrófico	2 – Argissolo	63,78	7,90
	3º (25%) Solonetz-Solodizado Ta	3 – Planossolos		
Total			733,02	99,27

Fonte: Embrapa, 2006

Este capítulo teve como objetivo apresentar a geografia da área estudada nesta tese. Baseou-se fundamentalmente em revisão de literatura e análise de mapas e de dados estatísticos.

Partindo das origens históricas do Maranhão e do município de Caxias, foi possível perceber que a ocupação do território em questão obedeceu ao “sentido da colonização” implantado no Brasil pela coroa portuguesa. Este modelo, marcado pela exploração predatória dos recursos naturais ainda se encontra muito arraigado na população local.

Tratando-se das características naturais, a área estudada é bastante complexa por situar-se numa área de transição (AB’SABER, 1986) ou de tensão ecológica (IBGE, 1998) dos trópicos. Apresenta clima tropical em que períodos de alta pluviosidade se alternam com uma estação seca prolongada.

A geologia apresenta-se na forma de pacotes sedimentares quase horizontais, com dissecação acentuada. A rede hidrográfica, dominada pelo Rio Itapecuru e afluentes, é de modo geral dendrítica, mas apresenta diversos trechos encaixados, evidenciando influencia estrutural.

O relevo apresenta-se com uma planície e terraços fluviais estreitos, além de colinas de topos plano-arredondados, com argissolos, latossolos e plintossolos concrecionários. Os fundos de vale apresentam estreita faixa de gleissolos.

A cobertura vegetal varia do cerrado às matas com palmáceas de carnaúba (*Copernicia prunifera*), babaçu (*Orbignya phalerata*) e buriti (*Mauritia flexuosa*), altamente antropizadas.

É um ambiente que apresenta fragilidade ambiental considerável, assunto a ser tratado no próximo capítulo.

**Capítulo 5:
FRAGILIDADE E ZONEAMENTO
GEOMORFOLÓGICO-AMBIENTAL DA
CARTA SB-23-X-B-IV-3**



5 FRAGILIDADE E ZONEAMENTO GEOMORFOLÓGICO-AMBIENTAL DA CARTA SB-23-X-B-IV-3

5.1 Introdução

O planejamento físico-territorial, seja com enfoque socioeconômico ou ambiental, é um instrumento imprescindível para fazer frente a crescente intervenção das sociedades humanas sobre o meio ambiente. O estudo dos componentes bióticos e abióticos permite avaliar as potencialidades e fragilidades do ambiente e, conseqüentemente, planejar a ocupação dos espaços de forma racional.

A resolução dos problemas para o uso adequado das áreas urbanas é um processo difícil tendo em vista a complexidade das relações entre os elementos que compõem o espaço geográfico.

É necessário levantar e tratar uma grande quantidade de dados, tanto dos componentes ambientais quanto dos aspectos socioeconômicos. Na atualidade as ferramentas de geoprocessamento tem proporcionado ganho de tempo e economia de recursos no tratamento dos dados e na visualização das informações obtidas.

Os produtos finais como tabelas, gráficos e cartas temáticas devem possibilitar aos tomadores de decisão estabelecer regionalizações e zoneamentos que integrem esses elementos em paisagens ou geossistemas. Estas unidades espaciais devem servir como base para entender a problemática da área urbana afetada e sugerir as alternativas mais apropriadas às necessidades e reivindicações dos seus habitantes.

Esta pesquisa busca colaborar neste sentido ao levantar e processar informações com o intuito de espacializar os componentes geoambientais de Caxias, gerando cartas temáticas e propondo um zoneamento ambiental para a área mais densamente ocupada do município.

Para a determinação da carta de fragilidade da área de estudo apresentada adiante, foram identificadas suas variáveis geoambientais e a sua posição nas categorias hierárquicas, conforme a metodologia proposta por Ross (1994).

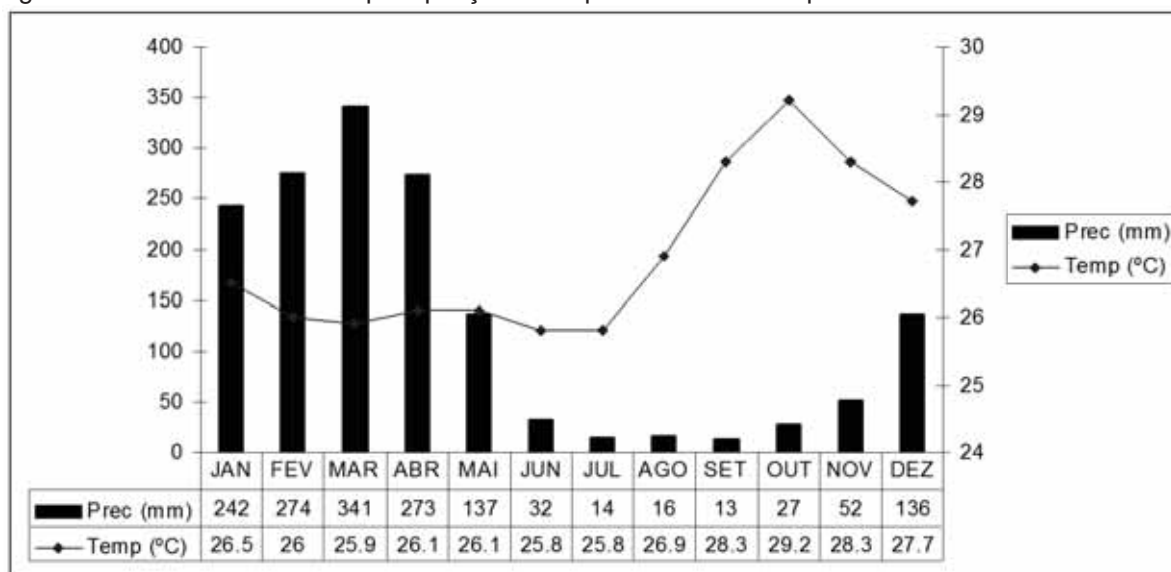
5.2 Área estudada – variável pluviométrica

O regime de chuvas destaca-se, dentre os dados climatológicos utilizados pela metodologia aqui adotada, principalmente pela ação direta que a pluviosidade exerce sobre a dinâmica ambiental.

A intensidade, a frequência e o volume das precipitações de regiões tropicais determinam a intensidade do intemperismo e dos processos erosivos, o regime hídrico e o comportamento da cobertura vegetal dos cerrados.

A variável pluviométrica exerce ainda influencia direta na dinâmica dos processos pedogenéticos e na evolução das formas do relevo. No gráfico a seguir (Figura 24), estão representados os dados de precipitação mensal e anual e temperaturas do município de Caxias.

Figura 24 – Valores médios de precipitação e temperatura do município de Caxias – MA.



Fonte: NEMRH, 2009.
Organização: ARAUJO, 2010.

Observa-se no gráfico acima que o período de mais intensas precipitações concentra-se no trimestre fevereiro-março-abril, quando chove 888 mm, isto é, 57,03% do total anual de 1557 mm. O trimestre mais seco é julho-agosto-setembro, quando caem 2,76%, ou 43 mm do total anual. É também o trimestre das médias termicas mais elevadas, superiores aos 27°C.

No Tabela 8 abaixo estão relacionados os níveis hierárquicos ligados às características climáticas, definidos por Ross (1994).

Tabela 8 – Níveis Hierárquicos das Variáveis Pluviométricas

Níveis Hierárquicos	Características Pluviométricas
1 – Muito Baixa	Situação pluviométrica com distribuição regular ao longo do ano, com volumes anuais não muito superiores a 1.000 mm/ano.
2 – Baixa	Situação pluviométrica com distribuição regular ao longo do ano, com volumes anuais não muito superiores a 2.000 mm/ano.
3 – Média	Situação pluviométrica com distribuição anual desigual, com períodos secos entre 2 e 3 meses no inverno, e no verão com maiores intensidades de dezembro a março.
4 – Forte	Situação pluviométrica com distribuição anual desigual, com período seco entre 3 e 6 meses, e alta concentração das chuvas no verão entre novembro e abril quando ocorrem 70 a 80% do total das chuvas
5 – Muito Forte	Situação pluviométrica com distribuição regular, ou não, ao longo do ano, com grandes volumes anuais ultrapassando 2.500 mm/ano; ou ainda comportamentos pluviométricos irregulares ao longo do ano, com episódios de chuvas de alta intensidade e volumes anuais baixos, geralmente abaixo de 900mm/ano (semi-árido).

Fonte: Spörl (2001)

Obs: em negrito a situação da variável pluviométrica da área estudada.

A área em questão situa-se no nível hierárquico **4 – forte**, por enquadrar-se nas seguintes características: “situação pluviométrica com distribuição anual desigual, com período seco entre 3 e 6 meses, e alta concentração das chuvas no verão entre novembro e abril quando ocorrem 70 a 80% do total das chuvas” (Quadro 4).

5.3 Área estudada – variável solos

A variável solos foi hierarquizada a partir dos tipos de associações de solos existentes na área pesquisada conforme o mapa Exploratório-Reconhecimento de Solos do Estado do Maranhão, proposto por Embrapa (1986). A metodologia de mapeamento adotada neste produto consistiu na delimitação de associações de solos, cuja denominação é determinada pela classe de solos que ocupa mais de 40% do polígono.

Os critérios de hierarquização obedecem ao proposto na metodologia de Ross (1994) e apresentada na Tabela 9. Para a composição do citado quadro foram consideradas características tais como: textura, plasticidade, grau de coesão das

partículas e profundidade/espessura dos horizontes. Foram identificadas cinco categorias de fragilidade que vão desde a classe muito baixa (1) até muito forte (5).

Tabela 9 – Classes de fragilidade do solo

Classes de Fragilidade	Classes de Solos
1 – Muito Baixa	Latossolo Roxo, Latossolo Vermelho escuro e Vermelho-Amarelo textura argilosa
2 – Baixa	Latossolo Amarelo e Vermelho-Amarelo textura média/argilosa
3 – Média	Latossolo Vermelho Amarelo, Terra Roxa, Terra Bruna, Podzólico Vermelho-amarelo textura média/argilosa
4 – Forte	Podzólico Vermelho-amarelo textura média/ arenosa, Cambissolos
5 – Muito Forte (Alta)	Podzolicos com cascalho, Litólicos e Areias Quartzosas

Fonte: Ross (1994)

Considerando que a expressão “forte” contrasta com ideia de fragilidade, sugere-se que a mesma seja substituída pelo termo “alta”.

Optou-se pela adoção da nomenclatura antiga da classificação de solos do Brasil para manter a coerência com as classes de solos da hierarquia proposta por Ross (1994). No capítulo anterior fez-se a correlação entre os dois sistemas de classificação adotados no país (Tabela 7).

A classe G1 corresponde à associação dominada por Gleissolos em 50%+ 30% de Areias quartzosas + 20% de Podzólico Acinzentado. Desta associação apenas as areias quartzosas aparecem na Tabela 9, apresentando alta fragilidade (5). Considerou-se então a média das características físicas das outras duas classes, que juntas compõem quase três quartos (70%) dos polígonos mapeados, adotou-se para essa classe a fragilidade (4).

Situação semelhante ocorreu com a classe PT19. Resultante da associação de Plintossolo+Podzólico Vermelho-Amarelo+Solonetz Solodado em 40%, 35% e 25% da área, respectivamente, os três apresentam textura média a média argilosa e relevo plano e suave ondulado. Para tais características adotou-se igualmente para essa classe a fragilidade (4).

De acordo com a Tabela 9, foi possível classificar os solos da área pesquisada segundo as classes de fragilidade acima mencionadas. O resultado da classificação, a área e a participação percentual de cada associação de solos na área estudada estão na Tabela 10, a seguir:

Tabela 10 – Classes de fragilidade das associações de solo – Caxias/MA.

Associação de solos e Solo Predominante	Percentual (%)	Área (ha)	Fragilidade
PV – Podzólico Vermelho	37,60	275.468,03	3
LA – Latossolos Amarelos	24,47	179.421,86	2
PA – Podzólicos Acinzentados	22,94	168.192,35	4
PT – Plintossolos	7,90	63.783,57	4
G1 – Gleissolos	5,90	42.787,97	4
AQ – Areias Quartzosas	0,46	3.380,80	5
Total	99,27	733.034,60	-

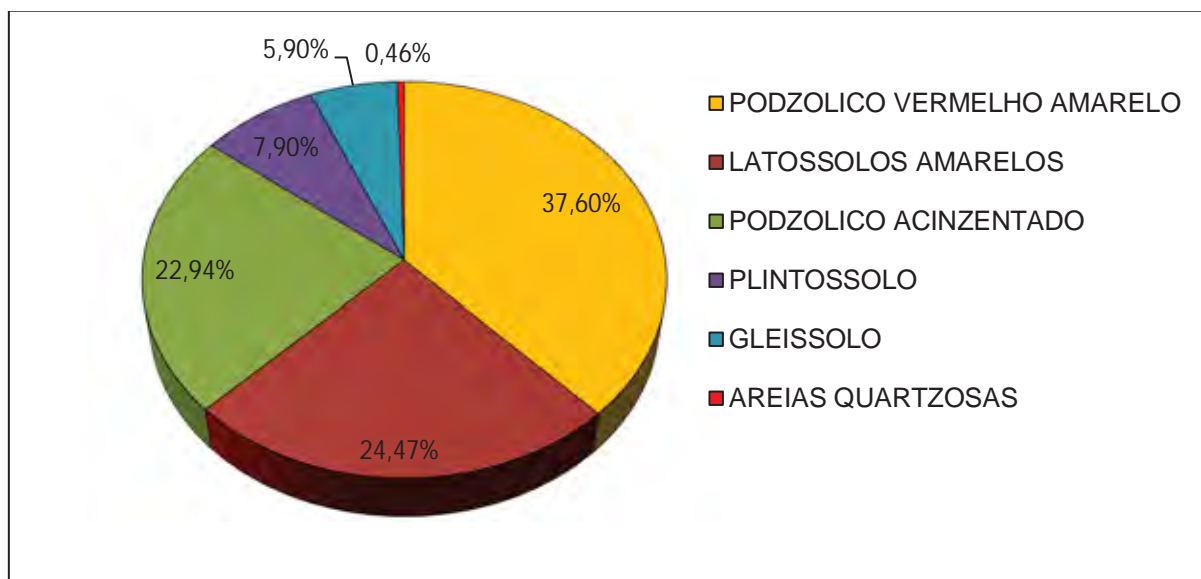
Fonte: ARAÚJO, 2012.

As associações de solos compostas pelos podzólicos, atualmente classificados como argissolos, correspondem a quase dois terços da área mapeada (60,54%) e apresentam fragilidade de média (3) a forte (4). Os argissolos ocupam normalmente a porção inferior das encostas. Apresentam características muito diversificadas, predominando na região os argissolos amarelos com cascalhos ou seixos de tamanho reduzido. A ocupação destas áreas deve ser feita considerando a alta suscetibilidade destes solos à erosão.

Os latossolos, típicos de áreas de cerrado, abrangem quase um quarto (24,47%) da área e apresentam fragilidade baixa (2). São solos normalmente muito profundos, com textura média e com tendência a formação de crostas, quando aumenta a presença de caulinita e de óxidos de ferro (goethita).

Os plintossolos apresentam fragilidade forte (4) e ocupam quase 10% da área total, mas compõem percentuais de até 30% de outras associações (Quadro 3). A presença de horizonte plíntico é sua característica mais evidente, podendo variar as demais. Na área de estudo estes solos (Figura 23) apresentam horizonte A e E com profundidade superior a 30 cm e com textura média a argilosa.

Figura 25 – Percentual de representação das associações de solo da área pesquisada – Caxias/MA.



Elaboração: Araújo, 2012

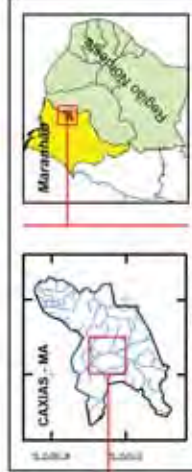
Considerando a cobertura pedológica da área pesquisada é possível afirmar que a maior parte, mais de 75%, é ocupada por solos de fragilidade média a forte ou muito forte.

5.4 Área estudada – variável grau de proteção do solo/cobertura vegetal

A cobertura vegetal do município de Caxias é bastante diversificada, tendo em vista seu caráter de transição ou de tensão ecológica entre a Amazônia úmida e Nordeste semiárido. Sobre a cobertura vegetal original existente em torno da área urbana, em meados do século XX, resta a descrição de Valverde (1957):

“Nas chapadas que circundam Caxias, predomina uma vegetação arbustiva, na qual estão entremeadas algumas espécies típicas dos cerrados. Existem, porém, bosques residuais da primitiva mata tropical semidecídua com babaçu, nos lugares em que a degradação provocada pelo homem não foi tão intensa. Essa mata deveria ser a formação vegetal predominante no vale do Itapecuru.” (VALVERDE, 1957:397).

Grande parte desta cobertura vegetal foi fortemente alterada pela cotonicultura nos séculos XIX e XX, restando muito pouco da vegetação original no município e na área pesquisada (Mapa 4).



MAPA 4 - USO E OCUPAÇÃO DA TERRA
Carta Topográfica SB23-X-B-IV-3
CAXIAS - MARANHÃO



Legenda

- Ferrovia
- BR 316
- Hidrografia

Uso e Ocupação da Terra

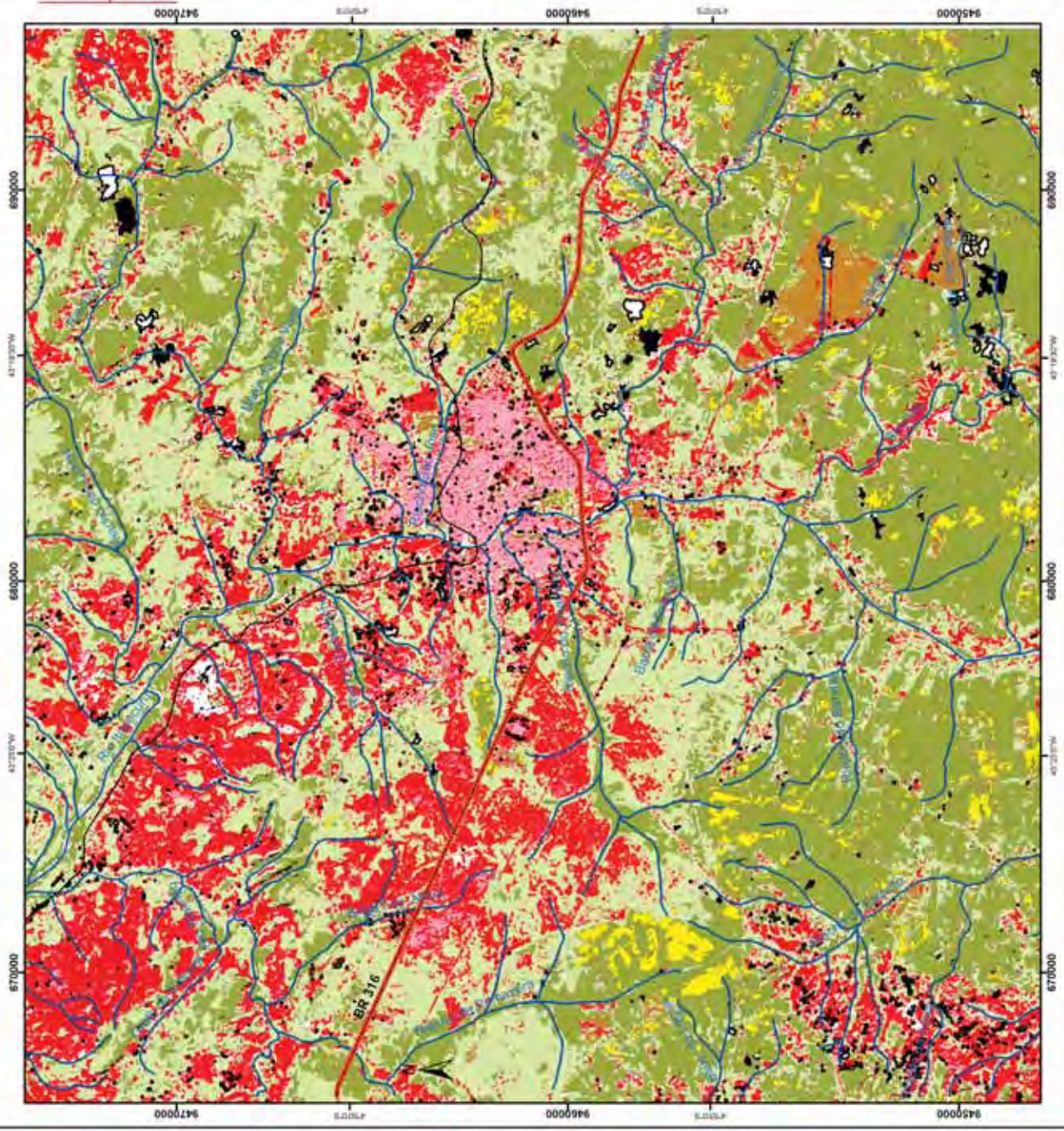
- Lavoura Temporária
- Área Urbanizada
- Capoeira
- Mata Secundária
- Pastagem
- Solo Exposto
- Nuvem
- Sombra

Escala Numérica - 1:100.000
 Escala Gráfica: 0 1 2 4 6 Km

unesp **GAIA**

Doutorando: Francisco de Assis da Silva Araújo
 Orientador: Prof. Dr. Paulo Cesar Rocha

Sistema de Coordenadas: UTM - Fuso 23M
 Datum: SURGAS 2000
 Dados: CPRM - Folha Caxias 1:250.000
 Edição e Compleção: Francisco de Assis da Silva Araújo



O grau de proteção do solo, proporcionado pela sua cobertura vegetal, é a terceira variável da metodologia de Ross (1994) aqui analisada. Na Tabela 11 são encontradas as classes de proteção, segundo o uso e ocupação da terra:

Tabela 11 – Graus de proteção do solo segundo a cobertura vegetal.

Graus de Proteção	Tipos de Cobertura Vegetal
1 – Muito Alta	Florestas/Matas Naturais, Florestas cultivadas com biodiversidade.
2 – Alta	Formações arbustivas naturais com estrato herbáceo denso. Formações arbustivas densas (Matas Secundária, Cerrado Denso, Capoeira densa). Formações naturais cultivadas de gramíneas (pastos)
3 – Fraca	Pastagens cultivadas com baixo pisoteio do gado, cultivo de ciclo longo como o cacau, cultivo de ciclo longo em curvas de nível/terraceamento como o café, laranja com forrageiras entre as ruas, pastagens com baixo pisoteio, silvicultura de eucaliptos com sub-bosque de nativas
4 – Baixa	Culturas de ciclo longo de baixa densidade (café, pimenta do reino, laranja com solo exposto entre as ruas), culturas de ciclo curto (arroz, trigo, feijão, soja, milho, algodão com cultivo em curvas de nível/terraceamento)
5 – Muito Baixa a Nula	Áreas desmatadas e queimadas recentemente, solo exposto por arado/gradeação, solo exposto ao longo de caminhos e estradas, terraplenagens, culturas de ciclo curto sem práticas conservacionistas.

Fonte: Ross (1994)

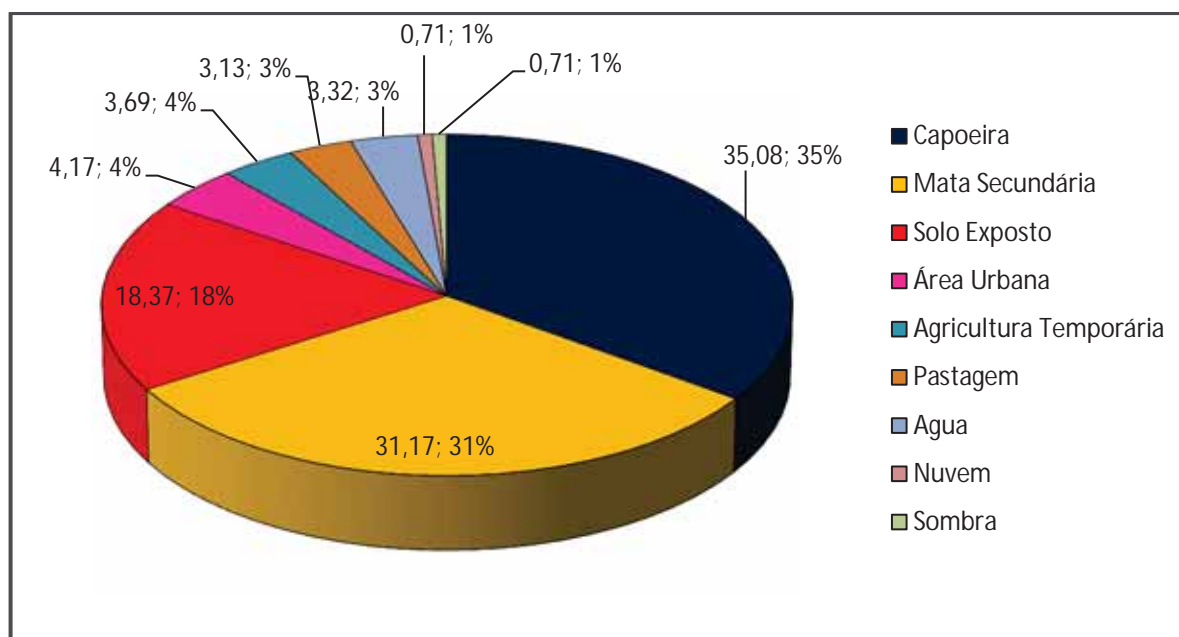
Para a identificação dos graus de proteção do solo, fez-se o cálculo das áreas ocupadas por nove categorias de uso e ocupação da terra. Os resultados são apresentados na Tabela 12 e no gráfico a seguir (Figura 26).

Tabela 12 – Graus de proteção do solo, segundo o uso e ocupação da terra e a cobertura vegetal da carta SB-23-X-B-IV-3 do município de Caxias – MA..

Ordem	Uso e Ocupação	Área (ha)	Área (%)	Graus de Proteção do Solo
1	Capoeira	26.648,6260	35,08	2
2	Mata Secundária	23.958,2094	31,17	1
3	Solo Exposto	14.120,0746	18,37	5
4	Área Urbana	3.209,6134	4,17	1
5	Agricultura Temporária	2.841,6750	3,69	5
6	Pastagem	2.406,3359	3,13	3
7	Agua	2.555,4047	3,32	-
8	Nuvem	550,8419	0,71	-
9	Sombra	548,6987	0,71	-
	Total	76.839,4800	100,35	

Fonte: ARAUJO, 2012

Figura 26 – Porcentual de Uso e Ocupação do Solo da carta SB-23-X-B-IV-3, Caxias – MA.



Organização: ARAÚJO, 2012.

A classificação supervisionada de uma imagem do sensor Landsat 5, de 15.08.2010, permitiu avaliar que à época ocorria o domínio de capoeiras, vegetação secundária e grandes manchas de solo exposto em mais de três quartos da área, como se observa na ilustração acima (Figura 29). Dos valores calculados e apresentados na tabela 4, mais de três quartos corresponde a alterações antrópicas relativas a exploração agrícola ou supressão da vegetação para outros fins.

A área urbana ocupa pouco mais de 4%, enquanto agricultura temporária e pastagens vão pouco além de 3%. Atualmente as culturas de subsistência continuam sendo feitas ano a ano nos mesmos moldes daquela praticada nos primeiros anos da ocupação do território, ou seja, através da coivara ou da “roça de toco”.

Os cerrados, com aspectos muito diversificados, dominavam grandes espaços do município e da área estudada. Ocupavam tanto as partes mais altas, até as áreas de relevo mais dissecado e deprimido. Recobriam praticamente todos os tipos de solos.

Denomina-se aqui de cerrado aberto a vegetação arbóreo-arbustiva mais espaçada, com indivíduos de pequeno porte, que mal chegam aos 3 metros, e solos cobertos irregularmente por gramíneas.

O cerrado típico (Figura 30) é igualmente espaçado, com indivíduos mais altos, de 3 a 5 metros, distantes uns dos outros em meio a um solo laterítico, em que podem surgir espécies como o babaçu indicando a presença de um clima mais úmido no passado dessa região.

Figura 27 – Cerrado Típico - município de Caxias – MA. Em primeiro plano observa-se o solo de aspecto arenoso e o tapete de gramíneas. Em segundo plano, arbustos de cerca de 5 m de altura, com troncos retorcidos e de pequeno diâmetro.



Fonte: IBGE
Organização: ARAÚJO, 2010.

A intervenção humana intensa e predatória comprometeu parte considerável da flora dos cerrados, comumente utilizado como fonte de energia de uso doméstico e comercial, além de ocupado pela agropecuária.

A estrutura fundiária injusta, típica da economia regional, justifica em parte essa prática. O mesmo ocorre com o gado, normalmente criado solto. As fazendas

modernas, com gado de boa genética e de alimentação controlada, estão presentes em diversos pontos do município, mas ainda representam uma exceção.

Ainda existem algumas manchas de cerrado em torno da área urbana de Caxias, sendo que uma delas foi transformada em unidade de conservação municipal: a Área de Preservação Ambiental do Inhamum. O local tem sido objeto de estudos, notadamente botânicos, para a comunidade do Centro de Estudos Superiores de Caxias, da Universidade Estadual do Maranhão.

A rodovia MA-127, que liga Caxias a Matões, atravessa a citada unidade de conservação, facilitado o acesso da população aos recursos de fauna e flora ali existentes e comprometendo sua integridade. Além da caça a pequenos animais e a retirada de lenha, um episódio em particular marca este histórico de degradação: o corte de uma árvore de grande porte que servisse como mastro para a bandeira do padroeiro da cidade, São Sebastião, realizada no mês de janeiro. O hábito foi abandonado na última década por causa do esgotamento da área.

A mata secundária, com ou sem palmáceas, é representada por grandes “capoeiras”, que são áreas de rebrota da vegetação em áreas anteriormente ocupadas pela agricultura de subsistência ou pela pecuária.

Nas áreas deprimidas e nos vales, surgem espécies invasoras como o babaçu (*Orbignia phalerata*) e o buriti (*Mauritia flexuosa*), denunciando a remoção da mata ciliar. Na área urbana de Caxias a população ribeirinha cultiva pequenas áreas com forragem e culturas de subsistência. Nas áreas de maior intervenção antrópica surge uma vegetação de aspecto savânico, de porte reduzido e estruturas variadas.

Os diversos aspectos da cobertura vegetal e do uso e ocupação do solo são indicadores do estágio de equilíbrio dinâmico em que se encontra o ambiente.

A classificação destes elementos através de imagens de satélite, mesmo com os limites da técnica, como a resolução da imagem e coleta de amostras, tem apresentado resultados satisfatórios.

5.5 Área estudada – variável Índice de Dissecação do Relevo

A carta geomorfológica e a determinação dos Índices de Dissecação do Relevo – IDR, da área estudada foram elaboradas de acordo com as indicações apresentadas por Ross (1992; 1996).

Para atingir este objetivo foi utilizado um modelo digital do terreno corrigido, baseado em dados do *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM), e aplicativos computacionais para a obtenção dos dados morfométricos. Este procedimento foi abordado no capítulo 3.

As unidades morfoestruturais foram definidas com base em Góes (1995). A definição das morfoesculturas reporta-se a Feitosa (2006). Foram mensurados a distancia interfluvial média e o grau de entalhamento dos vales. Calculando-se o valor médio de três medidas tomadas e utilizando-se da Matriz dos Índices de Dissecação do Relevo contida na Tabela 9, foram identificadas as classes do IDR da área pesquisada.

Tabela 13 – Matriz dos Índices de Dissecação do Relevo

Dimensão Interfluvial Média (Classes)	1 – Muito Baixa	2 – Baixa	3 – Média	4 – Alta	5 – Muito Alta
Grau de Entalhamento dos Vales (Classes)	> 3750 m	1750 a 3750 m	750 a 1750 m	250 a 750 m	< 250 m
1 – Muito Fraco (< de 20 m)	11	12	13	14	15
2 – Fraco (20 a 40 m)	21	22	23	24	25
3 – Médio (40 a 80 m)	31	32	33	34	35
4 – Forte (80 a 160 m)	41	42	43	44	45
5 – Muito Forte (> 160 m)	51	52	53	54	55

Fonte: Ross (1994)

A opção pela matriz acima, normalmente recomendada para mapeamentos geomorfológicos na escala de 1:250.000, resultou da constatação de que os parâmetros nela existentes satisfaziam as necessidades de mapeamento desta pesquisa. A explicação está na estrutura geológica da área estudada, dominada por formações sedimentares horizontais ou sub-horizontais e por uma rede hidrográfica não muito densa. Resulta daí um relevo marcado por uma dimensão interfluvial entre baixa e média e entalhes fluviais fracos.

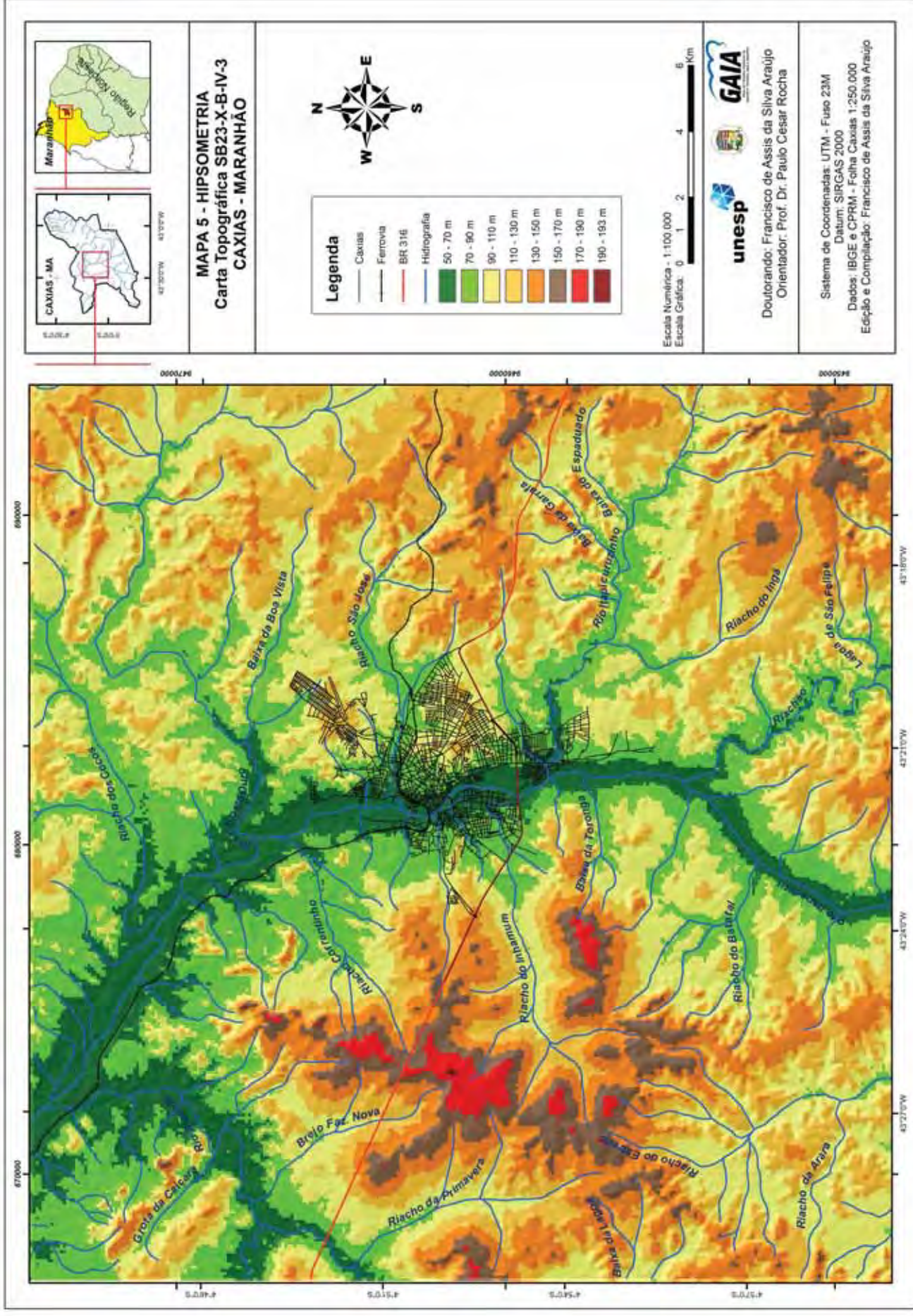
O nível de detalhamento do mapeamento geomorfológico corresponde ao quarto táxon proposto por Ross (1992, 1998). Nesta categoria as formas de relevo são identificadas dentro de cada Unidade de Padrão de Formas Semelhantes, podendo ser acumulação ou de agradação (A) ou as de denudação (D) ou de desgaste erosivo.

Pela análise da carta hipsométrica (Mapa 5), percebe-se que a morfologia da carta topográfica SB-23-X-B-IV-3 é constituída por um relevo aplainado e de baixas altitudes. A dimensão interfluvial varia de baixa a média, com valores situados entre 750 a 3750 m. Quanto ao grau de entalhamento dos vales, foram identificados valores entre 20 e 40 m na maioria dos casos, sendo os mesmos classificados como de muito fraco a médio.

O relevo da área estudada é constituído predominantemente por colinas e pequenas mesas de formações areníticas com altitudes que raramente ultrapassam os 150 m de altitude. Dissecadas pela erosão fluvial originam vales e baixadas amplas com solos plintícos ou neossolos flúvicos. A horizontalidade do relevo pode ser atribuída também ao fraco mergulho das camadas sedimentares.

Além da influencia estrutural, o contato litológico auxiliou a atuação dos agentes erosivos. Marcada pelos grandes lineamentos, visível nas bruscas mudanças de direção dos afluentes e do próprio Itapecuru, a litologia é dominada por arenitos friáveis e coberturas superficiais de textura média ou arenosa.

Os vales são relativamente amplos, considerando-se a escala local. Os interflúvios foram entalhados vigorosamente, sendo que o rio principal, o Itapecuru, apresenta um vale ligeiramente encaixado. Os rios acomodam-se ao sistema de falhas existente, sem formar corredeiras. A drenagem dendrítica denuncia a facilidade encontrada pelos cursos d'água para escavar seus leitos nas rochas areníticas.



Na carta de compartimentação geomorfológica relativa da área pesquisada, na escala de 1:100.000, foram identificados as seguintes unidades de relevo (Quadro 3):

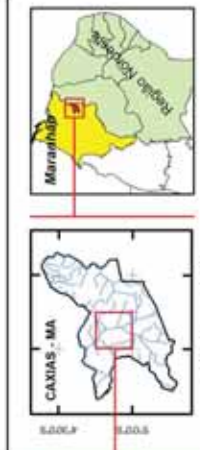
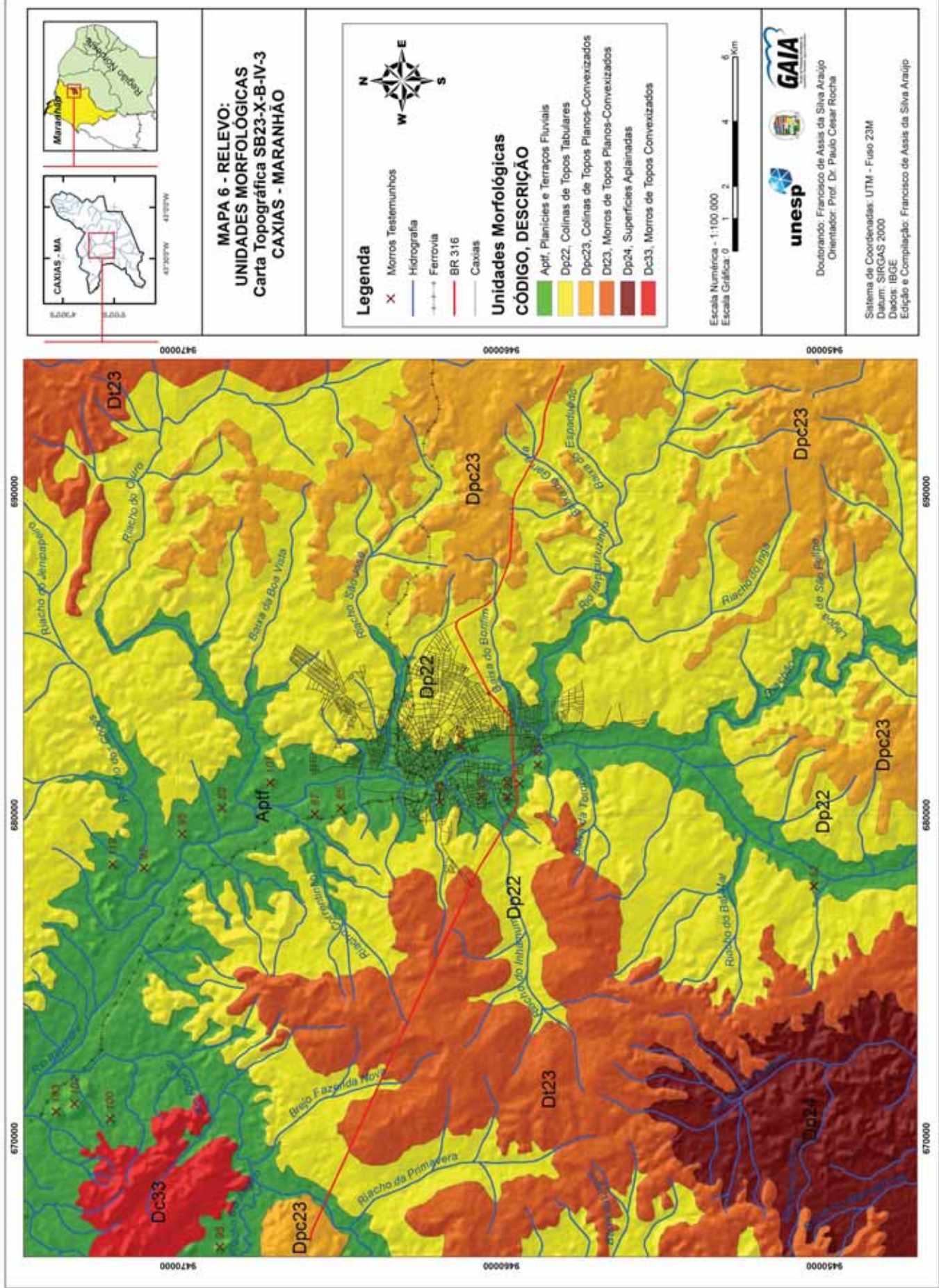
Quadro 3 – Táxons da compartimentação geomorfológica da folha topográfica SB-23-X-B-IV-3

1º Táxon	2º Táxon	3º Táxon	4º Táxon	
Unidade Morfoestrutural	Unidade Morfoescultural	Padrão de Formas Semelhantes	Unidades Morfológicas	
Bacia do Parnaíba	Planalto Oriental	Degradação(D)	Dp22 Dp24	Colinas de Topos Tabulares Superfícies Aplainadas
Bacia das Alpercatas			Dpc23 Dc33 Dt23	Colinas de Topos Plano-Convexizados Morros de Topos Convexizados Morros de Topos Plano-Convexizados
Aluviões Quaternários	Planície fluvial Terraço fluvial	Acumulação (A)	Aptf	Planícies e Terraços Fluviais

Organização: ARAÚJO, 2012.

Dp22 – Colinas de Topos Tabulares: Ocupam 343,15 km² ou 44,69% da área mapeada. São superfícies esculpidas nos terrenos da Formação Corda, chegando às vezes a expor os arenitos da Formação Motuca, do Permiano superior. Podem formar vales estreitos como do Rio Riachão ou bem amplos como o vale do Rio Itapecuruzinho. Neste ultimo, as colinas de topo arredondado são constituídas por cascalhos mal selecionados que recobrem formações arenosas, provavelmente dunas, formadas durante a vigência de um clima mais seco no passado. Na parte central da cidade destaca-se o morro do Alecrim, elevação de topo tabular sustentada por horizonte petroplíntico. Apresenta-se com topo de convexidade suavizada pela ação antrópica.

Dp24 – Superfícies Aplainadas: Ocupam 44,42 km², ou 5,79% da área mapeada. São feições suavemente inclinadas, com declividade entre 1 e 3%, localizada a sudoeste da área mapeada. Geralmente constituídas por colúvios arenosos pouco consolidados e vales rasos e bem drenados. Podem ser resultantes da retomada de processos erosivos em superfícies anteriormente aplainadas,



MAPA 6 - RELEVO:
UNIDADES MORFOLÓGICAS
 Carta Topográfica SB23-X-B-IV-3
 CAXIAS - MARANHÃO



Unidades Morfológicas
CÓDIGO, DESCRIÇÃO

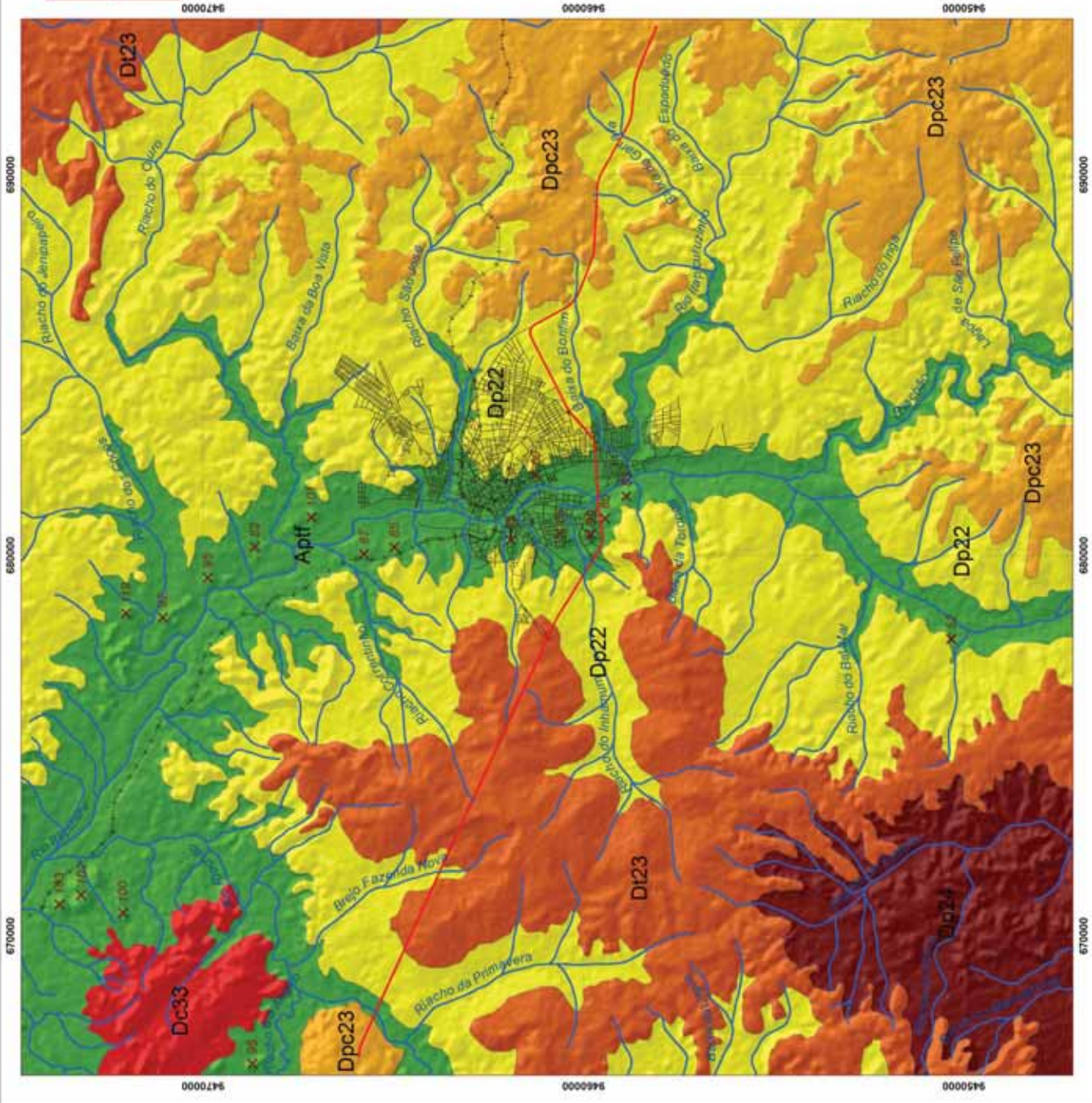
Apf	Planícies e Terrapós Fluviais
Dp22	Colinas de Topos Tabulares
Dpc23	Colinas de Topos Planos-Convezados
Dp23	Morros de Topos Planos-Convezados
Dp24	Superfícies Aplainadas
Dc33	Morros de Topos Convezados

Escala Numérica - 1:100 000
 Escala Gráfica: 0 1 2 4 6 Km

unesp **GAIA**

Doutorando: Francisco de Assis da Silva Araújo
 Orientador: Prof. Dr. Paulo Cesar Rocha

Sistema de Coordenadas: UTM - Fuso 23M
 Datum: SIRGAS 2000
 Dados: IBGE
 Edição e Compilação: Francisco de Assis da Silva Araújo



Dpc23 – Colinas de Topo Planos-Convexizados: São grande extensões de colinas suavizadas pela atividade erosiva da rede hidrográfica. Ocupam 95,25% ou 12,41 km² da área mapeada com altitudes médias da ordem de 120 m e declividade entre 1 e 3%. Seus topos mais elevados resultam da sustentação proporcionada pelas carapaças ferruginosas ou conglomerados, soterrados ou não. Aparecem na parte leste da área urbana. Apresentam ocupação recente, com a construção de um grande conjunto habitacional, por conta da sua distancia do centro da cidade e pelas dificuldades de acesso que proporcionam.

Dc33 – Morros de Topo Convexizados: são constituídas por pequenas elevações alongadas. Ocupam 15,75 km² ou 2,05% da área estudada. Constituídas pelos arenitos jurássicos da Formação Corda e por coberturas detríticas conglomeráticas, arenosas e argilosas de idade pliocênica. A distância interfluvial média é de 1.000 metros e o entalhamento dos vales é inferior a 40 metros. A declividade média situa-se entre 3 a 5%.

Dt23 – Morros de Topos Plano-convexizados: ocupam 132,46 km² ou 17,25%. Possuem as cotas mais elevadas da área estudada, chegando a 192 m de altitude no topo. As médias vertentes expõem os arenitos avermelhados da formação Corda. São denominados localmente de morros, como o de Santo Antônio e o do Capão com altitudes entre 140-160 m. Representam os divisores dos diversos cursos d'água que percorrem a cidade, como os riachos Inhamum, o Ponte e seus formadores. Estão situadas a oeste e sudoeste da cidade, representadas por pequenos platôs estruturais de topo plano, sustentado pelas coberturas terciárias constituídas de cascalhos com cimento betuminoso ou conglomerático (Figura 28).

Figura 28 – Cobertura terciária constituída por cascalhos com cimento betuminoso ou conglomerático, sustentam os topos planos das partes mais altas da área mapeada.

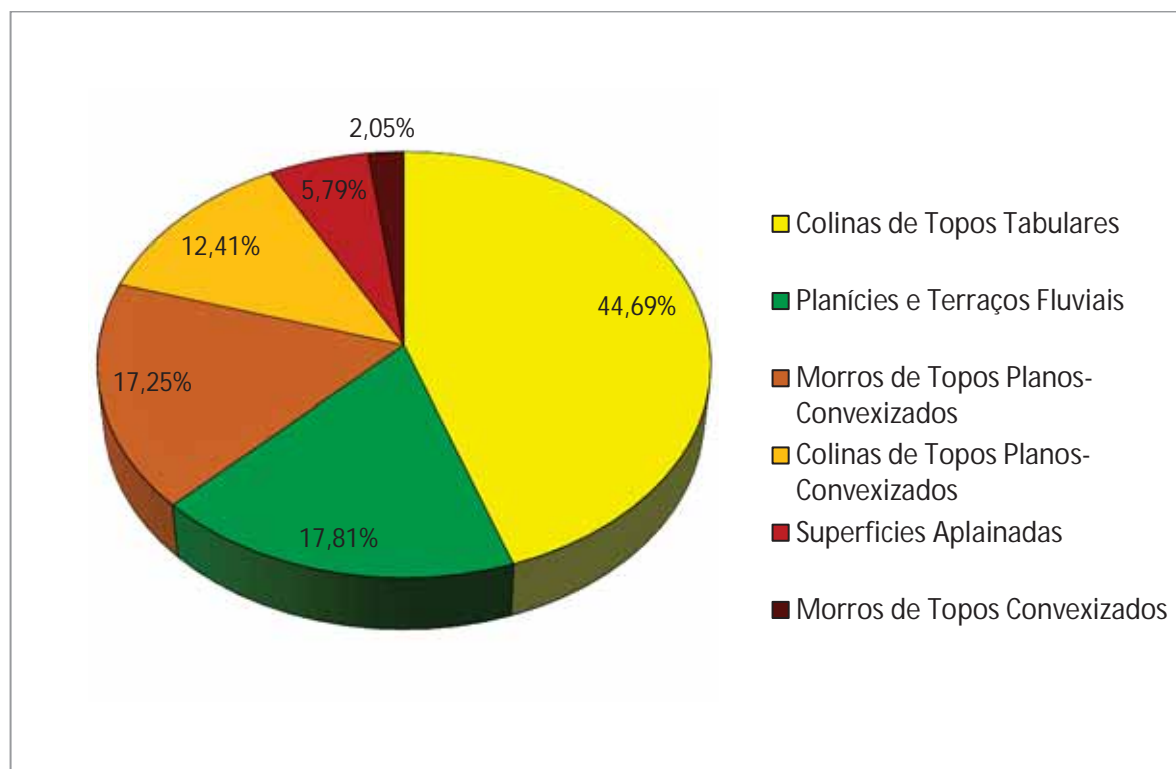


Fonte: ARAÚJO, 2012.

Aptf – São formas agradacionais (A). Correspondem às planícies e terraços fluviais do rio Itapecuru e de seus afluentes. Ocupam 17,81%, ou 136,72km² da área estudada. A geologia está associada a terrenos de idade quaternária. São terrenos sujeitos às inundações. Apresentam declividade baixa, da ordem de 1% a 3%, cotas altimétricas entre 50 a 80 m. Para estas formas de relevo não são atribuídos índices de dissecação. Para a definição da fragilidade ambiental atribui-se o nível cinco (5), o mais alto, porque são formas jovens, com materiais soltos ou pouco consolidados e áreas sujeitas a inundações periódicas (Figura 23).

A participação percentual das unidades geomorfológicas, em relação ao conjunto da área mapeada pode ser observada no gráfico a seguir (Figura 35):

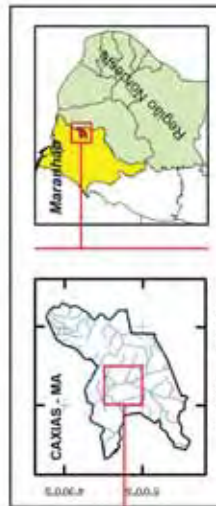
Figura 29 – Participação percentual das unidades de relevo da folha topográfica SB-23-X-B-IV-3



Organização: ARAÚJO, F.A.S., 2012

A determinação dos índices de dissecação do relevo (Tabela 14) é realizada após a extração dos dados morfométricos e a identificação do padrão de formas do relevo. Para atingir este fim, foram adotadas as classes de fragilidade estabelecidas por Ross (1994), conforme se observa a seguir (Figura 36):

- Muito Fraca: 11 – índice 1;
- Fraca: 12, 21, 22 – índice 2;
- Média: 31, 32, 33, 13, 23 – índice 3;
- Forte: 41, 42, 43, 44, 14, 24, 34 – índice 4;
- Muito Forte: 51, 52, 53, 54, 55, 15, 25, 35, 45 – índice 5.



**MAPA 7 -
ÍNDICE DE DISSECAÇÃO DO RELEVO:
Carta Topográfica SB23-X-B-IV-3
CAXIAS - MARANHÃO**



Legenda

- Ferrovia
- BR 316
- Caxias
- Hidrografia

Índice de Dissecção do Relevo - IDR

- 0 - Nulo
- 2 - Fraco
- 3 - Médio
- 4 - Forte

Índice de Dissecção do Relevo
 0 - Forma Agradacional
 1 - Muito Fraco
 2 - Fraco
 3 - Médio
 4 - Forte
 5 - Muito Forte

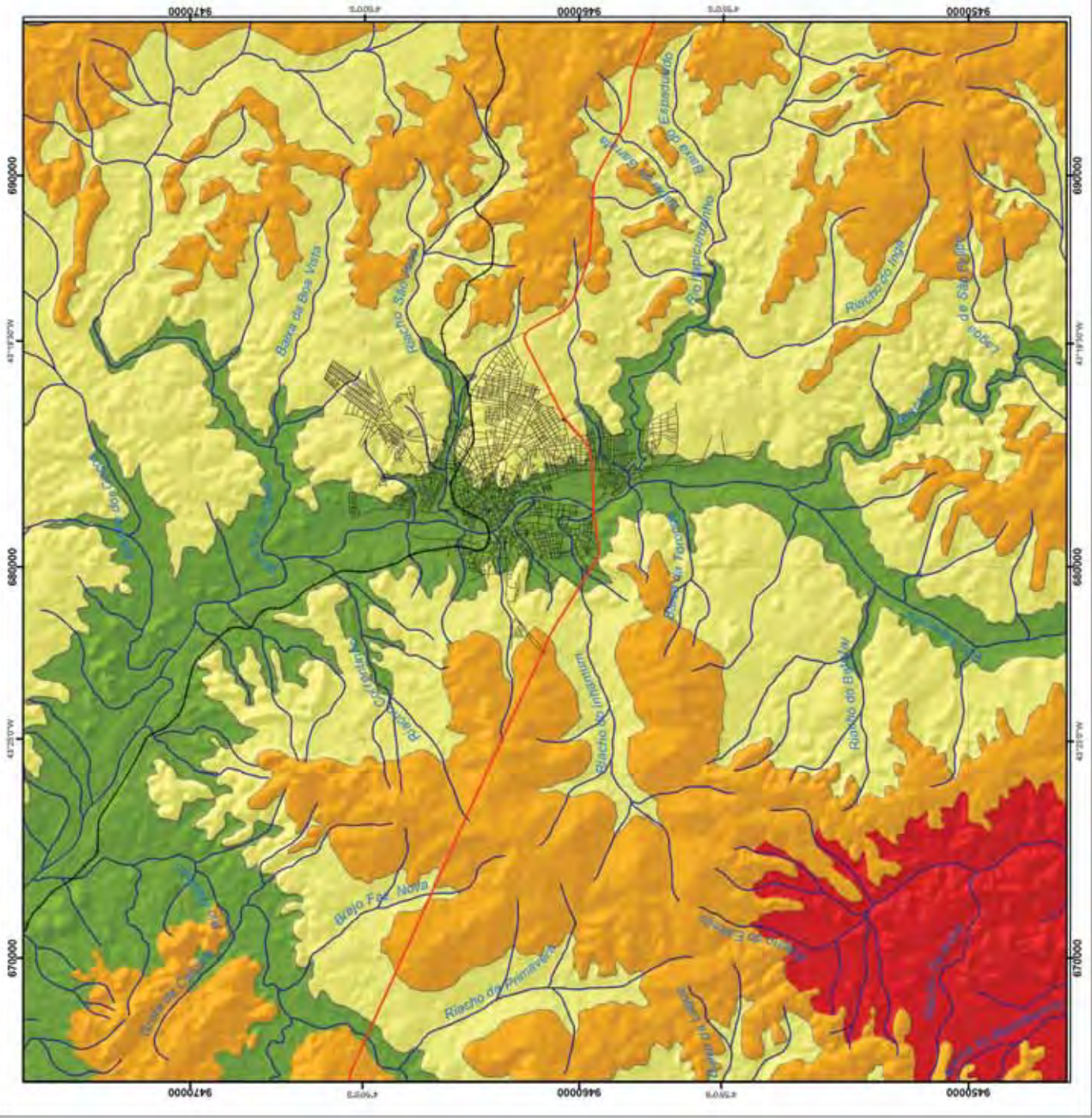
Escala Numérica - 1:100.000
 Escala Gráfica: 0 1 2 4 6 Km

unesp

GAIA

Doutorando: Francisco de Assis da Silva Araújo
 Orientador: Prof. Dr. Paulo Cesar Rocha

Sistema de Coordenadas: UTM - Fuso 23M
 Datum: SIRGAS 2000
 Edição e Compilação: Francisco de Assis da Silva Araújo



De acordo com a carta da compartimentação geomorfológica elaborada, os índices de dissecação do relevo da área pesquisada possuem as seguintes classes de fragilidade (Tabela 14):

Tabela 14 – Índice de Dissecação do Relevo (IDR) das Unidades Morfológicas mapeadas

Unidades Morfológicas		(IDR)	Área (km ²)	%
Dp24	Superfícies Aplainadas	4 – Forte	444,24	5,79
Dpc23	Colinas de Topos Plano-Convexizados	3 – Médio	95,25	12,41
Dt23	Morros de Topos Plano-convexizados		132,46	17,25
Dc33	Morros de Topos Convexizados		15,75	2,05
Dp22	Colinas de Topos Tabulares	2 – Fraco	343,15	44,69
Aptf	Planícies e Terraços Fluviais	0 – Nulo	136,72	17,81
Total			767,77	100,00

Organização: ARAÚJO, 2012.

As planícies e os terraços fluviais (Aptf) são formas agradacionais ou de acumulação não sendo a elas atribuídos os valores da dissecação.

5.6 Área estudada – Carta de Fragilidade Ambiental

A definição das unidades de paisagem e da carta de fragilidade resulta da identificação do conjunto de variáveis levantadas pela pesquisa.

De acordo com a metodologia de Ross (1996), já explicitada, os índices atribuídos a cada uma das unidades geomorfológicas mapeadas, conforme exposto na Tabela 11 e no Mapa 7, foram:

Tabela 15 – Índices de fragilidade ambiental das unidades geomorfológicas.

UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS	PARÂMETROS			
	Clima	Solo	Vegetação	IDR
Aptf – Planícies e Terraços Fluviais	4	5	4	5
Dp22 – Colinas de Topos Tabulares	4	4	2	2
Dp24 – Superfícies Aplainadas	4	4	2	4
Dt23 – Morros de Topos Plano-convexizados	4	5	4	3
Dpc23 – Colinas de Topos Plano-convexizados	4	5	4	3
Dc33 – Morros de Topos Convexizados	4	3	4	3

Organização: ARAÚJO, 2012.

A simples composição deste índice não possibilita a identificação imediata da fragilidade ambiental de cada unidade delimitada. Cabe ao pesquisador estabelecer parâmetros que transformem estas hierarquias em diferentes graus de fragilidade, conforme demonstrado no tópico 3.5.1.

A carta de fragilidade é um produto cartográfico que sintetiza e espacializa as manchas de diferentes padrões de fragilidade, possibilitando a análise do sistema natural de forma integrada. As informações resultantes desta análise permitem interpretar a dinâmica socioeconômica e orientar os processos de ocupação, transformação e resstruturação das paisagens e demais processos evolutivos.

5.7 Área estudada – Proposta de Zoneamento Ambiental

Para a elaboração do zoneamento da carta topográfica SB23-X-B-IV-3, procedeu-se a correlação das cartas de relevo, de fragilidade ambiental, além da identificação das áreas de preservação permanente, às margens dos rios e das nascentes, da unidade de conservação existente na área e demais informações obtidas por intermédio das ferramentas de geoprocessamento e de trabalhos de campo e gabinete.

A identificação destes elementos e a correlação das informações nele contidas materializa aquilo que se identifica como estudo integrado da paisagem. Quanto mais elementos são levantados, caracterizados e espacializados, mais evidentes são as inter-relações entre eles, facilitando a composição das unidades ambientais.

A partir do diagnóstico dos elementos paisagísticos, procedeu-se a elaboração da estratégia de compartimentação e nomenclatura das unidades que contemplasse as variáveis mais expressivas que uma proposta de zoneamento ambiental deve conter.

As condições para a realização do zoneamento era primeiro identificar basicamente três situações, ou três zonas distintas:

a) Zona 1: adequada à expansão urbana com nenhuma ou com poucas restrições. Os parâmetros para sua delimitação foram as áreas com fragilidade

média a fraca e que não deveriam comportar áreas degradadas e nem conter áreas de preservação permanente.

Compreende as colinas de topos tabulares (Dp22) e as superfícies aplainadas (Dp24), com vales amplos, pedimentados e bem drenados. O planejamento de sua ocupação deve considerar a litologia e a declividade;

b) Zona 2: composta por áreas cujas ocupações seriam possíveis mediante uma série de restrições. Deveria apresentar fragilidade média ou qualquer nível de degradação.

Na área estudada, compreende as colinas de topo plano-convexizados (Dpc23), os morros de topo convexizados (Dc33) e os morros de topo plano-convexizados (Dt23). A ocupação desta área deve respeitar a declividade, a proteção dos mananciais e o APA municipal do Inhamum; e

c) Zona 3: dotada de áreas impróprias ou desaconselhadas para a ocupação devido às suas particularidades como: possuir fragilidade forte a muito forte, que fossem áreas de preservação permanente ou apresentassem qualquer nível de degradação ambiental.

Compreende à planície e os estreitos terraços fluviais (Aptf). São terrenos sujeitos a inundações periódicas cuja mata ciliar deve ser preservada. A área encontra-se bastante alterada, merecendo atenção do poder público.

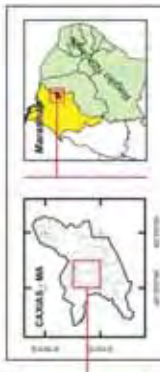
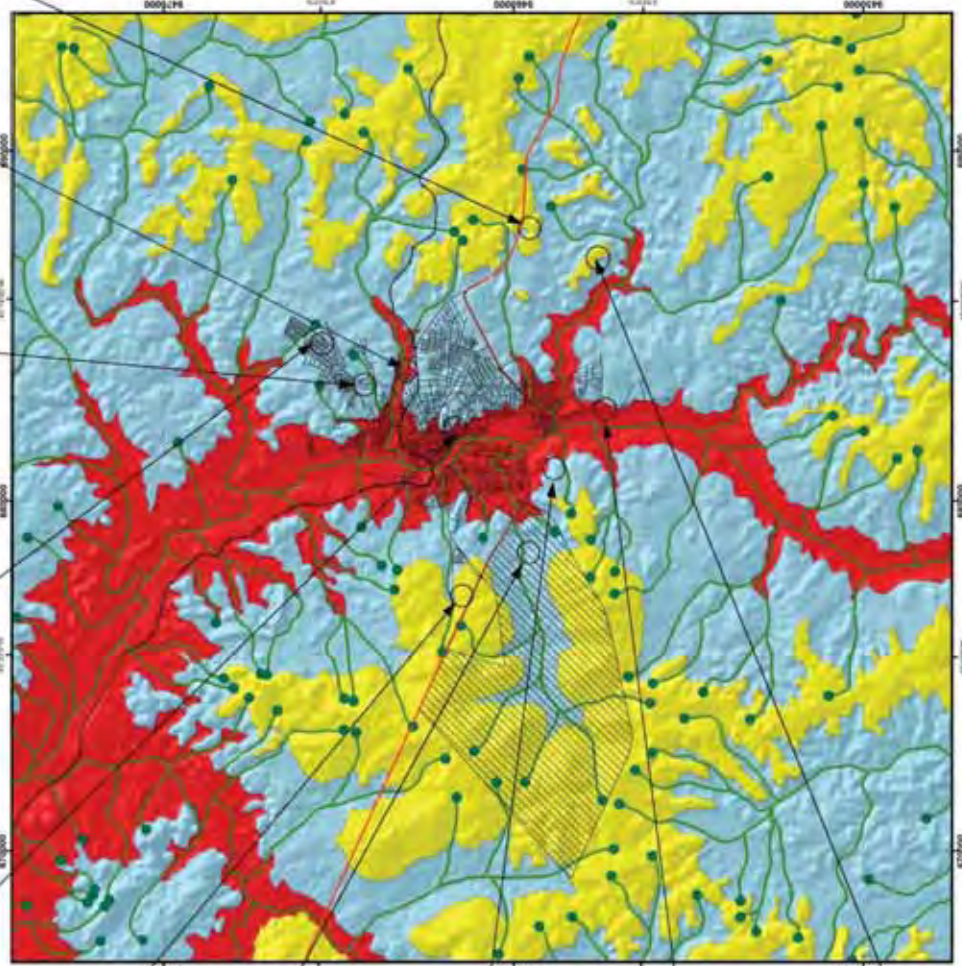
A propósito, a Lei Nº 1418, de 30 de novembro de 2004, que institui o Código de Postura do Município de Caxias, em seu Artigo 7º, já faz esta previsão de proteção ao meio ambiente e aos recursos naturais, bastando apenas a sua regulamentação e aplicação⁹.

A carta do zoneamento ambiental (Mapa 9) da área estudada e que representa o objetivo e a síntese deste trabalho, é mostrada a seguir:

⁹ Art. 7º - É dever da Prefeitura articular-se com os órgãos estaduais e federais competentes, para fiscalizar ou proibir, no Município, as atividades que, direta ou indiretamente:
I- criem ou possam criar condições ofensivas à saúde, à segurança e ao bem estar público.
II- prejudiquem a fauna e a flora;
III- disseminem resíduos como óleo, graxa e lixo;
IV- prejudique a utilização dos recursos naturais para fins domésticos, agropecuários, de piscicultura, recreativa, e para outros perseguidos pela comunidade.

Fotos de esquerda para a direita:
 1-2 - Aterris da Formação Motuca - Bairro 3 Conceição, a tempo escavado no
 argila para construção de moradia
 3 - Concreto tradicional em construção em 2008 (Foto: PNUC)
 4 - Concreto tradicional em construção em 2008 (Foto: PNUC)
 5 - Colina formada por calcário e marromáquina, conhecida como "porto de areia", Bairro São Gerardo
 6 - Colina com desmoronamento de lençol após intervenção humana - BR 316
 Fotos: Acervo do autor

Fotos de cima para baixo:
 A - Colinas azuis das morcas
 saculares da margem da BR 316;
 B - Vegetação do vale do Itanhumã;
 C - Vista da cidade do Morro do Capão;
 D - Barragem Venezia;
 E - Exposição de areia nas colinas arenosas
 do tel da cidade - "porto de areia"
 Fotos: Acervo do autor



**MAPA 9 -
 CARTA DE ZONEAMENTO AMBIENTAL:
 Carta Topográfica SB23-X-B-IV-3
 CAXIAS - MARANHÃO**

Legenda

- Calçada
- BR 316
- Ferrovia
- Nascentes
- ▨ Área Municipal do Itanhumã
- ▨ Área de Preservação Permanente

Zoneamento - Ocupação

- Amarelo: Apropiada
- Verde: Apropiada sem Restrição
- Vermelho: Restrição



Escala Numérica - 1:100.000
 Escala Gráfica

unesp **GAIA**

Doutorando Francisco de Assis da Silva Araújo
 Orientador: Prof. Dr. Paulo César Rocha

Sistema de Coordenadas: UTM - Fuso 23M
 Datum: SIRGAS 2000
 Edição e Compilação: Francisco de Assis da Silva Araújo

O zoneamento ambiental é uma atividade desenvolvida com o intuito de ordenar a exploração dos espaços. Desenvolve-se sob a ótica metodológica da abordagem integrada, tendo, entre outras, a noção de paisagem como unidade territorial básica e homogênea (SANTOS, 2004).

Neste trabalho, a paisagem é considerada uma unidade espacial em que os elementos que a constituem obedecem a uma lógica que explica sua gênese, sua constituição e potencial de exploração. A ocupação de áreas urbanas ou rurais deveria considerar essa abordagem, porque qualquer interferência em uma das partes constituintes do sistema altera as demais.

O zoneamento ambiental pode auxiliar no ordenamento dos espaços ao propor diretrizes para exploração dos recursos naturais, para a recuperação de áreas sobreutilizadas ou degradadas e na conservação de espaço frágeis.

Apesar dos esforços, das políticas públicas existentes, do emprego maciço de capitais, não existem informações suficientes sobre a realidade brasileira. Sabe-se muito pouco sobre os mecanismos que regem o mundo mineral e vegetal. A avaliação integrada dos problemas ambientais é uma abordagem complexa, demorada e de alto custo. Toda contribuição deve ser bem recebida.

Compreender, ao menos parcialmente, os aspectos mais relevantes do espaço caxiense é um passo na direção da proteção ambiental do vale do Itapecuru, na possibilidade de melhoria das condições de vida da sua população e na redução de gastos com medidas emergenciais para conter desastres naturais ou intervenções antrópicas desastrosas.

Situada no interior de uma região onde as condições de sobrevivência são extremamente penosas, qualquer subsidio que possa contribuir para a gestão e busca de solução para os conflitos desta parte do Brasil é valioso.

Portanto, além das informações que foram levantadas e organizadas neste trabalho espera-se que os cartogramas situem, sensibilizem e encorajem gestores e sociedade civil na busca de uma sociedade mais solidária para consigo mesma e para com o outros.

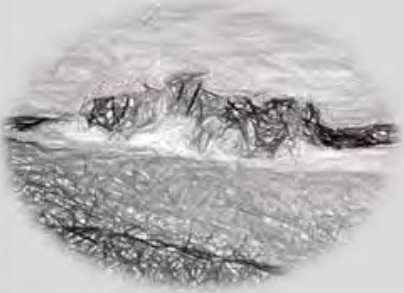
Para sintetizar a compreensão das unidades de paisagem identificadas neste trabalho, suas medidas, suas potencialidades e restrições, foi elaborado o quadro a seguir (Quadro 4)

Quadro 4 - Síntese integrada das unidades ambientais da folha topográfica SB23-X-B-IV-3.

Unidades Ambientais	Unidade Morfoestrutural	Padrão de Formas	Feições Geomorfológicas	Clima	Solos	Uso e Ocupação
ZONA 1: Apropriada	Bacia do Parnaíba	Dp22 - Colinas de Topos Tabulares	Vales amplos e pedimentados, bem drenados, desniveis de cerca de 30 m, dimensão interfluvial média (750-1750 m).	<ul style="list-style-type: none"> • Tropical: índices pluviométricos regulares entre 1.600 e 1.800 mm. • Temperaturas sempre elevadas. • A média anual é superior a 24 °C. • Cerca de 6 meses secos. • Trimestre fev-mar-abr chove quase 60% do total anual 	Latosolos Argissolos Gleissolos	Favorável à ocupação, observando a declividade e a litologia. Utilizar práticas conservacionistas. Controlar mineração.
		Dp24 – Superfícies Aplainadas				
Zona 2 – Apropriada Com restrições	Bacia das Alpercatas	Dpc23 - Colinas de Topo Plano-Convezizados	Colinas de topo suaves. Intensa atividade erosiva dos rios. Altitudes de 120 m e declividade entre 1 e 3%.	<ul style="list-style-type: none"> • Tropical: índices pluviométricos regulares entre 1.600 e 1.800 mm. • Temperaturas sempre elevadas. • A média anual é superior a 24 °C. • Cerca de 6 meses secos. • Trimestre fev-mar-abr chove quase 60% do total anual 	Latosolos Argissolos	Agricultura Pastagem Utilizar práticas conservacionistas
		Dc33 - Morros de Topos Convexizados	Topos estreitos e alongados, drenagem baixa. Declividade forte. Atitude 120 m			
		Dt23 - Morros de Topos Plano-convezizados	Platôs estruturais de topo plano. Geologia complexa. Maiores altitudes. Diversas nascentes.			
Zona 3 – Imprópria	Aluviões quaternários	Planície e terraços fluviais	São formas agradacionais. Terrenos quaternários, sujeitos às inundações. Apresentam declividade baixa, da ordem de 1% a 3%, cotas altimétricas entre 50 a 80 m	<ul style="list-style-type: none"> • Tropical: índices pluviométricos regulares entre 1.600 e 1.800 mm. • Temperaturas sempre elevadas. • A média anual é superior a 24 °C. • Cerca de 6 meses secos. • Trimestre fev-mar-abr chove quase 60% do total anual 	Neossolos flúvicos.	Recuperação de Matas ciliares. Áreas de Preservação Permanente UC Municipal

Organização: ARAUJO, 2012.

**Capítulo 6:
CONCLUSÕES**



6 CONCLUSÕES

Caxias é uma cidade com dois séculos de existência, completados em 2012. É um dos mais importantes centros urbanos do Maranhão. Impossível olhar Caxias e não tentar entender a existência e a dinâmica do Rio Itapecuru e seus afluentes, das ladeiras, do Morro do Alecrim e do Morro do Capão. Como explicar tudo isso? Como produzir conhecimento que explique e contribuam, mesmo que modestamente, para solução dos seus problemas?

O objetivo desta tese nasceu destas indagações e da prática docente do autor. Além da compreensão da dinâmica ambiental era desejo do autor reunir informações, até então escassas e dispersas, sobre a realidade mais próxima dos cidadãos caxienses e dos alunos do CESC/UEMA.

As bases teóricas desta tese, expostas no primeiro capítulo, foram calcadas na evolução dos conceitos de espaço geográfico e de paisagem como categorias de análise na ciência geográfica. Através destes elementos foi possível perceber o intrincado jogo das forças naturais e antrópicas capazes de identificar unidades espaciais homogêneas – as unidades de paisagem – com diferentes estágios de fragilidade ambiental.

Identificar as unidades de paisagem tornou possível ao autor não apenas entender sua dinâmica como aproximar a Geografia Física da Geografia Humana. Abre-se uma nova e abrangente perspectiva de análise duramente perseguida desde a época da graduação e dos primeiros contatos com os autores que nortearam este trabalho.

O capítulo segundo faz a transição entre os conceitos abordados e os procedimentos metodológicos adotados na tese. A utilização de ferramentas de geoprocessamento e demais geotecnologias foi uma forma de consolidar conhecimentos obtidos durante a trajetória acadêmica do autor. Estes recursos possibilitaram também a observação de fenômenos em escala regional e das paisagens geográficas além de possibilitar a obtenção de informações inéditas sobre a área estudada, cuja literatura geográfica é bastante escassa. Por outro lado, é notório que estes métodos de trabalho exigem grande atenção do pesquisador que

deve selecionar com cuidado as variáveis trabalhadas, não descuidando da aferição em campo.

O capítulo terceiro tratou dos procedimentos metodológicos. Inicialmente tratou-se da questão teórica da pesquisa em Geografia pautada nos conceitos de espaço geográfico e de paisagem e nos níveis de pesquisa preconizados por Libault (1971). A parte operacional teve apoio da cartografia digital, do sensoriamento remoto e da modelagem de dados. Foram utilizados diversos programas de computador que, considerando suas limitações, possibilitaram a execução dos cálculos de morfometria da rede de drenagem e das formas do relevo, assim como a agilização e a qualidade gráfica dos mapeamentos realizados.

As informações contidas no capítulo quarto é uma contribuição, embora modesta, para o conhecimento dos aspectos geográficos da cidade de Caxias. Trata-se de uma cidade situada na transição de dois domínios geográficos brasileiros de características muito distintas. Apresenta clima tropical com estação seca bem marcada, domínio geológico sedimentar de origem recente, solos profundos de textura média, relevo plano e de baixas altitudes com densa rede hidrográfica. Complementando estas informações, foram elaboradas e compiladas diversas cartas inéditas, dentre elas a de padrões e formas do relevo, a carta de fragilidade e a carta de zoneamento ambiental representando a síntese desta pesquisa.

Os resultados obtidos nos permitem afirmar que os objetivos propostos foram alcançados e que a hipótese que norteia esta pesquisa de que “a fragilidade ambiental associada à morfologia da área da folha topográfica SB-23-X-B-IV-3 são fatores limitantes da expansão urbana de Caxias – MA” é **verdadeira**.

A idéia de se propor um zoneamento para a cidade Caxias, além da contribuição técnica, visava este aspecto do conhecimento das unidades de paisagem ou unidades ambientais do espaço municipal caxiense mediante o apoio da ciência geomorfológica e das geotecnologias. Corresponde também um ensaio para pesquisas futuras, no sentido de ampliar esta experiência para todo o município. Deve-se considerar que por sua extensão e complexidade, esta tarefa consumiria mais tempo e deveria ser realizada por uma equipe multidisciplinar ou com o comprometimento do poder público. Como exemplo pode-se citar o fato de

Caxias não possui ainda uma planta cadastral à altura da sua importância e realizada com os métodos mais modernos disponíveis atualmente.

Para atingir maior nível de detalhamento da realidade caxiense visando o planejamento ambiental, o desenvolvimento das pesquisas acadêmicas do CESC-UEMA ou outros fins espera-se que no futuro sejam desenvolvidas atividades relativas a:

- a) Mapeamento básico dos elementos do meio físico do município de Caxias em escalas maiores que 1:100.000:
 1. No âmbito da Geologia é necessário identificar e delimitar as diversas litologias e assim como situá-las na escala geológica do tempo (datação);
 2. A carta geomorfológica necessita de mais detalhes, principalmente na delimitação das áreas inundáveis e no mapeamento das áreas sujeitas a movimentos de massa;
 3. A carta de solos merece grande atenção, seja para delimitar os tipos de solos já mapeados (figura 24) ou para identificar novas unidades em detalhe;
 4. Identificar e descrever os diversos tipos de cobertura vegetal e o grau de antropização das mesmas; e
 5. Identificar as nascentes e realizar o diagnóstico dos recursos hídricos existentes no município.
- b) Identificação e caracterização do uso e ocupação dos solos tomando as diversas bacias hidrográficas do município como unidades de planejamento;
- c) Mensurar e monitorar as atividades de mineração de agregados para a construção civil assim como os impactos ambientais resultantes e respectivas medidas mitigadoras.

Espera-se que a divulgação desta pesquisa sirva de motivação para gestores públicos e cidadãos conhecerem melhor a cidade em que vivem e convivem. Que sirva também para ditar novas alternativas de ordenamento territorial que conduzam a expansão urbana por vias que respeitem as potencialidades e fragilidade do ambiente ocupado.

REFERÊNCIAS

AB'SABER, A. N. Contribuição à geomorfologia do estado do Maranhão. **Notícia Geomorfológica**. Ano 3, n. 5, 1960, p. 35-40.

_____. Um conceito de geomorfologia a serviço das pesquisas sobre o Quaternário. **Geomorfologia**, n.18 (anual). São Paulo: USP/IGEOG, 1969.

_____. Geomorfologia da região. In: ALMEIDA JR, A.A.(org.) **Carajás** – desafio político, ecologia e desenvolvimento. São Paulo: CNPQ/Brasiliense, 1986. p. 88-121.

AGUIAR, G.A. de. Revisão geológica da Bacia Paleozóica do Maranhão. **Anais do XXV Congresso Brasileiro de Geologia**, São Paulo, 1971, v. 3. p. 113-122.

ALCÂNTARA, E. H. de. Caracterização da bacia hidrográfica do rio Itapecuru, Maranhão-Brasil. **Caminhos da Geografia**, 7(11)97-113, Fev. 2004.

AMARAL, R. e ROSS, J.L.S. As unidades ecodinâmicas na análise da fragilidade ambiental do Parque Estadual do Morro do Diabo e entorno, Teodoro Sampaio/SP. **GEOUSP - Espaço e Tempo**, São Paulo, Nº 26, pp. 59 - 78, 2009.

ANDRADE, M.C. de. A Geografia e a Sociedade. IN: SOUZA, M. A. de. **Natureza e Sociedade de Hoje**: uma leitura geográfica. 3. ed. São Paulo: Hucitec-ANPUR, 1997. p. 18-28.

_____. **Geografia**: ciência da sociedade. 2. ed. Recife: Ed. Universitária da UFPE, 2008. p.151-168

ARAÚJO, F.A.S. Tecnologia e método: reflexões e interações das geotecnologia com a geografia visando o mapeamento geomorfológico. In: PORTO, I.M.R. e CASTRO, C.E. de (org.). **Abordagens geográficas das multiplicidades dos espaços maranhenses**. São Luís: Editora UEMA, 2010.p. 168-186.

ARGENTO, M. S. F. Mapeamento geomorfológico. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. C. **Geomorfologia**: uma atualização de bases e conceitos. 3 ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2006, p. 365-391.

ARGÜELLO, G. ; SABRIA, J.; MANZUR, A. ; BALBIS, A. La importancia del estudio geomorfológico de base para la planificación de asentamientos urbanos. **Segunda Reunión sobre temas de Geología Aplicada a la Ingeniería**. Córdoba, nov. 1991

BARBOSA et al. Geomorfologia da Folha SB.23 Teresina e Parte da Folha SB.24 Jaguaribe. In: PROJETO RADAM, Rio de Janeiro, 1973.

BARRADAS, M. do N. **Rio Itapecuru**: uma proposta de preservação. Caxias: Comepi, 1996

BERTRAND, G. Paisagem e geografia física global: esboço metodológico. **Cadernos de Ciências da Terra**, v. 13, IG-USP, 1972, p. 1-27.

_____ e BERTRAND, C. **Uma geografia transversal e de travessias**: o meio ambiente através dos territórios e das temporalidades. Maringá: Massoni, 2007.

BIZERRA, A. S. **Contribuição à geomorfologia da bacia do Itapecuru**, Maranhão. Tese de Mestrado. Unesp. Rio Claro, SP, 1984.

BIZZI, L. A. et al. (org.). **Geologia, Tectônica e Recursos Minerais do Brasil**. Brasília: CPRM, 2003.

BOLÓS i CAPDEVILA, M. (org.) **Manual de ciência del paisaje**: teoria, métodos y aplicaciones. Barcelona: Masson, 1992.

_____. Problemática actual de los estudios de paisaje integrado. **Revista de Geografía**, Barcelona, v. 15, 1-2, p. 45-68, 1981. Disponível em: <<http://www.raco.cat/index.php/RevistaGeografia/article/viewFile/45940/56766>> Acesso em 17 jun. 2010.

_____. El paisaje y su concepto. In: BOLÓS i CAPDEVILA, M. (org.) **Manual de ciência del paisaje**: teoria, métodos y aplicaciones. Masson: Barcelona, 1992c, p. 47-59.

_____. Escuelas y tendencias actuales em La Ciencia Del Paisaje. In: BOLÓS i CAPDEVILA, M. (org.) **Manual de ciência del paisaje**: teoria, métodos y aplicaciones. Masson: Barcelona, 1992b, p. 13-30.

BOTELHO, J. **Conhecendo e debatendo a história do Maranhão**. 2. ed. São Luís: Fort Com. Gráfica e Editora, 2008.

BRAGA, R.M. O Espaço geográfico: um esforço de definição. **GEOUSP** – Espaço e Tempo. São Paulo, nº 22, p.65-72, 2007

BRASIL. **Constituição Federal**, coletânea de legislação de direito ambiental. MEDAUAR, O. (org). 3. ed. rev., atual. e ampl. São Paulo: Revista dos Tribunais, 2004.

CAMARANO, A.A. e BELTRÃO, K.I. **Distribuição espacial da população brasileira**: mudanças na segunda metade deste século. Rio de Janeiro: IPEA, 2000. (Texto para Discussão Nº 766). Disponível em < http://189.21.130.7/pub/td/2000/td_0766.pdf> Acesso em 21/01/2010

CARMO et. al, J.P.A do. Análise da fragilidade ambiental em áreas urbanas. O caso do município de Londrina – PR. **Anais XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR**, Curitiba, PR, Brasil, 30 de abril a 05 de maio de 2011, INPE p.0855

CASSETI, V.**Geomorfologia**. [S.l.] 2005. Disponível em: <www.funape.org.br/geomorfologia> Acesso em 13 de maio de 2008.

_____. **Ambiente e apropriação do relevo**. São Paulo: Contexto, 1995.

_____. **Elementos de geomorfologia**. Goiânia: Editora da UFG, 2001.

CASTILHO, J. R. F. Urbanismo e Cartografia: Ensaio de análise espacial do Estatuto da Cidade. **Caderno do Departamento de Planejamento** (Presidente Prudente), Presidente Prudente, SP, v. 4, p. 27-38, 2003.

_____. Planejamento territorial e Geografia – tema e variações. **Caderno do Departamento de Planejamento**. v.01, n.01. 2001-2002. Pres. Prudente.

CHOAY, F. **Urbanismo** – utopias e realidades, uma antologia. São Paulo: Perspectiva, 1979.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. São Paulo: Hucitec., 1980.

_____. Impactos no meio ambiente ocasionados pela urbanização no mundo tropical. IN: SOUZA, M. A. de. **Natureza e Sociedade de Hoje**: uma leitura geográfica. 3. ed. São Paulo: Hucitec-ANPUR, 1997. p. 127-145.

CONTI, J. B. Resgatando a Fisiologia da Paisagem. **Revista do Departamento de Geografia** (USP), São Paulo, v. 14, p. 59-68, 2001.

CORRÊA, R.L. **Região e organização espacial**. 3. ed. São Paulo: Ática, 1990.

_____. Espaço – um conceito-chave da geografia. In: CASTRO, I.E. et al (org.). **Geografia: conceitos e temas**. 12. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2009.

_____. **O espaço urbano**. 4. ed. 3. reimp. São Paulo: Ática, 2002.

COUTINHO, M. **Caxias das Aldeyas Altas: subsídios para sua história**. Caxias-MA: Prefeitura de Caxias, 1980.

CREPANI, E. et al. **Curso de sensoriamento remoto aplicados ao zoneamento ecológico-econômico**. São José dos Campos: INPE, 1996. 124p.

_____. **Sensoriamento remoto e geoprocessamento aplicados ao zoneamento ecológico-econômico e ao ordenamento territorial**. São José dos Campos: INPE, 2001. 124p.

CULLINGWORTH, J. B. **Planning in the USA: Policies, issues, and processes**. London and New York, 1997.

DEFFONTAINES, P. Geografia Humana do Brasil. Rev. Brasileira de Geografia, ano 1, nº 1,2 e 3. CNG, RJ, 1939.

DELGADO MAECHA, O. **Debates sobre el espacio en la geografia contemporânea**. Bogotá: Univ. Nac. de Colômbia, Unibiblos, 2003.

DELPOUX, M. Ecosistema e Paisagem. **Métodos em Questão**, 7, São Paulo: IG – USP, 1974, 23p.

DEMEK, J. Generalization of geomorphological maps. In: DEMK, J (Ed.) **Progress mad in geomorphology mapping**. Brno, IGU Commission on Applied Geomorphology, 1967, p. 36-72.

DIAS, T. S.; FUJIMOTO, N. S. V. M. Mapeamento geomorfológico do município de Porto Alegre. **Anais do XXVIII Encontro Estadual de Geografia**, Bento Gonçalves, 2008. Disponível em:< <http://www.agbpa.com.br/CD/artigos/>>. Acesso em 14 jul 2010.

DIAS, T. S.; FUJIMOTO, N. S. V. M.; SOARES, A. Q. Compartimentos de relevo do município de Porto Alegre – RS. **Anais do XII Encontro de Geógrafos da América Latina**. Montevideo, 2009. Disponível em:< <http://egal2009.easyplanners.info/>

area07/7306_Fujimoto_Nina_Simone_Vilaverde_Moura.pdf>. Acesso em: 14 jul. 2010.

DIAS, J. e SANTOS, L. A paisagem e o geossistema como possibilidade de leitura da expressão do espaço sócio-ambiental rural. **Confins** [Online], 1 | 2007, posto online em 11 Junho 2007, Consultado o 12 Maio 2012. URL : <http://confins.revues.org/10> ; DOI : 10.4000/confins.10

DOLLFUS, O. **O Espaço Geográfico**. 3a ed. São Paulo: DIFEL, 1978

EGLER, E.G. Distribuição da população no Estado do Maranhão em 1940. **Rev. Bras. de Geografia**, ano XIII, n.1. jan-mar de 1951

EMBRAPA-SNLCS. **Levantamento exploratório - reconhecimento de solos do Estado do Maranhão**. Rio de Janeiro, 1986. 2v. (EMBRAPA-SNLCS. Boletim de Pesquisa, 35. Brasil. SUDENE-DRN. Série Recursos de Solos, 17)

_____. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 2.ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006.

_____. Embrapa Solos – UEP. **Mapa de Solos de Caxias**. Recife, 2006. Disponível em <www.uep.cnps.embrapa.br/solos/index.html> Acesso em 16.01.2011

_____. **Banco de dados pluviométricos e pedológicos do Nordeste**. Disponível em <http://www.ceinfo.cnpat.embrapa.br/pluvsolo/>. Acesso em 14.jul.2010.

FEITOSA, A.C. Relevo do estado do Maranhão: uma nova proposta de classificação topomorfológica. **VI Simpósio Nacional de Geomorfologia**. Goiânia, set. 2006.

FERNANDES, M.C. *et al.* Potencialidades e limitações do geoprocessamento em estudos geoecológicos. **Rev. de Pós-Graduação em Geografia**, v.5:53-68, 2001/2002, UFRJ.

FERREIRA, A.J. de. A. **Políticas territoriais e a reorganização do espaço maranhense**. São Paulo, 2008. Tese (Doutorado) Programa de Pós-Graduação em Geografia Humana. Departamento de Geografia da Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo.

FITZ, P. R. **Geoprocessamento sem complicação**. São Paulo: Oficina de Textos. 2008

FLORENZANO, T. G. Geotecnologias na geografia aplicada: difusão e acesso. **Rev. do Depto. de Geografia**, 17 (2005) 24-29.

_____. Cartografia. In: FLORENZANO, T. G. (Org.) **Geomorfologia**: conceitos e tecnologias atuais. São Paulo: Oficina de Textos. 2008a, p. 105-128.

_____. Sensoriamento remoto para geomorfologia. In: FLORENZANO, T. G. (Org.) **Geomorfologia**: conceitos e tecnologias atuais. São Paulo: Oficina de Textos. 2008b, p. 31-71.

FROLOVA, M. A paisagem dos geógrafos russos: a evolução do olhar geográfico entre o século XIX e XX. **Rev. RA´E GA**, Curitiba, n. 13, p. 159-170, 2007

_____. Los orígenes de la ciencia del paisaje em la geografía rusa. **Scripta Nova**. Revista Electrónica de Geografía y Ciencias Sociales. v. 5, n. 102, dez 2001. Disponível em: < <http://www.ub.es/geocrit/sn-102.htm>>. Acesso em 29 out 2008.

FURTADO, C. **Formação Econômica do Brasil**. 21. ed. São Paulo: Cia. Editora Nacional, 1986.

GEORGE, Pierre. **Os métodos da geografia**. São Paulo: Difel, 1972

GLOBAL MAPPER. **Programa**. Versão 12. Disponível em: <<http://www.globalmapper.com>> Acesso em: 23 jun. 2010.

GODOY, P. R. T. de. A produção do espaço: uma reaproximação conceitual da perspectiva lefebvriana. **GEOUSP** - Espaço e Tempo, São Paulo, Nº 23, pp. 125 - 132, 2008.

_____. Uma reflexão sobre a produção do espaço. **Estudos Geográficos**, Rio Claro, 2(1): 29-42, junho – 2004.

GÓES, A. M. 1995. **A Formação Poti (Carbonífero Inferior) da Bacia do Parnaíba**. Universidade de São Paulo, Instituto de Geociências, São Paulo, (Tese de Doutorado), 171 pp.

GÓES, A.M.O., FEIJÓ, F.J. Bacia do Parnaíba. **Bol. Geoc. Petrobrás**, Rio de Janeiro, 8 (1), 1994: 57-67.

GÓMEZ MENDOZA, J.; MUÑOZ JIMÉNEZ, J. e ORTEGA CANTERO, N. **El Pensamiento Geográfico**. Estudio Interpretativo y Antología de Textos (De Humboldt a las Tendencias Radicales). Madri: Alianza, 1982.

GOOGLE EARTH. Imagens de Caxias. Disponível em: <http://google.com.br>. Acesso em 27 jan. 2011.

GRANELL-PEREZ, M. D. C. **Trabalhando geografia com as cartas topográficas**. 2. ed. Ijuí: Ed. Unijui. 2004.

GREGORY K.J. **A natureza da geografia física**. Rio de Janeiro:, Bertrand Brasil, 1992.

GRIGORIEV, A.A. The theoretical fundaments of modern physical geography. The interactions of sciences in the study of the earth. Moscou, 1968. p.77-91. Publicado no "**Caderno Prudentino de Geografia**", n. 27, 2005, p.95-106

GUERRA, A. T.; GUERRA, A. J. T. **Novo dicionário geológico-geomorfológico**. 5 ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2006.

_____, MARÇAL, M. S. **Geomorfologia ambiental**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2006.

_____. (org.) **Geomorfologia Urbana**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2011.

GUSTAVSSON, M. **Development of a detailed geomorphological mapping system and GIS geodatabase in Sweden**. Dissertation: Uppsala Universitet, Sweden, 2006. Disponível em: <<http://publications.uu.se/theses/abstract.xsql?dbid=7222>>. Acesso em: 14 mai. 2009.

HAYDEN, R. S. Geomorphological mapping. In: SHORT, N. M.; BLAIR JÚNIOR, R. W. (Ed.) **Geomorphology from space: a global overview of regional landforms**. Washington, DC: Nasa, 1986, p. 637-656. Disponível em: <http://geoinfo.amu.edu.pl/wpk/geos/GEO_11/GEO_CHAPTER_11.HTML> Acesso 27.03.2005. Tradução para o português: TOMMASELLI, J. T. G., 2009.

HOWARD, A.D. Drainage analysis in geologic interpretation: a summation. **Bul. Of the American Association of Petroleum Geologists**, Tulsa, 54 (11): 2246-59, nov. 1967.

IBGE. **Censo Demográfico**. Rio de Janeiro: IBGE, 1970.

- _____. **Censo Demográfico**. Rio de Janeiro: IBGE, 1980.
- _____. **Censo Demográfico**. Rio de Janeiro: IBGE, 1991.
- _____. **Subsídios ao Zoneamento Ecológico Econômico da bacia do rio Itapecuru – MA: diretrizes gerais para ordenação territorial**. Rio de Janeiro: IBGE, 1998. p.33 (Estudos e pesquisas em geociências, n. 5)
- _____. **Censo Demográfico**. Rio de Janeiro: IBGE, 2000.
- _____. **Vocabulário Básico de Recursos Naturais e Meio Ambiente**. 2. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2004
- _____. **Manual Técnico de Uso da Terra**. 2. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2006
- _____. Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. **Manual técnico de pedologia**. 2. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2007. 323 p. (IBGE. Manuais Técnicos em Geociências, 04).
- _____. **Dados Preliminares – Censo 2010**. Disponível em < http://www.censo2010.ibge.gov.br/dados_divulgados/index.php?uf=21>. Acesso em 28/03/2012.
- _____. **Manual técnico de geomorfologia**. 2 ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2009. Disponível em: <<http://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/monografias/GEBIS%20-%20RJ/ManuaisdeGeociencias/Manual%20Tecnico%20de%20Geomorfologia.pdf>>. Acesso em 13 jun. 2010.
- _____. **Países do mundo**. Disponível em < <http://www.ibge.gov.br/paisesat/main.php>> Acesso em 11/8/2010
- _____. **Cidades**. Disponível em< <http://www.ibge.gov.br>> Acesso em 20 de fevereiro de 2011.
- JAPIASSU, H. e MARCONDES, D. **Dicionário Básico de Filosofia**. 3. ed. rev. amp. Rio de Janeiro: Zahar, 2001
- JARDÍ, M. Paisaje: ¿una síntesis geográfica? "**Revista de Geografia**", v. XXIV. Barcelona, 1990, p. 43-60. Disponível em: <<http://www.raco.cat/index.php/RevistaGeografia/article/viewFile/46049/56854>>. Acesso em 20 jun. 2010.
- JATOBÁ, L. & LINS, R. C. **Introdução à Geomorfologia**. Recife: Bagaço. 1995.

KAWAKUBO, F.S. et al. Caracterização empírica da fragilidade ambiental utilizando geoprocessamento. **Anais XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, Goiânia, Brasil, 16-21 abril 2005, INPE, p. 2203-2210.

KLIMASZEWSKI, M. Detailed geomorphological maps. **ITC Journal**, n. 3, 1982, p. 265-272.

LEPSCH, I.F. **Formação e conservação dos solos**. São Paulo: Oficina de textos, 2002.

LIBAULT, A. Os quatro níveis da pesquisa geográfica. **Métodos em Questão** n. 1. IG-USP, S. Paulo, 1971.

LINS, R.C. **Bacia do Parnaíba: aspectos fisiográficos**. Recife: Instituto J. Nabuco de Pesquisas Sociais, 1978.

MARQUES NETO, R. Considerações sobre a paisagem enquanto recurso metodológico para a Geografia Física. **Caminhos de Geografia**, Uberlândia v. 9, n. 26 Junho/2008 p. 243 – 255. Disponível em <<http://www.ig.ufu.br/revista/caminhos.html>>. Acesso em 04.08.2008.

MARQUES, A.C. **Apontamentos para o dicionário histórico, geographico, topographico e estatístico da província do Maranhão**. São Luis: Typographia do Frias, 1864.

MARQUES, J.S. Ciência Geomorfológica. IN: GUERRA, A.J.T. e CUNHA, S.B. da. **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos**. 3.ed. Rio de Janeiro: Bertand Brasil, 1998.

MATEO RODRIGUEZ, J.M. Planejamento ambiental: bases conceituais, níveis e métodos. In: CAVALCANTI, A.P.B. (org) **Desenvolvimento sustentável e planejamento: bases teóricas e conceituais**. Fortaleza, CE: UFC-Imprensa Universitária, 1997.

MATEO RODRIGUEZ, J.M. e SILVA, E.V. e CAVALCANTI, A.P.B. **Geoecologia das Paisagens** – uma visão geossistêmica da análise ambiental. Fortaleza: Ed. UFC, 2004.

MAXIMIANO, L. A. Considerações sobre o conceito de paisagem. **Revista RA´E GA**, Curitiba, n. 8, p. 83-91, 2004. Editora UFPR

MEIS, M.R.M.; MIRANDA, L.H.; FERNANDES, N.F. Desnívelamento de altitude como parâmetros para a compartimentação do relevo: bacia do médio-baixo Paraíba do Sul. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 32, 1982, Salvador (BA). **Anais...** Salvador (BA): SBG. v.4.p.1489-1503.

MERIDA RODRIGUEZ, M. El relieve como elemento del paisaje urbano. **Anales de Geografia de la Universidad Complutense**. N. 15, 465-473.Madrid, 1995

MESCERJAKOV, J. P. Les concepts de mophostructure et de morphosculpture: un nouvel instrument de l'analyse géomorphologique. **Annales de Geographie**, n. 423, v. 77, set./out. 1968, p. 539-552.

METZGER, J.P. O que é ecologia de paisagens? **Biota Neotropica**. 1(1/2): 2001< Disponível em: <<http://www.biotaneotropica.org.br/v1n12/pt/fullpaper?bn00701122001+pt>>. Acesso em 12.set.2008.

MEZZOMO, M. M. e NÓBREGA, M. T. Paisagem na perspectiva integrada: alguns apontamentos. **Perspectiva Geográfica**, n 4. Paraná: Unioeste. 2008, p. 153-168. Disponível em: <<http://e-revista.unioeste.br/index.php/pgeografica>>. Acesso em: 22 jun. 2010.

MEZZOMO, M.D. M. Considerações sobre o termo “paisagem” segundo o enfoque Geoecológico. In: NUCCI,J.C. (org) **Planejamento da Paisagem como subsídio para a participação popular no desenvolvimento urbano**. Estudo aplicado ao bairro de Santa Felicidade – Curitiba/PR.: LABS/DGEOG/UFPR, 2010.

MIRANDA, E. E. e COUTINHO, A. C. (Coord.). **Brasil Visto do Espaço**. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2004. Disponível em: <<http://www.cdbrasil.cnpm.embrapa.br>>.Acesso em: 1 jan. 2011.

MODENESI-GUATTIERI, M.C. Sobre “Um conceito de geomorfologia a serviço das pesquisas sobre o Quaternário”. In: MODENESI-GUATTIERI *et al.* **A obra de Aziz Nacib Ab’Saber**. São Paulo: Beca-ball edições, 2010. p.381-387.

MONTEIRO, C.A.F. **Geossistema**: a história de uma procura. São Paulo: Contexto, 2000.

MONTEIRO, C.A.F. William Morris Davis e a teoria geográfica. **Revista Brasileira de Geomorfologia**. v.2 n.1 (1-20), 2010.

- MORAES, A.C.R. **Geografia: pequena historia crítica**. São Paulo: HUCITEC, 1981.
- MOREIRA, A.A.N. *Relevo*. In: GALVÃO, M .V. (Coord.). **Geografia do Brasil – Região Nordeste**. Rio de Janeiro: IBGE, 1977. vol. 2.p.25-28
- MOREIRA, R. A geografia serve para desvendar mascara sociais. In: _____ (org.) **Geografia: teoria e crítica – o saber posto em questão**. Petrópolis-RJ: Vozes, 1982. 236 p.
- _____. *O que é geografia*. 2. ed.rev. atual. São Paulo: Brasiliense, 2009.
- MOTA, S. **Urbanização e meio ambiente**. 3.ed. Rio de Janeiro: ABES, 2003.
- MOURA, A.C.M. **Geoprocessamento na gestão e planejamento urbano**. 2. ed. Belo Horizonte: Ed. da autora, 2005.
- NASA. **Shuttle Radar Topography Mission**. 2006 Disponível em: <<http://www2.jpl.nasa.gov/srtm/dataproduct.htm>>. Acesso: 12 fev. 2010.
- NIMER, E. *Clima*. In; GALVÃO, M .V. (Coord.). **Geografia do Brasil – v.2 – Região Nordeste**. Rio de Janeiro, SERGRAF/IBGE, 1977. p. 47-84
- _____. **Climatologia do Brasil**. Rio de Janeiro: FIBGE, 1989
- NUCCI, J.C. *Ecologia e planejamento da paisagem* In: SANTOS, D.G. e NUCCI, J.C (Org.) **Paisagens Geográficas: Um tributo a Felisberto Cavalheiro**. Campo Mourão: Editora da FECILCAM, 2009. p.
- OLIVEIRA, A G de. **Algodão: ouro branco (tempo e espaço)**. São Luís-MA: Ed. do autor, 2007.
- OLIVEIRA, J.H.M e CHAVES, J.M. *Fragilidade ambiental de um setor do Raso da Catarina-BA e entorno utilizando geoprocessamento (álgebra simples de mapas-sobreposição ponderada)*. XIII SBGFA – Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada, 2009, Viçosa – MG. **Anais**, v.01
- OLIVEIRA, P. C. A. e RODRIGUES, S. C. *Cartografia do relevo: um estudo aplicado na região oeste de Minas Gerais*. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, ano 8, n. 2, 2007, p. 37-44.
- PASSOS, M.M. dos. **Biogeografia e paisagem**. 2. ed. rev. Maringá-PR: [s.n.], 2003. 264 p.

PENTEADO-ORELLANA, M.M. Geomorfologia no contexto social. **Geografia e Planejamento**, (34), São Paulo, IGEOG-USP, 1981

PESSOA, J.M. **Entre a tradição e a modernidade: a belle époque caxiense** – práticas fabris, reordenamento urbano e padrões culturais no final do século XIX. Imperatriz-MA: Ética, 2009.

PETRONE, P. Povoamento e Colonização. In: AZEVEDO, A.de. **Brasil: a terra e o homem**. São Paulo: Cia. Ed. Nacional/Edusp, 1979. P127-158

PISSINATI, M. C. e ARCHELA, R. S. Geossistema território e paisagem - método de estudo da paisagem rural sob a ótica bertrandiana. **Geografia** - v. 18, n. 1, jan./jun. 2009 – Disponível em <[http://www.uel.br/revistas/ uel/index.php/geografia/](http://www.uel.br/revistas/uel/index.php/geografia/)> Acesso em 15.07.2009.

PORTAL ODM – Objetivos do Milênio. Relatório Dinâmico - indicadores municipais: Caxias. Disponível em < www.portalodm.com.br> Acesso em 31/03/2012.

PRADO JUNIOR, C. **História econômica do Brasil**. 28.ed. São Paulo: Brasiliense, 1983.

PROJETO RADAMBRASIL. Folha SB. 23 Teresina e parte da Folha SB.24 Jaguaribe. Rio de Janeiro: SUDENE, 1973.

REIS FILHO, N.G. **Quadro da arquitetura no Brasil**. 10. ed. 1. imp. São Paulo: Perspectiva, 2004.

RIBEIRO, J.A.P; MELO, F.; VERÍSSIMO, L.S. (org.). Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil. **Folha SB.23-X-B**. Estado do Piauí-Maranhão. Brasília: CPRM, 2001

RODRIGUES, S. C. e BRITO, J. L. S. Mapeamento geomorfológico de detalhe: uma proposta de associação entre o mapeamento tradicional e as novas técnicas em geoprocessamento. **Caminhos de Geografia**, 1 (1), p. 1-6, Uberlândia: UFU, set. 2000. Disponível em:< <http://www.caminhosdegeografia.ig.ufu.br/>>. Acesso em 14 jun. 2010.

RODRIGUEZ, J. M. M. e SILVA, E. V. e CAVALCANTI, A. P. B. **Geoecologia das paisagens: uma visão geossistêmica da análise ambiental**. 2 ed. Fortaleza: UFC, 2007.

ROSA, R. Análise espacial em Geografia. *Revista da ANPEGE*, v. 7, n. 1, número especial, p. 275-289, out. 2011.

ROSS, J. L. S. O registro cartográfico dos fatos geomórficos e a questão da taxonomia do relevo. **Revista do Departamento de Geografia**, n. 6. FFLCH-USP, 1992, p. 17-29.

_____. Análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais e antropizados. **Revista do Departamento de Geografia**. São Paulo: FFLCH/USP, n. 8, p. 63-74, 1994.

_____. Geomorfologia aplicada aos EIA-Rimas. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. (Org.) **Geomorfologia e meio ambiente**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1996, p. 291-336.

_____. **Geomorfologia: ambiente e planejamento**. 5 ed. São Paulo: Contexto, 2000.

_____. **Ecogeografia do Brasil: subsídios para planejamento ambiental**. São Paulo: Oficina de Textos, 2006.

_____, FIERZ, M. SM. Algumas técnicas de pesquisa em geomorfologia. In: VENTURI, I. A. B. **Praticando geografia: técnicas de campo e laboratório**. São Paulo: Oficina de Textos, 2005, p. 69-84.

_____, MOROZ, I. C. **Mapa geomorfológico do estado de São Paulo**. São Paulo: FFLCH-USP/IPT/FAPESP, 1997.

ROSSETTI D. F. Bacias sedimentares brasileiras: Bacia de São Luís-Grajaú. **Fundação Paleontológica Phoenix**, 2003. Disponível em <http://www.phoenix.org.br/Phoenix58_Out03.htm>. Acesso em: 29 Maio 2007.

ROUGERIE, G. e BEROUTCHACHVILI, N. **Geosystèmes et paysages: bilan e méthodes**. Paris: Armand Colin Éditeur, 1991.

SADECK, L. **Classificação supervisionada – Arcgis 9.3**. Disponível em <<http://geotecnologias.wordpress.com/2009/11/21/classificacao-supervisionada-arcgis-9-3/>>. Acesso em 26.01.2011.

SANT'ANNA NETO, J.L. Abordagem sistêmica nas relações sociedade-natureza. **Caderno Prudentino de Geografia**. v.13, jun. 1991:61-66

- SANTOS, L.C.A. dos. Recursos hídricos: disponibilidade e demanda no estado do Maranhão. In: CASTRO, C.E. e PORTO, I.M.R (Org.) **Abordagens geográficas da multiplicidade dos espaços maranhenses**. São Luís: Uema, 2010. p. 232-251.
- SANTOS, M. **Metamorfoses do espaço habitado**. 6. ed. São Paulo: EDUSP, 2008. 136 p.
- SANTOS, M. **Pensando o espaço do homem**. 5. ed. São Paulo: Edusp, 2004.
- SANTOS, M. **A natureza do espaço**. São Paulo: Nobel, 1996.
- SANTOS, M. **Espaço e método**. 3. ed. São Paulo, Nobel, 1992.
- SANTOS, M. O espaço geográfico como categoria filosófica. **Revista Terra Livre**. São Paulo: AGB, n.5, 1988
- SANTOS, M. **Por uma geografia nova**. São Paulo, Hucitec, 1980
- SANTOS, M.E. de C. M. e CARVALHO, M.S.S. de. **Paleontologia das bacias do Parnaíba, Grajaú e São Luís**. Rio de Janeiro: CPRM – Serviço Geológico do Brasil – DGM/DIPALE, 2009. 215 p.
- SAUER, C. O. A morfologia da paisagem. In: CORRÊA, R. L.; ROSENDAHL, Z. (Org.). **Paisagem, tempo e cultura**. Rio de Janeiro: EDUERJ, 1998.
- SCHIER, R. A. Trajetórias do conceito de paisagem na geografia. **Revista RA'EGA**, Curitiba, n. 7, p. 79-85, 2003. Disponível em: <[http:// ojs.c3sl.ufpr.br](http://ojs.c3sl.ufpr.br)>. Acesso em: 12 abr. 2009.
- SCHOBENHAUS, C. et al. **Geologia do Brasil**. Brasília, Departamento Nacional de Produção Mineral, 1984.
- SILVA, J. dos S. V. da e SANTOS, R. F. Zoneamento para planejamento ambiental: vantagens e restrições de métodos e técnicas. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, Brasília, v. 21, n. 2, p.221-263, maio/ago. 2004
- SILVA, T.C. da. **Demanda de instrumentos de gestão ambiental**: zoneamento ambiental. Brasília: IBAMA, 1997
- SOTCHAVA, V. B. Por uma teoria de classificação de geossistemas de vida terrestre. **Biogeografia**. USP. 14, 1978, p. 1-15.

SOUZA, M.L.de. **Mudar a cidade: uma introdução crítica ao planejamento e a gestão urbanos**. 4. ed. Rio de Janeiro: Bertand Brasil, 2006.

_____, RODRIGUES, G.B. **Planejamento urbano e ativismos sociais**. São Paulo: UNESP, 2004.

SPÖRL, C. **Metodologia para elaboração de modelos de fragilidade ambiental utilizando redes neurais artificiais**. Tese (Doutorado) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.

_____, ROSS, J.L.S. Análise comparativa da fragilidade ambiental com a aplicação de três modelos. **GEOUSP – Espaço e Tempo**, São Paulo, n. 15, p. 39-49, 2004.

_____. **Análise da Fragilidade Ambiental Relevo-Solo com Aplicação de Três Modelos Alternativos nas Altas Bacias do Rio Jaguari-Mirim, Ribeirão do Quartel e Ribeirão da Prata**. 2001. Dissertação (Mestrado) Programa de Pós Graduação em Geografia- FFLCH – USP, São Paulo.

STEFFAN, E.R. Hidrografia. In: GALVÃO, M .V. (Coord.). **Geografia do Brasil – Região Nordeste**. Rio de Janeiro: IBGE, 1977. vol. 2.p.111-133

SUERTEGARAY, D. M. A. Espaço Geográfico Uno e Múltiplo. **Scripta Nova** (Barcelona), Barcelona, v. 93, 2001.

_____, NUNES, J. O. R. A natureza da Geografia Física. **Terra Livre**. São Paulo. nº17, p. 11-27, 2001.

TORRES, F. T. P. e MACHADO, P.J.O. **Introdução à climatologia**. Ubá-MG: Geographica, 2008. (Série Textos Básicos de Geografia)

TRICART, J. Paisagem e Ecologia: **IGEO/USP**. São Paulo. 1981

_____. **Ecodinâmica**. Rio de Janeiro: IBGE-SUPREN, 1977.

_____. A geomorfologia nos estudos integrados de ordenação do meio natural. **Boletim Geográfico**. Rio de Janeiro, 34(251): 15-42, out./dez., 1976.

_____. **Principes et méthodes de la géomorphologie**. Paris: Masson e Cie, 1965.

_____, CAILLEUX, A. Le problème de La classification des faits géomorphologiques. **Annales de Géographie**, v. 65, n. 349, 1956, p. 162-186. Disponível em:< <http://www.persee.fr>>. Acesso em 13 de maio de 2010.

TROLL, C. El Paisaje geográfico y su investigación. In.: MENDOZA, J. G.; JIMÉNEZ, J. M.; CANTERO, N. O. **El pensamiento geográfico**. Madrid: Alianza Editorial, 1982. p. 323-329.

TROPMAIR, H., M. H. GALINA. Geossistemas. **Revista Mercator**, ano 05, número 10. Fortaleza: UFC, 2006, p. 79-89. Disponível em:< <http://www.mercator.ufc.br>>. Acesso em 22 jun. 2010.

TROVÃO, J.R. **Evolução político-administrativa do Estado do Maranhão**. São Luís: IMESC, 2010.

_____. **O processo de ocupação do território maranhense**. São Luís: IMESC, 2008. (Cadernos IMESC, 5)

_____. **Ilha latifundiária na Amazônia Maranhense**; estudo da expansão da fronteira agrícola no médio vale do Pindaré: o caso de Santa Inês. São Luís: UFMA/PPPG, 1989.

VALVERDE, O. Geografia econômica e social do babaçu no Meio Norte. **Rev. Bras. de Geografia**, v. 19, n. 4, out-dez de 1957. p. 381-420

VAZ, P.T et al. Bacia do Parnaíba. **Bol. Geoc. Petrobras**, Rio de Janeiro, v. 15, n. 2, p. 253-263, maio/nov. 2007

VERDUM, R. Os geógrafos frente às dinâmicas sócio-ambientais no Brasil. **Anais da IV Semana de Geografia de Irati – 1º a 06 de setembro de 2008**

_____. Os geógrafos frente às dinâmicas sócio-ambientais no Brasil. **Rev.do Depto. de Geografia**. N. 16, p.91-94, 2005.

WISCHMEIER, W.H. e SMITH, D.D. **Predicting rainfall erosion losses**: a guide to conservation planning. Washington, DC: USDA, 1978. (Agriculture Handbook, 537).

WOOLDRIDGE, S.W. , EAST, W.G. **Espírito e propósitos da Geografia**. Rio de Janeiro: Zahar, 1967.

XAVIER-DA-SILVA, J. Geoprocessamento e análise ambiental. **Rev. Bras. de Geografia**, Rio de Janeiro, 54(3): 47-61, jul.;set. 1992

ZACHARIAS, A.A.; FREITAS, M.I.C. de. Representação gráfica e zoneamento ambiental: (re)pensando as categorias de análise da cartografia para o mapeamento

e síntese da paisagem. In: GERARDI, L.H. de O. e FERREIRA, E.R. (org.) **Saberes e fazeres geográficos**. Rio Claro: UNESP/IGCE:AGETEO, 2008. p. 121-140.

ZAPAROLI, F. C. M. ; CREMON, E. H. Análise comparativa entre quatro metodologias de fragilidade ambiental na bacia hidrográfica do ribeirão Jangada, Noroeste Paulista. In: VIII Simpósio Nacional de Geomorfologia; III Encontro Latino Americano de Geomorfologia; I Encontro Ibero-Americano de Geomorfologia; I Encontro Ibero-Americano do Quaternário, 2010, Recife. VIII Simpósio Nacional de Geomorfologia; III Encontro Latino americano de Geomorfologia; I Encontro Ibero-Americano de Geomorfologia; I Encontro Ibero-Americano do Quaternário. Recife: UFPE, 2010.