



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ**  
**DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA**  
**TESE DE DOUTORADO**

**JUDÁRIA AUGUSTA MAIA**

**ANÁLISE GEOECOLÓGICA DAS PAISAGENS E PLANEJAMENTO AMBIENTAL DA  
BACIA DO RIO MARANGUAPINHO, CEARÁ, BRASIL.**

**Fortaleza – Ceará**  
**Dezembro/2015**

JUDÁRIA AUGUSTA MAIA

**ANÁLISE GEOECOLÓGICA DAS PAISAGENS E PLANEJAMENTO AMBIENTAL DA  
BACIA DO RIO MARANGUAPINHO, CEARÁ, BRASIL.**

Tese apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Geografia do Departamento de Geografia da Universidade Federal do Ceará, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Doutora em Geografia. Área de Concentração: Estudo Socioambiental da Zona Costeira.

Orientador: Prof. Dr. Edson Vicente da Silva

Co-orientador: Prof. Dr. Jader de Oliveira Santos

**Fortaleza – Ceará**

**Dezembro/2015**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Universidade Federal do Ceará  
Biblioteca de Ciências e Tecnologia

- 
- M187a      Maia, Judária Augusta.  
              Análise geológica das paisagens e planejamento ambiental da bacia do rio Maranguapinho,  
Ceará, Brasil. / Judária Augusta Maia. – 2015.  
              193 f. : il. color.
- Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências, Departamento de  
Geografia, Programa de Pós-Graduação em Geografia, Fortaleza, 2015.
- Área de Concentração: Estudo Socioambiental da Zona Costeira  
Orientação: Prof. Dr. Edson Vicente da Silva  
Coorientação: Prof. Dr. Jader de Oliveira Santos
1. Geologia. 2. Meio ambiente. 3. Recursos naturais. I. Título

JUDÁRIA AUGUSTA MAIA

**ANÁLISE GEOECOLÓGICA DAS PAISAGENS E PLANEJAMENTO AMBIENTAL DA  
BACIA DO RIO MARANGUAPINHO, CEARÁ, BRASIL.**

Tese apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Geografia do Departamento de Geografia da Universidade Federal do Ceará, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Doutora em Geografia. Área de Concentração: Estudo Socioambiental da Zona Costeira.

Aprovada em 02/12/2015

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof. Dr. Edson Vicente da Silva (Orientador)  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Prof. Dr. Paulo Thieres  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Prof. Dr. José Mauro Palhares  
Universidade Federal do Amapá (UNIFAP)

---

Prof. Dr. Frederico Holanda Bastos  
Universidade Estadual do Ceará (UECE)

---

Prof. Dr. Ernane Cortez Lima  
Universidade Estadual Vale do Acaraú (UVA)

### ***Dedicatória***

*Aos meus pais, Juarez (in memorian) e Dária pelo exemplo de valores e amor, a quem devo minha gratidão e respeito;*

*A minha irmã Daniele, sobrinha Alicia e vó Maria pela amizade, carinho e alegria;*

*Ao rio Maranguapinho, onde associo relações de aprendizado e afeto, momentos de descontração, reflexão e boas caminhadas.*

## **AGRADECIMENTOS**

À Deus pelo folego da vida e pelo título mais importante que poderia adquirir em vida, o título de serva.

Ao meu orientador Professor Cacau a quem sou muito grata pelo acolhimento, dedicação, respeito e compromisso, sobretudo pela oportunidade de conhecê-lo mais como pessoa e profissional exemplar. Tem meu respeito, admiração e carinho.

Ao professor e amigo Jader Santos pela orientação, confiança, paciência e dedicação durante o desenvolvimento desta pesquisa, me ajudou muito.

Ao professor Frederico Bastos que colaborou com suas valiosas contribuições para o aperfeiçoamento desta pesquisa.

A todos do Programa de Pós-graduação em Geografia da Universidade Federal do Ceará, a coordenação, aos professores que contribuíram para a conclusão deste trabalho. De maneira especial agradeço aos professores Jean-Pierre Peulvast, Christian Dennys, Jeovah Meireles e Elisa Zanella.

A todos da minha família que sempre torceram pelo sucesso do trabalho, em especial Dária, Daniele, Alicia, Chrishes e Júnior que acompanharam de perto.

Ao querido amigo Alan Ihuel pelas boas conversas, palavras de incentivo, orações e carinho, principalmente nos momentos mais difíceis. A quem sou grata pela disponibilidade de tempo e sucesso nos trabalhos de campo em lugares de difícil acesso e periculosidade, resultando na aquisição das excelentes fotos e entrevistas com moradores ribeirinhos.

A querida Marisa pela amizade, carinho, paciência e boas conversas. A quem sou grata pela elaboração e aprimoramento dos trabalhos gráficos e mapas com ideias brilhantes.

Ao grande amigo João Capistrano, que me acompanhou nos trabalhos de campo desde 2009 ao longo do rio Maranguapinho. Agradeço a disponibilidade e a boa vontade.

Ao amigo Ricardo Braga por me ajudar muito com elaboração do material cartográfico, sempre com boa vontade, paciência e zelo.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES pelo apoio financeiro.

A todos que, de alguma forma, contribuíram para a realização deste trabalho.

Muito agradecida!

*“Assim diz o SENHOR: Não se glorie o sábio na sua sabedoria, nem se glorie o forte na sua força; não se glorie o rico nas suas riquezas”.*

*“Mas o que se gloriar glorie-se nisto: em me entender e me conhecer, que eu sou o Senhor que faço beneficência, juízo e justiça na terra; porque destas coisas me agrado, diz o SENHOR”.*

*Jeremias 9:23,24.*

## RESUMO

O planejamento urbano se apresenta como instrumento de gestão, projetado principalmente para o controle e uso dos recursos naturais. A implantação de intervenções em rios urbanos para fins de requalificação ambiental é cada vez mais frequente. As modificações dos espaços naturais vão dando lugar às estruturas urbanas e a ocorrência de efeitos negativos e positivos em curto prazo é notória. Assim, a presente tese propõe analisar se as intervenções urbanas atendem a finalidade de recuperar a qualidade ambiental de bacias hidrográficas urbanas através de uma análise integrada da geoecologia das paisagens, no caso a bacia do rio Maranguapinho. Localizada na Região Metropolitana de Fortaleza – RMF, Ceará, a bacia apresenta diversos problemas socioambientais, além da ocupação desordenada às margens do canal principal. O rio Maranguapinho é marcado por diversos tipos de usos, tais como: abastecimento humano, irrigação e agricultura, indústria, lazer, extrativismo mineral, pecuária e dessedentação animal, disposição de resíduos sólidos, lançamento de efluentes domésticos e diluição e afastamento de despejos. Esses problemas são resultados diretos da ocupação irregular, da ausência de um planejamento urbano e de ações de gestão ambiental e ordenamento territorial. A metodologia da Geoecologia das Paisagens foi adotada como um método para subsidiar a análise do contexto ambiental e evolutivo das paisagens do rio Maranguapinho. A metodologia utilizada mostrou em sua análise integrada que a implantação de um projeto de urbanização nas margens do rio pode contribuir para recuperação da qualidade ambiental do mesmo. Contudo, a implantação das obras, sem ações que contemplam uma gestão participativa, acaba por tornar o projeto de requalificação em uma mera intervenção urbanística. Evidencia-se que as ações de recuperação ambiental e ordenamento territorial para serem efetivas, devem ser associadas a estratégias de implantação de políticas e ações de educação ambiental.

Palavras-chave: Análise Geoecológica, Intervenções Urbanas, Requalificação Ambiental, Planejamento Ambiental, Rio Maranguapinho.

## **ABSTRACT**

Urban planning is presented as a management tool, designed primarily for the control and use of natural resources. The implementation of interventions in urban rivers for environmental rehabilitation purposes is increasingly common. Modifications of natural spaces give way to urban structures and the occurrence of positive and negative effects in the short term is notorious. Thus, this thesis proposes to examine whether urban interventions serve the purpose of recovering the environmental quality of urban watersheds through an integrated analysis of geoecology landscapes, where the Maranguapinho River basin. Located in the metropolitan area of Fortaleza - RMF, Ceará, the basin has many environmental problems, and the disorderly occupation on the banks of the main channel. The river Maranguapinho is marked by a variety of uses, such as: human consumption, irrigation and agriculture, industry, recreation, mineral extraction, livestock and animal consumption, solid waste disposal, domestic sewage discharge and dilution and removal of dumps. These problems are a direct result of the illegal occupation, the lack of urban planning and environmental management actions and land use. The methodology of Geoecology of Landscapes was adopted as a method to support the analysis of environmental and evolutionary context of the Maranguapinho river landscapes. The methodology used in its integrated analysis showed that the implementation of an urbanization project in the river can contribute to recovery of environmental quality. However, the implementation of the works without actions that include participative management, ultimately makes the redevelopment project in a mere urban intervention. It is clear that the actions of environmental restoration and land use planning to be effective, they must be associated with the implementation of strategies of environmental education policies and actions.

Keywords: Geoecological Analysis, Urban Interventions, Environmental Rehabilitation, Environmental Planning, River Maranguapinho.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Modelo sistêmico de funcionamento da paisagem. Fonte: Rodriguez, Silva e Cavalcanti (2004). .....	42
Figura 2. Fluxograma metodológico para análise das paisagens da bacia hidrográfica do rio Maranguapinho. Fonte: Adaptado de Rodriguez, Silva e Cavalcanti (2004). .....	56
Figura 3. Modelagem do relevo por processos erosivos; B) Fragmentos de rochas e blocos rolados na Serra de Maranguape. Foto: Maia (2015). .....	73
Figura 4. A) Ruptura dos blocos rolados pela ação do intemperismo físico; B) Intemperismo físico e químico através da oxidação da rocha decorrente da ação pluviométrica. Foto: Maia (2015). .....	74
Figura 5. Planície fluvial do rio Maranguapinho. Foto: Maia (2009). .....	76
Figura 6. A) Planície lacustre do rio Maranguapinho; B) Área de transição da planície fluvial e fluviomarinha sob a ação da dinâmica do estuário do rio Ceará. Foto: Maia (2011). .....	78
Figura 7. A) Instalação da quadra chuvosa no Nordeste Setentrional do Brasil. B) Deslocamento da massa de ar para o Sul, responsável pelo período de estio. Fonte: Imagens do CPTEC (2011). .....	80
Figura 8. Distribuição da temperatura ao longo do ano na área de abrangência do rio Maranguapinho (Estação Meteorológica Fortaleza - Pici). Elaborado por Maia (2015). Fonte: INMET (2014). .....	82
Figura 9. Relação entre a precipitação total da área de abrangência da bacia do rio Maranguapinho e a evaporação média (Estação Meteorológica Fortaleza - Pici). Elaborado por Maia (2015). Fonte: INMET (2014). .....	82
Figura 10. Precipitação mensal no período de 1999 a 2010 na cidade de Fortaleza, com base nos dados da estação meteorológica Fortaleza - Pici. Elaborado por Maia (2011). Fonte: FUNCEME (2011). .....	85
Figura 11. Precipitação total na bacia do rio Maranguapinho nos anos de 2009 e 2010, com base nos dados da estação meteorológica Fortaleza - Pici. Elaborado por Maia (2011). Fonte: FUNCEME (2011). .....	86
Figura 12. Faixas comparativas de inundação após a implantação da barragem do rio Maranguapinho pelo PROMURB. Fonte: Secretaria das Cidades (2012). .....	88
Figura 13. Presença de interflúvios no médio curso do rio Maranguapinho (período chuvoso). Fonte: Maia (2011). .....	92
Figura 14. Vegetação de mata úmida na serra de Maranguape. Foto: Maia (2012). ...	100

Figura 15. Descaracterização da vegetação original pela plantação de bananeiras na serra de Maranguape. Foto: Maia (2012).....	101
Figura 16. Vegetação de mata de seca na encosta da serra de Maranguape. Foto: Maia (2012).....	102
Figura 17. Área de depressão sertaneja recoberta por plantação de milho no município de Maranguape. Fonte: Maia (2012).....	103
Figura 18. Vegetação de caatinga em áreas pediplanadas. Foto: Maia (2011). ....	104
Figura 19. Vegetação de mata ciliar na planície fluvial do rio Maranguapinho. Foto: Maia (2014).....	105
Figura 20. Ocupação as margens do rio Maranguapinho - Áreas de risco no período de chuva. Foto: Maia (2009). ....	108
Figura 21. Notícias de alagamento, morte e destruição com as inundações no rio Maranguapinho Jornal - O Povo e Diário do Nordeste (24/02/2007).....	109
Figura 22. Espacialização dos trechos de requalificação urbana (PROMURB) na bacia do rio Maranguapinho. Fonte: Secretaria das Cidades (2015).....	111
Figura 23. Vista do Maciço Residual do município de Maranguape. Foto: Maia (2012). ....	127
Figura 24. A) Equipamento particular para banho e recreação. B) Cachoeira natural na serra de Maranguape. Foto: Maia (2012). ....	128
Figura 25. Ocupação urbana por residências na serra de Maranguape. Foto: Maia (2012).....	129
Figura 26. Clube aquático na serra de Maranguape (Clube Cascatinha – Pousada Multclub). Foto: Maia (2012). ....	129
Figura 27. Canalização dos recursos hídricos locais para fins de irrigação para agricultura de subsistência na área de transição entre o maciço e a depressão sertaneja - cultivo de banana. Foto: Maia (2012).....	130
Figura 28. Atividades relacionadas à dessedentação animal e pastagem. Foto: Maia (2012).....	131
Figura 29. Área de depressão sertaneja e com a presença de lagoas nas áreas de depressão sertaneja. Foto: Secretaria das Cidades (2011). ....	133
Figura 30. Implantação de uma barragem pelo PROMURB - Barragem Maracanaú. Foto: Secretaria das Cidades (2013).....	133

Figura 31. Afloramentos rochosos nas áreas de contato entre o tabuleiro pré-litorâneo e depressão sertaneja. Foto: Maia (2015).....	134
Figura 32. A ocupação dispersa e ainda com características rurais. Foto: Maia (2015). .....	135
Figura 33. Obras de implantação de vias de acesso entre os municípios de Maracanaú e Fortaleza. Foto: Maia (2015). ....	135
Figura 34. Áreas de morfologia irregular utilizadas para: A) criação de animais domésticos; B) Disposição de resíduos sólidos. Foto: Maia (2015). ....	136
Figura 35. Plantação de milho e banana nas áreas mais próximas a planície fluvial. Foto: Maia (2015). ....	138
Figura 36. Vegetação de caatinga em áreas de contato entre a Depressão Sertaneja e Tabuleiro Litorâneo na bacia do rio Maranguapinho. Foto: Maia (2015). ....	139
Figura 37. Vegetação no entorno da planície fluvial do rio Maranguapinho Tabuleiro. Foto: Maia (2012). ....	139
Figura 38. Ocupação urbana do tabuleiro litorâneo nas áreas adjacentes a bacia do rio Maranguapinho. Foto: Maia (2012). ....	140
Figura 39. A) Vias de acesso no trecho III (Av. Osório de Paiva à Av. Jardim Fluminense) B) Implantação do conjunto habitacional Rachel de Queiroz – Fortaleza. Foto: Secretaria das Cidades (2014).....	140
Figura 40. Planície fluvial da bacia do rio Maranguapinho em terrenos predominantemente cristalinos entre os municípios de Maranguape e Maracanaú. Foto: Maia (2012). ....	142
Figura 41. Alargamento do canal principal do rio Maranguapinho nos períodos de chuva - bairro Autran Nunes/Fortaleza. Foto: Maia (2009). ....	143
Figura 42. Área de deposição fluvial no canal principal do rio Maranguapinho e diminuição do aporte hídrico no período de estio - bairro Autran Nunes/Fortaleza. Foto: Maia (2010). ....	143
Figura 43. Ocupação das margens do rio Maranguapinho antes da implantação do reassentamento das comunidades ribeirinhas Trecho I - bairro Autran Nunes (PROMURB). Foto: Maia (2007). ....	144
Figura 44. Pecuária de subsistência na planície fluvial do rio Maranguapinho, bairro Autran Nunes - Fortaleza. Foto: Maia (2015). ....	145
Figura 45. Agricultura de subsistência na planície fluvial do rio Maranguapinho, bairro Autran Nunes - Fortaleza. Foto: Maia (2015). ....	145

Figura 46. Retirada da ocupação indevida na planície fluvial do rio Maranguapinho – Trecho I – bairro Autran Nunes. Foto: Maia (2010). .....	146
Figura 47. Implantação de equipamentos urbanos na planície fluvial do rio Maranguapinho – Trecho I – bairro Autran Nunes. Foto: Maia (2015). .....	146
Figura 48. Canal fluvial do rio Maranguapinho com áreas de extração de areias, bairro Autran Nunes - Fortaleza (Foto 2010). Fonte: Maia (2011). .....	147
Figura 49. Comparação de faixas para a delimitação de Áreas de Preservação Permanente – APP. Fonte: Secretaria das Cidades (2015). .....	148
Figura 50. Ocupação irregular e disposição de resíduos sólidos na área de várzea alta do rio Maranguapinho, bairro Genibaú/Autran Nunes - Fortaleza. Foto: Maia (2015)..	149
Figura 51. A) Resíduos sólidos carreados pelas águas pluviais para o canal fluvial e B) Proliferação de aguapés como indicador de poluição hídrica, bairro Vila Velha – Fortaleza. Foto: Maia (2015). .....	149
Figura 52. A) Rejeitos de pequenas granjas localizadas no bairro Bonsucesso; A) Carcaça de animal doméstico (cachorro) em decomposição - bairro Autran Nunes (Foto 2010). Fonte: Maia (2011). .....	150
Figura 53. A) Aumento significativo do aporte hídrico no canal fluvial do rio Maranguapinho na quadra chuvosa no ano de 2009 - bairro Bonsucesso; B) Uso das águas destinado ao lazer pela população local (Foto 2009). Fonte: Maia (2011). .....	152
Figura 54. A) Campo de futebol na área de várzea alta na planície fluvial; B) Pista de “motocross” implantada pela população local, como uso alternativo para lazer - bairro Autran Nunes - Fortaleza. Foto: Maia (2015). .....	153
Figura 55. Práticas de atividades físicas nos calçadões as margens do rio. Foto: Maia (2015). .....	153
Figura 56. Instalação de pocilgas da área de planície fluviomarina do rio Maranguapinho. Fonte: Maia (2015). .....	155
Figura 57. Expansão urbana às margens da planície fluviomarina do rio Maranguapinho e bancos de areia provenientes de processos de assoreamento. Foto: Maia (2007). .....	156
Figura 58. Expansão urbana nas proximidades (margem direita) da planície fluviomarina do rio Maranguapinho e bancos de areia advindos de processos de assoreamento. Foto: Maia (2010). .....	156
Figura 59. A) Ocupação à margem direita da planície fluviomarina do rio Maranguapinho. B) Retirada da ocupação pelo PROMURB. Foto: Maia (2015). .....	157

Figura 60. Margem esquerda com vegetação parcialmente preservada. Foto: Maia (2015).....	158
Figura 61. Perfil geocológico longitudinal dos usos da bacia do rio Maranguapinho. Fonte: Elaborado por Maia (2015).....	159
Figura 62. Ponto amostral do estado ambiental da Serra de Maranguape na bacia do rio Maranguapinho. ....	164
Figura 63. Ponto amostral do estado ambiental da Depressão Sertaneja da bacia do rio Maranguapinho. ....	166
Figura 64. Ponto amostral do estado ambiental do Tabuleiro Litorâneo da bacia do rio Maranguapinho. ....	168
Figura 65. Ponto amostral do estado ambiental da Planície Fluvio-marinha da bacia do rio Maranguapinho e APP de recurso hídrico, sugerida pelo Decreto Estadual N° 15.274/1982 e Lei nº 12.651/2012. ....	169
Figura 66. Ponto amostral do estado ambiental da Planície Fluvial da bacia do rio Maranguapinho com desenho do projeto de requalificação urbana e APP de recurso hídrico, sugerida pelo Decreto Estadual N° 15.274/1982 e Lei nº 12.651/2012. ....	171

## **LISTA DE QUADROS**

Quadro 1. Concepções de Sotchava e Bertrand sobre geossistema. Fonte: Rodriguez e Silva (2013). ....	36
Quadro 2. Tipologia e aplicabilidade dos instrumentos de gerenciamento para fins de Gestão Ambiental. Fonte: Bitar & Ortega (1998). ....	52
Quadro 3. Análise por divisão em escalas, escala utilizada na análise geocológica da paisagem do rio Maranguapinho. Fonte: Rodriguez, Silva e Cavalcanti (2004), adaptado por Maia (2015). ....	58
Quadro 4. Análise das propriedades da paisagem e do uso das unidades ambientais do rio Maranguapinho. Elaborado por Maia (2015). ....	61
Quadro 5. Análise dos problemas ambientais, limitações e potencialidades da bacia do rio Maranguapinho. Fonte: Elaborado por Maia (2015). ....	63
Quadro 6. Proposta para um modelo de Zoneamento Integrado. Fonte: Elaborado por Maia (2015). ....	65
Quadro 7. Zonas e áreas estabelecidas para uso e ocupação da bacia do rio Maranguapinho. Fonte: Elaborado por Maia (2015). ....	66

Quadro 8. Classes de solos, unidades geomorfológicas e fitoecológicas da bacia do rio Maranguapinho. Fonte: Adaptado de SOUZA et al. (2009).....	95
Quadro 9. Espacialização das áreas de risco extintas no rio Maranguapinho (trechos I, II e III). Fonte: Secretaria das Cidades (2015).....	112
Quadro 10. Espacialização das áreas de risco ainda não extirpadas no rio Maranguapinho (trechos zero, I, II e III). Fonte: Secretaria das Cidades (2015). .....	113
Quadro 11. Síntese da análise funcional das unidades geoecológicas da bacia do rio Maranguapinho. Adaptado de Rodriguez, Silva e Cavalcanti (2004). .....	123
Quadro 12. Síntese do estado ambiental da Bacia do rio Maranguapinho. Fonte: Adaptado de Rodriguez, Silva e Cavalcanti (2004). .....	173
Quadro 13. Proposta de zoneamento ambiental e funcionamento da bacia do rio Maranguapinho. Fonte: Elaborado por Maia (2015). .....	158
Quadro 14. Síntese do zoneamento ambiental e funcional da Bacia do rio Maranguapinho. Fonte: Adaptado de Rodriguez, Silva e Cavalcanti (2004) e Souza et. al. (2009). .....	162

## **LISTA DE MAPAS**

Mapa 1. Localização da Bacia Hidrográfica do rio Maranguapinho. Fonte: Elaborado por Maia (2015). .....	23
Mapa 2. Geologia da bacia hidrográfica do rio Maranguapinho. Fonte: Elaborado por Maia (2015). .....	70
Mapa 3 Geomorfologia da bacia hidrográfica do rio Maranguapinho. Fonte: Elaborado por Maia (2015). .....	72
Mapa 4. Altimetria da Bacia Hidrográfica do rio Maranguapinho. Fonte: Elaborado por Maia (2015). .....	90
Mapa 5. Classificação Pedológica da Bacia Hidrográfica do rio Maranguapinho. Fonte: EMBRAPA (2006). .....	94
Mapa 6. Classificação Pedológica da Bacia Hidrográfica do rio Maranguapinho. Fonte: Elaborado por Maia (2015). Dados: EMBRAPA (2006). .....	99
Mapa 7. Evolução urbana da bacia do rio Maranguapinho .....	107
Mapa 8. Mapa de unidades geoecológicas da paisagem da bacia hidrográfica do rio Maranguapinho. Fonte: Elaborado por Maia (2015). .....	115

Mapa 9. Estrutura da paisagem da bacia do rio Maranguapinho. Fonte: Elaborado por Maia (2015). .....	119
Mapa 10. Estado ambiental da bacia do rio Maranguapinho por níveis de degradação. Fonte: Elaborado por Maia (2015).....	156
Mapa 11. Zoneamento Integrado da bacia do rio Maranguapinho. Fonte: Elaborado por Maia (2015). .....	163

## **LISTA DE TABELA**

Tabela 1. Distribuição média mensal ao longo do ano de 2014 (Estação Meteorológica Fortaleza - Pici). Elaborado por Maia (2015) Fonte: INMET (2014). .....	84
--	----

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

AOC – Áreas de Ocupação Consolidada

APA – Área de Proteção Ambiental

APP - Áreas de Preservação Permanente

ARU – Áreas de Requalificação Urbana

AUS – Áreas para Uso Sustentável

COGERH – Companhia de Gerenciamento de Recursos Hídricos

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente

CPRM - Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

EMI – Energia Matéria e Informação

ETE - Estações de Tratamento de Efluente

FUNCEME - Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos

INMET – Instituto de Meteorologia

INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

IPLANCE – Fundação Instituto de Planejamento do Ceará

LEE - Lagoas de Estabilização de Efluentes

PAC - Programa de Aceleração do Crescimento

PMF - Prefeitura Municipal de Fortaleza

PNRH - Política Nacional de Recursos Hídricos

PROMURB - Projeto de Melhorias Urbana e Ambiental do Rio Maranguapinho

RMF - Região Metropolitana de Fortaleza

SIDI - Sistema de Esgoto do Distrito Industrial de Fortaleza

SIG - Sistema de Informação Geográfica

SNGRH - Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos

SRH - Secretaria de Recursos Hídricos

SRTM - Shuttle Radar Topography Mission

UECE - Universidade Estadual do Ceará

UFC - Universidade Federal do Ceará

VCAN - Vórtice Ciclônico de Altos Níveis

ZCIT - Zona de Convergência Intertropical

ZPA - Zona de Preservação Ambiental

ZRA - Zona de Recuperação Ambiental

ZUE - Zona de Usos Específicos

## Sumário

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>20</b>
<b>2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA DA PESQUISA .....</b>	<b>31</b>
2.1. A Geografia através de uma Abordagem Sistêmica.....	32
2.2. Geossistemas e Ecodinâmica .....	34
2.3. Geoecologia das Paisagens.....	39
2.4. Geoecologia para estudos em Bacias Hidrográficas Urbanas .....	45
2.5. Planejamento e Gestão Ambiental em Bacias Hidrográficas Urbanas.....	49
<b>3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS E OPERACIONAIS .....</b>	<b>55</b>
3.1. Fase de Organização e Inventário .....	57
3.1.1. Organização .....	57
3.1.2. Inventário .....	59
3.2. Fase de Análise e Diagnóstico.....	61
3.3. Fase Propositiva .....	64
<b>4. COMPONENTES DA PAISAGEM NATURAL DA BACIA DO RIO MARANGUAPINHO.....</b>	<b>67</b>
4.1. Geologia e Geomorfologia.....	68
4.2. Condições Climáticas .....	78
4.3. Hidrologia .....	86
4.3. Solos e Cobertura Vegetal .....	92
<b>5. OCUPAÇÃO URBANA NA BACIA DO RIO MARANGUAPINHO.....</b>	<b>106</b>
<b>6. ANÁLISE ESTRUTURAL E FUNCIONAL DAS PAISAGENS DA BACIA DO RIO MARANGUAPINHO.....</b>	<b>114</b>
6.1. Análise Estrutural da Paisagem .....	116
6.2. Análise Funcional da Paisagem.....	120
<b>7. DIAGNÓSTICO AMBIENTAL DA BACIA DO RIO MARANGUAPINHO.....</b>	<b>126</b>

7.2.1. Maciços Residuais .....	126
7.2.2. Depressão Sertaneja.....	131
7.2.3. Tabuleiro Litorâneo .....	136
7.2.4. Planície Fluvial .....	141
7.2.5. Planície Fluviomarinha .....	154
<b>8. ESTADO AMBIENTAL DA PAISAGEM DA BACIA DO RIO MARANGUAPINHO</b>	
<b>161</b>	
8.1. Processos Geoecológicos Degradantes .....	161
8.2. Estado Ambiental.....	162
8.2.1. Unidades geoecológicas com estado ambiental medianamente estável..	163
8.2.2. Unidades geoecológicas com estado ambiental instável.....	167
8.2.3. Unidades geoecológicas com estado ambiental crítico .....	170
<b>9. DIRETRIZES PARA GESTÃO AMBIENTAL DA BACIA DO RIO</b>	
<b>MARANGUAPINHO.....</b>	<b>175</b>
9.1. Zona de Preservação Ambiental (ZPA).....	176
9.2. Zona de Recuperação Ambiental (ZRA).....	177
9.3. Zona de Usos Específicos (ZUE) .....	178
<b>10. CONCLUSÕES .....</b>	<b>182</b>
<b>11. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>186</b>

## 1. INTRODUÇÃO

As discussões acerca da conservação dos recursos naturais vêm crescendo de forma preocupante no âmbito do desenvolvimento sustentável. Considerando que a evolução da humanidade possui relação direta com o uso e exploração dos recursos naturais, as consecutivas crises ambientais e as transformações sociais são constantes e aceleradas. Além disso, o acentuado aumento das populações e a expansão urbana vêm provocando inúmeros problemas relacionados à qualidade e conservação dos recursos naturais.

As formas de uso e ocupação implantadas pela população no meio natural de forma planejada ou não planejada, acarreta uma série de mudanças no espaço e desencadeia processos de degradação ambiental. Assim, na medida em que as estas se utilizam desses recursos sem um planejamento prévio, os problemas de degradação ambiental crescem em larga escala, carecendo de medidas mitigadoras imediatas. O fato é que muitas vezes a aplicação de medidas de recuperação ambiental nem sempre tem o sucesso esperado, uma vez que na maioria das vezes o estado de degradação ambiental daquele sistema natural já se encontra completamente comprometido e irreversível.

O planejamento urbano se apresenta como uma ferramenta fundamental na proposta de arranjos, técnicas e soluções para o ordenamento territorial do espaço geográfico, bem como nas sugestões de uso, recuperação e conservação dos recursos naturais. A recuperação dos sistemas ambientais ainda consta como o maior desafio no que tange à aplicação de planos de gestão ambiental, uma vez que a implantação de intervenções urbanas nas áreas naturais degradadas é a medida de gestão mais adotada no âmbito do planejamento urbano e ambiental.

As preocupações com as questões ambientais, o uso racional dos recursos naturais e principalmente dos recursos hídricos, traz luz à necessidade da elaboração de planejamentos urbanos e ambientais, através da implantação e execução de planos de gestão ambiental de forma coerente, eficiente e eficaz e, não simplesmente projetos montados e reproduzidos.

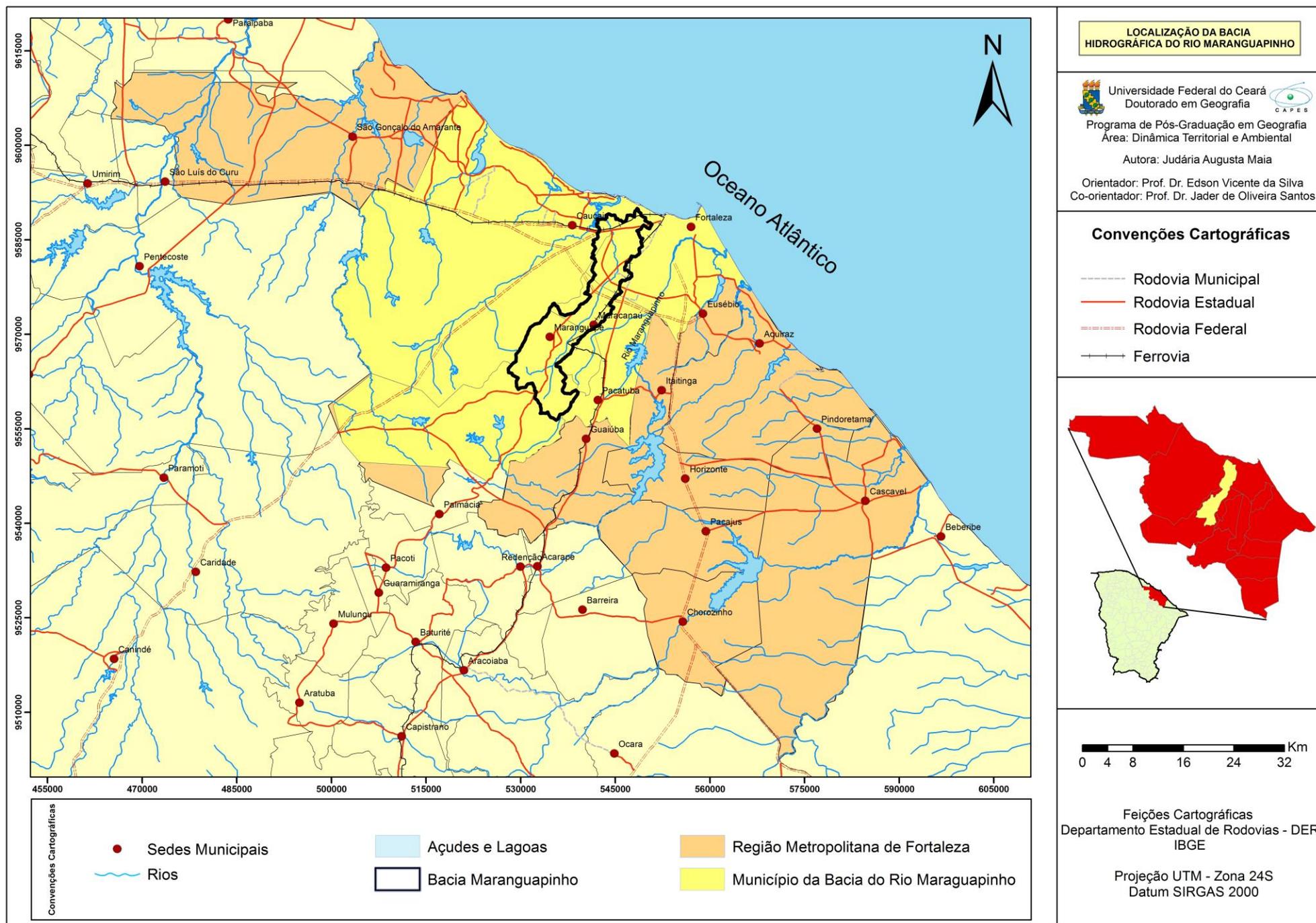
A bacia hidrográfica naturalmente se configura como um ambiente complexo à implantação de medidas de recuperação ambiental e urbanização, uma vez que os seus aspectos ambientais se compõem por diferentes unidades geológicas e estas apresentam características distintas, porém integradas. Cunha (2003) aponta que as bacias hidrográficas são unidades dinâmicas e, portanto, estão sujeitas às interferências provenientes do funcionamento dos processos naturais e das atividades socioeconômicas ali estabelecidas.

Dentre os principais problemas ocasionados pela ocupação desordenada e/ou indevida nessas áreas de alta fragilidade ambiental, podem se destacar: a retirada da cobertura vegetal, os processos erosivos e de assoreamento, a descaracterização do canal fluvial e o aumento da impermeabilização do solo e do escoamento superficial. Essas alterações por sua vez desencadeiam uma série de problemas socioambientais, como a incidência de riscos ambientais, acarretando perdas humanas, sociais e econômicas.

Em virtude do descrito, as discussões políticas, econômicas, sociais e ambientais, vêm sendo práticas frequentes e fundamentais na elaboração de estratégias de planejamentos para o uso adequado das bacias hidrográficas, bem como no monitoramento dos projetos de urbanização a serem implantados nos sistemas ambientais.

A implantação de intervenções em bacias hidrográficas urbanas vem ocorrendo de forma diversificada e cada vez mais frequente, aonde as modificações dos espaços naturais vão dando lugar às estruturas e construções urbanas. Desta forma, o planejamento urbano se apresenta como instrumento de gestão, projetado principalmente para o controle e uso dos recursos hídricos. A ocorrência de efeitos e consequências negativas acarretadas em curto prazo por estas intervenções é notória, o que caracteriza uma carência de melhores estudos nas áreas de planejamento ambiental.

Neste contexto se insere a bacia hidrográfica do rio Maranguapinho, localizada à nordeste do estado do Ceará, perpassando pelos municípios de Maranguape, Maracanaú, Fortaleza e Caucaia (Mapa 01).



Mapa 1. Localização da Bacia Hidrográfica do rio Maranguapinho. Fonte: Elaborado por Maia (2015).

Os problemas socioambientais existentes ao longo da bacia hidrográfica (alto, médio e baixo curso), em sua maioria possui relação direta e indireta com a acentuada expansão urbana desordenada que se estabelece nas áreas de influência da bacia hidrográfica. Os processos de ocupação ao entorno do rio vêm acarretando diversos impactos ambientais, ao passo que se intensificam as atividades antrópicas de forma desordenada nessas áreas, principalmente nas áreas consideradas de maior fragilidade ambiental, os impactos acumulativos se agravam.

Além da ocupação desordenada às suas margens, o rio Maranguapinho é marcado por diversos tipos de usos, tais como: abastecimento humano, irrigação e agricultura, indústria, lazer, extrativismo mineral, pecuária e dessedentação animal, disposição de resíduos sólidos, lançamento de efluentes domésticos e águas residuais. No contexto social, vale ressaltar as condições precárias de moradia em que vivem as populações ribeirinhas, bem como a sua relação com as áreas de risco e a capacidade de suporte ambiental do rio.

Nota-se que a expansão urbana desencadeou de forma significativa diversos problemas socioambientais na bacia hidrográfica do rio Maranguapinho e no seu sistema fluvial, emergindo assim, a necessidade de realizar intervenções nas áreas de influência direta e indireta do sistema natural, no intuito de minimizar os danos decorrentes do uso e ocupação do território. Esses problemas são resultados diretos da ocupação irregular, da ausência de um planejamento urbano e de ações de gestão ambiental e ordenamento territorial.

O fato é que o atual cenário do rio Maranguapinho configura-se em um processo de urbanização e requalificação ambiental, onde em função das questões relativas aos usos inadequados e aos processos de degradação ambiental, estão sendo realizadas intervenções ao longo das margens e do leito principal do rio, através do Projeto de Melhorias Urbanas e Ambiental do Rio Maranguapinho – PROMURB. Uma problemática evidente é que a área de abrangência para a requalificação ambiental se tem foco para o canal principal, deixando de considerar a bacia hidrográfica em sua totalidade.

A proposta de requalificação urbana e ambiental do PROMURB visa à recuperação da qualidade ambiental do rio e o reassentamento das populações que residem em suas margens, com o intuito de estabelecer melhorias na infraestrutura e saneamento, recuperação da mata ciliar e controle das cheias nos períodos de chuvas. As ações propõem alcançar e beneficiar famílias que residem às margens do rio em situação de risco através do reassentamento das mesmas para habitações distribuídas em diversos conjuntos habitacionais, localizados na cidade de Fortaleza e Maranguape.

Considerando o atual cenário do projeto, a maioria dos trechos de requalificação do rio Maranguapinho ainda encontram-se inacabados, outros trechos que já foram concluídos apresentam problemas ambientais recorrentes e sucateamento das estruturas urbanísticas, bem como a permanência de usos indevidos das áreas e impactos socioambientais.

Diante da problemática surge a necessidade de investigar se a implantação de intervenções urbanas para requalificação de rios urbanos pode ser enquadrada no contexto ambiental de uma bacia hidrográfica e se atendem às necessidades de recuperação, ordenamento ambiental e urbanização das áreas de influência. Esta investigação traz luz aos seguintes questionamentos e hipóteses:

a) Como um projeto de urbanização nas margens de um rio pode contribuir na qualidade ambiental do mesmo?

b) Quais os instrumentos adequados para a elaboração de um plano de requalificação ambiental de uma bacia hidrográfica?

c) O projeto de requalificação do rio Maranguapinho possui funcionalidade de recuperação ambiental e de ordenamento territorial?

De acordo com a necessidade de responder os questionamentos apresentados, a fundamental hipótese desta tese afirma que no contexto ambiental e evolutivo das paisagens do rio Maranguapinho, a análise por meio da Geoecologia das Paisagens configura-se como um método capaz de subsidiar a proposição de um plano de gestão ambiental para fins de requalificação ambiental em rios urbanos.

Constata-se que, na totalidade de um planejamento ambiental, a Geoecologia das Paisagens apresenta fundamentos teórico-metodológicos que permitem analisar a estrutura, o funcionamento, a dinâmica e a evolução das paisagens de uma determinada área para fins de planejamento ambiental. Por meio desta abordagem, torna-se possível investigar os efeitos da urbanização na dinâmica da paisagem do rio Maranguapinho, bem como na sua área de drenagem.

A partir desta investigação, será possível analisar as potencialidades, problemas e fragilidades ambientais da área de abrangência das intervenções urbanas implantadas no rio Maranguapinho, bem como avaliar as estratégias de recuperação ambiental adotadas pelo poder público, visando à requalificação ambiental da bacia em questão. Busca-se na pesquisa oferecer proposições pertinentes para subsistir o planejamento ambiental e o ordenamento territorial de bacias hidrográficas urbanas, no caso a do rio Maranguapinho.

Com base nas hipóteses apresentadas, o objetivo geral desta tese é de avaliar as intervenções urbanas para fins de recuperação da qualidade ambiental da bacia hidrográfica do rio Maranguapinho, através de uma análise integrada das paisagens. Com intuito de alcançar o objetivo geral, foram elencados os seguintes objetivos específicos:

- Identificar as condições sociais e ambientais das unidades geoecológicas da bacia do rio Maranguapinho, através da elaboração e análise integrada de mapas temáticos;
- Realizar levantamento dos impactos ambientais em função dos tipos de uso e ocupação da bacia do rio Maranguapinho;
- Investigar o estado ambiental e funcional das paisagens da bacia do rio Maranguapinho, através da elaboração de um diagnóstico geoecológico dos sistemas ambientais;

- Propor diretrizes para um Plano de Gestão Ambiental frente à evolução da estrutura funcional da paisagem no processo de urbanização da bacia do rio Maranguapinho.

Para o alcance dos objetivos propostos, a presente tese pretende seguir os seguintes critérios de análise:

- Considerar as particularidades geológicas da bacia, relacionando as observações em campo e os processos evolutivos das paisagens, a fim de identificar as problemáticas a serem discutidas;

- Esclarecer os pressupostos metodológicos a serem utilizados no desenvolvimento do trabalho, por meio da base metodológica da geologia das paisagens, a fim de analisar os sistemas ambientais e as condicionantes sociais;

- Assegurar o tratamento dos dados obtidos com a evolução das paisagens de forma clara e objetiva, através da elaboração de material cartográfico temático e discussões pertinentes ao planejamento ambiental, os quais poderão refletir os aspectos estruturais e funcionais da paisagem.

- Desenvolver diretrizes pertinentes ao planejamento ambiental para fins de criação de um Plano de Gestão Ambiental nas áreas de intervenções urbanas da bacia do rio Maranguapinho.

A tese apresenta-se como produto de relevante importância para a implantação de planos de gestão ambiental em rios urbanos. Haja vista que, o enfoque da pesquisa é de abranger uma discussão tanto em áreas já sufocadas pela urbanização, como em áreas em processos de urbanização, uma vez que o trabalho propõe apresentar medidas de controle e monitoramento ambiental, independente do cenário natural modificado pela implantação de estruturas urbanas.

Para a realização desta tese, foi necessário seguir determinadas etapas de trabalho, as quais estão dispostas na estruturação de dez capítulos, apontados a seguir:

O **capítulo 01 – Introdução** apresenta de forma geral a problemática da pesquisa, a escolha da área de estudo, os objetivos e a justificativa do trabalho, abordando uma discussão de planejamento urbano, gestão e recuperação ambiental de rios urbanos.

O **capítulo 02 – Fundamentação Teórica da Pesquisa** trata de realizar um aparato literário das concepções teórico-metodológicas da Geoecologia das Paisagens. Estas tiveram a finalidade de subsidiar a caracterização da estrutura e funcionamento da paisagem, tendo como base as concepções de diferentes autores como Bertrand, (1971); Sotchava (1978); Christofolletti (1979); Rodriguez & Silva (2004), dentre outros.

O **capítulo 03 – Procedimentos Metodológicos** apresenta de forma detalhada os procedimentos metodológicos e operacionais, amparados na proposta sugerida por Rodriguez e Silva (2013). Esta por sua vez dá subsidio ao planejamento ambiental, com base em três fases metodológicas: 1) Organização e Inventário; 2) Análise e Diagnóstico e, 3) propositiva.

O **capítulo 04 – Componentes da Paisagem Natural da Bacia do rio Maranguapinho** é constituído por um inventário das características ambientais da área de estudo, a fim de embasar as etapas de análise e diagnóstico da pesquisa. Neste capítulo foram levantados os aspectos geológicos, geomorfológicos, climatológicos, hidrológicos, pedológicos e vegetacionais do rio Maranguapinho.

O **capítulo 05 – Ocupação Urbana na Bacia do rio Maranguapinho** versa sobre um breve histórico da ocupação urbana da bacia do rio Maranguapinho, onde os problemas socioambientais configuram um cenário natural comprometido, bem como o aparecimento de áreas de risco nos setores mais vulneráveis. Além de abordar o atual quadro de implantação de obras de requalificação urbana para mitigar os problemas socioambientais ali existentes.

O **capítulo 06 – Análise Estrutural e Funcional das Paisagens da Bacia do rio Maranguapinho** trata da análise da paisagem da bacia primeiro em um contexto estrutural, onde a partir da análise das formas da paisagem é possível configurar os

agentes modificadores dos ambientes naturais e o modelo atual da paisagem. Em segundo momento, as funções ambientais e os produtos gerados pelo sistema de cada unidade geoecológica configuram o entendimento do comportamento da paisagem dentro das suas particularidades ambientais e as ações antrópicas em cada unidade, conseqüentemente permite identificar de forma pontual os principais problemas que interferem na modificação e degradação da paisagem.

O **capítulo 07 – Diagnóstico Ambiental da Bacia do rio Maranguapinho** trata da análise integrada da paisagem através das relações estabelecidas entre processos de uso e ocupação e as características naturais, bem como das particularidades de cada unidade geoecológica que compõe a bacia do rio Maranguapinho. Este capítulo serve como base para entendimento da área objeto e elaboração de um diagnóstico da bacia, com abordagem das unidades de paisagens já estabelecidas através da escolha de áreas de amostragem em cada unidade geoecológica.

O **capítulo 08 – Estado Ambiental da Paisagem da Bacia do rio Maranguapinho** versa sobre os níveis de degradação ambiental da bacia para fins de classificação do estado ambiental da mesma. Esse capítulo expõe o arranjo das paisagens das unidades geoecológicas dentro de um contexto integrado, pontuando os processos degradantes naturais e de interação (antrópicos).

O **capítulo 09 – Diretrizes para Gestão Ambiental da Bacia do rio Maranguapinho** constitui a fase propositiva, onde a tese busca propor diretrizes para o planejamento ambiental. Nesse capítulo os produtos cartográficos ilustrativos e propositivos, representam técnicas para a gestão ambiental, incluindo a elaboração de um zoneamento integrado, tornando possível a indicação de categorias de usos adequados em áreas naturais modificadas pela implantação de intervenções urbanas.

Por fim, no **capítulo 10 – Conclusões**, neste capítulo são apresentados os principais resultados da pesquisa, onde a discussão a respeito da validade das hipóteses apresentadas é o fator relevante a ser abordado, de forma a responder as indagações iniciais da tese. As conclusões advindas das proposições sugeridas para a

área em estudo no contexto do planejamento ambiental tratam do produto mais importante e funcional desta pesquisa.

## 2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA DA PESQUISA

A presente pesquisa expõe uma análise acerca das transformações no ambiente urbano em razão da implantação de intervenções urbanas para fins de recuperação da qualidade ambiental de rios urbanos, estes por sua vez marcados pela degradação ambiental e pressão urbana das grandes cidades. O referido trabalho propõe realizar levantamentos que se enquadram nas medidas de recuperação ambiental do rio Maranguapinho, contextualizando a evolução da sua paisagem.

Em meio às particularidades ambientais de uma bacia hidrográfica e os aspectos evolutivos da sua paisagem, a análise integrada dos sistemas ambientais e suas relações com as intervenções antropogênicas estabelecem bases para fomentar soluções e discussões referentes ao planejamento e gestão ambiental desses sistemas ambientais.

A abordagem dos conceitos fundamentais referente ao estudo integrado da paisagem permite destacar suas variações temporo-espaciais, bem como seus aspectos estruturais e funcionais, alinhados às concepções dos autores que tratam da leitura da paisagem, numa abordagem sistêmica.

Nesse sentido, Rodriguez, Silva e Cavalcanti (2004), afirmam que as concepções de Troll (1950), Sotchava (1978) e Bertrand (1971) contribuíram para o entendimento e integração das dimensões espaciais e funcionais da paisagem. Além desses se destacam Christofolletti (1979), Ab'Saber (1977), Souza (2000) e Ross (2006), ampliando discussões para aplicação análise ambiental integrada no Brasil.

O uso da Geoecologia das Paisagens como abordagem de análise representou papel fundamental para o desenvolvimento teórico-metodológico da análise das paisagens do rio Maranguapinho. Trabalhos realizados por Rodriguez, Silva e Cavalcanti (2004 - 2013) foram utilizados como pilares para desenvolvimento da pesquisa.

## 2.1. A Geografia através de uma Abordagem Sistêmica

A geografia como ciência, apresenta um papel de fundamental importância para a análise e solução das problemáticas ambientais. Esta por sua vez permite analisar o espaço geográfico por meio de uma diversidade de conceitos, concepções e metodologias, que permite a compreensão da paisagem em sua totalidade, concebendo-a como espaço total (AB'SABER, 1994; ROSS, 2006).

Para Santos (2001), o espaço é considerado primeiramente como um “conjunto de fixos e fluxos”, onde os elementos fixos se exemplificam pelas: estradas, pontes, construções, barragens e etc. e, os fluxos caracterizados como movimentos condicionados pelas ações da sociedade. É nessa perspectiva que ocorre a interação entre os fixos e os fluxos, construindo e reconstruindo o espaço geográfico, onde os fixos acabam por produzir os fluxos e, os fluxos por sua vez interferindo na implantação dos fixos.

De um lado os sistemas de objetos condicionam a forma como se dão as ações e, de outro lado, os sistemas de ações leva a criação de objetos novos ou se realiza sobre os objetos pré-existentes. É assim que o espaço encontra a sua dinâmica e se transforma (SANTOS, 2001, p 63).

A ciência geográfica por se propor a estudar as relações entre sociedade-natureza a partir das transformações que ocorrem no espaço, por meio do resultado mútuo dessas inter-relações, vem contribuindo na elaboração de práticas e instrumentos que auxiliem na busca de um modelo de desenvolvimento econômico que agregue condições de sustentabilidade e/ou que, pelo menos, se aproxime deste molde (ALBUQUERQUE & SOUZA, 2012).

Guerasimov (1980) aponta que a análise geográfica tem papel de destaque, pois, possibilita o entendimento das condições bióticas, abióticas e as transformações promovidas pela sociedade. Uma pesquisa, quando fundamentada nas concepções geográficas proporciona e desenvolve fundamentos para a organização do espaço geográfico, de tal forma a alcançar o entendimento das relações existentes entre os componentes socioambientais e econômicos de um determinado espaço.

Os estudos ambientais na esfera geográfica têm como base o entendimento da dinâmica do espaço geográfico e a organização de seus elementos sociais e naturais. Logo, compreender a interação dos fluxos e fixos que formam e dinamizam esse espaço se faz necessária para tomada de decisões no âmbito do planejamento e organização do território, bem como do ordenamento do uso dos recursos naturais e ocupação do solo.

No Brasil, o desenvolvimento da relação sociedade-natureza no âmbito da geografia teve início nos anos de 1970 e 1980, onde a natureza era tratada sob o ponto de vista da dinâmica natural das paisagens em interação com as relações sociais de produção (MENDONÇA, 2010). A geografia possibilitou a interação de metodologias voltadas para o entendimento dessa relação, bem como o desenvolvimento de arranjos teórico-metodológico para o estudo do espaço geográfico.

Rodriguez e Silva (2011), em concordância com Santos (2006), asseveram que o entendimento da dinâmica das paisagens parte do estudo integrado do espaço geográfico, uma vez que o mesmo é formado por sistemas que se entrelaçam, onde os sistemas de objetos não podem se desenvolver sem os sistemas de ações e vice-versa.

A partir desse entendimento percebe-se que o espaço geográfico é constituído por processos de transformações ocorridos na natureza, os quais estão submetidos às ações da sociedade, ao passo que o espaço é estruturado por intervenções da própria sociedade. É desta forma que, o estudo da dinâmica, da organização e estruturação do espaço constitui do objeto de análise da geografia.

Apesar das diferentes concepções teóricas e procedimentos metodológicos de análise do espaço geográfico, Rodriguez e Silva (2004) abordam o estudo das paisagens em uma visão geoecológica, onde se busca a interação dos fatos geográficos e da paisagem, além do entendimento de como os elementos sociais, culturais, ambientais e econômicos se interligam e se justificam. Os agentes naturais e sociais responsáveis por formar o espaço, dinamizam as relações ali existentes e, o estudo das paisagens através da análise geoecológica ultrapassa uma mera descrição

dos fatos geográficos, fomentando uma visão integrada e propositiva na organização do espaço.

## **2.2. Geossistemas e Ecodinâmica**

De acordo com Gregory (1943) apud Rodrigues (2001), a Teoria Geral dos Sistemas (TGS) propõe uma perspectiva em que os sistemas podem ser definidos como conjuntos de elementos com variáveis e características diversas, que mantêm relações entre si e entre o meio ambiente. A análise do sistema envolve o entendimento da sua própria estrutura, considerando o seu comportamento, as trocas de energia, os limites ou aspectos naturais ali existentes.

Considerando a complexidade dos estudos ecológicos e, a necessidade de um entendimento integrado dos sistemas. Pode-se afirmar que a TGS ganhou evidência na análise dos sistemas naturais, uma vez que além de propor o conceito de ecossistema, agregou conhecimento no desenvolvimento de estudos ambientais, bem como na análise integrada dos aspectos naturais do espaço geográfico.

Para Christofolletti (1999), a contribuição da TGS à Geografia e a configuração do geossistema, deu origem as diversas contribuições e sistematizações de padrões conceituais, através da Teoria Geossistêmica. Pode-se afirmar que, estas sistematizações propõem uma subdivisão em diferentes sistemas: os sistemas geomorfológicos, sistemas hidrológicos, sistemas socioeconômicos, sistemas urbanos e sistemas ambientais.

Assim, a TGS e a Teoria Geossistêmica caracterizam-se como concepções que permitiram a evolução de uma análise integrada das relações inerentes aos sistemas ambientais. As concepções de Sotchava (1978) e Bertrand (1971) trouxeram significativas contribuições teórico-metodológicas para o estudo da paisagem.

Foi por meio da integração da dimensão espacial e funcional que, através dos trabalhos desenvolvidos por esses geógrafos, o conceito de geossistemas assumiu papel de destaque na análise geográfica. Logo, a necessidade de se estabelecer uma conexão da natureza com a sociedade foi fator determinante para a evolução das

concepções de entendimentos dos sistemas. Uma vez que, embora os sistemas sejam elementos naturais, os fatores econômicos e sociais influenciam e modificam a estrutura e funcionamento dos mesmos.

Bertrand (1968) ao sugerir o estudo de Geografia Física Global, ponderou a paisagem como "resultado sobre certa porção do espaço, da combinação dinâmica e, portanto, instável dos elementos físicos, biológicos e antrópicos que interagindo dialeticamente uns sobre os outros fazem da paisagem um conjunto único e indissociável em contínua evolução".

A partir do fundamento na taxonomia escalar das unidades de paisagem, a regionalização, a tipologia e os limites espaciais das unidades ambientais atentam para o estudo das paisagens como método, dando luz a teorias que balizam os estudos geocológicos da paisagem. Isso se dá através da delimitação e divisão das unidades homogêneas e hierarquizadas, bem como da atribuição de escalas no processo de análise.

Vale salientar que o conceito de paisagem de Bertrand se coloca como um sistema, onde cada unidade se caracteriza por suas estruturas próprias e a totalidade independe da soma das partes, apresentando sua própria organização. Através das concepções de Bertrand (1968) são estabelecidos níveis hierárquicos caracterizados pelos elementos naturais e climáticos organizados em duas classes: unidades superiores (zona, domínio e região) e unidades inferiores (geossistema, geofácies e geótopo).

Posteriormente Bertrand (2007) reformula esta análise, acrescentando novos atributos ao Geossistema-Território-Paisagem, compondo o sistema GTP, o qual possui uma abordagem geográfica transversal. Esta perspectiva acaba por basilar uma análise holística, articulada do espaço, onde a importância da interação sociedade com a natureza se apresenta como princípio fundamental para os levantamentos de impactos ambientais.

Segundo Rodriguez e Silva (2013) considerar os espaços e/ou paisagens naturais como geossistemas foi elemento essencial da Teoria Geossistêmica de Sotchava, uma vez que essa concepção viabilizou o estudo da organização do espaço em uma ótica geossistêmica. Considerando que Sotchava (1977-1978) fundamenta a paisagem como categoria de um sistema, a realização desses estudos deve atender aos enfoques estruturais, funcionais e dinâmico-evolutivo do geossistema em análise.

Sotchava (1977) estabelece categorias de análise do geossistema em ordem escalar em nível planetário, regional e topológico, a fim de representar cada categoria de geossistema, ainda definiu duas categorias de geossistemas: os geômeros e os geócoros. Defende ainda que a natureza é abrangida pelas conexões entre os seus componentes, uma vez que o entendimento da paisagem supera a elaboração de uma análise dos aspectos físico-naturais, mas estabelece fortes conexões entre os aspectos estruturais e funcionais da paisagem. Isso é claramente perceptível quando a análise se inicia na observação dos geossistemas como fenômenos naturais e, por outro lado nota-se que a causa dos impactos na estrutura do geossistema decorre de fatores socioeconômicos.

Segundo Rodriguez e Silva (2013), a exposição das concepções de Sotchava e Bertrand apresentam claras diferenças entre si, o que mostra a evolução dos estudos ambientais dentro de uma perspectiva sistemática, bem como para o levantamento das discussões a respeito do conceito de geossistema e a análise do mesmo (Quadro 1).

<b>TIPOS DE CONCEPÇÕES</b>	<b>SOTCHAVA</b>	<b>BERTRAND</b>
<b>Sistema conceitual</b>	Espaço natural/complexo produtivo/espaço cultural	Geossistema/território/Paisagem (sistema - GTP)
<b>Conceito de Geossistema</b>	Conceito de gênero para o sistema natural	Determinada ordem taxonômica, de totalidade natural
<b>Unidades taxonômicas</b>	Duas fileiras: tipos e indivíduos	Uma fileira: não distingue entre tipos e indivíduos
<b>Enfoque</b>	Recursos naturais em um determinado espaço físico	Exploração biológica de determinado potencial natural
<b>Conceito de paisagem</b>	Conjunto natural	Conjunto sócio/cultural

Quadro 1. Concepções de Sotchava e Bertrand sobre geossistema. Fonte: Rodriguez e Silva (2013).

Nesse momento a necessidade da interação entre as ciências do âmbito da: geografia, biologia e ecologia, representava base fundamental nos princípios teórico-metodológicos na análise integrada dos geossistemas. Foi então que, a partir dessa concepção que surgiram novas abordagens visando o entendimento da paisagem de forma integrada, tais como a ecodinâmica, fragilidade ambiental e a geoecologia da paisagem.

A identificação e análise dinâmica dos elementos e características naturais de um sistema ambiental se apresentam como base para indicar as suas potencialidades, problemas e limitações, ao que se refere ao enquadramento e possibilidades de uso dos recursos naturais. Assim, a avaliação da dinâmica ambiental atrelada aos processos evolutivos dos sistemas ambientais torna-se indispensável para fundamentar o planejamento e ordenamento territorial de um determinado ambiente.

Para Tricart (1977), estudar a organização do espaço é determinar de que forma uma ação se insere na dinâmica natural para corrigir certos aspectos desfavoráveis e facilitar a exploração dos recursos ecológicos que o meio oferece. Tricart ainda defende que os conceitos e os princípios da ecodinâmica definidos possibilitam definir o grau de estabilidade e instabilidade do ambiente a ser analisado, contribuindo para a caracterização dos ambientes naturais conforme a sua dinâmica e vulnerabilidade.

Com base no instrumento lógico dos sistemas, as relações são enfocadas entre os diversos componentes da dinâmica ambiental e os fluxos de matéria e energia existentes no meio ambiente, onde a ecodinâmica apresenta-se como uma unidade de integração, enfocando as relações mútuas entre os diversos componentes da paisagem e sua esculturação (SOUZA, 2012; SANTOS e SOUZA, 2014).

Contudo, Tricart (1977) defende que a partir da avaliação da dinâmica ambiental e o estado de evolução dos sistemas são estabelecidas categorias de meios ecodinâmicos, os quais se distinguem em três tipos de meios: Ambientes Estáveis, Ambientes de Transição (*Intergrades*) e os Ambientes Instáveis, cujas características seguem nas abordagens a seguir.

Os Ambientes Estáveis são considerados aqueles em que os processos pedogenéticos predominam em relação à morfogênese. Nesses ambientes a deposição sobrepuja a erosão, apresentando estabilidade nos processos morfogenéticos em função principalmente do baixo potencial erosivo. Esses ambientes abrigam um recobrimento vegetal bem desenvolvido, assemelhando-se às condições vegetacionais originais.

Os Ambientes de Transição (*intergrades*) caracterizam-se pela ocorrência de situação de equilíbrio entre os processos de formação de solos e de relevo, podendo favorecer a predominância da pedogênese ou da morfogênese em determinadas condições. Observa-se que, quando a morfogênese predomina, a ecodinâmica configura um ambiente de transição com tendências à instabilidade, por outro lado quando a pedogênese é mais atuante, configura-se um ambiente de transição com tendências à estabilidade.

A alteração do equilíbrio entre o potencial ecológico e a exploração biológica desses ambientes pode ocorrer facilmente e, conseqüentemente, o ambiente pode passar do estado de transição com tendências à estabilidade para um estado de transição com tendências à instabilidade, ou mesmo dependendo do grau de alteração pode chegar à condição de forte instabilidade.

Os Ambientes Instáveis são caracterizados pelo predomínio dos processos morfogenéticos em relação aos processos pedogenéticos. Ou seja, a atividade dos processos erosivos é constante e intensa, muitas vezes configurando-se em situações de exaurimento da capacidade produtiva dos recursos naturais.

Entretanto, quando configuradas essas situações, as características e a funcionalidade dos sistemas são severamente comprometidas, podendo chegar a condições de irreversibilidade. Ainda sobre a dinâmica dos ambientes instáveis, Ross et al. (2008, p. 71) destacam que:

Os ambientes instáveis são assim caracterizados por notáveis mudanças das formas, frequentemente alterações sazonal, crônica ou catastrófica, devido a um importante fluxo de material principalmente grosseiro, mas não necessariamente. São várias as causas dos ambientes instáveis, tais como as forças internas como fortes tremores de terra, condicionando deslizamentos de terras, fluxos de lamas, avalanches de neve e gelo, fluxo de lavas vulcânicas. Condições bioclimáticas também são causas de instabilidade. Irregularidade climática é em geral um sério limitante fator ecológico, bem como as intervenções das sociedades humanas que ao se apropriarem dos recursos ecológicos no ambiente geram instabilidade morfodinâmica em diferentes níveis ou graus.

Como apontam Santos e Souza (2014) é através do entendimento dos meios ecodinâmicos, que se torna possível detectar o grau de vulnerabilidade do ambiente e sua sustentabilidade futura, tendencial e desejada dos mesmos, permitindo, assim compreender a capacidade de suporte dos ambientes ao desenvolvimento das atividades antrópicas.

### **2.3. Geoecologia das Paisagens**

A geografia passou a utilizar o termo paisagem de forma expressiva e suas concepções e análises foram se ampliando, ganhando força e fundamentação teórico-metodológica. Foi em 1939 que Carl Troll criou o termo “Ecologia da Paisagem”, referindo-se à paisagem como um conjunto de interações sociedade e meio, através de uma análise fomentada na configuração e funcionalidade da paisagem (CAVALCANTI e RODRIGUEZ, 1997). Vale ressaltar que foram os trabalhos de Troll que fomentaram o surgimento da Escola da Paisagem Cultural de Karl Sauer.

Com base nos pensamentos de Troll, os autores Cavalcanti e Rodriguez (1997) afirmam que a ecologia da paisagem trata especificamente das inter-relações complexas entre os organismos ou as biocenoses e os fatores ambientais, estudando o manejo integral como ecossistemas.

Cavalcanti e Rodriguez (op. cit., p. 10), ainda afirmam que:

Um aspecto da ecologia foi, a inclusão do homem como fator modificador dos ecossistemas, aparecendo então duas correntes: a primeira, como a ecologia de uma espécie muito especial: o homem, e a segunda, que apresenta a influência do homem e a sua organização em sociedades, requerendo uma área de estudo que se ocupem com o sistema que ele mesmo criou, tais como os sistemas urbanos, dependentes da vida social de vários níveis socioecológicos, grupos ou comunidades.

O estudo da paisagem passa a ser pautado em uma visão de ordem do tipo natural e humana, dando origem, respectivamente, às paisagens naturais e culturais. Assim, a paisagem deve ser "estudada na sua morfologia, estrutura e divisão além da ecologia da paisagem, nível máximo de interação entre os seus diferentes elementos" (SUERTEGARAY, 2001).

Foi então que a partir da década de 1970 com as discussões cada vez mais prementes sobre as questões ambientais, emergiu a necessidade de integrar a corrente espacial, no âmbito geográfico e a corrente funcional, no âmbito ecológico no estudo das paisagens (RODRIGUEZ, SILVA e CAVALCANTI, 2010). A geoecologia aparece como base para o conhecimento e análise evolutiva do potencial dos recursos naturais e sua interação com a sociedade, fomentando uma articulação entre as noções de Espaço, Paisagem e Território.

A partir de 1990, a Geoecologia das Paisagens tem sido enriquecida com aportes do pensamento dialético e na análise espacial e ambiental, ao considerar em particular os trabalhos dos geógrafos e ambientalistas cubanos e brasileiros (RODRIGUEZ e SILVA, 2004).

Vale ressaltar que Rodriguez e Silva (2013) consideram que as conjecturas de Sotchava são fundamentadas em uma de análise sistêmica. Logo, as análises integradas dos componentes antrópicos e naturais estão estreitamente relacionadas ao sistema de relações socioeconômicas, que por sua vez fomentam a análise geoecológica da paisagem.

De acordo com Rodriguez e Silva (2011, p.37 e 38), a Geoecologia das Paisagens propõe observar e entender a paisagem a partir de três princípios básicos:

- I. A maneira em que se formou e ordenou a natureza na superfície do globo terrestre;
- II. A imposição e construção, pelas atividades humanas, de diferentes sistemas de uso e de objeto, de acordo com lógicas econômicas, sociais e políticas, articulando e colocando a natureza em função de suas necessidades;
- III. A maneira pela qual a sociedade concebe a natureza e as modificações e/ou transformações feitas pelas atividades humanas, de acordo com determinados sistemas de representações, significações, imagens, símbolos e identidades, que respondem a fatores de caráter espiritual e cultural.

A partir de então, a Geoecologia das Paisagens permite entender como: a) Em que grau as sociedades humanas transformam a natureza e a veem no espaço; b) Uma sociedade concebe a natureza, ao natural e ao espaço derivado da própria natureza; c) Uma sociedade evoca a sua natureza; d) Percebe a natureza; e) Esse quadro mental se traduz nas projeções de uso e gestão de seu espaço, sua paisagem, e de seu território (VERAS, 1995).

Considera-se que a análise sistêmica tem como base o conceito de paisagem em que se combinam natureza, sociedade, cultura e economia (RODRIGUEZ, 1994). A análise estrutural e funcional dos sistemas formadores da paisagem é de suma importância para compreender a paisagem e sua complexidade.

O esquema metodológico para análise geoecológica da paisagem da bacia do rio Maranguapinho apresentou os seguintes estudos:

- i. Estudo da estrutura das paisagens;
- ii. Estudo do funcionamento e princípios de origem das paisagens;
- iii. Análise da dinâmica temporal e evolução das paisagens;
- iv. Estudo do grau de modificação e transformação antropogênica.

Para o entendimento do funcionamento da paisagem é necessário analisar a sequência dos seus processos e as relações inerentes ao sistema de análise. É nessa perspectiva que Rodriguez, Silva e Cavalcanti (2004), apontam que o funcionamento da paisagem se dá pela troca de E.M.I. (Energia, Matéria e Informação), caracterizando um estado da paisagem em determinado tempo e espaço.

Percebe-se que, a análise da paisagem interpreta um sistema em funcionamento que se expressa pela análise de entrada e saída de E.M.I. no sistema, bem como a análise dos fluxos e interação dentro do próprio sistema. Os geofluxos atuam no espaço exercendo diversas funções no sistema, as quais estão diretamente relacionadas à criação de produtos passíveis à interpretação e caracterização da paisagem (RODRIGUEZ et al., 2004). Para os autores, o enfoque essencial do estudo da paisagem considera os aspectos: i) estrutural; ii) funcional; iii) dinâmico-evolutivo e iv) histórico-antropogênico (Figura 1).

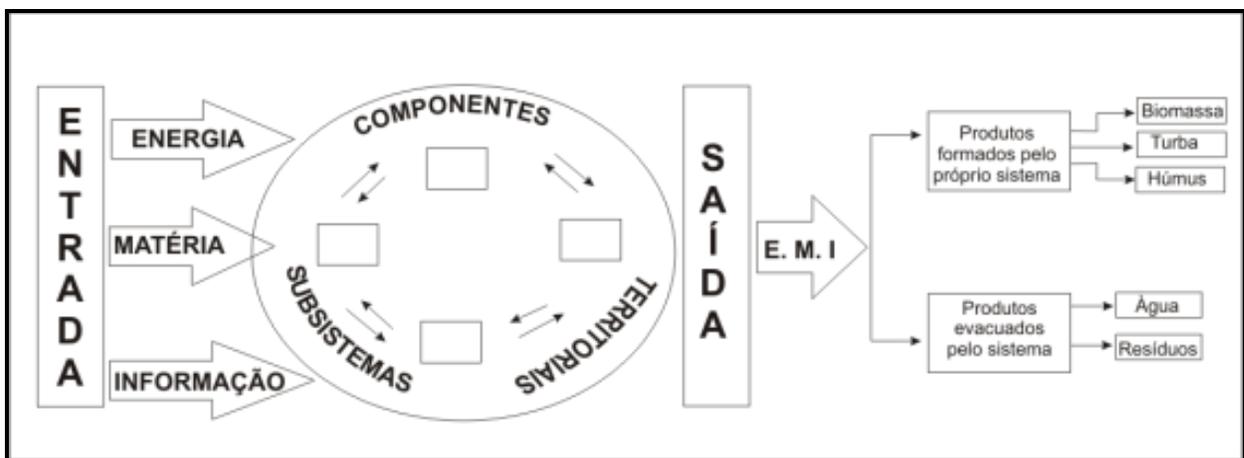


Figura 1. Modelo sistêmico de funcionamento da paisagem. Fonte: Rodriguez, Silva e Cavalcanti (2004).

Rodriguez et al. (op.cit.) caracterizam o *Enfoque Estrutural da Paisagem* pelo conjunto de relações existentes entre as partes componentes da paisagem, onde a forma de sua organização interior, as relações entre os componentes que os formam e as relações entre as subunidades compõe o todo. Por outro lado, a composição da estrutura e as peculiaridades das formas e da orientação dos contornos, além dos tamanhos, correlações, causalidade e padrões são as características principais desta análise, a qual se divide em dois principais tipos:

a) *Estrutura Vertical da Paisagem*: formada pela composição e inter-relações entre os componentes da paisagem em sentido vertical, se fundamenta entre cada uma das conexões entre os componentes (relevo, litologia, solos, águas e usos, dentre os

outros demais aspectos naturais como a fauna e a flora), desde o ponto de vista do intercâmbio de matéria e energia, como afirma Rodriguez et al. (2004).

b) *Estrutura Horizontal da Paisagem*: (também conhecida como estrutura morfológica, genético-morfológica ou plana) esta é representada pela integração espacial das paisagens desde o nível inferior ao superior. A estrutura horizontal é estudada mediante a análise da imagem da paisagem natural do território, que se define como o mosaico de unidades de paisagens (SOLNTSEV, 1948).

Com base nos pensamentos de Ribeiro (1985), Rodriguez, Silva e Cavalcanti (2004), afirma-se que a estrutura de uma paisagem vai se alterando através do tempo por meio de adaptações, adequando-se às novas exigências de cada situação temporal, de forma a considerar que, a análise estrutural da paisagem possui papel fundamental para a análise dos seus aspectos evolutivos. A importância dos estudos sobre a estrutura da paisagem possibilita a investigação e entendimento das variações espaciais ocorridas na paisagem expressas pelas diferentes atividades antrópicas ao longo do tempo.

De acordo com Rodriguez, Silva e Cavalcanti (2004), o *Enfoque Funcional da Paisagem* tem por finalidade esclarecer como a paisagem está estruturada e, quais as relações funcionais entre seus elementos. Este enfoque ainda permite esclarecer a estruturação da paisagem em seus aspectos genéticos e casuais, bem como entender o porquê da estruturação da paisagem (quais são suas funções naturais e sociais).

A estrutura funcional da paisagem é formada pela conjunção e conexão das paisagens de níveis hierárquicos diferentes (ZVONKOVA, 1995). Em concordância Rodriguez, Silva e Cavalcanti (2004) afirma que se unem mediante ação dos fluxos laterais (geofluxos) que lhe conferem uma integridade funcional e uma contrastividade horizontal dos campos geofísico e geoquímico.

Os geofluxos ou relações laterais tem um papel fundamental na formação dos complexos funcionais, que constituem as vias preferenciais de intercâmbio e transmissão de energia e substâncias entre os complexos paisagísticos, sendo

mecanismos integradores dos geossistemas (RODRIGUEZ, SILVA e CAVALCANTI, 2010). A distinção dos geofluxos constitui uma etapa fundamental na confecção do mapa de estrutura vetorial (ou funcional) das paisagens.

Contudo, os processos que garantem o funcionamento dos geossistemas são aqueles que se definem como dinâmica funcional. Assim, conforme Rodriguez, Silva e Cavalcanti (op.cit.), o estado ambiental é considerado como uma situação geocológica da paisagem, a qual é determinada pelo tipo e grau de impacto e a capacidade de reação e absorção dos geossistemas.

Com base nos trabalhos desenvolvidos por Rodriguez, Silva e Cavalcanti (2004), considera-se estado ambiental, a situação geocológica da paisagem, determinada pelo tipo e grau de impacto, bem como da capacidade de reação do geossistema. Desta forma, os autores supracitados definem o estado ambiental de uma determinada paisagem por meio das seguintes classes (MATEO e MARTINEZ, 1998 e GLAZOVSKIY et. al., 1998):

i) Estável (não alterado): conserva-se a estrutura original, não existindo problemas ambientais significativos que deteriorem a paisagem, apresentando uma paisagem natural/primária com limitado uso antropogênico; onde as unidades apesar de já terem passado por alguns processos de degradação ambiental, ainda conservam sua capacidade de funcionamento.

ii) Medianamente estável (sustentável): são áreas que refletem poucas mudanças na sua estrutura, apresentando problemas de intensidade leve a moderada, não alterando como áreas que tendem ao degradado, pois as estruturas sistêmicas encontram-se comprometidas e seu funcionamento desarticulado, de forma que essas áreas encontram dificuldades em seu papel de auto-regulação.

iii) Instável (insustentável): são áreas que sofreram mudanças na sua estrutura espacial e funcional, de tal maneira que não consegue cumprir suas funções ecológicas, de forma que essas áreas já perderam sua capacidade de auto-regulação.

iv) Crítico: são áreas que perderam parte da estrutura espacial e funcional com a eliminação paulatina das funções ecológicas. Manifesta-se um número significativo de problemas ambientais de forte intensidade, de forma que o uso da terra e o impacto humano nessas áreas excederam a capacidade de suporte dos geossistemas. Esta paisagem por sua vez se caracteriza pela necessidade de medidas mitigadoras urgentes e imediatas para recuperação do potencial natural.

v) Muito crítico: são áreas que tiveram uma perda e alteração generalizada da estrutura espacial e funcional, de forma que o geossistema não esteja em condições de cumprir as suas funções geoecológicas e o potencial inicial dos recursos foi completamente destruído. Estas áreas não são adequadas para o uso humano, onde a população necessita ser realocada.

O enfoque antropogênico no estudo das paisagens dedica-se basicamente a estudar os problemas de modificação e transformação das paisagens, sua classificação e características, os impactos geoecológicos e a dinâmica antrópica das paisagens (RODRIGUEZ, SILVA e CAVALCANTI, 2010). Logo, a modificação e transformação da paisagem pelas atividades humanas subordinam-se, em primeira instância, às normas da interação entre natureza e sociedade, estabelecendo antes de tudo, um caráter dialético e complexo.

#### **2.4. Geoecologia para estudos em Bacias Hidrográficas Urbanas**

A bacia hidrográfica é considerada como um compartimento geográfico natural delimitado por divisores de água, um curso de água principal e seus afluentes (MARQUES & SOUZA, 2005). A mesma pode se interligar a outra bacia de ordem superior, compondo assim sistemas de sub-bacias e, devido ao seu caráter integrador, a bacia hidrográfica se constitui como unidade natural de planejamento e gestão ambiental, como assinala Botelho (1999).

Dentre os autores que tratam a bacia enquanto unidade de análise destacam-se trabalhos de Suguio e Bigarela (1990), Cunha, (2001 e 2003), Silva (2003), Nascimento (2003), Araújo e Guerra (2005), Rodriguez e Silva (2011), Souza et. al. (2005 e 2012).

Com base na concepção desses autores, a bacia hidrográfica faz referência a estudos e abordagens relativas às suas características integradas, o que permite uma análise associada aos diversos elementos naturais da paisagem e suas relações com as formas de uso e ocupação.

A complexidade das paisagens e as interações existentes em toda a superfície de drenagem demanda compreender os fluxos, os processos naturais e intervenções antrópicas em toda a sua dimensão, envolvendo a complexidade da estrutura e funcionamento das paisagens naturais e das antropizadas nelas inseridas.

No planejamento ambiental, caracterizar os elementos sociais e naturais de uma determinada paisagem é de suma importância para o uso de uma abordagem sistêmica e conseqüentemente da análise dos processos de transformação da paisagem em sua totalidade. Assim, o planejamento ambiental constitui como um instrumento de gestão ambiental, o qual deve ser contínuo e permanente, à medida que parte das ações realizadas e das transformações ocorridas no mesmo espaço, buscando resolver e prevenir problemas e explorar as condicionantes e as potencialidades em um espaço numa sociedade dinâmica e em transformação (VESTENA et. al., 2002).

As relações estabelecidas entre fluxos de uma bacia hidrográfica podem ser representadas de forma direta ou indireta, nas características ambientais das bacias, seus aspectos físicos, sociais e culturais. Contudo, a bacia hidrográfica é uma unidade natural da paisagem, a qual representa a definição espacial de um sistema aberto, onde ocorre uma contínua troca de energia com o meio (WALLING, 1980).

O rio principal de uma bacia hidrográfica é considerado o corpo receptor dos processos ocorridos na bacia e, por conseqüência, sua análise revela em tese o “*status*” da bacia em questão (BRIGANTE e ESPÍNDOLA, 2003). As atividades que ocorrem em torno da bacia hidrográfica e em seus afluentes, bem como as formas de uso e ocupação em áreas marginais podem interferir diretamente na qualidade ambiental desse sistema e, serem representadas através das transformações de sua paisagem e capacidade de suporte.

As bacias hidrográficas, através de seus sistemas de drenagem, são consideradas como sistemas abertos e de íntima relação com ambiente terrestre e heterotrófico, em razão dos seus grandes “*inputs*” de matéria e energia.

Uma das principais características do sistema aberto é a sua estabilidade, ou seja, o recebimento e a perda contínua de energia se encontram em perfeito balanço. Ocorrendo uma modificação qualquer na forma do sistema, ou um acréscimo ou liberação de energia imediatamente se inicia uma mudança compensatória que tende a restaurar o equilíbrio dos ecossistemas da bacia (GREGORY, WALLING apud PROCHNOW, 1985, p. 198).

Referido entendimento, perpassa pelo conhecimento dos sistemas que podem ser configurados dentro de uma mesma bacia. Com o intuito de entender a complexidade estrutural dos sistemas ambientais existentes, bem como a relação entre as questões ambientais, Christofolletti (1979, p.15), define um leque de tipos de sistemas, onde quatro deles possuem maior relacionamento com as questões ambientais, serão citados:

a) *Sistemas morfológicos*: compostos pela associação das propriedades físicas do fenômeno como geometria, densidade, comprimento, etc;

b) *Sistemas em sequência*: a cadeia de subsistemas compõe essa classe, são relacionados por uma “cascata” de matéria e energia. A saída (*output*) de E.M.I. de um subsistema torna-se a entrada (*input*) para o subsistema de localização adjacente;

c) *Sistemas de processos-respostas*: combinação de sistemas morfológicos e sistemas em sequência. Os sistemas em sequência indicam processos morfológicos e as formas. A ênfase é dada na identificação das relações entre o processo e as formas que deles resultam;

d) *Sistemas controlados*: apresentam a atuação do homem sobre os sistemas, à complexidade é aumentada pela intervenção humana. A intervenção antropogênica em certas variáveis (válvulas) pode produzir modificações na distribuição de matéria e energia dentro de um sistema em sequência.

Mesmo em face desse tipo de classificação Christofolletti (1979), ressalta que existem outras possibilidades de classificação para os sistemas. O autor destaca a

classificação em relação à interação que os sistemas apresentam com outras unidades ambientais, podendo ser classificados em:

- a) *Sistemas isolados*: dadas as condições iniciais não realizam trocas com o ambiente, não sofrendo assim nenhuma perda e nem recebem energia ou matéria;
- b) *Sistemas abertos*: trocam constantemente matéria e energia com o ambiente circundante;
- c) *Sistemas fechados*: quando há apenas a permuta de energia, mas não há trocas de matéria. (Exemplo: planeta Terra, ele libera e recebe energia para o espaço, mas não cede massa).

As bacias hidrográficas se configuram enquanto sistemas abertos, onde fluxo de matérias e energias é constante, tendo a água e os sedimentos em permanente mobilização. Conforme Christofolletti (1974), a classificação de uma bacia hidrográfica pode variar de acordo com o escoamento hídrico do seu canal principal, podendo ser classificada como: exórrica (com desembocadura diretamente no mar ou oceano); endórrica (desembocando em outro corpo hídrico ou em depressões cársticas); arréica (com formação de um corpo hídrico sem estruturação de bacia hidrográfica) e a criptórrica (bacias subterrâneas).

Definir a classificação do tipo de escoamento é de suma importância para os estudos de bacias hidrográficas, o que permite identificar impactos geomorfológicos e hidrológicos nos rios, a delimitação de área de riscos, bem como diagnósticos e prognósticos para elaboração de planejamentos ambientais.

O estudo hierárquico das características fisiográficas da bacia hidrográfica, bem como as formas de uso e ocupação, tornam-se importantes fatores para a avaliação da degradação ambiental que esta bacia possa estar suportando ou mesmo contribuindo para que outras sejam impactadas (BRIGANTE e ESPÍNDOLA, 2003).

Dentro deste contexto, se destacam os seguintes levantamentos: (1) estudo geomorfológico fluvial e classificação das formas de hierarquização de uma bacia hidrográfica; (2) unidades geoambientais que compõe o sistema ambiental; (3)

demarcação do canal fluvial em alto, médio e baixo curso do rio e (4) delimitação da área de influência dos usos da bacia hidrográfica (CHRISTOFOLETTI, 1974).

De acordo com Tricart (1977), a organização do espaço é determinada por uma ação que se insere na dinâmica natural do ambiente, no intuito de corrigir aspectos desfavoráveis e facilitar a exploração dos recursos ecológicos que o meio oferece. A compartimentação do estudo geomorfológico de uma bacia hidrográfica proporciona analisar os processos naturais de cada unidade geoambiental, possibilitando estabelecer as potencialidades, vulnerabilidades e limitações naturais inerentes aos ambientes nela inseridos, assim como, as suas características abióticas e bióticas, a fim de viabilizar condições preventivas aos processos de degradação (BOTELHO, 1999).

## **2.5. Planejamento e Gestão Ambiental em Bacias Hidrográficas Urbanas**

Analisando o contexto de preservação dos recursos hídricos e o ordenamento de bacias hidrográficas no Brasil, o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SNGRH) e Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) foram instrumentos bases para implantação de melhorias na perspectiva do uso racional e sustentável dos recursos hídricos.

O gerenciamento de bacias hidrográficas tornou-se um processo de transação social, onde ocorre a articulação de diversos setores da sociedade, a fim de propor medidas decisórias e implantar intervenções aos recursos hídricos, com envolvimento dos usuários e órgãos de gestão de bacias.

Apesar de muito se falar de gestão e planejamento ambiental como instrumentos e processos para a resolução dos problemas de degradação e ambiental, a preservação dos mesmos, os termos: Gestão Ambiental, Planejamento Ambiental e Instrumentos de Gestão Ambiental estão estreitamente interligados, entretanto, cada um apresenta características teórico-metodológicas particulares.

Santos (2011) destaca que o crescente aumento das pressões da sociedade sobre os ambientes naturais faz com que seja cada vez mais necessário um processo

continuado de planejamento e gestão ambiental cujo objetivo final seja o ordenamento do território.

Ainda na concepção do autor, o referido ordenamento deve ser pautado tanto nas condições definidas pela dinâmica ambiental como na complexidade das relações da sociedade, reforçando a necessidade de que o planejamento e a gestão (ambiental e territorial) sejam realizados de modo que nenhum desses aspectos sejam negligenciados. Evidenciam-se claras diferenças entre essas duas atividades, pois se referem às perspectivas temporais diferentes. Como bem destaca Souza (2006), a gestão está relacionada ao aqui e agora, à resolução e administração dos problemas e conflitos a partir dos recursos disponíveis e das necessidades atuais.

O planejamento se refere ao longo prazo, ou seja, se destina em pensar o futuro de modo que esse planejamento possa ser gerido de forma compatível com o que fora programado. Trata-se, portanto, de um par indissociável, entre planejamento e gestão, pois não é possível ter uma perspectiva a longo prazo (planejar) sem buscar uma forma de resolução dos problemas imediatos (gerir) (SOUZA, 2006).

Para Heinzmann et. al. (2002), a gestão ambiental consiste na administração do uso dos recursos ambientais, através de ações ou medidas econômicas, investimentos e potenciais institucionais e jurídicos, com a finalidade de manter ou recuperar a qualidade de recursos e desenvolvimento social. A gestão ambiental promove o gerenciamento das atividades sociais sobre o meio ambiente, considerando suas características e particularidades ambientais. Haja vista que naturalmente, as atividades antrópicas possuem relevante influência na degradação ambiental dos recursos naturais.

De acordo com Santos (2004), o planejamento trata-se de um processo contínuo que envolve a coleta, a organização e as análises sistematizadas das informações, por meio de procedimentos e métodos, para chegar a decisões ou a escolhas acerca das melhores alternativas para o aproveitamento dos recursos disponíveis. Logo, a implantação de um efetivo planejamento ambiental exige

conhecimentos técnicos, ambientais, sociais, históricos, econômicos e culturais para o seu desenvolvimento.

O planejamento apresenta-se como uma ferramenta de suma importância para as diversas áreas do conhecimento, capaz de caracterizar o cenário atual e estabelecer prognósticos tendenciais e desejados para uma determinada situação. Sendo assim consideradas, não somente as reflexões e as discussões antecipadas da realidade atual, mas também o que se deseja alcançar e de que forma alcançar um determinado alvo de melhoria que se remete a uma perspectiva temporal orientada para o futuro (SOUZA, 2009).

No contexto ambiental, o planejamento depende de uma análise sistêmica, interdisciplinar e integrada, onde a complexidade de cada situação ambiental deve envolver a análise dos aspectos físicos, sociais e ambientais, com o propósito de assegurar a qualidade ambiental e social na complexidade desses ambientes.

Franco (2001) destaca que o planejamento ambiental ostenta um papel estratégico de garantir a preservação e conservação dos recursos naturais e, conseqüentemente, garantir a sobrevivência da civilização. Daí surge a importância da elaboração de um planejamento participativo com a população envolvida, onde as características e problemas sociais devem estar estreitamente apresentados na elaboração do planejamento ambiental e execução das ações estratégicas.

Como aponta Souza (2006), o planejamento e a gestão devem ser vistos como práticas que envolvam a efetiva participação social, mas que também sejam tecnicamente fundamentadas, envolvendo diferentes atores sociais. O gerenciamento ambiental por sua vez se apresenta como uma aplicação dos instrumentos de gestão, compondo uma etapa posterior ao planejamento, onde suas funções deverão estar atreladas à aplicação, administração, controle e monitoramento das alternativas delimitadas no planejamento, como afirma Santos (2004).

O planejamento é considerado como um conjunto de ações de controle para o uso, proteção e conservação do meio ambiente de forma a avaliar a conformidade da

situação atual com os princípios estabelecidos pela política ambiental. Para a implantação das ações supracitadas, os instrumentos de gestão ambiental, também chamados de instrumentos de gerenciamento ambiental fomentam o processo de execução do planejamento ambiental, por meio de metodologias específicas de acordo com as particularidades de cada ambiente.

Esses instrumentos são entendidos como "*a sistematização de procedimentos técnicos e administrativos para assegurar a melhoria e o aprimoramento contínuo do desempenho ambiental de um empreendimento ou de uma área a ser protegida e, em decorrência, obter o reconhecimento de conformidade das medidas e práticas adotadas*" (BITAR & ORTEGA, 1998).

Os instrumentos de gestão ambiental podem ser divididos em dois grupos: i) Instrumentos de Gestão Ambiental de Empreendimentos e ii) Instrumentos de Gestão Ambiental de Regiões Geográficas Delimitadas (Quadro 2):

TIPOLOGIA	ÁREA DE ATUAÇÃO	EXEMPLOS
Instrumentos de Gestão Ambiental de Empreendimentos	Rodovias, minerações, hidroelétrica, aterros sanitários.	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Avaliação de Impacto Ambiental (AIA);</li> <li>▪ Monitoramento Ambiental;</li> <li>▪ Auditoria Ambiental (ISO Série 14000);</li> <li>▪ Análise de Riscos Ambientais;</li> <li>▪ Investigação do Passivo Ambiental;</li> <li>▪ Seguro Ambiental;</li> <li>▪ Sistema de Gerenciamento Ambiental.</li> </ul>
Instrumentos de Gestão Ambiental de Regiões Geográficas Delimitadas	Bacias hidrográficas, áreas metropolitanas e costeiras.	

Quadro 2. Tipologia e aplicabilidade dos instrumentos de gerenciamento para fins de Gestão Ambiental. Fonte: Bitar & Ortega (1998).

É importante salientar que as bacias hidrográficas são consideradas como unidades de planejamento e gestão dos recursos hídricos e das suas áreas de entorno. A solução de muitos problemas de pressão ambiental está intimamente vinculada com as preocupações que objetivem a manutenção das bacias hidrográficas (O'SULLIVAN et al., 1981). Ao passo que a qualidade ambiental das bacias vem sendo afetada principalmente em áreas de centros urbanos onde a degradação é evidente, devido às

intensas pressões populacionais, decorrente do acelerado crescimento urbano nas grandes cidades.

Para Tricart (1977), a degradação ambiental deve ser avaliada simultaneamente com aspectos que se intercondicionam na paisagem, como: a cobertura vegetal, solos, processos morfogenéticos, condições hídricas, dentre outros. Contudo, para análise da degradação ambiental devem ser considerados os impactos ambientais plausíveis de acontecer, considerando os aspectos ambientais levantados, no intuito de identificar possíveis riscos ambientais na paisagem natural.

O impacto ambiental pode ser considerado como um processo de degradação que acarreta outros impactos associados ao processo que originou o impacto inicial. Haja vista que, o impacto ambiental surge em decorrência de alguma atividade humana que origina ações que produzem alterações no meio, em alguns ou todos os fatores que compõem o sistema ambiental (MORAIS, 1996).

Para Tucci (1993), o planejamento da ocupação da bacia hidrográfica é uma necessidade para a sociedade, devidos aos usos crescentes da água, a qual tende a ocupar espaços com riscos de inundação, além de danificar o seu meio. O Novo Código Florestal, lei de n. 12.651 de 25 de maio de 2012 versa sobre as normas gerais de proteção da vegetação, Áreas de Preservação Permanente (APP) e as Áreas de Reserva Legal, dentre outros aspectos legais relacionadas à vegetação que margeia os recursos hídricos.

Com efeito, as APP devem ser mantidas nas suas condições naturais o máximo possível, evitando ocupações que ocasionem alterações nas mesmas, salvos as atividades em que o órgão ambiental competente pode autorizar a intervenção ou supressão de vegetação para a implantação de obras, planos, atividades ou projetos de utilidade pública, interesse social ou de baixo impacto ambiental.

De acordo com a Política Nacional do Meio Ambiente, lei n. 6.938, de 31 de agosto de 1981 (BRASIL, 1981), a degradação da qualidade ambiental é definida como uma alteração adversa das características do meio ambiente, e a poluição como

degradação da qualidade ambiental resultante de atividades que, de forma direta ou indireta, alteram e prejudicam o ambiente natural, bem como os usos relacionados a ele.

Nesse sentido, os processos de degradação ambiental, além de alterar a paisagem natural de um sistema ambiental, acabam afetando o bem-estar da população que dispõe do uso dos recursos naturais, seja para ocupação, sobrevivência e/ou até mesmo para o lazer. Daí a preocupação da aplicação de ações que possam retardar esse quadro de degradação ambiental, por meio de intervenções de requalificação ambiental nessas áreas.

### 3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS E OPERACIONAIS

O desenvolvimento desta pesquisa teve como base procedimentos metodológicos e operacionais que balizaram o entendimento de estudos pertinentes ao planejamento para gestão ambiental de rios urbanos. Tais procedimentos fomentaram a elaboração de aspectos metodológicos sistêmicos, como apresentados no referencial teórico.

Foi nesse sentido, que a Geoecologia da Paisagem proposta por Rodriguez e Silva (2010) foi adotada como instrumento de investigação e análise das propriedades paisagísticas. As transformações da paisagem da área de estudo, bem como a implantação de intervenções antrópicas e ações voltadas para fins de recuperação ambiental devem estar pautadas em uma articulação sistêmica.

Para fins de alcançar os objetivos propostos da pesquisa foram realizados levantamentos teóricos e metodológicos, obtenção de material cartográfico da bacia do rio Maranguapinho, bem como o uso de técnicas de campo e o desenvolvimento de trabalhos em escritório.

Para Rodriguez e Silva (2011), o planejamento ambiental em bacias hidrográficas por meio de uma concepção geoecológica depende da realização de um trabalho, com base nas seguintes fases: 1) Organização e Inventário; 2) Análise e Diagnóstico, 3) Propositiva e 4) Execução. No entanto, como se trata de uma pesquisa propositiva, a mesma finaliza com a apresentação de diretrizes na fase 3.

Logo, a Geoecologia das Paisagens como metodologia base utilizada nesta pesquisa, proporcionou o levantamento das particularidades ambientais da área em estudo, fomentando discussões pertinentes para implantação de planos de gestão ambiental para rios urbanos (Figura 2).



Figura 2. Fluxograma metodológico para análise das paisagens da bacia hidrográfica do rio Maranguapinho. Fonte: Adaptado de Rodriguez, Silva e Cavalcanti (2004).

### **3.1. Fase de Organização e Inventário**

A princípio os trabalhos se deram por meio de um levantamento bibliográfico a respeito das concepções teórico-metodológicas da geoecologia das paisagens, bem como da revisão bibliográfica e cartográfica da bacia do rio Maranguapinho. Os levantamentos de trabalhos pretéritos tiveram como base a abordagem de questões pertinentes ao tema da pesquisa.

As consultas foram realizadas por meio de artigos, revistas acadêmicas e técnicas, bem como da consulta em bibliotecas em instituições, como: Universidade Federal do Ceará (UFC), Universidade Estadual do Ceará (UECE), Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos (COGERH), Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (FUNCEME), Secretaria de Recursos Hídricos (SRH), Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM), Instituto Brasileiro de Pesquisas Espaciais (INPE), Prefeitura Municipal de Fortaleza (PMF) e Secretaria das Cidades do Governo do Estado do Ceará.

Considerando a necessidade de analisar a totalidade da bacia em conjunto com a avaliação das intervenções urbanas ocorrentes no canal principal e nas margens do rio Maranguapinho, o estudo integrado da evolução das paisagens da área em estudo apresentou a necessidade de estabelecer relação entre os processos de urbanização do recurso hídrico no seu sistema integrado (bacia hidrográfica), dispondo de complexas inter-relações entre os seus componentes ambientais, os quais foram desenvolvidos e trabalhados nas etapas seguintes.

#### **3.1.1. Organização**

A fase de organização foi responsável pelo levantamento de informações para subsidiar a pesquisa, bem como para definir as diretrizes de análise espacial da área em estudo e compilação dos dados. A partir disso, foram realizados levantamentos dos aspectos geoecológicos da área, das atividades de uso e ocupação, das intervenções

urbanas advinda do PROMURB, bem como dos impactos socioambientais e aspectos ambientais como: geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e hidrologia.

Considerando que o entrosamento de diferentes escalas permite analisar os elementos dominantes de uma determinada paisagem, a pesquisa seguiu com uma análise ambiental integrada no uso de escalas: Análise Regional e Análise Local, onde para a espacialização geral foram utilizadas as escalas conforme observado no quadro 3.

SISTEMA TERRITORIAL ADMINISTRATIVO	ESTÁGIO DE PROJEÇÃO	ESCALA	NÍVEL DE INFORMAÇÃO MATERIAIS FÍSICO-GEOGRÁFICOS
<b>Região Metropolitana de Fortaleza-RMF</b>	Esquema de Planejamento Regional	1:300.000 1:100.000	- Espacialização da bacia hidrográfica do rio Maranguapinho no contexto administrativo do estado;  - Análise de unidades geocológicas regionais;  - Análise avaliativa.
<b>Bacia Hidrográfica do rio Maranguapinho</b>	Fundamentação técnico- econômica do plano geral	1:50.000 1:25.000	- Mapas de unidades geocológicas locais;  - Análise e mapeamento de prognósticos.
<b>Rio Maranguapinho</b>	Plano geral local	1:25.000 1:5.000	- Mapas de análise da paisagem  - Zoneamento Funcional
<b>Trechos de recuperação ambiental do rio Maranguapinho</b>	Análise do projeto de planejamento	1:2.000 e maior	- Perfil Geocológico das paisagens do rio Maranguapinho

Quadro 3. Análise por divisão em escalas, escala utilizada na análise geocológica da paisagem do rio Maranguapinho. Fonte: Rodriguez, Silva e Cavalcanti (2004), adaptado por Maia (2015).

A representação cartográfica em nível regional (escala 1:500.000) forneceu subsídios de análise do contexto espacial o qual está inserido a bacia hidrográfica do rio Maranguapinho na Região Metropolitana de Fortaleza e, dos aspectos socioeconômicos e ambientais dos municípios que compõem a bacia em questão.

O recorte da pesquisa permeia em atenção para a delimitação geográfica da bacia, a fim de identificar os agentes modificadores da paisagem, bem como os problemas, limitações e potencialidades ocorrentes no rio Maranguapinho.

### **3.1.2. Inventário**

A fase de inventário partiu de levantamentos das condicionantes ambientais, a fim de classificar a paisagem por meio de uma análise geoecológica. Nesse sentido, foram observados os aspectos geológicos, geomorfológicos, climatológicos, hidrológicos, pedológicos e vegetacionais, bem como atividades de uso e ocupação pertinentes na área. Assim foi possível determinar a espacialização dos sistemas ambientais nos municípios de abrangência da bacia hidrográfica como uma unidade paisagística regional e, posteriormente a partir de uma análise local foram delimitadas as unidades geoecológicas em uma escala de 1:150.000.

A análise de todo o material cartográfico foi realizada de forma simultânea à interpretação visual das imagens de satélite sendo possível delinear as principais unidades geoecológicas em estudo: planície fluvial, planície fluviomarina, tabuleiro litorâneo, depressão sertaneja e maciços residuais. Além disso, foram identificadas as diferenciações naturais e evolutivas da região.

Para isso, foram utilizadas Imagens ETM+/ LANDSAT 7 datada de 2003, com resolução 30 metros, banda 8 (pancromática) com resolução de 15 m, as quais se ajustaram e integraram as observações realizadas em campo, culminando nas informações necessárias para a confecção dos diversos mapas temáticos, com suas respectivas bases cartográficas: Mapa básico de localização – DER (2009) e IBGE (2010); Mapa Geológico – CPRM (2003); Mapa Hipsométrico – TOPODATA/INPE (2011) e Mapa Pedológico – EMPRABA (2006).

Já para a elaboração dos mapas temáticos que retrataram o processo de urbanização da bacia do rio Maranguapinho, foram utilizadas imagens Rapideye, datadas do ano de 2013, com resolução de 5m em comparação com as ETM+/ LANDSAT 7 datada de 2008. Ainda com base na interpretação das imagens

supracitadas foi possível gerar a vetorização das unidades geomorfológicas e geoecológicas da bacia hidrográfica do rio Maranguapinho, dando origem aos mapas: geomorfológico e geoecológico.

Os limites da bacia hidrográfica foram gerados no software Global Mapper 11; com auxílio da imagem de radar SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) com resolução espacial de 30m, extraída do banco de dados TOPODATA do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) quadrícula 03S\_39\_ZN e 04S\_39 \_ ZN (GeoTIFF), sendo posteriormente exportado em formato *shapefile* para o software ArcGIS 10, onde foi possível a integração das características fisiográficas da bacia hidrográfica do rio Maranguapinho em estrutura de um Sistema de Informação Geográfica (SIG).

O uso do SIG permitiu uma melhor disposição e compilação dos dados obtidos em campo e gabinete, admitindo uma interpretação integrada da área em estudo. Essa interpretação passa a ser representada por meio de mapas temáticos, simulando unidades reais do espaço geográfico. A integração dessas informações permitiu o aperfeiçoamento de metodologias pertinentes às informações espaciais e representativas do sistema ambiental em estudo, bem como o alcance dos objetivos estabelecidos.

O uso de imagens de satélite permitiu analisar de forma especializada as formas de uso e ocupação do espaço. Através da interpretação dessas imagens, fez-se possível evidenciar o grau de alteração do sistema ambiental em questão, bem como da evolução urbana e ocupação em suas áreas de influência.

Para isso, foram realizados levantamentos de informações referentes à bacia do rio Maranguapinho, elencando seus principais agentes modificadores da paisagem. Essas informações foram incorporadas à análise da paisagem para a devida espacialização, considerando as seguintes categorias necessárias ao mapeamento de: unidades geoecológicas; uso e ocupação urbana; intervenções urbanas, bem como as formas de uso e ocupação.

### 3.2. Fase de Análise e Diagnóstico

Com base no levantamento de informações já realizado, é nesta fase que se interpreta e analisa as informações adquiridas, englobando tanto os aspectos ambientais, como os sociais, econômicos e culturais da área de estudo. A fim de compreender as propriedades sistêmicas (estruturais, funcionais, evolutivas e integradoras) das unidades em questão, a fase de análise consiste no desenvolvimento de diferentes etapas para melhor entendimento das particularidades de cada unidade ambiental e análise da paisagem (Quadro 4).

<b>FASE DE ANÁLISE – PROPRIEDADES DA PAISAGEM E DO USO DAS UNIDADES AMBIENTAIS DO RIO MARANGUAPINHO</b>	
<b>TIPOLOGIA DA PAISAGEM E USO</b>	<b>ATIVIDADES REALIZADAS NA PESQUISA</b>
<b>Paisagens Naturais</b>	▪ Identificação das paisagens culturais na Bacia do rio Maranguapinho
	▪ Análise da dinâmica da paisagem natural
	▪ Análise da sustentabilidade geoecológica através da identificação as áreas de susceptibilidade ambiental.
<b>Paisagens Culturais</b>	▪ Análise da estrutura espacial do rio Maranguapinho, os processos de urbanização e evolução da paisagem;
	▪ Identificação e avaliação dos impactos ambientais e sociais, das regularidades e tendências evolutivas.
<b>Uso das unidades ambientais</b>	▪ Identificação das formas, regras e tendências de uso do rio Maranguapinho;
	▪ Análise das inter-relações entre os atributos naturais e sociais;
	▪ Identificação dos problemas, limitações e deficiências ao uso de unidades ambientais.

Quadro 4. Análise das propriedades da paisagem e do uso das unidades ambientais do rio Maranguapinho. Elaborado por Maia (2015).

A análise das propriedades das unidades naturais possibilitou determinar a estrutura espacial e funcionamento, dinâmica e evolução. Nessa fase foi realizado um levantamento da legislação ambiental vigente, para fins de entendimento das restrições

impostas ao uso e ocupação da bacia do rio Maranguapinho como a Resolução CONAMA 303/2002 e o Código Florestal Lei nº 12.651/2012.

A partir disso foi analisada a sustentabilidade geoecológica através da identificação das áreas de tensões ambientais, bem como das propriedades das unidades geoecológicas com objetivo esclarecer a organização da paisagem e seu funcionamento. Para tanto, com a finalidade de identificar os impactos socioambientais e as regularidades e tendências evolutivas, as paisagens foram realizadas a partir dos enfoques estrutural, funcional e dinâmico-evolutivo com base na proposta metodológica de Rodriguez, Silva e Cavalcanti (2004).

Ainda conforme os autores supracitados, a análise estrutural da paisagem se classifica em vertical, horizontal e funcional.

i) Estrutura vertical das paisagens – engloba a análise dos aspectos ambientais como: geologia, geomorfologia, hidrologia, solos, cobertura vegetal, considerando esses componentes como georizontes das paisagens. De forma que a composição e inter-relação dos componentes da paisagem estabeleçam suas relações no sentido vertical. Para esta análise foram utilizados os mapas de unidades geoecológicas e análise dos componentes ambientais.

ii) Estrutura horizontal das paisagens – engloba a estrutura morfológica, ou plana, constituindo a interação espacial das paisagens em todos os níveis, desde o inferior ao nível superior, através da análise da imagem da paisagem (composição, tipologias, formas, contornos e peculiaridades métricas). Possibilitando definir um mosaico de unidades de paisagens.

iii) Estrutura funcional das paisagens - Para a análise funcional da paisagem, apresentando o grau de funcionamento do geossistema, estabelecendo para cada unidade sua função prioritária. Para isso foram utilizados conceitos fundamentais de auto-regulação e relações reversíveis, aliados aos trabalhos de campo.

A fase de análise teve como o objetivo principal compilar os dados de campo com a interpretação de imagens satélites para fins de comparação da evolução da paisagem e elaboração de um perfil geocológico. Nessa perspectiva, as análises realizadas acerca da estrutura da paisagem foram atingidas a partir do mapeamento das unidades geocológicas, bem como do levantamento das formas de usos e ocupação, estabelecendo a espacialização dos componentes da paisagem em um enfoque funcional na área em estudo.

Segundo Rodriguez e Silva (2013), o objetivo desta fase é de esclarecer o estado em que se encontram os sistemas, a partir da análise do uso e exploração de seus recursos e serviços ambientais. O diagnóstico da bacia do rio Maranguapinho foi realizada pela análise dos seguintes aspectos (Quadro 5).

<b>FASE DE DIAGNÓSTICO – PROBLEMAS, LIMITAÇÕES E POTENCIALIDADES AMBIENTAIS DO RIO MARANGUAPINHO</b>	
<b>TIPOLOGIA DE DIAGNÓSTICO</b>	<b>ATIVIDADES REALIZADAS NA PESQUISA</b>
<b>Geocológico (unidades ambientais naturais)</b>	▪ Identificação da problemática e da degradação ambiental;
	▪ Classificação do estado ambiental das paisagens do rio Maranguapinho;
	▪ Análise dos impactos (ações, efeitos e consequências), riscos e tensões ambientais.
<b>Uso das unidades ambientais naturais</b>	▪ Avaliação do uso das paisagens: compatibilidade de uso;
	▪ Análise da relação qualidade ambiental/ qualidade de vida;
<b>Integrado</b>	▪ Avaliação dos problemas ambientais, das potencialidades e limitações para os tipos de uso da bacia do rio Maranguapinho e suas áreas de entorno;
	▪ Elaboração do estado geral do território com as tendências de evolução da paisagem do rio Maranguapinho.

Quadro 5. Análise dos problemas ambientais, limitações e potencialidades da bacia do rio Maranguapinho. Fonte: Elaborado por Maia (2015).

O diagnóstico geocológico e o estado de degradação tratam da identificação das áreas de tensões ambientais, que ocasionam impactos e riscos dos sistemas

ambientais *in loco*. Foram realizados levantamentos dos aspectos ambientais na área em estudo definindo suas unidades geológicas.

No contexto de planejamento ambiental, esta fase é de grande relevância nos processos de caracterização do estado geológico da área, bem como para abordagem dos aspectos culturais. Contudo, a fase de diagnóstico integrado possibilita a construção de cenários que possam subsidiar a fase propositiva.

Os trabalhos de campo na área foram de fundamental importância para identificação dos problemas/impactos ambientais por cada unidade geológica estabelecida. Posteriormente, foram indicados e analisados os níveis de degradação ambiental, a fim de classificar o estado ambiental da bacia do rio Maranguapinho.

A partir da avaliação do nível de degradação ambiental foi possível elaborar o estado ambiental, este é classificado por meio das seguintes classes: i. Estável (não alterado), ii. Medianamente estável (sustentável), iii. Instável (insustentável), iv. Crítico e v. Muito Crítico, como já abordado no referencial teórico.

A partir da análise do estado ambiental das unidades e geológicas foi possível considerar cada unidade como um sistema, o que possibilita subsidiar o gerenciamento das formas de uso e ocupação compatíveis à capacidade de suporte do rio Maranguapinho.

### **3.3. Fase Propositiva**

Esta fase propõe a construção de um desenho de organização espacial, com base no ordenamento territorial, a partir das análises realizadas nas fases anteriores. O modelo proposto para esta pesquisa segue com base na elaboração de dois elementos básicos: Zoneamento Ambiental e Zoneamento Funcional. Para fins de elaboração dos mesmos foram levantados os seguintes aspectos da paisagem (Quadro 6):

<b>FASE PROPOSITIVA – DESENHO DE UM MODELO DE ORDENAMENTO TERRITORIAL</b>	
<b>PROJEÇÃO DE MODELO</b>	<b>ATIVIDADES REALIZADAS NA PESQUISA</b>
<b>Zoneamento Ambiental</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Elaboração de um zoneamento ambiental, a fim de identificar as limitações dos recursos naturais e dinâmica natural do sistema;</li> </ul>
<b>Zoneamento Funcional</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Elaboração de um zoneamento funcional da bacia hidrográfica do rio Maranguapinho conforme os usos identificados ao longo da área de estudo;</li> <li>▪ Proposta de ordenamento das formas de uso e ocupação na bacia do rio Maranguapinho, para fins de atender o zoneamento ambiental;</li> </ul>

Quadro 6. Proposta para um modelo de Zoneamento Integrado. Fonte: Elaborado por Maia (2015).

O zoneamento ambiental se apresenta como base para a elaboração do zoneamento funcional. Uma vez que, o zoneamento funcional identifica os fins de uso e ocupação de forma a manter a conservação dos recursos naturais na área de estudo, enquanto que a proposta do zoneamento ambiental da área permite identificar as potencialidades e as limitações dos sistemas ambientais.

O zoneamento integrado por sua vez é caracterizado por propor tipos de usos de acordo com suas potencialidades e limitações, bem como as funções sociais e produtivas que devem ser implantadas nas áreas inseridas nas unidades geoecológicas. Para tanto, delimitou-se três zonas e suas respectivas subclassificações (Quadro 7):

Após o cumprimento das fases anteriores, a fase de execução é de fundamental importância para a implantação das ações elaboradas na fase propositiva, com a apresentação de diretrizes para um plano de gestão ambiental para a bacia do rio Maranguapinho.

ZONEAMENTO INTEGRADO DA BACIA DO RIO MARANGUAPINHO	
TIPOLOGIA DO ZONEAMENTO	ZONAS E ÁREAS FUNCIONAIS
<b>Zoneamento Ambiental</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Zona de Preservação Ambiental (ZPA)</li> <li>▪ Zona de Recuperação Ambiental (ZRA)</li> <li>▪ Zona de Usos Específicos (ZUE)</li> </ul>
<b>Zoneamento Funcional</b>	▪ ZPA - Áreas para Equilíbrio Ecológico
	▪ ZRA - Áreas para Usos Restritos
	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ ZUE - Áreas de Ocupação Consolidada</li> <li style="padding-left: 20px;">- Áreas de Requalificação Urbana</li> <li style="padding-left: 20px;">- Áreas para Uso Sustentável</li> </ul>

Quadro 7. Zonas e áreas estabelecidas para uso e ocupação da bacia do rio Maranguapinho. Fonte: Elaborado por Maia (2015).

Contudo, em virtude da complexidade do emprego das diretrizes geradas da referente pesquisa e, considerando que um planejamento ambiental requer um aparato técnico e político específico, a pesquisa finaliza-se com a apresentação de diretrizes para um plano de gestão ambiental, na fase propositiva, uma vez que a competência de gestão decorre das ações e intenções estatais.

#### **4. COMPONENTES DA PAISAGEM NATURAL DA BACIA DO RIO MARANGUAPINHO**

A bacia hidrográfica do rio Maranguapinho reflete um cenário ambiental complexo e diversificado, uma vez que a sua delimitação geográfica engloba diferentes e integradas unidades ambientais: Maciços Residuais, Depressão Sertaneja, Tabuleiros Pré-litorâneos, Planície Fluvial e Planície Fluviomarinha.

Apesar das particularidades ambientais estabelecidas nas unidades supracitadas, a bacia hidrográfica do rio Maranguapinho apresenta-se como unidade integrada da paisagem, onde ocorre uma diversidade de relações entre componentes naturais, sociais e econômicos. Logo, o entendimento dos aspectos ambientais fomenta paralelamente o entendimento das relações estabelecidas entre limitações e potencialidades da área de estudo.

A delimitação da área em estudo compreende o alto, o médio e o baixo curso da bacia hidrográfica do rio Maranguapinho, localizada na porção nordeste do estado do Ceará, espacializada nos municípios de Maranguape, Maracanaú, Fortaleza e, abrangendo uma pequena porção no município de Caucaia. Em um contexto geral, a bacia apresenta formas de uso e ocupação similares ao longo do seu percurso, o que acaba por fomentar um crítico cenário de degradação ambiental como um todo.

Este fato ocorre pela disponibilidade dos recursos naturais que a própria bacia hidrográfica oferece desde o uso da água para dessedentação animal, lazer, descarte de efluentes e, ainda para o despejo de águas residuais, bem como para o uso das margens do rio para agricultura, extração mineral, ocupação desordenada e disposição de resíduos sólidos.

Assim, o levantamento da configuração geoambiental e a análise dos aspectos hidroclimáticos da bacia hidrográfica devidamente pautada nas formas de uso e ocupação existentes, acaba por subsidiar medidas de recuperação ambiental e ordenamento territorial através da análise e identificação dos efeitos da degradação ambiental na bacia.

#### 4.1. Geologia e Geomorfologia

A análise de uma paisagem natural quando relacionada ao uso e ocupação do solo depende diretamente da estrutura geológica e das características geomorfológicas de uma determinada região. Uma vez que, a formação, composição e alteração da modelagem do relevo estabelecem relação direta com as limitações e vulnerabilidades dos ambientes naturais e, conseqüentemente no uso e ocupação do solo.

A estrutura geológica representa o componente natural mais antigo de um ambiente natural, apresentando-se como base de formação para os componentes ambientais constituídos posteriormente. Desta forma, se destaca como fator determinante de controle na evolução da superfície terrestre, podendo ser refletida em diversas características do ambiente (THORNBURY, 1960 apud SOUZA, 2011).

De acordo com Souza (2000), os aspectos geológicos incidem, igualmente, sobre a diversidade dos solos, bem como a disponibilidade de recursos hídricos da superfície e sub-superfície, no quadro fitoecológico local e nas potencialidades dos recursos naturais disponíveis.

A geologia que compõe a bacia hidrográfica do rio Maranguapinho é caracterizada pela ocorrência de dois principais grupos litológicos: domínio dos depósitos sedimentares cenozóicos e o domínio das rochas cristalinas do pré-cambriano (CEARÁ, 2002).

De acordo com a Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM, 2003), o Complexo Ceará é considerado como a mais extensa unidade litoestrutural da Província Borborema, caracterizado por um embasamento do tipo gnáissico policíclico e de cobertura alóctone, o que configura uma região composta por terrenos do embasamento cristalino, abrangendo maior parte do território do Ceará.

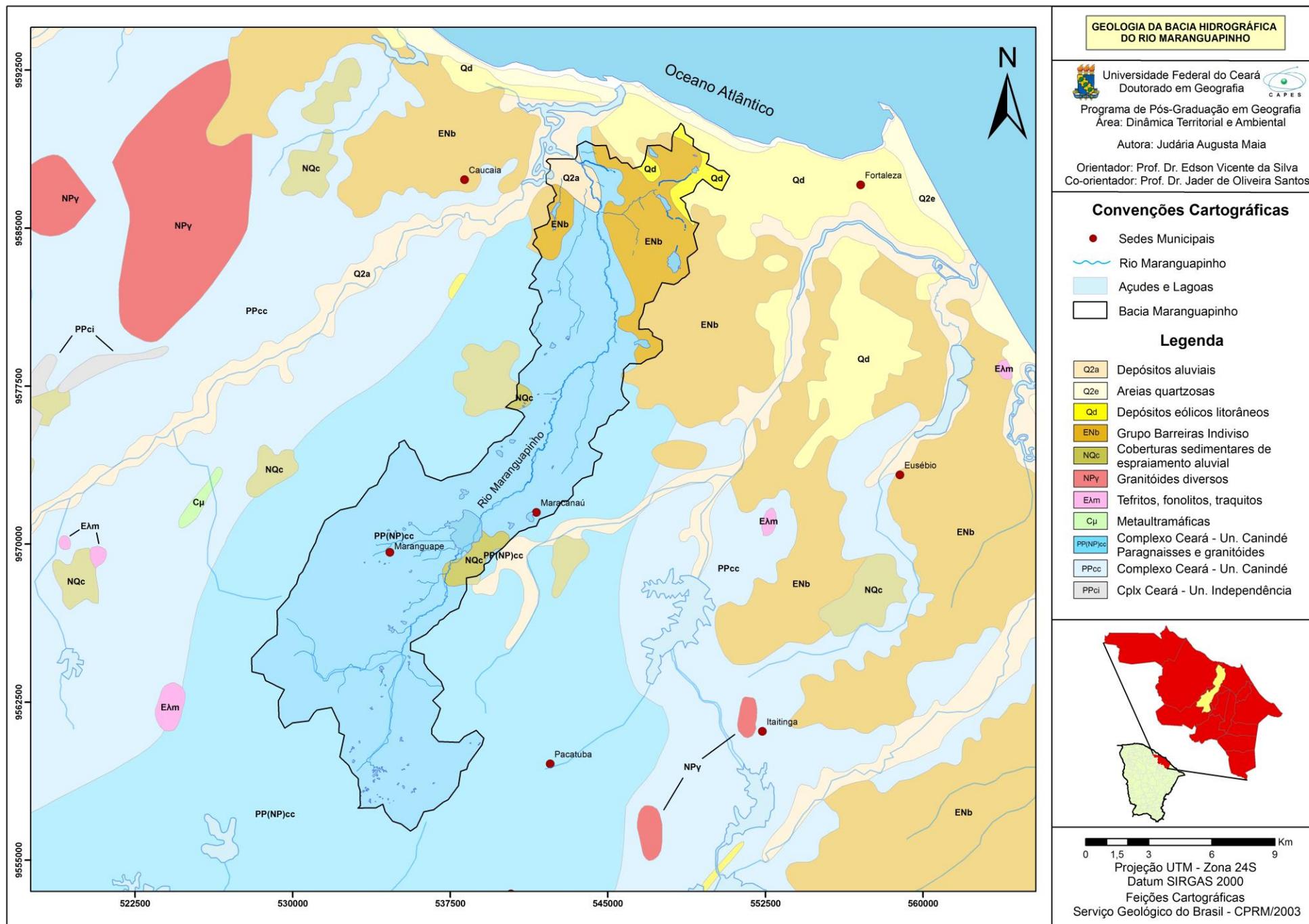
Peulvast (2008) afirma que o Complexo Ceará é caracterizado por rochas que apresentam a predominância de gnaisses com fácies de anfibolitos de idade

Paleoproterozóica, poucos remobilizados e migmatizados, contudo intercalados com diferentes e menores afloramentos de quartzitos, micaxistos e intrusões leucograníticas.

Para entendimento da compartimentação litológica do Complexo Ceará, pode se apresentar as seguintes unidades litológicas: Unidade Independência e Unidade Canindé, e o Complexo Tamboril-Santa Quitéria, as quais representam grandes variedades de rochas com idade Neoproterozóica.

Assim sendo, é na Unidade Canindé que estão dispostas as nascentes e o alto curso da bacia do rio Maranguapinho. Esta por sua vez apresenta litologias dispersas pelo setor norte do Maciço de Baturité, mais precisamente entre os municípios de Palmácia, Maranguape e Guaiúba (COGERH, 2010). Segundo Brasil (2003), este setor é marcado pela presença de paragneisses associados com granitóides neoproterozóicos gnaissificados ou não. Esses tipos litológicos exercem influência direta na modelagem do relevo e na formação das feições morfológicas da área de estudo.

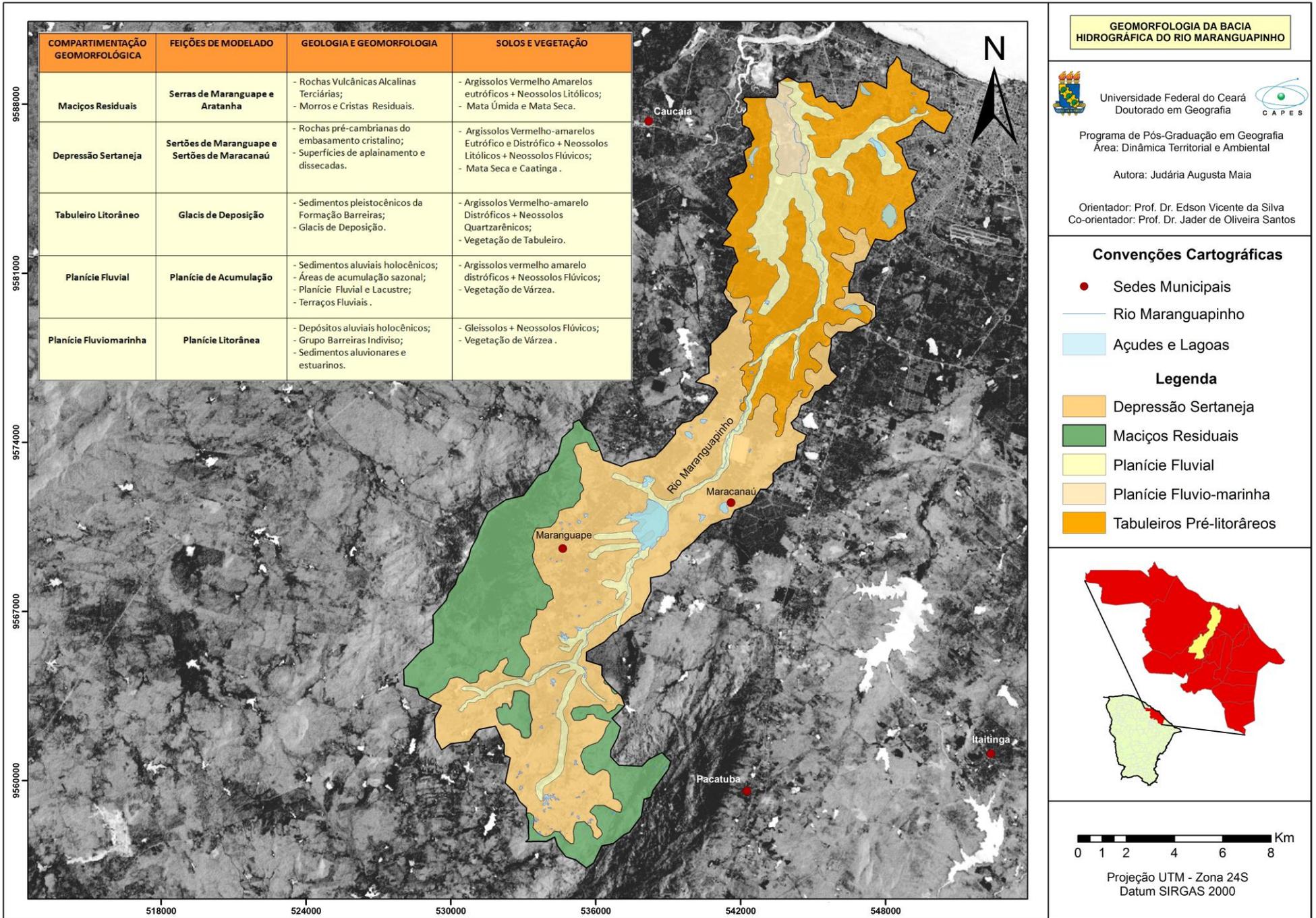
De maneira geral, Diniz et al. (2014) afirma que no alto curso da bacia do rio Maranguapinho (porção norte do Maciço de Baturité) ocorre à predominância de rochas do Neoproterozóico da Unidade Canindé, pertencente ao Grupo Ceará, atuando como importante dispersor de drenagem para a região metropolitana de Fortaleza. Considerando o médio e baixo curso da bacia do rio Maranguapinho, a mesma está assentada sobre a Formação Barreira, caracterizada também pela predominância de sedimentos aluvionares, areias quartzosas, depósitos eólicos litorâneos e sedimentos estuarinos (Mapa 2).



Mapa 2. Geologia da bacia hidrográfica do rio Maranguapinho. Fonte: Elaborado por Maia (2015).

A partir da análise e subdivisão dos sistemas ambientais da bacia do rio Maranguapinho é possível analisar as particularidades que compõem as unidades geomorfológicas e as subunidades da referida área, onde as funcionalidades distintas e ao mesmo tempo integradas formam a hierarquização da paisagem e o entendimento da sua tipologia.

No que se referem à compartimentação geomorfológica, os aspectos ambientais, como: relevo, cobertura vegetal, solo e litologia se apresentam como aspectos importantes para a delimitação das unidades geomorfológicas. A espacialização da bacia do rio Maranguapinho encontra-se distribuída nas seguintes unidades geomorfológicas: Maciços Residuais (21 %), Depressão Sertaneja (42%), Tabuleiro Pré-litorâneo (24%), Planície Fluvial (9%), Planície Fluviomarina (4%) (Mapa 3).



Mapa 3. Geomorfologia da bacia hidrográfica do rio Maranguapinho. Fonte: Elaborado por Maia (2015).

A interação entre os processos tectônicos, mudanças climáticas e os fluxos de energia que ocorreu ao longo da história geológica é de fundamental importância para a composição de modelos evolutivos do relevo (MEIRELES, 2007). Desta forma, pode-se afirmar que a formação geológica dos terrenos cristalinos da depressão sertaneja apresenta superfícies de aplainamento, onde o trabalho erosivo é responsável por truncar uma variedade de litotipos, formando uma superfície de plana à suavemente dissecada (SOUZA, 2000).

Dentro de um contexto geomorfológico, essas áreas são caracterizadas e constituídas de rampas de pedimentação, as quais se inclinam suavemente em direção ao litoral e aos fundos de vales (BRANDÃO et al., 1995; SOUZA, 1988). Considerando estes aspectos, a geomorfologia da serra de Maranguape se caracteriza como planalto residual, apresentando alterações constantes pelos processos erosivos naturais e/ou antrópicos, bem como os movimentos de massa, como quedas de blocos, escorregamentos, rastejos e rupturas de rochas (Figura 3).

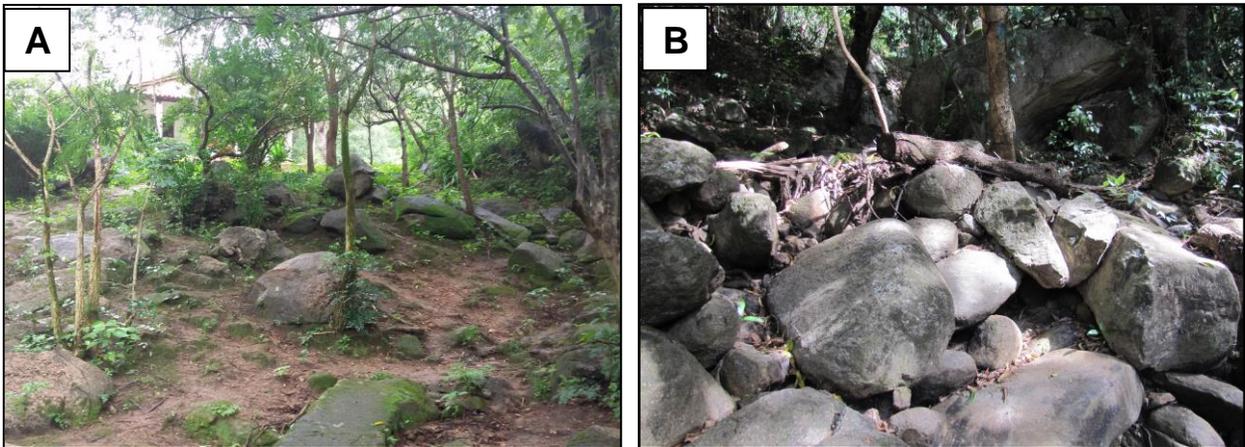


Figura 3. Modelagem do relevo por processos erosivos; B) Fragmentos de rochas e blocos rolados na Serra de Maranguape. Foto: Maia (2015).

Dentre os processos erosivos naturais, pode-se identificar a ação do intemperismo: físico, químico e biológico, onde o físico se destaca pela formação de materiais inconsolidados em diferentes graus de evolução (Figura 4-A). O intemperismo químico também atua de maneira intensa, principalmente nas áreas

serranas de barlavento devido à disponibilidade hídrica, podendo indicar a ação química na esfoliação esferoidal (Figura 4-B).



Figura 4. A) Ruptura dos blocos rolados pela ação do intemperismo físico; B) Intemperismo físico e químico através da oxidação da rocha decorrente da ação pluviométrica. Foto: Maia (2015).

As condições climáticas evidenciam o alto potencial de transformação das características litológicas da região, bem como da constante evolução e intensidade dos processos erosivos na serra de Maranguape. Seguindo a caracterização geomorfológica da bacia, a região do médio e baixo curso está assentada em coberturas sedimentares cenozóicas, acomodando planícies e terraços fluviais, formas litorâneas e tabuleiros (glacis de acumulação) da unidade geológica denominada de Grupo Barreiras (EMBRAPA, 2006).

Considerando as particularidades das feições provenientes do Grupo Barreiras, o mesmo apresenta-se como uma unidade geomorfológica de tabuleiro, desenvolvida sobre o referido grupo geológico. De acordo com Brandão et al. (1995), o Grupo Barreiras é de idade plio-pleistocênica e distribui-se de forma contínua em uma faixa de largura variável, acompanhando a linha de costa, situada à retaguarda dos sedimentos eólicos antigos e atuais.

A litologia das coberturas sedimentares cenozóicas é formada por sedimentos do tipo areno-argilosos de coloração vermelho-amarelada, por vezes esbranquiçada, e

de aspecto mosqueada com granulação de fina a média e intercalações de níveis conglomeráticos (SANTOS, 2011).

São nessas condições que os depósitos correlativos de origem continental são formados em um cenário de condições climáticas pretéritas, predominantemente semiáridas, compondo leques aluviais coalescentes, numa época em que o nível do mar era mais baixo do que o atual, propiciando a formação de vasta plataforma de deposição, conforme afirmam Brandão et al. (1995) e Souza et al. (2009).

Dentro desse contexto, as planícies fluviais merecem destaque no estudo integrado da bacia do rio Maranguapinho, uma vez que as condicionantes naturais da sua paisagem se encontram em maior intensidade submetidas a interferências urbanas e a evolução constante quanto a sua tipologia.

De acordo com Silva (1987), as planícies fluviais são formadas pela ação das águas doces confinadas nos canais dos rios e por retrabalhados por fluxos contínuos, descontínuos e intermitentes, podendo assim ser caracterizada como uma área formada pela planície de inundação, terraços e, encostas, propiciando o aparecimento de diques marginais (Figura 5).



Figura 5. Planície fluvial do rio Maranguapinho. Foto: Maia (2009).

Ainda na concepção de Brandão et al. (1995) e Souza et al.(2009), os fundos de vales são constituídos por depósitos flúvio-aluvionares com sedimentos fluviais, cujos clásticos predominantes são areias, cascalhos, siltes e argilas, datados de idade holocênica. Dispostos sobre os terrenos cristalinos, esses depósitos constituem faixas estreitas, geralmente formados por sedimentos grosseiros ao longo dos canais, nas áreas de inundação, apresentam granulometria mais fina.

Já sob influência dos terrenos sedimentares, os rios e riachos formam depósitos mais espessos, provenientes do retrabalhamento do Grupo Barreiras, sendo constituídos por areias finas, siltes e argilas. Estas areias quando depositadas em planícies lacustres, são caracterizadas por sedimentos mais finos, associados a grande quantidade de matéria orgânica.

De acordo com Esteves (1988), as planícies lacustres são constituídas por corpos d'água que não possuem comunicação direta com o mar. Com efeito, Souza et al., (2009) aponta que as planícies lacustres são áreas de acumulação inundáveis que bordejam as lagoas perenes e semiperenes existentes no litoral e nos tabuleiros pré-

litorâneos ou correspondem às áreas aplainadas, com ou sem cobertura arenosa, submetidas a inundações periódicas e precariamente incorporadas à rede de drenagem.

Desta forma, pode-se afirmar que os sistemas lacustres se apresentam como elementos não permanentes nas paisagens naturais, uma vez que são caracterizados como fenômenos de curta durabilidade na escala geológica, portanto surgem e desaparecem no decorrer do tempo.

No caso da área em estudo, não foi possível realizar a delimitação espacial da planície lacustre em razão da escala de análise, o que não caracteriza a inexistência da mesma. Até porque algumas áreas de planícies lacustres encontram-se ocupadas por moradias, agravando os problemas de alagamento, inundações e aparecimento de áreas de risco.

Já as planícies fluviomarinhas são constituídas pela deposição de sedimentos predominantemente argilosos e com grandes concentrações de matéria orgânica, que colmatam um material escuro e lamacento, formando um solo bastante profundo, salino, sem diferenciação nítida de horizontes (SOUZA et al., 2009).

Entretanto, quando consideradas as particularidades da planície fluviomarinha do rio Maranguapinho, apesar de mais distante do litoral, a mesma encontra-se submetida às ações das marés. Fato esse que se dá pela convergência das planícies fluviomarinhas do rio Maranguapinho e rio Ceará, uma vez que o rio Maranguapinho deságua na zona estuarina do rio Ceará, configurando-se como sub-bacia (Figura 6).

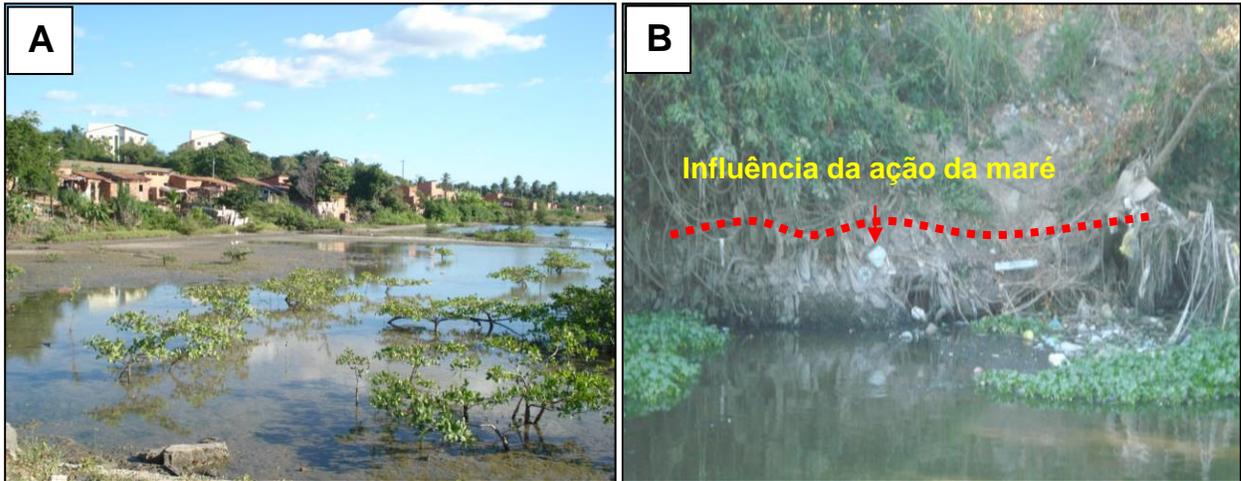


Figura 6. A) Planície lacustre do rio Maranguapinho; B) Área de transição da planície fluvial e fluviomarinha sob a ação da dinâmica do estuário do rio Ceará. Foto: Maia (2011).

#### 4.2. Condições Climáticas

As condições climatológicas de uma determinada região se estabelecem por meio da interação e do comportamento contínuo dos elementos atmosféricos que as influenciam, onde a partir da coleta de dados meteorológicos e análise das séries temporais torna-se possível definir o clima dessa região.

Por encontrar-se sob influência de um clima tropical semiárido, os componentes ambientais da paisagem natural do estado Ceará apresentam características resultantes dessa influência, dentre elas a recorrência de problemas relacionados à escassez de água e eventuais inundações. Isso decorre da divisão das estações do ano em basicamente dois tipos: o período chuvoso, englobando os meses de janeiro, fevereiro, março e abril; e o longo período de estio, evidenciado nos meses de junho a dezembro.

Analisando as relações estabelecidas entre o clima e os recursos hídricos, pode-se afirmar que, as condições climáticas exercem influência direta sobre o regime e disponibilidade das águas superficiais e subterrâneas, bem como sobre os aspectos ambientais de uma bacia hidrográfica (SOUZA et al. 2009).

É nesse sentido que as precipitações se apresentam como uma das condicionantes responsáveis pelo aporte hídrico dos rios e corpos d'água. Além disso, a evaporação quando associada à preservação da cobertura vegetal e à temperatura de uma determinada região pode influenciar diretamente na qualidade e quantidade dos recursos hídricos ali existentes. Em alguns casos, as altas taxas de evaporação podem fomentar até mesmo processos de desertificação em áreas já degradadas.

Vale ressaltar que, as condições pluviométricas da área de estudo mantêm estreita relação com o processo de deslocamento e migração da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), bem como com as condições meteorológicas da região Equatorial. Isso se dá pelo fato da ZCIT constituir o sistema meteorológico mais importante do estado do Ceará, caracterizada por exercer influência no seu período chuvoso, interferindo diretamente nas precipitações na superfície da bacia hidrográfica do rio Maranguapinho.

De acordo com o conceito e origem da ZCIT, a mesma se forma em área de baixas latitudes, onde o encontro dos ventos alísios provenientes de sudeste com os provenientes de nordeste cria uma ascendência das massas de ar que são normalmente úmidas, limitando a circulação atmosférica entre o hemisfério norte e o hemisfério sul (DANNI-OLIVEIRA e MENDONÇA, 2007).

A ZCIT se faz mais evidente quando da sua máxima aproximação do hemisfério sul, durante o equinócio outonal (23 de março), retornando ao hemisfério norte no mês de maio e ocasionando o declínio do período chuvoso (BRANDÃO, et al. 1995). Isso acontece no verão e outono no hemisfério sul, submetendo a região Nordeste, durante vários dias consecutivos, a chuvas intensas e trovoadas, com maiores intensidades em março e abril (BRASIL, 1981) (Figura 7).

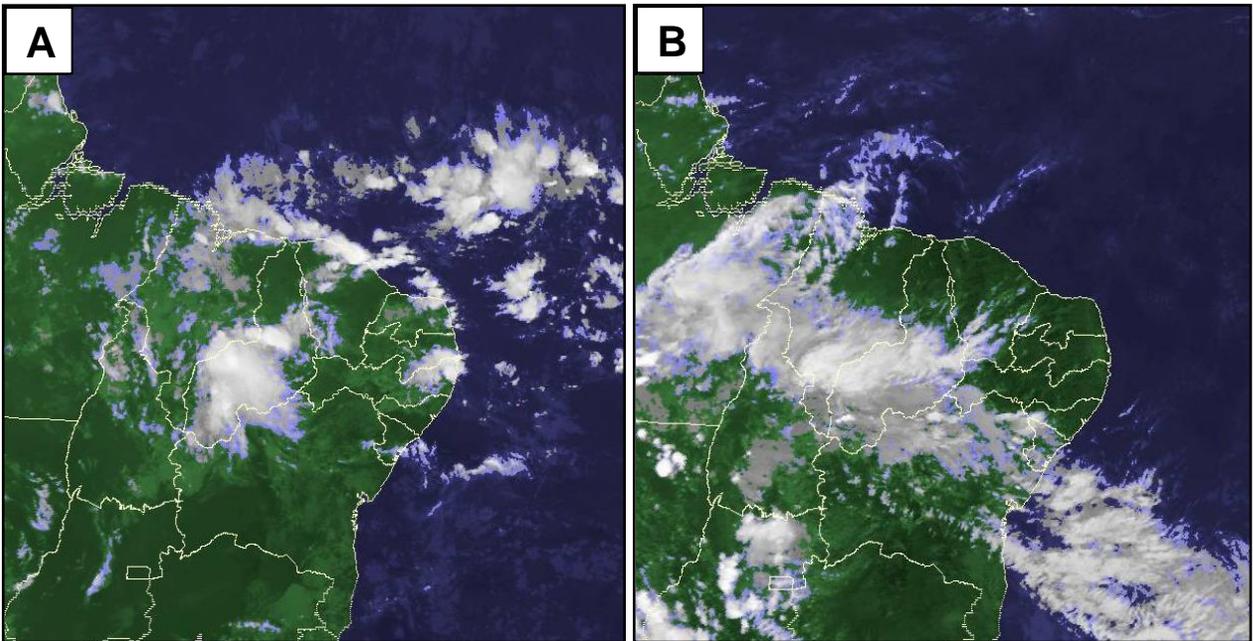


Figura 7. A) Instalação da quadra chuvosa no Nordeste Setentrional do Brasil. B) Deslocamento da massa de ar para o Sul, responsável pelo período de estio. Fonte: Imagens do CPTEC (2011).

Dentre outros componentes da formação do clima do estado do Ceará, pode-se destacar: as frentes frias e os sistemas atmosféricos organizados que se deslocam, provocando chuvas e outras modificações substanciais do tempo, além disso, a influência da ação do Vórtice Ciclônico de Altos Níveis (VCAN), que se formam no Oceano Atlântico, atua com maior frequência entre os meses de janeiro e fevereiro (VIDAL, 2013).

Considerando a análise climatológica da área de abrangência da bacia hidrográfica do rio Maranguapinho, esta apresenta maior disponibilidade pluviométrica, quando comparadas às regiões semiáridas do Ceará, proporcionando maior disponibilidade e reserva hídrica local. Isso acontece devido à característica de bacia hidrográfica litorânea e as condições climáticas favoráveis do litoral. Desta forma, a concentração de chuvas ocorre no primeiro semestre do ano, onde os picos de precipitação são evidenciados nos meses de março e abril.

Outro fator de relevante influência na precipitação na área de estudo é o relevo da região serrana, uma vez que a altitude e as condições climáticas dessa região favorecem a ocorrência de chuvas orográficas na serra de Maranguape. A ocorrência

de chuvas orográficas proporciona um escoamento fluvial intenso, por conta também da impermeabilidade das rochas, que juntas irão comandar os processos erosivos que ocorrem sobre as superfícies serranas e é desta forma que as altitudes interferem significativamente no clima local, pois submetem a vertente oriental das serras de Maranguape à ação das chuvas orográficas (CORDEIRO, 2013).

De forma geral, as temperaturas médias anuais nas regiões próximas ao equador estão entre 26° e 28°C (NIMER, 1972). Segundo o autor, as elevadas temperaturas se apresentam não somente na média anual, mas sim nas médias mensais, o que justifica os elevados coeficientes térmicos e menores temperaturas geralmente nos meses de junho e julho.

Analisando as médias térmicas da área de influência da bacia do rio Maranguapinho, as temperaturas apresentaram uma variação média de 22° a 32°, com mínimas nos meses de junho, julho e agosto. Enquanto que as máximas ocorreram no final do segundo semestre, nos meses de novembro e dezembro se estendendo para o mês de janeiro, conforme exposto na figura 8.

Nos meses de março, abril e maio, observam-se os menores índices de evaporação e os maiores índices de precipitação, onde se caracteriza o período de maior atuação da ZCIT. Enquanto que, as máximas de evaporação ocorrem durante o de estio, nos meses de setembro, outubro e novembro, o que contribui para o saldo negativo no balanço hídrico anual. Pode-se afirmar que o processo de evaporação ocorre de forma inversamente proporcional ao processo de precipitação, contudo em consonância maior com a radiação solar (Figura 9).

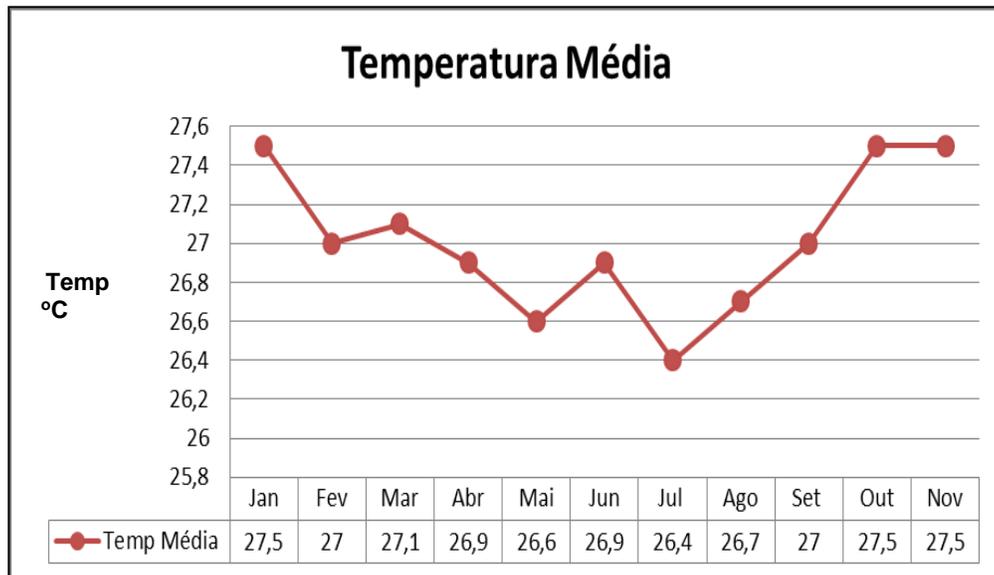


Figura 8. Distribuição da temperatura ao longo do ano na área de abrangência do rio Maranguapinho (Estação Meteorológica Fortaleza - Pici). Elaborado por Maia (2015). Fonte: INMET (2014).

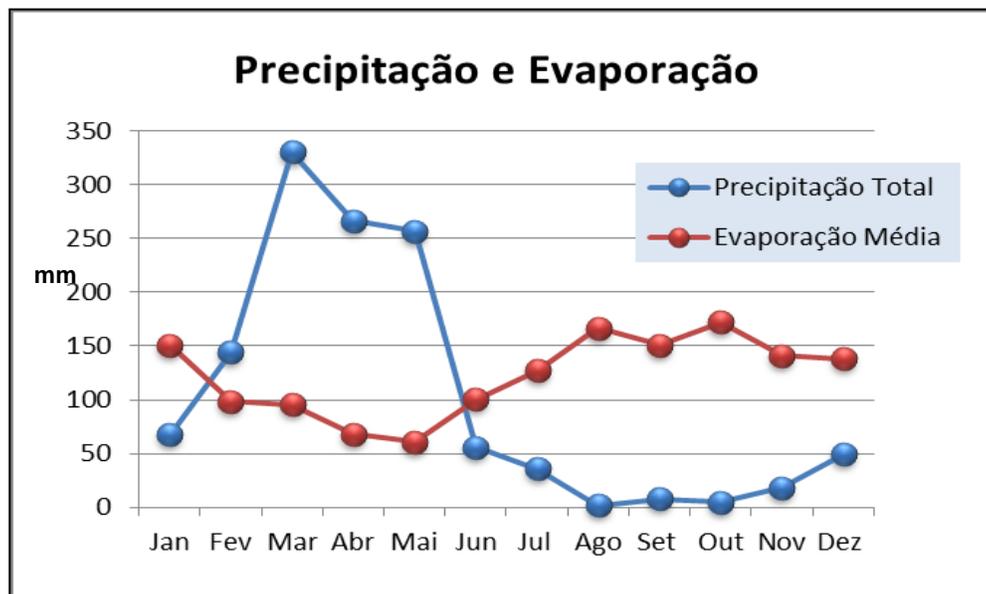


Figura 9. Relação entre a precipitação total da área de abrangência da bacia do rio Maranguapinho e a evaporação média (Estação Meteorológica Fortaleza - Pici). Elaborado por Maia (2015). Fonte: INMET (2014).

Por outro lado, a área de abrangência do alto curso, mais precisamente nos ambientes de maiores altitudes, as médias se apresentam um pouco mais baixas, atingindo valores entre 23 e 26°C, onde as altitudes variam entre 600 e 900 metros. Isso decorre da relação estabelecida entre altitude e exposição dos relevos em face do deslocamento das massas úmidas oriundas do oceano, onde a influência dos fatores

locais determina diferenciações térmicas significativas dentro do seu território (CORDEIRO, 2013).

As precipitações na bacia hidrográfica do rio Maranguapinho apresentam acentuada irregularidade, não apenas no decorrer dos meses, mas também ao longo dos anos, evidenciando anos onde o índice pluviométrico médio não foi atingido e outros em que as precipitações superam a média histórica.

Essas variabilidades se relacionam às temperaturas dos oceanos tropicais e aos fenômenos *El Niño* e *La Niña*, que ocasionam efeitos variados. O *El Niño* causa prolongados períodos de secas, podendo gerar sérios problemas socioambientais, enquanto que o *La Niña* provoca fortes chuvas, podendo ocasionar impactos causados por inundações, dentre outros riscos ambientais e sociais.

No período de estiagem, atuam os ventos anticiclones de E e NE originados na alta tropical do Atlântico Sul, deslocando a ZCIT (NIMER, 1977 apud CEARÁ, 2002). Neste momento, se instala o período de estio, com ausência de chuvas e aumento da intensidade dos ventos. Isso reflete no escoamento praticamente nulo nesse período, exceto quando as bacias hidrográficas têm as suas vazões controladas pelos barramentos ou recebe contribuições hídricas de outras fontes, a exemplo dos efluentes domésticos e industriais.

As taxas de evaporação são elevadas, influenciadas, sobretudo, pelos índices de insolação. Considerando as médias históricas de 30 anos na cidade de Fortaleza, a taxa mensal de água evaporada é de 122,55 mm/mês, segundo dados do INMET (2014), entre os anos de 2000 e 2014 (Tabela 1).

No período chuvoso, o valor médio evaporado é de 74,7 mm, enquanto que no período de estio é de 142,44 mm, excedendo o volume precipitado no período entre 2000 e 2014. Isto conduz a um escoamento nulo no canal fluvial, perda de água dos solos e diminuição da cota de sangria das lagoas nas bacias, possíveis fornecedoras de água no período de estio.

<b>Meses</b>	<b>Precipitação Total (mm)</b>	<b>Evaporação Média (mm)</b>
<b>Janeiro</b>	67,2	150,8
<b>Fevereiro</b>	144,2	98,5
<b>Março</b>	330,6	95,5
<b>Abril</b>	266,9	68,1
<b>Mai</b>	257,1	60,6
<b>Junho</b>	56	100,3
<b>Julho</b>	35,6	127,2
<b>Agosto</b>	1,7	167
<b>Setembro</b>	7,5	150,8
<b>Outubro</b>	4,4	172,3
<b>Novembro</b>	18	141,3
<b>Dezembro</b>	48,9	138,2

Tabela 1. Distribuição média mensal ao longo do ano de 2014 (Estação Meteorológica Fortaleza - Pici). Elaborado por Maia (2015) Fonte: INMET (2014).

Contudo, as características hidroclimáticas da região são quantificadas pela vazão das águas dos rios. Fatores como a morfologia do canal, ocupação, alteração das margens e o tipo de leito também influenciam no regime de escoamento (MOTA, 2008). É nesse sentido que, o rio Maranguapinho se caracteriza por um regime hídrico intermitente, o que acaba interferindo naturalmente na diminuição do aporte hídrico do rio, bem como na redução do escoamento de suas águas superficiais e, conseqüentemente, na sua vazão.

Conforme análise de Maia (2011), o total anual da precipitação que influencia a bacia do rio Maranguapinho no ano de 2009 foi de 2.218,9 mm, apresentando uma média mensal de 184,90 mm no município de Fortaleza (Figura 10).

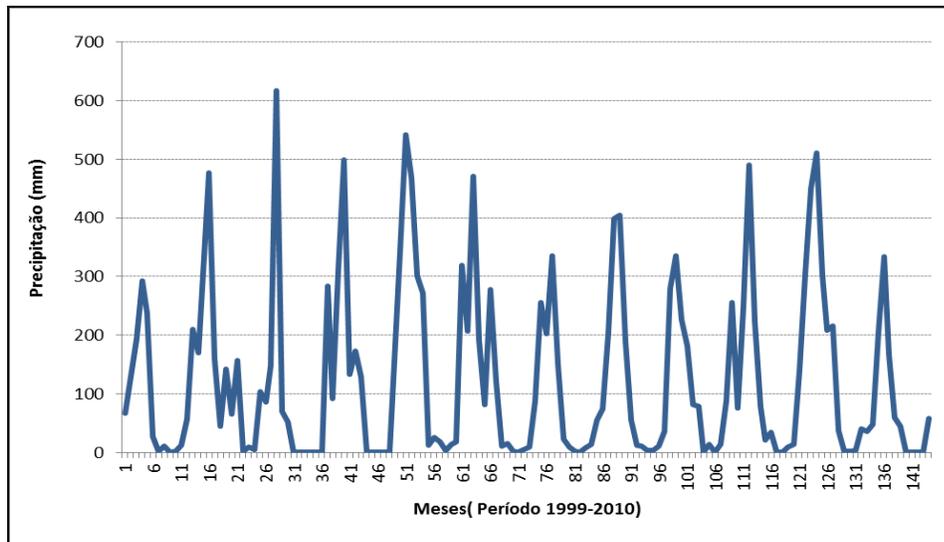


Figura 10. Precipitação mensal no período de 1999 a 2010 na cidade de Fortaleza, com base nos dados da estação meteorológica Fortaleza - Pici. Elaborado por Maia (2011). Fonte: FUNCEME (2011)

Em comparação com os índices pluviométricos no ano de 2014, foi registrada na mesma Estação Meteorológica (Fortaleza-Pici) um total de 1.238 mm no referido ano, com uma média mensal de 103,175 mm. Essa queda significativa se justifica pela média anual em 2009 ter chegado a aproximadamente 50% acima da média dos últimos 10 anos (FUNCEME, 2010). No entanto no ano de 2010, a quadra chuvosa foi ampliada, com ocorrência de precipitações no período entre o mês de janeiro e agosto.

Contudo, em 2010, o total anual foi de 952,9 mm, com média mensal de 79,40 mm (Figura 11). Enquanto que, nos meses de julho a dezembro, os valores pluviométricos se apresentaram dentro da média histórica, caracterizando o período de estiagem. Isso decorre devido a maior concentração de chuvas no primeiro semestre, representando 90% do total precipitado ao longo do ano, com picos de precipitação em março e abril (SOUZA, 2009).

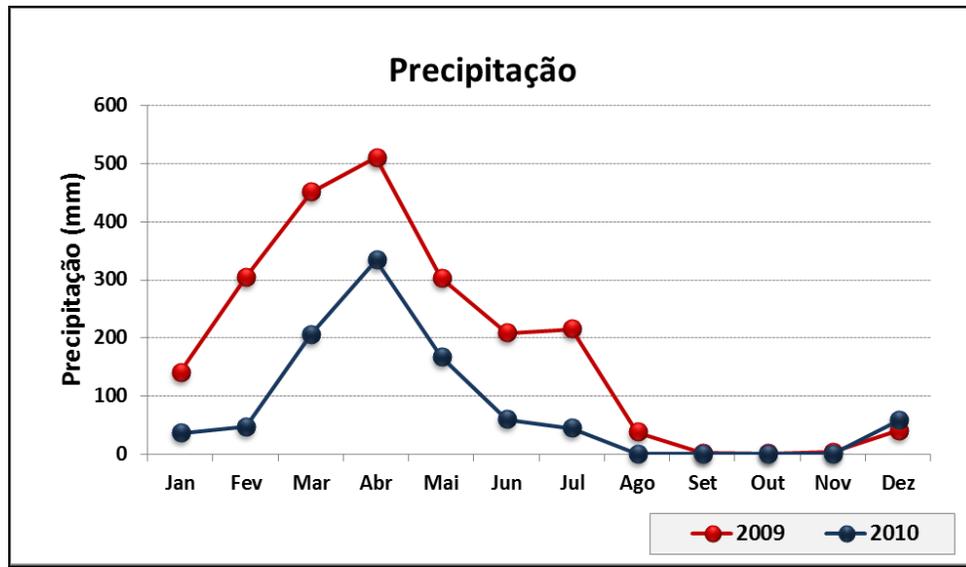


Figura 11. Precipitação total na bacia do rio Maranguapinho nos anos de 2009 e 2010, com base nos dados da estação meteorológica Fortaleza - Pici. Elaborado por Maia (2011). Fonte: FUNCEME (2011).

Vale ressaltar que, as regiões mais próximas ao litoral são áreas diferenciadas do ponto de vista pluviométrico quando comparadas com as dos sertões. Pode-se afirmar que as bacias costeiras recebem um volume de água significativo, distribuído em curto espaço de tempo, fatores estes que, associados ao mau uso do solo, as caracterizam como áreas vulneráveis a enchentes sazonais (MAIA, 2011).

### 4.3. Hidrologia

O aporte hídrico de uma bacia hidrográfica depende da relação entre as características hidrológicas e as condições do clima, solos, vegetação e relevo da região. Além disso, a bacia pode apresentar alterações na sua morfologia e disponibilidade hídrica superficial e/ou subterrânea devido à intensidade das formas de uso e ocupação pertinentes a sua área de influência.

O rio Maranguapinho corresponde a uma bacia hidrográfica com área de 215 Km<sup>2</sup> e tem aproximadamente 40,27 km de extensão em canal fluvial atravessando os municípios de Maranguape, Maracanaú, Caucaia e Fortaleza (COGERH, 2010).

Embora seja considerada uma sub-bacia do rio Ceará, com uma grande área de drenagem, o rio Maranguapinho não exerce muita influência sobre a fluviometria da bacia do rio Ceará como um todo, comportando-se, praticamente, como uma bacia

independente quando relacionado ao Sistema Ceará/Maranguapinho, uma vez que a desembocadura do Maranguapinho se encontra a 5km do oceano, no estuário do rio Ceará (COGERH, 2010).

Com relação à formação e origem do aporte hídrico desta bacia, vale ressaltar que as nascentes do rio Maranguapinho se formam nas serras de Maranguape e da Aratanha por meio da junção de dois riachos: Gavião e Pirapora. Contudo, após confluir com o riacho Tangureira entre os municípios de Maranguape e Maracanaú até se encontrar no médio curso, onde o rio passa a ser chamado de rio Siqueira.

Ao adentrar o município de Fortaleza, o rio Siqueira passa a ser denominado de rio Maranguapinho, tendo como seu maior afluente, o riacho Cachoeirinha, este advindo da lagoa da Parangaba. Contudo, o rio Maranguapinho ainda recebe influência hídrica de outros pequenos afluentes a nordeste da bacia, localizados à margem direita do rio Maranguapinho.

De acordo com a disponibilidade hídrica da bacia em questão, Lima (2006) identificou 75 lagoas em áreas urbanas, onde as lagoas Jupaba, Maracanaú, Mondubim e Parangaba são consideradas as quatro lagoas mais relevantes em dimensão e em uso da bacia. Além disso, segundo o mesmo autor, a bacia conta com 52 açudes, com destaque para os açudes de: Jardim, Cajazeiras, Santana, Umari e Gereau, estes localizados no município de Maranguape, bem como o açude Santo Inácio, situado no município de Fortaleza.

O entendimento dos aspectos hidrológicos aliados às condições ambientais e topográficas que se diferem ao longo da bacia permite analisar de forma integrada a compartimentação ambiental das unidades geoecológicas, de forma a determinar a capacidade de suporte de uso e ocupação da área de drenagem da bacia do rio Maranguapinho, bem como da identificação das áreas de risco que permeiam a área de estudo.

Assim, no contexto de degradação ambiental da bacia pode se destacar como um dos principais problemas ambientais nas áreas de maiores altitudes, o desvio das

águas fluviais do curso natural para piscinas artificiais, interferindo na disponibilidade hídrica fluvial, potencializada nos períodos de estiagem. Além disso, os processos erosivos nas áreas de maior declividade ainda decorrem pela ocupação desordenada e, por práticas de agricultura indevidas.

As áreas de transição, localizadas entre o alto e médio curso da bacia, apresentam uma declividade mais suave quando comparada ao ambiente serrano, onde a morfologia do rio acaba por originar uma área de maior acumulação hídrica, justificando a formação de açudes, lagoas e riachos nesses setores da bacia.

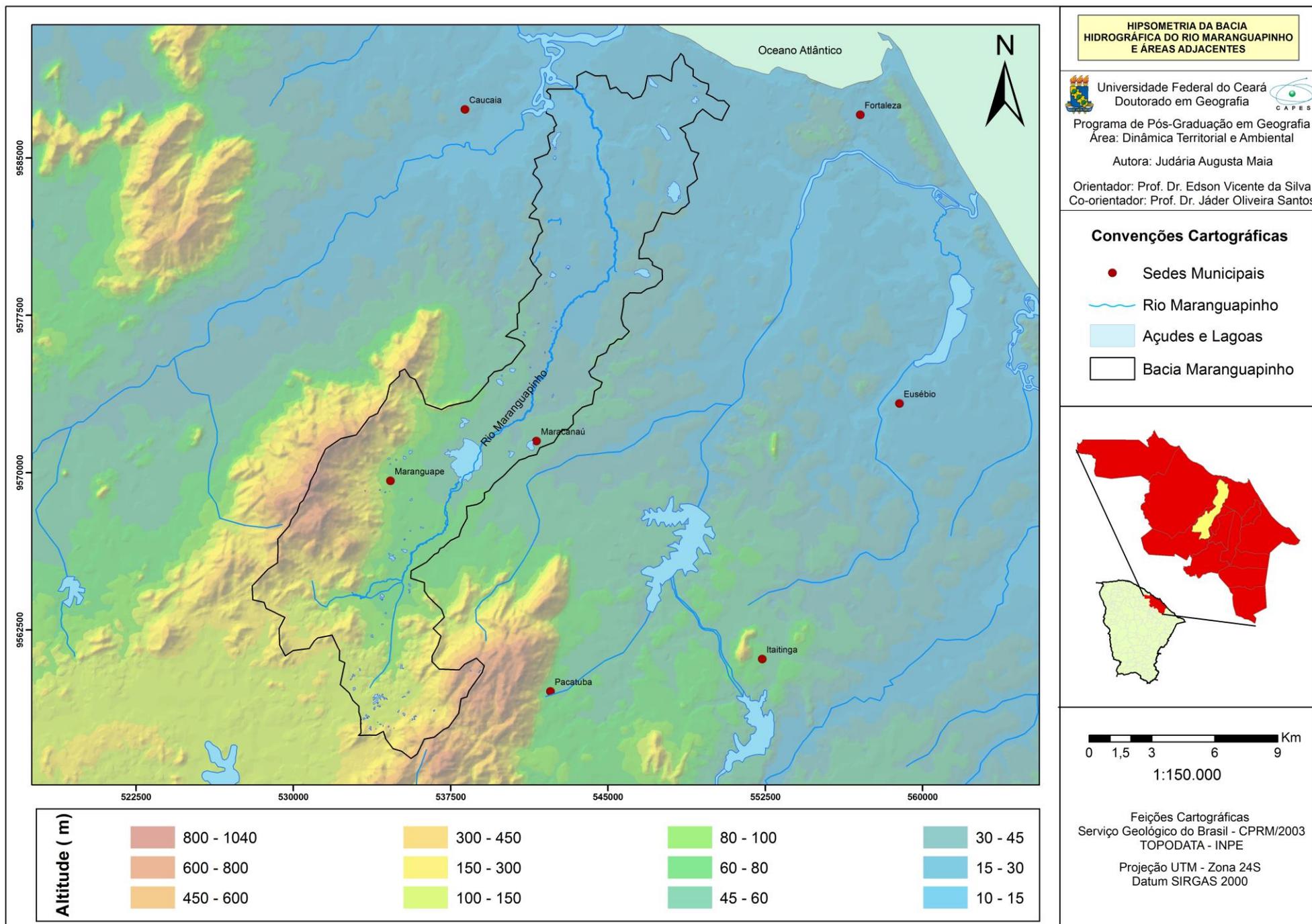
Além disso, pode se evidenciar a implantação de uma barragem, conglomerando ainda na parte do alto e médio curso do rio. Esta foi construída através da implantação de obras de requalificação urbana e ambiental, apresentando-se como medida para controle de cheias, com o intuito de diminuir a faixa de inundação das áreas que margeiam o rio Maranguapinho e, conseqüentemente amortecendo o aparecimento das áreas de risco (Figura 12).



Figura 12. Faixas comparativas de inundação após a implantação da barragem do rio Maranguapinho pelo PROMURB. Fonte: Secretaria das Cidades (2012).

O rio Maranguapinho é responsável por grande parte da drenagem hídrica dos municípios de Maranguape, Maracanaú e, principalmente na malha urbana de Fortaleza, funcionando como uma zona de amortecimento para o escoamento pluviométrico, apresentando também áreas perenizadas por efluentes de esgotos ao longo de suas margens.

O mapa 4 representa os níveis altimétricos da bacia do rio Maranguapinho, atingindo médias de 800 a 900 metros nas áreas mais acentuadas dos maciços residuais (Serras de Maranguape e Aratanha). Ao passo que o relevo apresenta-se mais suave, as médias chegam a 300 metros, aproximando-se das depressões sertanejas os níveis altimétricos variam de aproximadamente 80 a 150 m, sobretudo nos setores onde predominam os tabuleiros litorâneos, as planícies fluviais e marinhas os níveis variam de 10 a 60m de altitude.



Mapa 4. Altimetria da Bacia Hidrográfica do rio Maranguapinho. Fonte: Elaborado por Maia (2015).

No que se refere às características topográficas da área de estudo, o alto curso da bacia apresenta uma forte ruptura topográfica quando da área de transição entre o alto e médio curso do rio Maranguapinho. Na região de maiores altitudes, recebe destaque a serra de Maranguape, onde a velocidade do escoamento em função da declividade do terreno apresenta maior energia quando comparadas às áreas de menores altitudes.

Outro fator topográfico de relevância na contribuição do aporte hídrico para as áreas serranas é a ocorrência de chuvas orográficas, as quais decorrem da influência do relevo local e clima, fomentando o aumento do aporte hídrico da bacia. Estas podem ser consideradas chuvas independentes das precipitações ocorrentes nas áreas de abrangência do médio e baixo curso do rio Maranguapinho, que dependem de outros fatores climáticos regionais.

De acordo com Almeida (2010), a proximidade da foz do rio Maranguapinho com o litoral cearense exerce influência sobre o escoamento superficial na bacia, uma vez que a coincidência entre a ocorrência de fenômenos pluviométricos intensos e ocasiões de maré alta pode dificultar ainda mais o escoamento na bacia, através do aumento das áreas de inundação nas planícies (fluvial e fluviomarinha).

As diferenças altimétricas permitem observar discretos interflúvios, onde o leito maior é ocupado por residências e indústrias. As cotas e a inclinação reduzidas sinalizam um rápido preenchimento do canal, nos períodos de chuva, o que favorece o surgimento de áreas de riscos (Figura 13).

Por abranger diversos sistemas ambientais, os níveis topográficos distribuídos ao longo da bacia hidrográfica do rio Maranguapinho apresentam acomodações distintas. Estas por sua vez, exercem influência direta na distribuição e formação de áreas susceptíveis às inundações periódicas.



Figura 13. Presença de interflúvios no médio curso do rio Maranguapinho (período chuvoso). Fonte: Maia (2011).

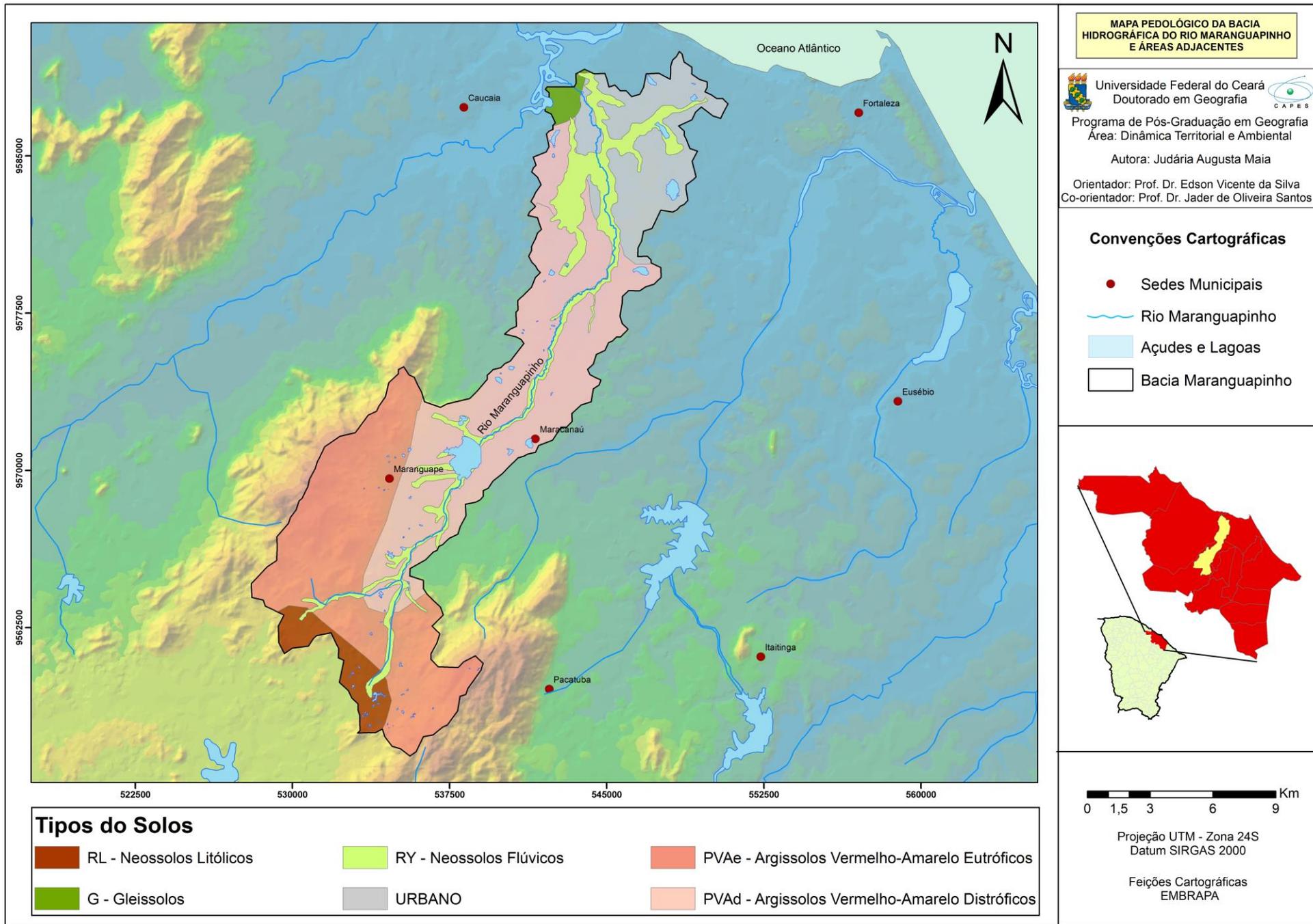
### **4.3. Solos e Cobertura Vegetal**

A formação dos solos resulta da ação integrada do intemperismo sobre os componentes geológicos, geomorfológicos, hidrológicos e fitoecológicos, bem como da ação dos agentes antrópicos que formam e modificam sua paisagem. Desta forma, as condições ambientais atuam tanto na origem, como na evolução dos solos e, a tipologia dos mesmos quando associadas ao fator tempo, condiciona alterações evolutivas.

Analisando a dinâmica ambiental na superfície terrestre, pode-se considerar que a relação entre os solos e a cobertura vegetal os caracterizam como componentes ambientais dependentes entre si. Uma vez que, os solos exercem influência na sustentação e desenvolvimento da cobertura vegetal, enquanto isso, a cobertura vegetal exerce papel fundamental na proteção dos solos. No caso das bacias hidrográficas, os processos de erosão e assoreamento nas áreas de abrangência da

bacia são considerados os mais comuns e decorrentes do desequilíbrio desses aspectos ambientais.

De acordo com a classificação da EMBRAPA (2006), são dominantes as seguintes classes de solos: Argissolos Vermelho-Amarelos, Neossolos Quartzarênicos, Neossolos Flúvicos, Neossolos Litólicos, Gleissolos e Urbano (Mapa 5). Vale ressaltar que a classificação de “solos urbanos” é uma nomenclatura utilizada para as áreas com urbanização consolidada, onde o uso do solo ressalta a classificação do mesmo devido a sua descaracterização atual. Considerando a classificação pedológica da bacia hidrográfica do rio Maranguapinho, nota-se que as variações tipológicas e espaciais dos solos apresentam associações entre si.



Mapa 5. Classificação Pedológica da Bacia Hidrográfica do rio Maranguapinho. Fonte: EMBRAPA (2006).

A descrição e análise das características pedológicas da bacia hidrográfica do rio Maranguapinho permeiam por trabalhos e levantamentos realizados anteriormente, a fim de subsidiar o entendimento dos processos evolutivos dos solos. Nesse sentido, tiveram como base os trabalhos de Brasil (1981), IPLANCE (1989), Ceará (1998), Brandão et al. (1995) e Souza (2000).

Nota-se que as classes dos solos apresentam estreita relação com o contexto ambiental da bacia hidrográfica do rio Maranguapinho. Neste contexto, o quadro 8 mostra associação das classes de solo com as unidades geomorfológicas, feições de relevo e unidades fitoecológicas da área de estudo.

<b>UNIDADES GEOMORFOLOGICAS</b>	<b>FEIÇÕES MORFOLÓGICAS</b>	<b>ASSOCIAÇÕES E CLASSES DE SOLOS</b>	<b>UNIDADE FITOECOLÓGICA</b>
<b>Maçãos Residuais</b>	Morros e Cristas Residuais	Argissolos Vermelho-Amarelo Eutróficos + Neossolos Litólicos	Mata Úmida Mata Seca
<b>Depressões Sertanejas</b>	Depressão Sertaneja	Argissolos Vermelho-Amarelo Eutrófico e Distrófico + Neossolos Litólicos	Mata Seca Caatinga
<b>Glacis de deposição pré-litorâneos</b>	Tabuleiros pré-litorâneos	Argissolos Vermelho-Amarelo Distróficos + Neossolos Quartzarênicos	Vegetação de Tabuleiro
<b>Planícies e áreas de acumulação sazonal</b>	Planície fluvial, planícies lacustres e áreas de acumulação sazonal.	Argissolos Vermelho-Amarelo Distróficos + Neossolos Flúvicos	Mata Ciliar
<b>Planície Litorânea</b>	Planície Fluviomarinha	Gleissolos	Mangue

Quadro 8. Classes de solos, unidades geomorfológicas e fitoecológicas da bacia do rio Maranguapinho. Fonte: Adaptado de SOUZA et al. (2009).

Além da cobertura vegetal e da geomorfologia da área, as diferenças de altitudes, litologia, declividade e umidade da área são condicionantes ambientais pertinentes à evolução dos processos pedogenéticos existentes na totalidade da bacia hidrográfica do rio Maranguapinho, bem como à associação da tipologia de solos.

Nesse sentido, pode-se afirmar que os argissolos vermelho-amarelos apresentam maior cobertura da área de abrangência da bacia, uma vez que estes solos possuem maior associação com outros solos, como: os planossolos, os gleissolos, neossolos flúvicos e neossolos litólicos, associados a afloramentos rochosos.

Os argissolos vermelho-amarelos têm distribuição espacial bastante variada, ocorrendo nos tabuleiros litorâneos, nos relevos de planos a suavemente ondulados existentes nas áreas de contado com a depressão sertaneja e na base dos morros residuais. Sua profundidade varia de profundo a moderadamente profundo, com textura de média a argilosa.

Estes solos apresentam-se bem drenados e com acidez elevada, com coloração variada, desde tons vermelho-amarelados até bruno-acinzentadas. A origem dos argissolos vermelho-amarelos distróficos está relacionada a diferentes tipos de materiais e, em virtude disso são ocupados por diversificados tipos vegetacionais (SOUZA et al., 2009).

Nas vertentes das serras, onde as altitudes são mais elevadas, destacam as associações dos argissolos vermelho-amarelos, neossolos litólicos e afloramentos rochosos, que de acordo com Arruda (2001), os argissolos nessas posições evidenciam a presença de óxido de ferro hidratado, teores mais altos da fração de argila, demonstrando um maior grau de intemperização.

Nas encostas das áreas serranas, onde os declives são mais suavizados, ocorre à deposição e transporte de nutrientes à montante da bacia, proporcionando grande quantidade de matéria orgânica no horizonte superficial. São nessas áreas que ocorrem às associações de neossolos litólicos, argissolos vermelho-amarelos e afloramentos rochosos.

Já as baixas vertentes com níveis mais dissecados, representados pela depressão sertaneja, apresentam principalmente os argissolos vermelho-amarelos, neossolos litólicos, neossolos flúvicos e afloramentos rochosos. Contudo, os argissolos vermelho-amarelos distróficos predominam sobre os maciços residuais, enquanto que os argissolos vermelho-amarelos eutróficos predominam nas depressões sertanejas e se espalham pelos tabuleiros pré-litorâneos.

Em setores dos tabuleiros litorâneos, onde ocorrem áreas de contato com a planície litorânea predominam os neossolos quartzarênicos, os quais se caracterizam como solos arenosos geralmente profundos e pouco desenvolvidos, apresentando uma alta permeabilidade e baixa fertilidade natural.

Os neossolos quartzarênicos exibem uma coloração esbranquiçada ou amarelada, apresentando pouca reserva de nutrientes para as plantas, por conta da ausência de matéria orgânica. Contudo, apresentam associações com os neossolos flúvicos e gleissolos, em decorrência das planícies fluviais e lacustres.

Nas planícies fluviais predominam os neossolos flúvicos, contudo estes apresentam associações com os argissolos vermelho-amarelos, que recobrem as depressões sertanejas e áreas de transição. Logo, pode-se afirmar que a formação dos neossolos flúvicos ocorre a partir da sedimentação fluvial e distribuem se principalmente ao longo da planície fluvial do rio Maranguapinho.

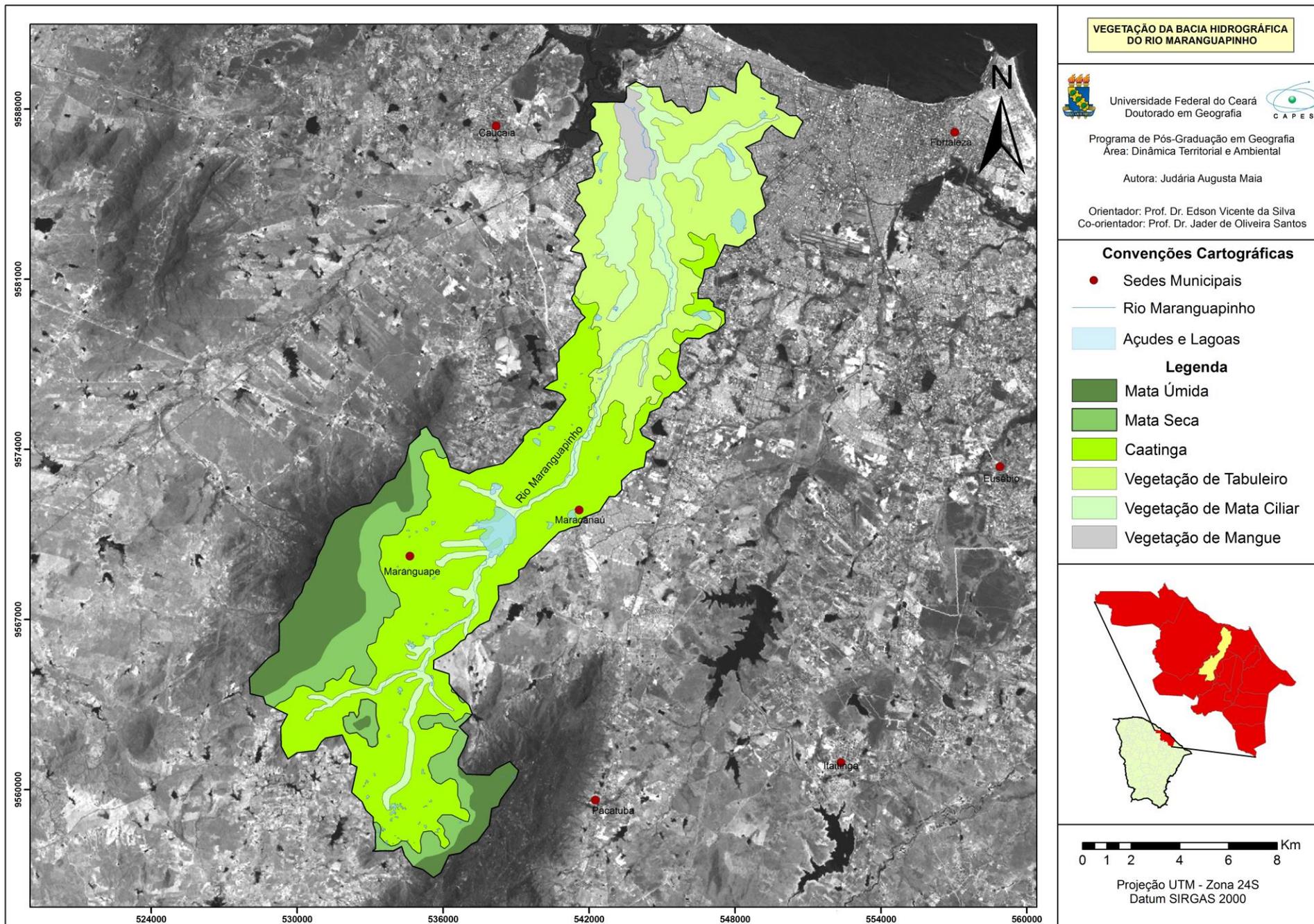
Considerando que, a distribuição espacial dos neossolos flúvicos está associada à presença de corpos hídricos, nota-se a predominância desse tipo de solo na borda da calha do canal principal da bacia. Vale ressaltar que estas áreas são recobertas por uma vegetação de mata ciliar, que no caso, já se encontram completamente descaracterizada pela ação antrópica e processos erosivos.

Nas planícies fluviomarinhas predominam os gleissolos, estes ocorrem em áreas que apresentam altas taxas de salinidade, na zona litorânea, no caso, principalmente na planície fluviomarinha do rio Maranguapinho. São nesses solos que se desenvolvem os manguezais.

A espacialização e a distribuição dos solos na área de abrangência da bacia do rio Maranguapinho não apresenta um detalhamento de precisão nos limites das subdivisões dos solos, uma vez que a distribuição dos solos apresenta associações entre os diferentes tipos de solos, influenciando as demais áreas de formação pedológica. Além disso, a escala de mapeamento não favorece maior detalhamento.

Com relação à classificação fitogeográfica da bacia baseada em Souza (2009), a mesma se encontra diretamente relacionada com caracterização geomorfológica e pedológica, o que confirma a integração dos componentes ambientais das unidades ambientais (Mapa 6).

Vale ressaltar nas áreas de contato entre as unidades ambientais, a distribuição vegetacional se misturam. São nesses ambientes que surgem as áreas de transição entre as unidades ambientais, as quais possuem espacialização indefinida por conta da escala de análise.



Mapa 6. Classificação da Vegetação da Bacia Hidrográfica do rio Maranguapinho. Fonte: Elaborado por Maia (2015). Dados: EMBRAPA (2006).

Considerando a relação estabelecida entre a caracterização pedológica da bacia do rio Maranguapinho e o desenvolvimento da cobertura vegetal, pode-se afirmar que as áreas serranas, caracterizadas por pequenas declividades, exibem uma vegetação relativamente densa, promovendo o desenvolvimento de solos mais espessos nessa região e, quanto a sua tipologia enquadra-se em unidade fitoecológica de mata úmida (Figura 14).



Figura 14. Vegetação de mata úmida na serra de Maranguape. Foto: Maia (2012).

A vegetação de mata úmida se caracteriza como uma formação típica de ambientes serranos, que de acordo com Fernandes (1998) corresponde à formação florestal de altitude, apresentando semelhanças fisionômicas e florísticas como a mata atlântica. Essa unidade vegetacional ocupa os setores de maiores altitudes e, conseqüentemente de maior umidade da bacia do rio Maranguapinho, em evidência para o topo da serra de Maranguape.

Essas formações fitoecológicas apresentam variadas condições de umidade, sendo compostas por árvores de estrato arbóreo de grande porte, encopadas e adensadas, acompanhadas de alguns arbustos e quantidade considerável de epífitas, lianas (cipós) e herbáceas de caráter ombrófilo, localizadas nos troncos e copas de árvores (CORDEIRO, 2013).

As áreas serranas mostram um cenário menos propício à ocupação e ao desenvolvimento de atividades econômicas, principalmente devido às suas limitações ambientais, dentre elas a declividade e, o difícil acesso as áreas de maiores altitudes, além da distância dos núcleos e sítios urbanos.

Em virtude disso, estas áreas apresentam um melhor estado de conservação frente às outras unidades vegetacionais da bacia do rio Maranguapinho. Contudo são identificadas áreas desmatadas por atividades agrícolas, principalmente pelo cultivo de bananeiras, diminuindo significativamente as áreas originais da mata úmida (Figura 15).

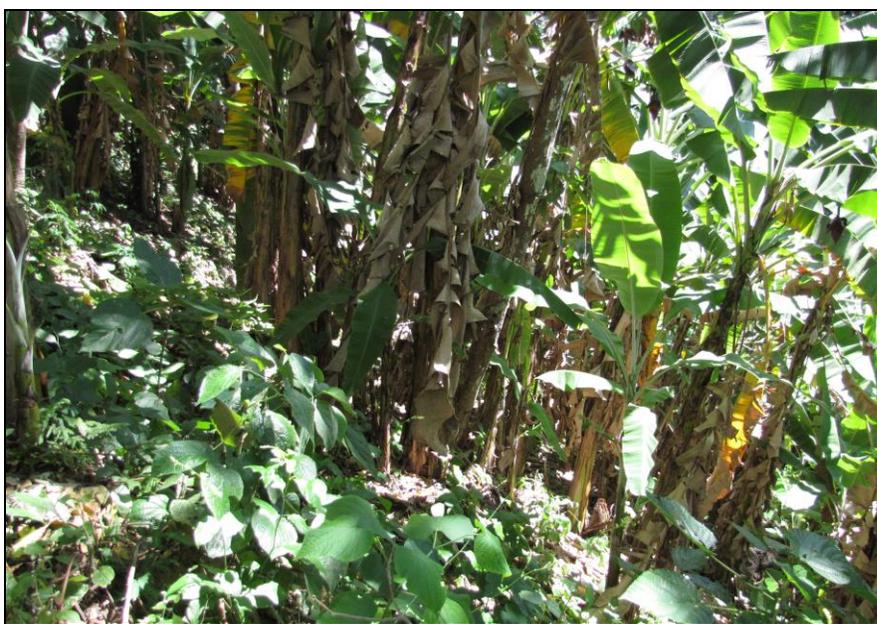


Figura 15. Descaracterização da vegetação original pela plantação de bananeiras na serra de Maranguape. Foto: Maia (2012).

A vegetação de mata seca é considerada uma vegetação de transição entre a mata úmida e a mata de caatinga, apresentando espécies do tipo caducifólias e subcaducifólias em decorrência da influência das condições climáticas da região e dos tipos de solos. Estas por sua vez apresentam-se como uma mata de porte arbóreo/arbustivo, com espécies que chegam até 15 metros de altura (FERNANDES, PEREIRA & SILVA, 2011).

É uma vegetação que se encontra distribuída ao longo das encostas da serra de Maranguape, além de recobrir áreas próximas aos cursos d'água. Logo, a

predominância de neossolos litólicos, rasos e férteis, associados às temperaturas mais amenas da região e os períodos chuvosos fomentam o desenvolvimento de uma vegetação dependente de influência hídrica e da umidade da região (Figura 16).



Figura 16. Vegetação de mata de seca na encosta da serra de Maranguape. Foto: Maia (2012).

Analisando a evolução vegetacional dessas áreas, pode-se afirmar que, por causa da potencialidade dos solos eutróficos da região e a disponibilidade hídrica, o uso para agricultura de subsistência é constante, como a bananicultura, bem como a implantação de técnicas de cultivo rudimentares, ocasionando assim a descaracterização da cobertura vegetal.

Além disso, os processos erosivos, ocasionados pelos desmatamentos acelerados e a ocorrência de queimadas constantes acabam por transformar o cenário fitoecológico de mata seca para vegetação de caatinga, proliferando principalmente espécies arbustivas da caatinga. Vale ressaltar que essa descaracterização acarreta diversos problemas ambientais, uma vez que cada tipo de vegetação apresenta funcionalidade distinta de acordo com as características ambientais daquele local.

Nesse sentido, as áreas que predominavam a mata seca e vêm dando lugar à caatinga apresentam problemas relacionados: à falta de suporte vegetacional na cobertura do solo, ao desenvolvimento de processos erosivos e deslizamentos de

solos, bem como da falta de retenção de água nos solos rasos. Isso decorre porque, a vegetação de caatinga não corresponde à funcionalidade ecológica da vegetação de mata seca.

No entanto, nas áreas de transição entres os níveis mais rebaixados dos maciços residuais e as regiões pediplanadas da bacia do rio Maranguapinho, predomina a vegetação de caatinga. Esta varia a tipologia desde arbórea densa a arbustiva, recobrando um solo marcado por áreas ressecadas e degradadas.

Um fator que vem descaracterizando a vegetação de caatinga arbustiva nas depressões sertanejas é o uso dessas áreas para o cultivo de milho e feijão para agricultura de subsistência, bem como para o uso da pecuária extensiva (Figura 17). Isso se dá em decorrência da disponibilidade hídrica local, uma vez que por cortar planícies fluviais, algumas áreas de depressão sertaneja apresentam essa potencialidade.



Figura 17. Área de depressão sertaneja recoberta por plantação de milho no município de Maranguape. Fonte: Maia (2012).

Em virtude do processo de degradação da caatinga, esta unidade vegetacional encontra-se em processo de sucessão ecológica principalmente nos setores intermediários dos maciços pré-litorâneos, avançando a fixação dessa tipologia em

áreas anteriormente recobertas por matas secas, como apontam estudos realizados por Cordeiro (2013).

Outro fator de relevância nessa unidade é a disponibilidade hídrica insatisfatória, apresentando pequenos corpos hídricos intermitentes, evidenciados principalmente nos períodos de chuva. Uma vez que a área engloba o domínio semiárido/subúmido da bacia hidrográfica do rio Maranguapinho (Figura 18).



Figura 18. Vegetação de caatinga em áreas pediplanadas. Foto: Maia (2011).

Analisando a evolução da vegetação de mata de caatinga, pode-se afirmar que nas áreas com maior influência hídrica apresentam à ocorrência de focos de mata ciliar, como por exemplo, nas margens do rio Maranguapinho. Entretanto, é notório que nas áreas desmatadas, a vegetação evolui para mata seca em alguns pontos, chegando também a ocorrer a extinção dessa vegetação nas áreas mais críticas, principalmente nos períodos de estio.

Nas áreas mais aplainadas e de alta estabilidade ecológica, ocorre a predominância da vegetação de tabuleiro, estas por sua vez englobam estratos vegetacionais do tipo arbustivo e arbóreo. Essa vegetação recobre os terrenos do Grupo Barreiras, cuja sua fisionomia pode variar de floresta semi-decídua a savanas costeiras, sendo essa última vegetação típica do cerrado.

Em meio a vegetação de mata de tabuleiro, nas áreas que bordejam os recursos hídricos ocorre à presença da vegetação de mata ciliar, que se desenvolve nas margens da planície fluvial. Enquanto que na planície fluviomarinha ocorre a vegetação de manguezal, ambas apresentando melhores condições hídricas.

É nesse cenário que se estabelece uma vegetação com predomínio de espécie arbustiva e algumas árvores de maior porte, típicas de mata de tabuleiro, além da ocorrência de carnaúbas, dentre outras espécies vegetacionais adaptadas à inundação dos solos e aos períodos de estiagem (Figura 19).



Figura 19. Vegetação de mata ciliar na planície fluvial do rio Maranguapinho. Foto: Maia (2014).

Ao longo das margens do rio Maranguapinho, principalmente à medida que se aproxima das áreas de maior concentração urbana, a vegetação apresenta maior degradação. Isso decorre das diversas formas de uso e ocupação estabelecidas na bacia, dentre elas pode-se citar: a extração de mineral, ocupação às margens, agricultura de subsistência e, uso pecuário.

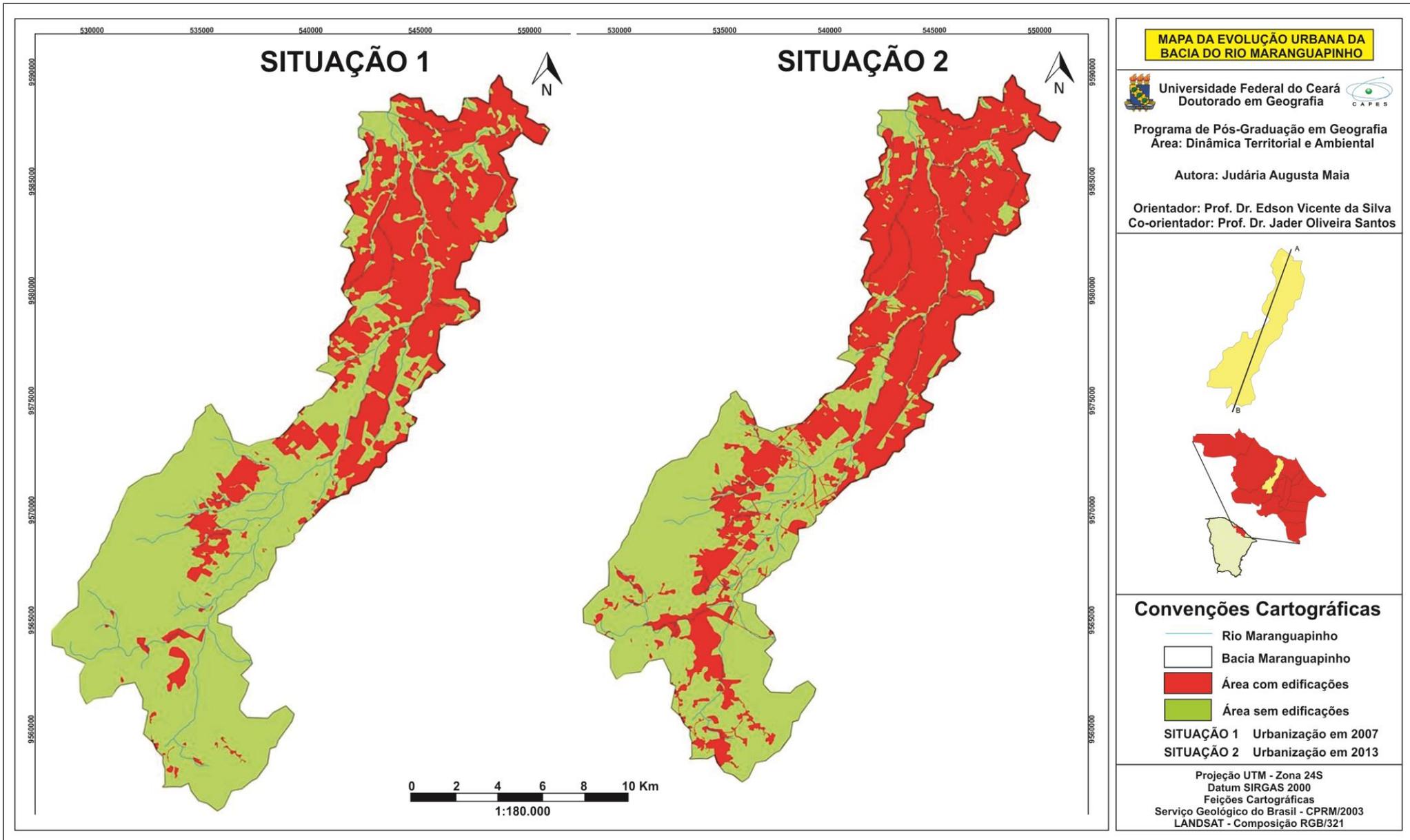
## 5. OCUPAÇÃO URBANA NA BACIA DO RIO MARANGUAPINHO

O histórico da ocupação urbana na bacia do rio Maranguapinho se destaca por intensas mudanças na sua paisagem. Segundo Almeida (2010), as mudanças ocasionadas na paisagem do rio Maranguapinho tiveram como influência direta o processo de urbanização que a Região Metropolitana de Fortaleza – RMF passou nos últimos 40 anos.

A expansão urbana, o crescimento da população, o equacionamento da qualidade de vida, o comprometimento dos serviços públicos, a degradação ambiental e a consequente ampliação das vulnerabilidades são alguns dos processos ocorrentes na metrópole cearense e, de maneira desproporcional, na bacia do rio Maranguapinho (ALMEIDA, op.cit.). Ao passo que as cidades espacializadas na área de estudo foram crescendo de forma desordenada, a ocupação nas áreas adjacentes ao rio Maranguapinho se deu juntamente com os processos de favelização dessas áreas, uma vez que as comunidades com baixo poder aquisitivo e, outras em situação de miséria foram se instalando nas planícies fluviais até mesmo pela disponibilidade hídrica que o rio oferece.

Vale ressaltar que no ano de 2009 iniciaram-se as medidas para fins de requalificação urbana e ambiental na bacia do rio Maranguapinho, principalmente com a retirada da população ribeirinha das áreas que margeiam o canal principal. A realocação da população em conjuntos habitacionais não refreou de imediato a instalação de novas ocupações nas áreas de planície fluvial por outras famílias.

A espacialização da ocupação urbana comparativa no Mapa 7 mostra o crescimento urbano na bacia do rio Maranguapinho entre o ano de 2007 e 2013, com um aumento de 25,8 % da área urbana. Onde no ano de 2007 a área urbana ocupava 80,5 km<sup>2</sup> da bacia (215 km<sup>2</sup>), passando para uma área urbana de 106,3 km<sup>2</sup> até o ano de 2013.



Mapa 7. Evolução urbana da bacia do rio Maranguapinho. Fonte: Elaborado por Maia (2015).

A ocupação ribeirinha acabou fomentando diversos impactos socioambientais e o aparecimento de áreas de riscos ao longo do canal fluvial, principalmente nos períodos de chuva (Figura 20).



Figura 20. Ocupação as margens do rio Maranguapinho - Áreas de risco no período de chuva. Foto: Maia (2009).

Lavell (2001) afirma que as mudanças nas descargas e na dinâmica fluvial dos rios urbanos são inevitáveis, exprimindo graves consequências, estas representadas pelas inundações, caso o processo natural de controle pluvial não seja compensado pela construção de sistemas de drenagem urbanos adequados.

O fato é que ao longo dos anos, as inundações ocorridas na bacia do rio Maranguapinho trouxeram problemas relacionados à saúde da população ribeirinha e adjacente a essas áreas, com a proliferação de doenças de veiculação hídrica. Além disso, mortes ocasionadas por afogamentos e perdas de bens materiais marcaram os períodos de cheias. Esses fatos ganharam repercussão no âmbito estadual, tanto que foram notificados nos principais veículos de comunicação, como pode ser observado na figura 21, estampando as capas dos principais jornais estaduais.



Figura 21. Notícias de alagamento, morte e destruição com as inundações no rio Maranguapinho Jornal - O Povo e Diário do Nordeste (24/02/2007).

Nota-se que o cenário apresentado é o resultado da interação histórica entre os componentes ambientais e a produção social da cidade, na qual uma inundação põe à mostra as dificuldades que existem para o seu funcionamento, ensejando um conjunto extra de investimentos para que se retorne à normalidade (ALMEIDA, 2010).

A degradação ambiental do rio Maranguapinho e os problemas socioambientais ali existentes apresentaram uma situação de alto risco para a habitabilidade da população que reside na faixa de alagamento, e nas áreas adjacentes ao rio. Em função disto, as obras de requalificação e urbanização realizadas ao longo do seu percurso, englobam os municípios de Fortaleza, Caucaia, Maranguape e Maracanaú (GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ, 2010).

O objetivo principal destas obras seria de recuperar a qualidade ambiental do rio Maranguapinho e reassentar as populações que residem em suas margens até o final do ano de 2011. Desde modo, beneficiar aproximadamente 20.000 famílias, com a

entrega de 3.480 habitações, distribuídas em conjuntos habitacionais na cidade de Fortaleza, com melhorias na infraestrutura, saneamento, recuperação da mata ciliar e controle das cheias (GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ, 2010). Como objetivos específicos, o projeto responsável (PROMURB) visa:

- Atender a população de baixa renda afetada pelas cheias do rio Maranguapinho, relocando e abrigando as famílias em locais adequados;
- Ofertar infraestrutura de saneamento para as famílias residentes nas áreas adjacentes ao rio Maranguapinho.
- Promover o controle de cheias do rio Maranguapinho;
- Promover a recuperação das faixas de preservação do rio Maranguapinho.

As obras realizadas pelo Governo do Estado do Ceará, sob a coordenação da Secretária das Cidades tem financiamento no Programa de Aceleração do Crescimento (PAC) do Governo Federal. A visão do referido projeto defende que *“as intervenções urbanas devem apresentar viabilidade segundo os aspectos hidrológicos, ambientais, sociais, políticos e econômicos e que efetivamente resultem em benefícios tangíveis no que concerne à proteção da população marginal ao rio Maranguapinho”*.

De modo a demonstrar a intervenção na integridade da bacia do rio Maranguapinho, as obras estão especializadas no médio e baixo curso da bacia, distribuídas nos trechos (Zero; I; II; III- A, B; IV e V). A figura 22 apresenta as áreas de atuação ao longo dos trechos.

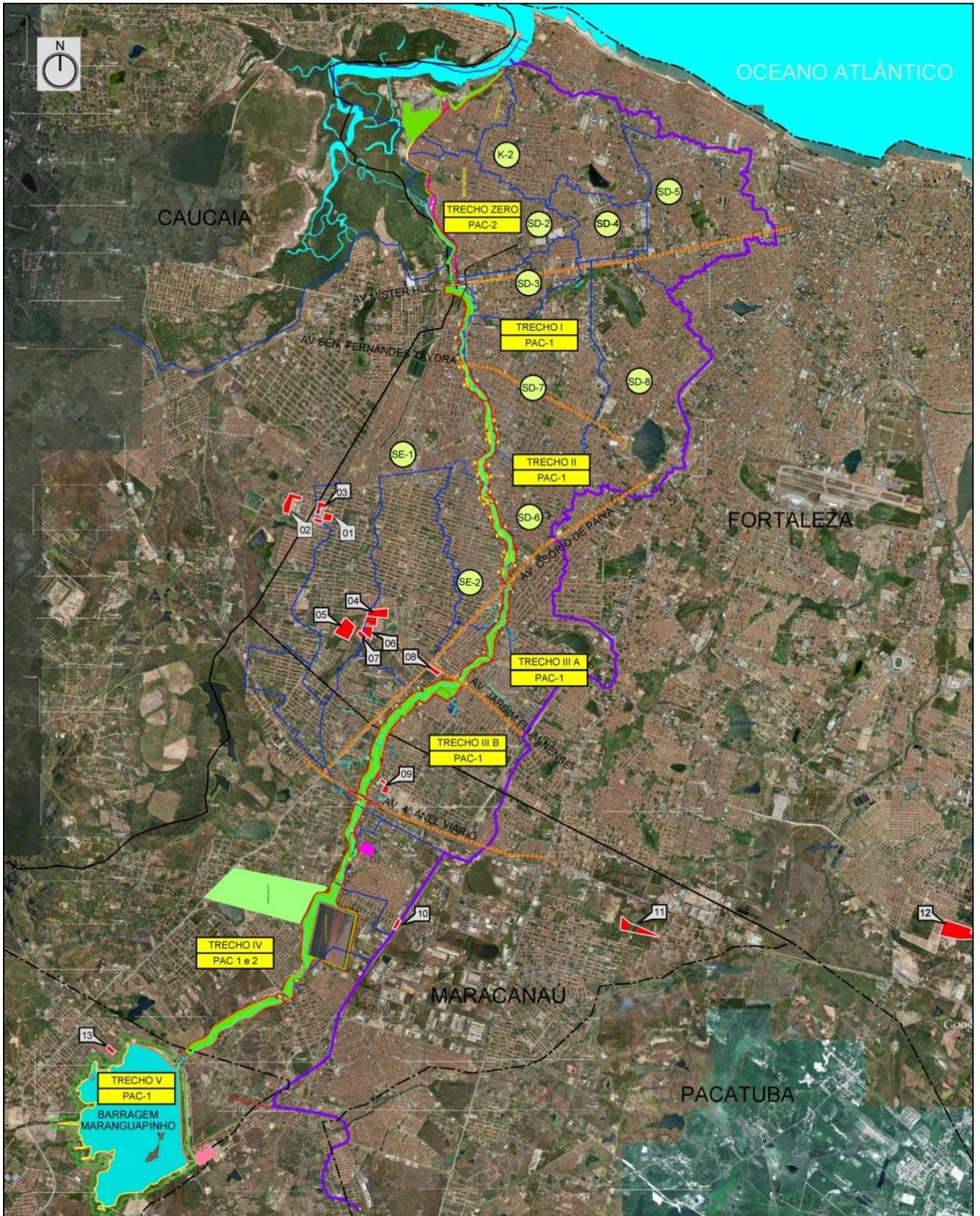


Figura 22. Espacialização dos trechos de requalificação urbana (PROMURB) na bacia do rio Maranguapinho. Fonte: Secretaria das Cidades (2015).

Segundo dados da Secretaria das Cidades (2015), as margens do rio Maranguapinho, até o ano de 2009, apresentaram um total de 24 áreas de risco, mais precisamente entre o médio e baixo curso do rio. Atualmente, 15 dessas áreas de risco já foram extintas através da indenização e do reassentamento das famílias que residiam em condições precárias nessas áreas (Quadro 9).

LOCALIZAÇÃO NO RIO		ÁREA DE RISCO	RESIDENCIAL DE DESTINO
TRECHO I	ME	CAPIM/SÃO MIGUEL	RESID. LEONEL BRIZOLA (269 famílias) + INDENIZAÇÃO (513 famílias)
		PANTANAL III/GENIBAÚ	
	MD	ALTO DO BODE/ BECO DO CAL (AUTRAN NUNES)	
TRECHO II	ME	NOVA JERUSALÉM	RESID. LEONEL BRIZOLA RESID. RACHEL DE QUEIROZ RESID. MIGUEL ARRAES (1.493 famílias) + INDENIZAÇÃO (1.053 famílias)
		DIAS MONTEIRO/OLARIA/VILA HOLANDA	
	MD	FAVELA CUIABÁ	
		PORTO ALEGRE	
		DONZELAS	
		GOIÂNIA	
		CHUÍ	
TRECHO III	ME	COMUNIDADE 8 DE DEZEMBRO	RESID. JURACI MAGALHÃES RESID. BLANCHARD GIRÃO RESID. MIGUEL ARRAES (794 famílias) + INDENIZAÇÃO (672 famílias)
		PQ. JERUSALÉM I	
		FAVELA GENILSE	
	MD	ALTO ALEGRE	
		PARQUE VITÓRIA	

Quadro 9. Espacialização das áreas de risco extintas no rio Maranguapinho (trechos I, II e III). Fonte: Secretaria das Cidades (2015).

Mesmo com as intervenções supracitadas, a situação das áreas ribeirinhas apresenta problemas relacionados à ocupação indevida, tanto que ainda restam 9 áreas de risco que não foram reassentadas (Quadro 10).

LOCALIZAÇÃO NO RIO		ÁREA DE RISCO	RESIDENCIAL DE DESTINO
TRECHO ZERO, I, II, III	MD E ME	ILHA DOURADA	ÁREAS AINDA NÃO REASSENTADAS
		DO CORRENTE	
		BAIXA DOS MILAGRES	
		MURIÇOCA	
		DO CAL/ BUBU	
		CONJUNTO CEARÁ	
		LUMES	
		BELÉM	
		PARQUE JERUSALÉM II	

Quadro 10. Espacialização das áreas de risco ainda não extirpadas no rio Maranguapinho (trechos zero, I, II e III). Fonte: Secretaria das Cidades (2015).

Dentro do quadro exposto, pode-se afirmar que as obras de requalificação urbana nas margens do rio Maranguapinho vêm trazendo um rearranjo da paisagem urbana da bacia, onde é notória a redução das ocupações em áreas de risco ao longo do canal fluvial.

Considerando a ocupação urbana como principal agente de degradação da paisagem da bacia do rio Maranguapinho, o capítulo seguinte expõe a classificação das estruturas e os processos de evolução da paisagem através da delimitação dessas áreas, bem como da identificação dos componentes naturais ali existentes.

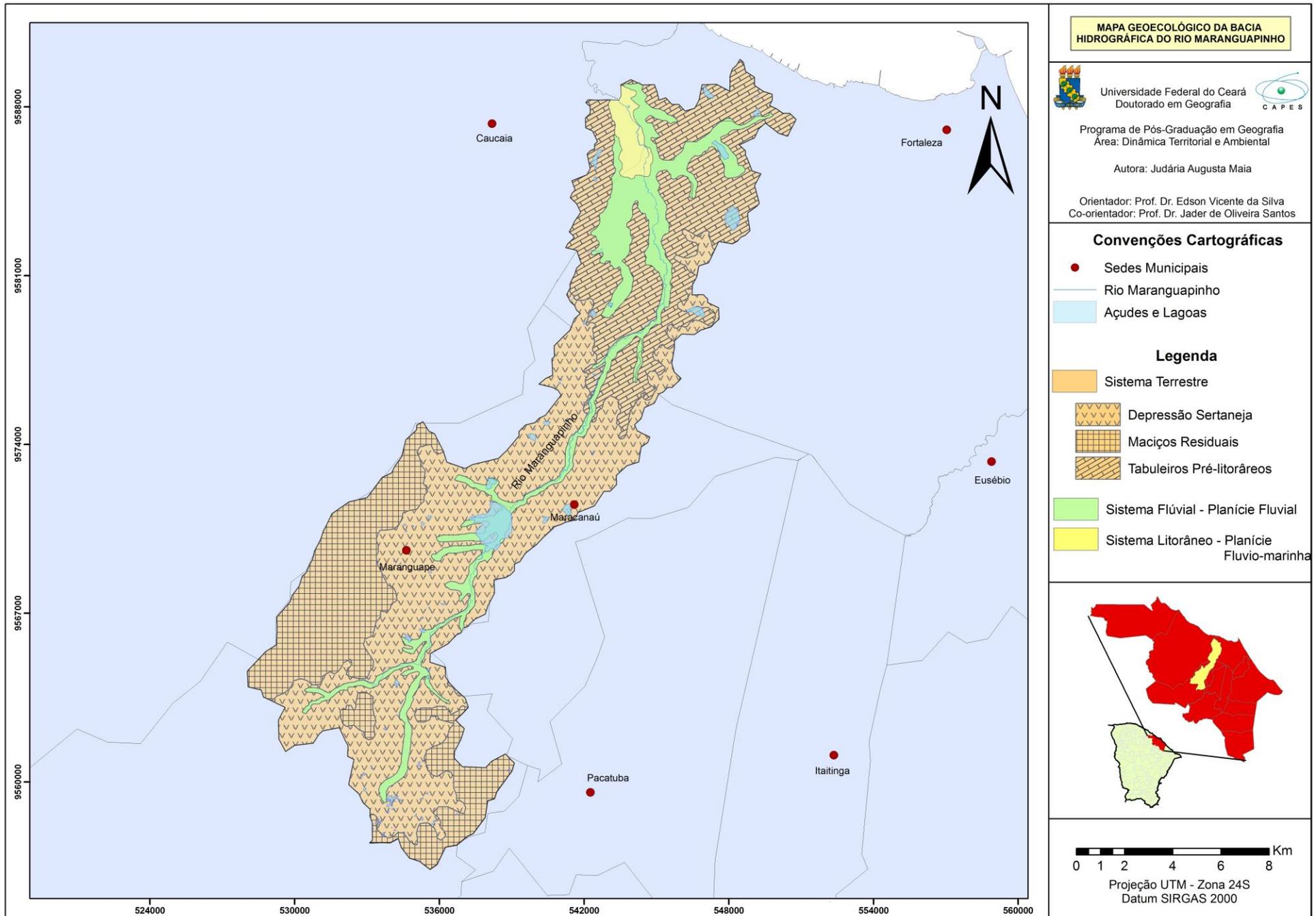
## **6. ANÁLISE ESTRUTURAL E FUNCIONAL DAS PAISAGENS DA BACIA DO RIO MARANGUAPINHO**

A bacia do rio Maranguapinho se apresenta como um sistema integrado que possui particularidades naturais, possibilitando identificar diferentes unidades geoecológicas. Avaliar as paisagens da bacia do rio Maranguapinho numa visão integrada possibilita chegar a um maior detalhamento na análise do espaço geográfico da bacia hidrográfica, bem como dos seus agentes de transformação.

As condicionantes naturais, como: vegetação, solos e recursos hídricos permitem compreender a evolução desses ambientes. As estruturas litológicas e, por conseguinte a formação dos relevos e das propriedades geomorfológicas de um determinado ambiente permite compreender a estrutura e a espacialização das suas unidades geoecológicas.

Logo, identificar a estrutura e função das paisagens, a partir da compartimentação das unidades e subunidades geoecológicas fomenta a compreensão da interação dos processos naturais da paisagem, onde, aliados aos processos de urbanização da referida área de estudo, possibilita entender a alteração da paisagem pela ação humana.

Para fins da análise integrada dos aspectos supracitados, a escala regional permitiu observar que a paisagem da bacia do rio Maranguapinho encontra-se espacializada em três sistemas ambientais: Terrestre, Fluvial e Litorâneo, os quais são subdivididos em 5 unidades geoecológicas (Maciços Residuais, Depressão Sertaneja, Tabuleiro Litorâneo, Planície Fluvial e Planície Fluviomarinha), considerando também as subunidades quando permitida identificação dentro da escala de análise (Mapa 8).



Mapa 8. Mapa de unidades geológicas da paisagem da bacia hidrográfica do rio Maranguapinho. Fonte: Elaborado por Maia (2015).

### **6.1. Análise Estrutural da Paisagem**

O estudo das paisagens se aplica pela análise das imagens de satélite que compõe a área de estudo. Logo, a percepção e identificação dos elementos estruturais se apresentam como indispensáveis para compor e interpretar a evolução da paisagem da bacia hidrográfica do rio Maranguapinho.

Rodriguez, Silva e Cavalcanti (2004) e Silva (1987) afirmam que a estrutura da paisagem é fundamentada no sistema de relações inferiores entre os componentes da paisagem expressados por dois tipos de estruturas: i) horizontal e ii) vertical.

i) Estrutura vertical – refere-se à tipologia da paisagem considerada pelo tipo de rochas, condições pedológicas, feições do relevo, hidrologia e a cobertura vegetal, ou seja, os elementos naturais que compõe a bacia do rio Maranguapinho.

ii) Estrutura horizontal – refere-se às variações topográficas da superfície de abrangência da bacia, bem como o fluxo de nutrientes e sedimentos, a drenagem superficial e as formas de distribuição da vegetação na área de estudo.

A análise da estrutura da paisagem ocorre de forma integrada, uma vez que a mesma consiste em explicar de que maneira os componentes da paisagem se combinam a ponto de estabelecer a organização estrutural do sistema paisagístico da área de estudo.

Com base na metodologia proposta por Rodriguez, Silva e Cavalcanti (2004) é pertinente afirmar que a organização estrutural do sistema paisagístico deve refletir a relação estabelecida entre os seus elementos funcionais e as suas regulações, resultando na classificação morfológica da paisagem, bem como sua essência e integridade.

A bacia do rio Maranguapinho dispõe de um mosaico heterogêneo quando relacionado às unidades geoecológicas, contudo integradas entre si, decorrente da influência mútua estabelecida entre os fatores naturais (geológicos, hidrológicos, climatológicos, pedológicos e vegetacionais) inerentes no objeto de estudo.

Vale ressaltar que nas áreas em que a paisagem natural se encontra consideravelmente descaracterizada pela ação antrópica, os aspectos estruturais e morfológicos (geologia e geomorfologia) desta paisagem podem funcionar como indicadores para determinar tamanhos e formas dos contornos das unidades geoecológicas ali existentes (Maciços Residuais, Depressão Sertaneja, Tabuleiro Litorâneo, Planície Fluvial e Planície Fluviomarinha).

Considerando a bacia hidrográfica como um sistema integrado, os processos erosivos e de deposição sedimentar ocorrentes no alto, médio e baixo curso da bacia são os que mais interferem na morfologia e delimitação das unidades geoecológicas, desempenhando papel dominante no funcionamento e estrutura da paisagem.

As formas alongadas compõem predominantemente a unidade de planície fluvial, o que evidencia uma modelagem proveniente do transporte sedimentar pela dinâmica fluvial ao longo do rio Maranguapinho. Já as demais unidades geoecológicas são caracterizadas por formas curvilíneas (ver no mapa 9), onde ocorre a predominância de processos deposicionais naturais, apresentam-se como áreas de maior estabilidade ecológica, exceto nos maciços residuais, onde os processos erosivos naturais são mais evidentes.

As atividades de uso e ocupação do solo ao longo dos anos fomentaram o surgimento de diferentes padrões estruturais na paisagem, uma vez que estas atividades, além de modificarem a dimensão das formas naturais e os contornos das paisagens, também interferiram na distância entre os elementos da paisagem.

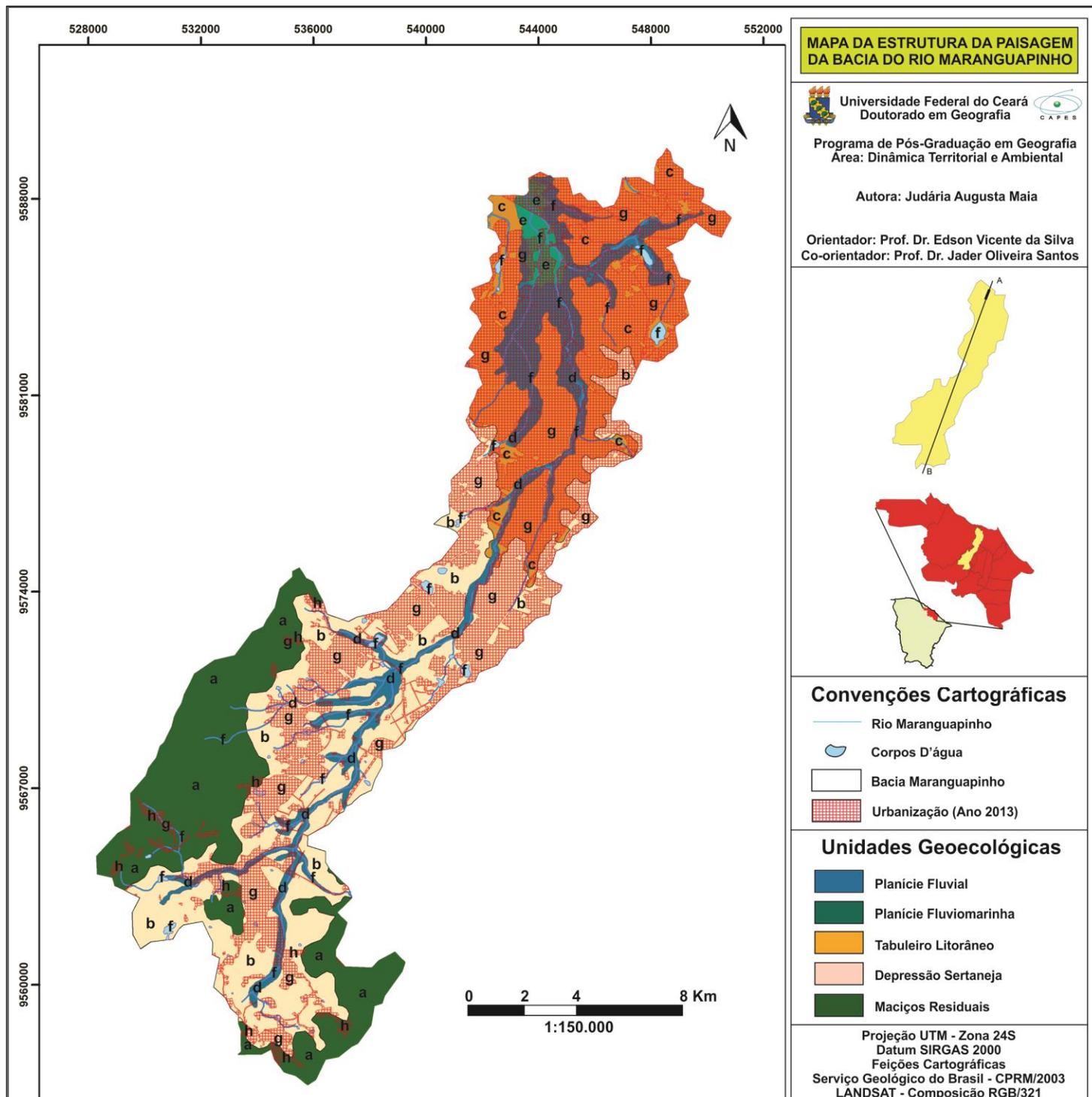
Dentre as formas de usos identificadas na bacia do rio Maranguapinho, a extração mineral, a agricultura e a pecuária são aquelas representadas de maneira pontual ao longo da bacia. Enquanto que, o processo de urbanização da área de estudo constitui fator predominante nas acentuadas modificações na sua paisagem natural, dando origem às formas geométricas, originadas pela ação antrópica.

Para as áreas assinaladas pela ausência de estruturas urbanas e usos significativos, as formas e contornos apresentam aspectos curvilíneos ou alongados,

obedecendo as formas das unidades geoecológicas, apresentando as áreas não ocupadas. Vale ressaltar que quanto mais irregular a forma da paisagem, maior a possibilidade de apresentar áreas com características naturais ali existentes.

Em resumo, pode-se afirmar que a paisagem estrutural do rio Maranguapinho configura um cenário de constantes e significativas transformações do espaço geográfico, ao passo que a bacia hidrográfica é marcada por um histórico de degradação ambiental e pressões urbanas expressivas (Mapa 9).

Apesar das áreas urbanas ocuparem em maior parte o médio e baixo curso da bacia, as alterações na paisagem natural também são provocadas por perturbações ambientais advindas de alagamentos, processos erosivos e de assoreamento. Isso decorre também da influência de outros usos como: a extração mineral, agricultura, pecuária e principalmente pela ocupação indevida, representando contornos lineares e angulares. Contudo, devido à escala de análise não foi possível mapear essas áreas em maior detalhamento.



**Legenda:**

Unidades Geoecológicas	Formas	Origem
a	Maciços Residuais	Natural
b	Depressão Sertaneja	
c	Tabuleiro Litorâneo	
d	Planície Fluvial	
e	Planície Fluviomarinha	
f	Rio e corpos d'água	Antrópica
g	Área urbana	
h	Agropecuária	

Mapa 9. Mapa da estrutura da paisagem da bacia hidrográfica do rio Maranguapinho. Fonte: Elaborado por Maia (2015).

Com base na análise das formas e contornos, pode-se afirmar que o mosaico da área de estudo apresentou tamanhos distintos, extensões e formas que ao serem observados marcam as unidades geológicas pela ação antrópica, deixando cicatrizes (marcas) na paisagem natural, as quais estão diretamente relacionadas com os usos e ocupação do solo, uma vez que a ação antrópica modifica o desenho natural da paisagem.

## **6.2. Análise Funcional da Paisagem**

A análise funcional da paisagem é responsável por esclarecer como e porque a paisagem está estruturada de determinada maneira (relações genéticas ou casuais), como afirmam Rodriguez, Silva e Cavalcanti (2004). As estruturas das paisagens da bacia do rio Maranguapinho são compreendidas através da análise das funções naturais e sociais inerentes ao objeto de análise.

Considerando os processos funcionais das paisagens, pode-se afirmar que os fluxos desempenham papel importante na relação estabelecida entre a direção e o transporte dos elementos naturais que compõe a paisagem em face dos seus aspectos ambientais.

Segundo Rodriguez, Silva e Cavalcanti (2004), a integração dos fluxos entre os geossistemas que é expresso pelas redes e canais, que são as vias de transmissão dos fluxos de E.M.I. a todas as partes do sistema, sendo constituído por canais de ingressos, transmissão, expulsão e influência reversível dos tensores. A análise das condicionantes naturais da bacia hidrográfica do rio Maranguapinho permitiu apresentar a classificação dos seus fluxos distribuídos em três principais tipos:

### **i) Fluxo hidrológico atmosférico**

Considerando as condicionantes ambientais da bacia do rio Maranguapinho, pode-se afirmar que os aspectos climáticos estabelecem relação entre os parâmetros de pluviosidade e a temperatura, onde funcionamento do balanço hídrico do canal fluvial apresenta diferenças significativas no seu aporte hídrico, evidenciando o aumento quantitativo no período chuvoso.

Isso decorre da movimentação das massas de ar úmidas que se formam em baixas altitudes e se deslocam para o NE do Brasil, responsáveis por originar as chuvas na área de abrangência da bacia hidrográfica do rio Maranguapinho, este fluxo pode ser classificado como hidrológico atmosférico, uma vez que não se origina dentro do sistema ambiental em questão.

#### ii) Fluxo sedimentar gravitacional

Do ponto de vista geomorfológico e topográfico, a compartimentação do relevo local funciona como processo atuante na formação das unidades geoecológicas, onde os processos de emissão e de acumulação de sedimentos são os mais evidentes.

Ao passo que as áreas mais elevadas da bacia funcionam com a predominância de processos erosivos e de emissão de sedimentos para as áreas mais rebaixadas, alimentando o aporte sedimentar do rio, dando origem as unidades geoecológicas de deposição: Planície Fluvial e Fluviomarinha. Além dos fluxos gravitacionais, os fluxos hídricos também atuam em conjunto nesse processo mobilizados pela erosão e carreamento.

#### iii) Fluxo hidrológico fluvial

Funciona como fluxo de formação hidrológica da bacia hidrográfica, uma vez que ocorre a confluência dos rios Pirapora e Gavião na serra de Maranguape dando origem ao rio Maranguapinho. Além disso, a distribuição dos recursos hídricos superficiais e a formação dos afluentes do canal principal são outros fatores considerados de influência desse tipo de fluxo.

Considerando que o fluxo de matéria e energia se processa através de canais de comunicação dentro de um sistema, a bacia do rio Maranguapinho apresenta um cenário de intervenção significativa, comprometendo os processos funcionais da paisagem. É nesse sentido que a influência das ações antrópicas acaba por originar perturbações ambientais, interferindo nos condicionantes de E.M.I. do sistema ambiental, bem como nos aspectos estruturais da paisagem.

Vale ressaltar que as áreas de deposição sedimentar (tabuleiros litorâneos, planície fluvial e planície fluviomarinha) são as mais afetadas devido a ocupação urbana, em muitas vezes, ocasionando à perda da funcionalidade ambiental em algumas áreas onde as estruturas e equipamentos urbanos já se encontram instalados, quando não, a ocupação por residências é evidente.

Isso se comprova através da análise evolutiva da paisagem pelo poder de autorregulação dos sistemas, caracterizada como as “vias que conduzem a um estado estável no processo de funcionamento”, sendo que a autorregulação garante o equilíbrio de todo o sistema, conforme afirma Sotchava (1978).

Nesse sentido, o sistema pode desencadear processos de correlação negativa e correlação positiva, de forma pontual ou difusa, uma vez que qualquer perturbação externa quando inserida em qualquer entrada do sistema poderá produzir e/ou induzir diversas modificações no sistema como um todo.

Dentro desse contexto, podem-se elencar três dos principais fatores de perturbação externa para o sistema da bacia do rio Maranguapinho:

i) Retirada da cobertura vegetal – fator ocasionado pela ocupação urbana diminuindo (correlação negativa) a capacidade de infiltração hídrica e, conseqüentemente aumentando o escoamento superficial (correlação positiva);

ii) Erosão das margens – fator ocasionado pela ocupação indevida e disposição de resíduos sólidos, aumentando os processos erosivos e, conseqüentemente a largura do canal (correlação positiva). Isso acarreta a diminuição da vazão do rio (correlação negativa) e aumento de áreas assoreadas (correlação positiva);

iii) Poluição hídrica – fator ocasionado pelo descarte de efluentes domésticos, aumento dos nutrientes e poluentes no rio (correlação positiva), diminuição da qualidade hídrica (correlação negativa), aumento dos processos de eutrofização (correlação positiva).

Nota-se que os processos de autorregulação desempenham o papel de induzir o sistema a se ajustar a novas condições de fluxo, onde a autorregulação passa a constituir a função de neutralizar os impactos para o sistema, onde o balanço entre as saídas e entradas significa a manutenção do sistema, como afirma Armand (1998). Assim, as condicionantes de troca e os processos de autorregulação dos sistemas ambientais estão diretamente relacionados à formação da estrutura da paisagem, bem como o funcionamento da mesma.

As unidades geoecológicas da bacia do rio Maranguapinho compõem, formam e desempenham funções particulares, contudo integradas. Assim, o entendimento e a formação da estrutura da paisagem explicam os processos funcionais da paisagem da área de estudo, bem como as alterações ali existentes e os produtos originados de cada unidade, como dos subsistemas.

O quadro 11 mostra a síntese da função ambiental das paisagens por unidades geoecológicas, bem como a sua função geoecológica e os produtos naturais gerados através do funcionamento de cada sistema ambiental.

SISTEMAS	UNIDADES GEOECOLÓGICAS	FUNÇÃO AMBIENTAL	FUNÇÃO GEOECOLÓGICA	PRODUTOS
Terrestre	Maciços Residuais	- Emissão	- Emissão e produção (fonte hídrica e sedimentos)	- Sais minerais - Rios - Solos
	Depressão Sertaneja	- Emissão	- Produção (fontes de emissão de sedimentos)	- Biomassa - Solos - Sedimentos
	Tabuleiro Litorâneo			
Fluvial	Planície Fluvial	- Acumulação - Dinâmica hídrica - Emissão	- Armazenamento (áreas deposicionais) - Transporte de sedimentos - Distribuição hídrica	- Sedimentos - Recursos hídricos
Litorâneo	Planície Fluviomarinha	- Acumulação - Regulação	- Regulação e interação (zona estuarina e fluvial)	- Areias finas - Argilas - Matéria orgânica.

Quadro 11. Síntese da análise funcional das unidades geoecológicas da bacia do rio Maranguapinho. Adaptado de Rodriguez, Silva e Cavalcanti (2004).

Considerando que as unidades geocológicas funcionam como sistemas que compõe um sistema maior, no caso o da bacia hidrográfica do rio Maranguapinho. A operação dos mecanismos de: emissão, acumulação e regulação permitem classificar as condições de estabilidade desses sistemas, considerando o entendimento da estrutura e do funcionamento da paisagem.

Com efeito, os principais agentes emissores do sistema estão relacionados aos processos erosivos naturais nas unidades geocológicas. Nas áreas mais elevadas, onde se encontram os maciços residuais, estas apresentam função relacionada à produção de solos e emissão de sedimentos para as áreas mais rebaixadas (depressão, tabuleiros e planícies). Além disso, a distribuição hídrica advinda das nascentes, originadas nos picos mais altos, se destaca como importante função geocológica destas unidades.

Já a unidade de tabuleiro litorâneo encontra-se significativamente recoberta por área urbana, interferindo diretamente na sua função ecológica de produzir e acumular sedimentos, bem como a de infiltração hídrica, apresentando alterações expressivas, o que acaba favorecendo o aumento do escoamento hídrico superficial das águas pluviais para a planície fluvial.

Os processos de acumulação são evidenciados nas áreas mais rebaixadas. É nesse cenário que a dinâmica hidrológica da bacia dá origem à formação dos afluentes do canal principal e se forma a planície fluviomarina em contato com a planície litorânea.

Geralmente no primeiro semestre (período chuvoso), as mudanças no comportamento do sistema da bacia ocorrem de forma mais expressiva, onde a entrada das águas pluviais aumenta o volume hídrico do sistema, alcançando as áreas mais elevadas da planície fluvial.

Dentro do quadro evolutivo da paisagem da bacia, as mudanças mais pertinentes relacionadas ao meio físico do ambiente natural são aquelas pautadas na

influência, na distribuição e no aporte hídrico da bacia, bem como nos processos que regulam o armazenamento de sedimentos, principalmente na planície fluvial.

É nesta unidade onde ocorre a maior frequência de atividades antrópicas degradantes e onde a evolução da paisagem é constante, uma vez que a dinâmica do sistema hidrológico de uma bacia hidrográfica é refletida significativamente na planície fluvial.

Os processos de regulação do sistema podem ser mais evidenciados nas áreas de planície fluviomarinha, onde as características hidrológicas entre a zona de mistura (as águas do rio com as águas do mar), bem como a ação das marés configuram um ambiente favorável ao amortecimento da dinâmica fluvial e litorâneo.

Outro aspecto de relevância nos processos de regulação é a presença de vegetação da mata ciliar e de mangue, apresentando função de proteger as margens dos processos erosivos ocorrentes na planície fluvial. Além de promover o controle de cheias e de oscilações das marés na zona estuarina da planície fluviomarinha.

Pode-se afirmar que as relações de trocas de E.M.I. do sistema ocorre principalmente entre os aspectos climatológicos, hidrológicos e sedimentológicos. Contudo, vale ressaltar que a estrutura da paisagem atual da bacia do rio Maranguapinho configura um cenário com forte influência de ação antrópica, onde a funcionalidade geoecológica da paisagem encontra-se consideravelmente comprometida.

## **7. DIAGNÓSTICO AMBIENTAL DA BACIA DO RIO MARANGUAPINHO**

Aliada à abordagem do quadro natural, a análise dos aspectos socioeconômicos tem como objetivo compreender a forma de como a sociedade interfere na dinâmica natural da bacia hidrográfica do rio Maranguapinho. Desta forma torna-se imprescindível a elaboração do diagnóstico ambiental da área de estudo.

O levantamento das condições sociais e econômicas, bem como do rearranjo da paisagem permite analisar de que maneira a implantação de equipamentos urbanos na bacia do rio Maranguapinho pode promover a requalificação ambiental. Vale ressaltar que, esse diagnóstico se apresenta de forma integrada, considerando as características naturais e as intervenções sociais e urbanas atuais.

A identificação dos problemas ambientais, bem como os níveis de degradação e impactos ambientais traz luz à funcionalidade de classificar a situação ambiental atual do rio Maranguapinho em face da implantação de equipamentos urbanos em suas margens. Logo, as informações relacionadas a este capítulo têm função de subsidiar a caracterização dos estados geoecológicos da paisagem no capítulo 8.

### **7.2.1. Maciços Residuais**

Os maciços residuais espacializados no alto curso da bacia hidrográfica do rio Maranguapinho são constituídos litologicamente por rochas pré-cambrianas advindas do Complexo Granítico-Migmatítico, caracterizados por ortognaisses graníticos e migmatitos diversos. Além disso, apresentam depósitos detríticos cenozóicos com clásticos grosseiros, o que evidencia tálus de acumulação (CPRM, 2003).

Este cenário configura uma área com a predominância de terrenos cristalinos e relevo fortemente ondulado a montanhoso, apresentando vertentes íngremes, as quais são dissecadas por corredeiras e rios. A relação entre os processos de intemperismo físico-químico e a formação geológica na região promove a formação de feições aguçadas, como as cristas e feições convexas, como as colinas, estas por sua vez intercaladas geralmente por vales caracterizados por uma morfologia estreita, com profundidade significativa.

Na serra de Maranguape situa-se a nascente do rio Maranguapinho, que de acordo Cordeiro (2013) se caracteriza por áreas com superfícies com declives superiores a 45° e, com níveis altimétricos entre 140-920m, apresentando uma rede fluvial densa, padrão dendrítico e escoamento perene e semiperene, onde o potencial hidrogeológico se encontra limitado às zonas de fratura.

Na vertente oriental da serra de Maranguape, onde ocorre à confluência dos riachos Pirapora, Gavião e Tangueira, que formam o rio Maranguapinho, foram listados 21 riachos que abastecem aproximadamente 14 açudes, os quais são utilizados por boa parte da população para o consumo humano e para a agricultura (ARRUDA, 2001) (Figura 23).



Figura 23. Vista do Maciço Residual do município de Maranguape. Foto: Maia (2012).

A beleza exuberante da serra de Maranguape, bem como as temperaturas amenas e a disponibilidade de cachoeiras naturais que a área oferece fomenta práticas turísticas, dentre elas as trilhas e banhos de cachoeiras. Contudo pode-se destacar a instalação de equipamentos particulares de lazer, funcionando como áreas de captação hídrica para banho e recreação, que ainda ocorre de forma desordenada por todo o maciço (Figura 24).

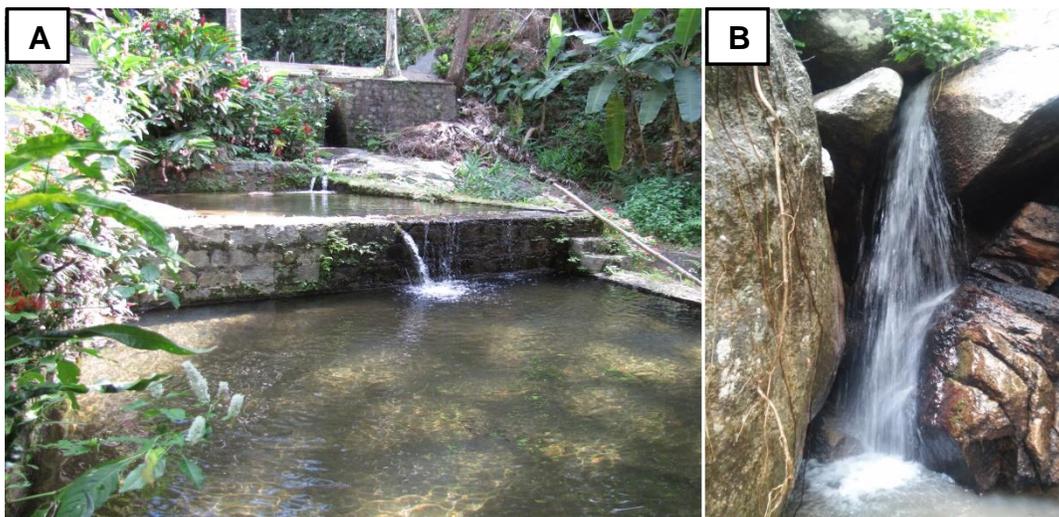


Figura 24. A) Equipamento particular para banho e recreação. B) Cachoeira natural na serra de Maranguape. Foto: Maia (2012).

No alto curso da bacia, os solos compostos por argissolos vermelho-amarelos e neossolos litólicos exibem uma fertilidade média a baixa, os quais estão relacionados às rochas cristalinas. Além disso, a presença de afloramentos rochosos e os processos de intemperismo físico-químico acarretam problemas/processos relacionados ao aparecimento de áreas de riscos, advindos dos movimentos de massa, quedas de blocos e fluxo de rochas.

As condições naturais associadas à predominância de terrenos irregulares apresentam limitações no que se refere às formas de uso e ocupação. Além disso, o relevo ainda apresenta alterações constantes pelos processos erosivos naturais e antrópicos que limitam usos específicos nessas áreas. Um dos fatores que contribui para esse tipo de degradação está relacionado: a ocupação por residências, casas de veraneio, hotéis e pousadas (Figura 25 e 26).



Figura 25. Ocupação urbana por residências na serra de Maranguape. Foto: Maia (2012).



Figura 26. Clube aquático na serra de Maranguape (Clube Cascatinha – Pousada Multclub). Foto: Maia (2012).

Vale salientar que, as condições naturais do relevo do maciço dificultam a implantação de instalações de saneamento básico, que aliada à falta de um devido planejamento das formas de uso e ocupação dessas áreas acarreta impactos

relacionados ao desmatamento da cobertura vegetal e a poluição dos recursos hídricos por descarte de efluentes.

Dos setores mais elevados até as áreas de contato com a depressão sertaneja, a vegetação mostra-se descaracterizada, ao passo que a mata úmida acaba dando lugar, principalmente, ao cultivo de bananeiras para agricultura de subsistência por comunidades locais, acarretando a canalização artificial das águas fluviais, bem como problemas ambientais relacionados à erosão e desmatamento (Figura 27).



Figura 27. Canalização dos recursos hídricos locais para fins de irrigação para agricultura de subsistência na área de transição entre o maciço e a depressão sertaneja - cultivo de banana. Foto: Maia (2012).

Já as áreas com declive mais suave, a vegetação passa a ser caracterizada pela mata seca, caatinga arbórea e arbustiva, apresentando assim limitações à agricultura, uma vez que o solo apesar de apresentar uma baixa fertilidade pela sua composição, o clima mais seco não favorece a fertilidade superficial dos solos nesses ambientes.

### 7.2.2. Depressão Sertaneja

A depressão sertaneja é caracterizada por uma superfície que abrange uma zona de contato litológico com os terrenos cristalinos e sedimentos do Grupo Barreiras. Nesta perspectiva, Souza et al (2009) afirma que a área do embasamento exhibe acentuada diversificação litológica, apresentando rochas indistintamente truncadas por uma superfície de erosão, onde os processos de pediplanação originam as depressões sertanejas.

A cobertura vegetal predominante é de mata seca e caatinga, apresentando variados padrões fisionômicos e florísticos, o que caracteriza o domínio da vegetação do semiárido. Nas áreas próximas ao pé da serra, onde a semiaridez é mais moderada, a vegetação dominante de mata seca, apresenta originalmente um padrão arbóreo.

A presença de áreas inundadas sob influência dos recursos hídricos adjacentes e da influência das condições climáticas do ambiente serrano, bem como a cobertura vegetal mais arbórea, apresentam solos com melhores condições de fertilidade natural. A figura 28 mostra as áreas de transição entre os maciços e a depressão sertaneja, onde as atividades relacionadas à agropecuária são as mais evidentes e exercidas pela comunidade local.



Figura 28. Atividades relacionadas à dessedentação animal e pastagem. Foto: Maia (2012).

Os solos de maior predominância são os argissolos vermelho-amarelos pouco profundos, moderadamente drenados, com textura média, com a presença de cascalhos e, caracterizado por uma fertilidade natural média. Contudo, na medida em que as condições ambientais proporcionam maiores limitações quanto às características do solo, a vegetação se apresenta mais dispersa e quando relacionada com os processos de forte degradação, as feições vegetacionais tendem a apresentar um tapete herbáceo extensivo, com a presença de árvores e arbustos dispersos.

Considerando as limitações e as potencialidades para o uso dos recursos naturais desta unidade, a ocupação por residências e a implantação de sítios industriais são os usos mais propícios, uma vez que a topografia dessas áreas se apresenta mais aplainada. Enquanto que, em áreas de topografias mais irregulares, a implantação de vias de acesso é uma alternativa viável.

No entanto, nas áreas com topografias mais rebaixadas, o aparecimento de lagoas e de áreas de inundação é evidente. Por conta dessas limitações, as ocupações se estabeleceram em áreas mais afastadas, haja vista que no período chuvoso essas áreas sofrem inundações significativas.

Essas lagoas por sua vez estão inseridas no sistema hidrográfico da bacia do rio Maranguapinho e, com o aumento do aporte hídrico do rio Maranguapinho, suas áreas adjacentes funcionam como uma zona de amortecimento hídrico (Figura 29).



Figura 29. Área de depressão sertaneja e com a presença de lagoas nas áreas de depressão sertaneja. Foto: Secretaria das Cidades (2011).

De acordo com informações fornecidas pela Secretaria das Cidades (2015), iniciou-se em 2010 a construção de uma barragem no município de Maracanaú, para fins de contenção de cheias no rio Maranguapinho. Em dezembro de 2012 as obras foram concluídas, apresentando uma bacia hidráulica de 306,84 ha de extensão, com o controle de 9.350.000 m<sup>3</sup> (Figura 30).



Figura 30. Implantação de uma barragem pelo PROMURB - Barragem Maracanaú. Foto: Secretaria das Cidades (2013).

Ao passo que essas áreas vão se aproximando dos terrenos de predominância sedimentar, em alguns trechos podem-se evidenciar claramente áreas de transição entre os tabuleiros e a depressão sertaneja as unidades de tabuleiros litorâneos e de depressão sertaneja, que por apresentarem características naturais semelhantes nesses setores, as duas unidades geocológicas se integram, proporcionando diferenciação suave na sua topografia, contudo estas rupturas topográficas não se apresentam muito nítidas.

Contudo, os afloramentos rochosos presentes nas áreas depressão sertaneja evidenciam a influência do embasamento cristalino quanto às limitações à recarga hídrica subterrânea e, conseqüentemente a baixa fertilidade do solo, em consonância com um clima seco e insuficiência pluviométrica, o que apresenta limitações para o desenvolvimento de atividades de agricultura de subsistência (Figura 31).

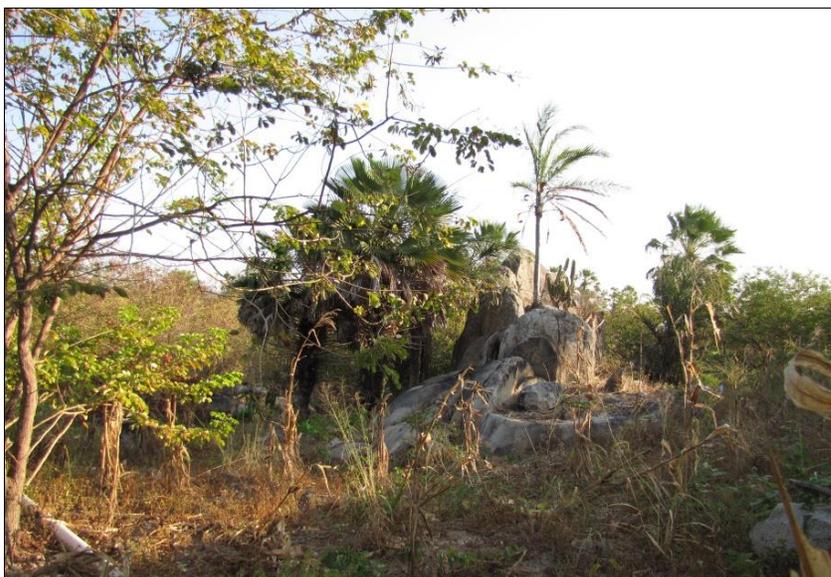


Figura 31. Afloramentos rochosos nas áreas de contato entre o tabuleiro pré-litorâneo e depressão sertaneja. Foto: Maia (2015).

As áreas de depressão sertaneja que perpassam pelos municípios de Maranguape e Maracanaú possuem características particulares quanto ao uso e ocupação, apresentando um perfil de comunidades com características rurais (Figura 32), principalmente quando comparadas com as áreas mais urbanizadas, em especial as do município de Fortaleza.



Figura 32. A ocupação dispersa e ainda com características rurais. Foto: Maia (2015).

É nesse cenário que o trecho IV delimitado e denominado pelo PROMURB encontra-se localizado entre o 4º Anel Viário da CE-065 até as proximidades da Barragem Maracanaú e, por apresentar uma ocupação dispersa, com ausência de ocupação expressiva, esse trecho apresenta a predominância de obras para a implantação de vias de acesso, interligando os municípios de Maracanaú e Fortaleza pela CE-065 (Figura 33).



Figura 33. Obras de implantação de vias de acesso entre os municípios de Maracanaú e Fortaleza. Foto: Maia (2015).

Com relação às atividades relacionadas ao avanço de um cenário de degradação ambiental, a disposição de resíduos sólidos trata-se do uso mais frequente e contínuo, uma vez que a morfologia irregular em alguns trechos por não favorecer à ocupação, acaba fomentando o aparecimento de ambientes de deposição de resíduos sólidos pela população local, bem como a implantação de currais para criação de animais domésticos (Figura 34).



Figura 34. Áreas de morfologia irregular utilizadas para: A) criação de animais domésticos; B) Disposição de resíduos sólidos. Foto: Maia (2015).

Essas práticas vêm ocasionando processos de descaracterização da paisagem natural, onde o aumento dos processos erosivos, acarreta o aparecimento de áreas de risco para a ocupação da população. Além disso, a poluição do solo pelo descarte de efluentes domésticos é uma das problemáticas mais evidente com relação à degradação ambiental nesse setor. Vale ressaltar que nos períodos de chuva através do escoamento e percolação das águas pluviais, os poluentes podem acarretar a poluição dos recursos hídricos superficiais.

### 7.2.3. Tabuleiro Litorâneo

Os tabuleiros litorâneos são superfícies aplainadas, apresentando pequenas declividades em direção ao litoral e/ou fundos de vales (SANTOS, 2011). A sua composição sedimentológica caracteriza-se por sedimentos mais antigos, pertencentes

à Formação Barreiras, esta por sua vez se dispõe de modo paralelo à linha de costa e à retaguarda dos sedimentos eólicos que compõem a planície litorânea (SOUZA, 2000).

Tratando dos sedimentos da Formação Barreiras, estes se apresentam como um sistema deposicional, que de acordo com Souza et. al. (2009), as suas fácies sedimentares superficiais têm, igualmente, variações que dependem de condições diversas, tais como da área-fonte dos sedimentos, dos mecanismos de mobilização e das condições de deposição.

Em virtude dos terrenos planos que a unidade oferece, a rede de drenagem se entalha de modo pouco incisivo, apresentando um fluxo de drenagem médio e muito lento (SOUZA et al, 2009). Desta forma, os níveis altimétricos da bacia em relação às áreas situadas no topo dos tabuleiros e no fundo dos vales, não ultrapassam dez metros de profundidade.

Isso acaba limitando a capacidade de incisão linear do rio, o que impede do rio escavar vales mais encaixados, demonstrando que a pequena diferença altimétrica entre o canal fluvial e os tabuleiros justifica uma menor capacidade de incisão linear do rio.

Os tabuleiros apresentam um relevo recoberto por Neossolos Quartzarênicos, o que destacam essas áreas pela característica de uma deposição sedimentar e sedimentos arenosos. Esses ambientes são encontrados mais afastados da planície fluvial, onde ocorre a predominância de solos profundos, permeáveis, porosos, elevada acidez e fertilidade natural baixa.

Já em áreas mais próximas à planície fluvial do rio Maranguapinho, os tabuleiros podem ser caracterizados pelo predomínio de coberturas areno-argilosas, onde ocorre a predominância de Argissolos Vermelho-Amarelos. São nessas áreas que as atividades de agricultura de subsistência se destacam em terrenos mais afastados da urbanização, como ocorre no município de Maracanaú (Figura 35).

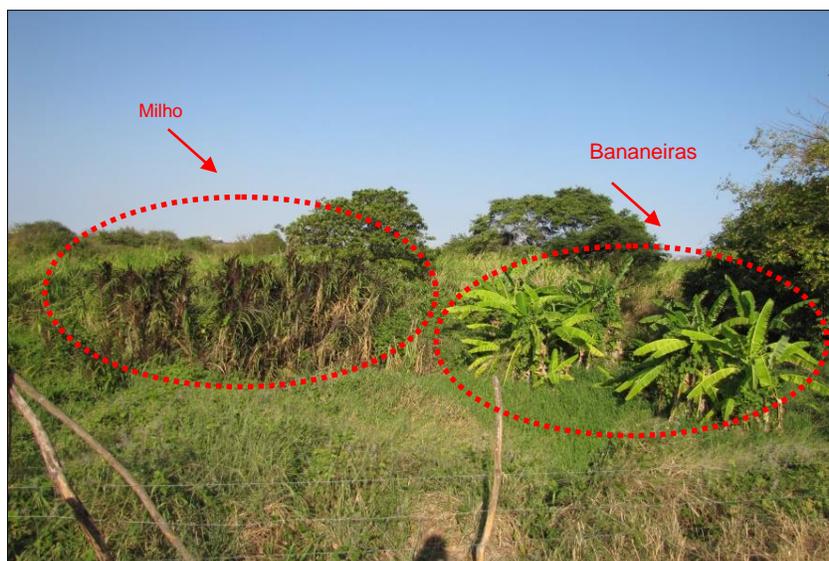


Figura 35. Plantação de milho e banana nas áreas mais próximas a planície fluvial. Foto: Maia (2015).

Segundo Fernandes (1990), a vegetação de tabuleiro não apresenta homogeneidade, principalmente quando analisada sob o ponto de vista fisionômico, pois a mesma apresenta duas feições distintas: a caducifólia e a subperenifólia. A vegetação caducifólia é notoriamente encontrada nas áreas de transição entre a depressão sertaneja e os tabuleiros, configurando assim similaridade com a caatinga e a mata seca.

Além disso, podem-se identificar afloramentos rochosos no leito rio, o que evidência uma relação integrada da litologia do embasamento cristalino com a presença de sedimentos arenosos, isso configura a relação entre as particularidades geoecológicas que envolvem as unidades de depressão sertaneja, tabuleiro litorâneo e planície fluvial (Figura 36).



Figura 36. Vegetação de caatinga em áreas de contato entre a Depressão Sertaneja e Tabuleiro Litorâneo na bacia do rio Maranguapinho. Foto: Maia (2015).

Ao passo que se aproxima o contato com áreas próximas ao litoral, ocorre o predomínio de espécies subperenifólias, recobrando os Argissolos Vermelho-Amarelos Distróficos e Neossolos Quartzarênicos, apresentando espécies de porte arbóreo/arbustivo. Vale salientar que áreas de tabuleiro em contato com as planícies fluviais e fluviomarinhas, dão origem a um cenário caracterizado pelo aparecimento de áreas mais propícias a alagamentos e uma cobertura vegetal mais densa (Figura 37).



Figura 37. Vegetação no entorno da planície fluvial do rio Maranguapinho Tabuleiro. Foto: Maia (2012).

Logo, por corresponderem a terrenos firmes, estáveis, com topografias planas e solos espessos, as atividades que mais se destacam nesta unidade geocológica são: a ocupação urbana, a instalação de vias urbanas e arruamentos, bem como a implantação de equipamentos urbanos, como praças e parques (Figura 38).



Figura 38. Ocupação urbana do tabuleiro litorâneo nas áreas adjacentes a bacia do rio Maranguapinho. Foto: Maia (2012).

Em consonância com as formas de uso compatíveis com as potencialidades ambientais dos tabuleiros litorâneos, dentre as ações que mais se destacam no âmbito de realização das atuais obras de requalificação urbana é a implantação de conjuntos habitacionais, além das vias de acesso ao longo da extensão da bacia do rio Maranguapinho, margeando a unidade de planície fluvial (Figuras 39).

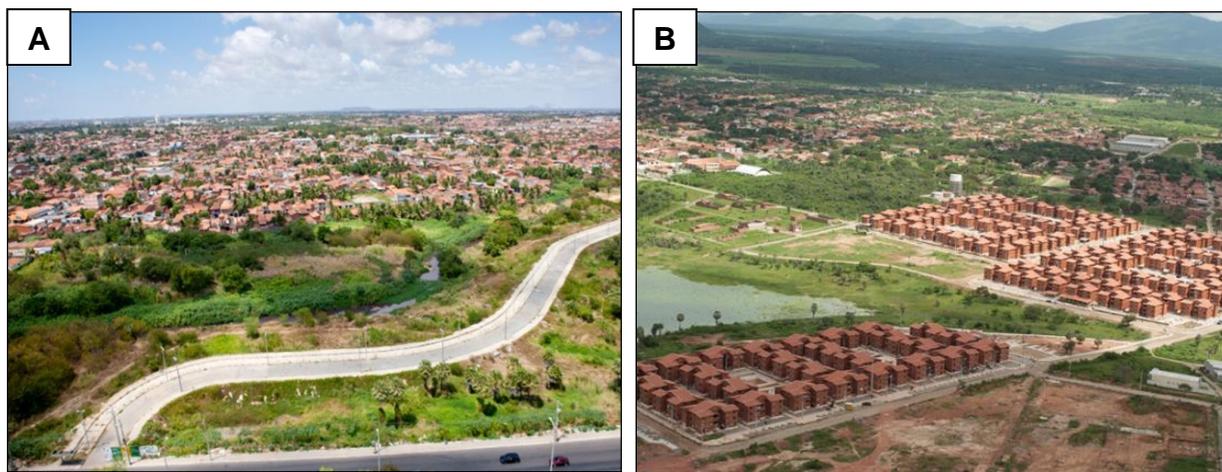


Figura 39. A) Vias de acesso no trecho III (Av. Osório de Paiva à Av. Jardim Fluminense) B) Implantação do conjunto habitacional Rachel de Queiroz – Fortaleza. Foto: Secretaria das Cidades (2014).

As áreas de implantação dessas vias outrora eram ocupadas por residências e habitações irregulares, onde famílias residiam em condições precárias. De acordo com a Secretaria das Cidades (2015), 2.556 famílias já saíram das áreas de risco e foram reassentadas em conjuntos habitacionais.

Dentro desse contexto, a degradação ambiental dos tabuleiros espacializados na bacia do Maranguapinho se destaca pela retirada da cobertura vegetal, uma vez que as áreas são estreitamente ocupadas pela urbanização. Além disso, problemas como: a disposição de resíduos sólidos, o descarte de efluentes domésticos e industriais, bem como a canalização do rio vem potencializando a descaracterização da paisagem natural desses ambientes.

Em virtude da descaracterização do ambiente natural, a impermeabilização do solo, o desmatamento da vegetação e a poluição dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos se destacam como impactos ambientais de difícil mitigação. Assim, pode-se afirmar que a funcionalidade sistêmica dessa unidade geoecológica encontra-se comprometida pela pressão urbana. Contudo, esse aspecto é amenizado em razão da elevada estabilidade natural (baixo risco de problemas ambientais) dessas unidades.

#### **7.2.4. Planície Fluvial**

As planícies fluviais são ambientes de acumulação pela ação fluvial e se distribuem longitudinalmente, acompanhando a calha do rio e seus principais tributários. Segundo Souza (2000), os solos são mal drenados, profundos, de textura indiscriminada e média, com alta fertilidade natural, constituídos por Neossolos Flúvicos.

A referida unidade geoecológica, está assentada sobre terrenos predominantemente cristalinos e é composta por rochas graníticas e migmatíticas, apresentando um estreitamento na largura do canal principal proveniente da resistência litológica da região, isso acaba configurando uma maior capacidade energética para esse trecho da planície (Figura 40).



Figura 40. Planície fluvial da bacia do rio Maranguapinho em terrenos predominantemente cristalinos entre os municípios de Maranguape e Maracanaú. Foto: Maia (2012).

Ao passo que a planície fluvial estabelece contato com a Formação Barreiras e, em virtude da maior deposição fluvial, o canal fluvial no médio e baixo curso da bacia apresenta-se mais largo que a morfologia a montante, configurando terrenos de baixas declividades e topografia plana.

Nesse cenário, são estabelecidas condições para o surgimento de áreas de acumulação hídrica e sedimentar e, conseqüentemente o espraiamento do canal principal, composto por sedimentos arenosos e argilosos, predominantemente de areias finas a médias, siltes, argilas e eventuais ocorrências de matéria orgânica em decomposição.

As áreas do médio e baixo curso do rio Maranguapinho apresenta pequena incisão fluvial do seu leito, proporcionando assim um baixo gradiente fluvial e, conseqüentemente menor capacidade energética do rio. Nos períodos de cheias, o aporte hídrico aumenta significativamente, bem como a largura do canal, uma vez que existe uma pequena diferença altimétrica entre o leito menor a as áreas mais altas dos interflúvios da planície fluvial (Figura 41 e 42).



Figura 41. Alargamento do canal principal do rio Maranguapinho nos períodos de chuva - bairro Autran Nunes/Fortaleza. Foto: Maia (2009).



Figura 42. Área de deposição fluvial no canal principal do rio Maranguapinho e diminuição do aporte hídrico no período de estio - bairro Autran Nunes/Fortaleza. Foto: Maia (2010).

Considerando as diferentes formas de uso e ocupação destas áreas é notória a degradação ambiental na bacia e os impactos na morfologia do canal fluvial, estas podem ser analisadas em um recorte transversal do rio Maranguapinho.

Além de compor grande parte das Áreas de Preservação Permanente (APP) do rio Maranguapinho, as planícies fluviais apresentam limitações naturais pelas próprias condições instáveis que esta unidade geocológica oferece. A fragilidade ambiental dessas áreas é notada pelos inúmeros problemas ambientais identificados na paisagem do rio pelas formas de uso e ocupação.

Exemplo disso, a ocupação desordenada por habitações irregulares, configurando uma unidade degradada, apresentando problemas de erosão das margens, assoreamento do leito e retirada da mata ciliar (Figura 43).



Figura 43. Ocupação das margens do rio Maranguapinho antes da implantação do reassentamento das comunidades ribeirinhas Trecho I - bairro Autran Nunes (PROMURB). Foto: Maia (2007).

A drenagem irregular do rio e o encharcamento da calha corroboram para o excesso do aporte hídrico durante o período chuvoso, constituindo-se como os principais fatores limitantes ao uso dessas áreas (SOUZA et. al, 2009), apresentando riscos de alagamento nos períodos de chuva.

O uso das áreas de várzea baixa para a pecuária e agricultura de subsistência fomenta o aparecimento de problemas erosivos e de degradação da mata ciliar,

configurando assim como agentes modificadores da paisagem natural do rio Maranguapinho (Figuras 44 e 45).



Figura 44. Pecuária de subsistência na planície fluvial do rio Maranguapinho, bairro Autran Nunes - Fortaleza. Foto: Maia (2015).



Figura 45. Agricultura de subsistência na planície fluvial do rio Maranguapinho, bairro Autran Nunes - Fortaleza. Foto: Maia (2015).

Com a implantação das obras de requalificação urbana, as comunidades que residiam nas áreas mais elevadas (Várzea Alta e Rampas de Interflúvios) das planícies foram reassentadas e a paisagem natural degradada passou a configurar uma

paisagem urbana com a implantação de calçadões, ciclovias, parques e praças (Figuras 46 e 47).



Figura 46. Retirada da ocupação indevida na planície fluvial do rio Maranguapinho – Trecho I – bairro Autran Nunes. Foto: Maia (2010).



Figura 47. Implantação de equipamentos urbanos na planície fluvial do rio Maranguapinho – Trecho I – bairro Autran Nunes. Foto: Maia (2015).

No talvegue e leito menor do rio, a extração mineral aparece como uso mais presente ao longo da área de estudo. No período de estio, a atividade é mais frequente no leito do rio, enquanto que no período chuvoso, esta ocorre especialmente nas margens dos rios e nas áreas de várzea baixa até uma faixa de, aproximadamente, 6 a 10 m de distância do leito do canal fluvial.

Isso ocorre por que na quadra chuvosa, a vazão se acentua, trazendo riscos à segurança dos ribeirinhos, dificultando assim a extração mineral. Vale salientar que em trechos com maiores profundidades e menor correnteza, os moradores locais fazem uso de artefatos artesanais, para fluviabilidade, permitindo o transporte do ribeirinho e do material extraído (Figura 48).



Figura 48. Canal fluvial do rio Maranguapinho com áreas de extração de areias, bairro Autran Nunes - Fortaleza (Foto 2010). Fonte: Maia (2011).

A extração de areias quando realizada de forma desordenada, acaba por ocasionar alterações no aporte de sedimentos no leito do rio, promovendo a descaracterização da morfologia do canal fluvial, através dos processos de erosão das margens e assoreamento do leito, bem como a perda de mata ciliar e alterações sedimentológicas.

Considerando as medidas de recuperação das margens ocupadas e a implantação das obras urbanas na planície fluvial do rio Maranguapinho, o PROMURB usou uma proposta de delimitação de APP com base no Decreto Estadual N° 15.274/1982, que versa sobre as particularidades dos recursos hídricos e respectivas categorias para preservação ambiental, bem como a Lei nº 12.651/2012, que versa sobre a delimitação das Áreas de Preservação Permanente (APP) de forma geral (Figura 49).

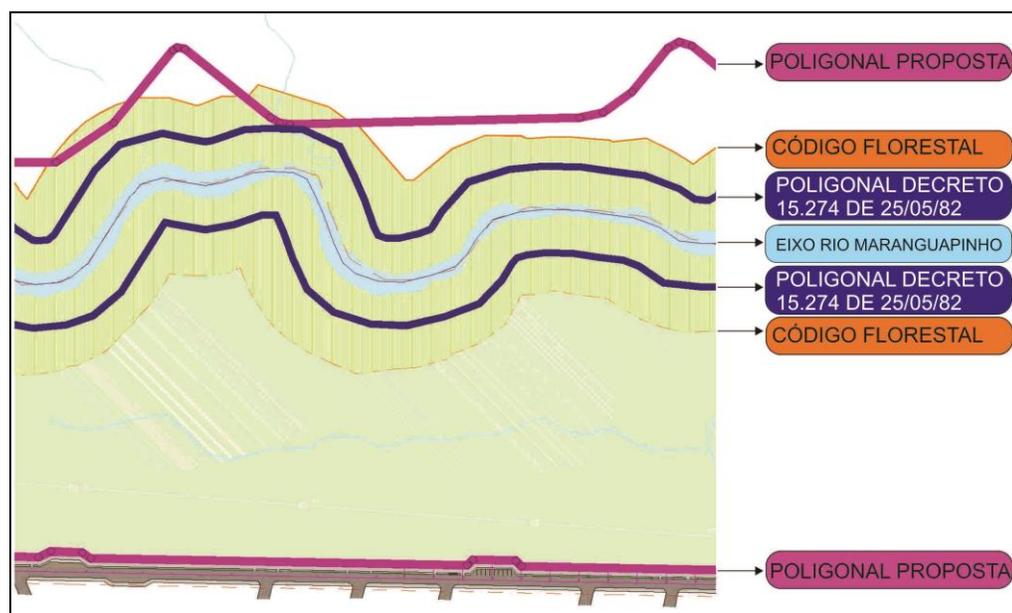


Figura 49. Comparação de faixas para a delimitação de Áreas de Preservação Permanente – APP. Fonte: Secretaria das Cidades (2015).

Apesar de realizada a desapropriação das margens que foram as primeiras ações a serem concretizadas nos trechos I, II e III (município de Fortaleza), existem focos de ocupação indevida recorrente nas margens do rio Maranguapinho, contudo umas em processo de desapropriação, outras não (Figura 50).

Mesmo com implantação de medidas de requalificação ambiental, algumas áreas com baixos declives, que marcam os níveis dos terraços fluviais, chamados de rampas e interflúvios, são caracterizadas pela ocupação urbana nas proximidades da margem, contudo não estão sujeitas às inundações constantes, principalmente por

conta do controle de cheias advindo da implantação da Barragem Maracanaú, como já citada anteriormente.

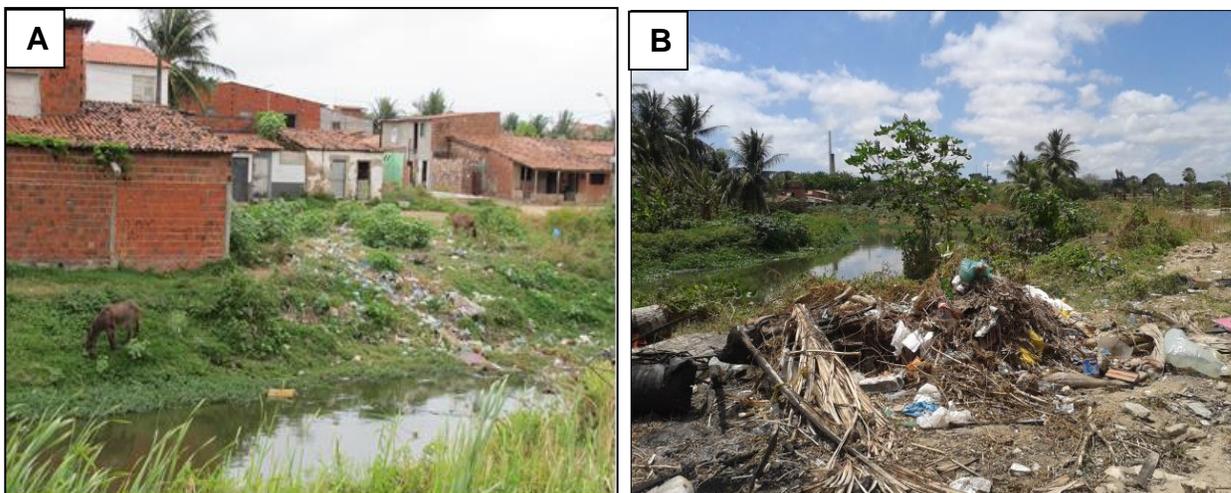


Figura 50. Ocupação irregular e disposição de resíduos sólidos na área de várzea alta do rio Maranguapinho, bairro Genibaú/Autran Nunes - Fortaleza. Foto: Maia (2015).

Um dos mais degradantes tipos de uso estabelecido na bacia do rio Maranguapinho é a disposição de resíduos sólidos nas áreas de influência da planície fluvial que vem ocasionando alteração na qualidade ambiental dos recursos hídricos, poluição das águas (superficiais e subterrâneas) e dos solos (Figura 51).



Figura 51. A) Resíduos sólidos carreados pelas águas pluviais para o canal fluvial e B) Proliferação de aguapés como indicador de poluição hídrica, bairro Vila Velha – Fortaleza. Foto: Maia (2015).

De acordo Pereira (2005), o lixo urbano composto por resíduos sólidos e matéria orgânica acaba por favorecer a proliferação de doenças causadas por tipos de microrganismos e macro vetores que fazem do lixo seu habitat natural, e que, nos lixões e nas áreas alagadas, geram problemas sanitários e de contaminação hídrica.

O uso das margens para disposição de animais domésticos mortos e descarte de restos de animais, provenientes de granjas instaladas nos bairros próximos do rio, é comum para os habitantes locais (Figura 52). Logo, o acúmulo de resíduos orgânicos na planície fluvial do rio Maranguapinho acaba por favorecer a contribuição de chorume para o canal.

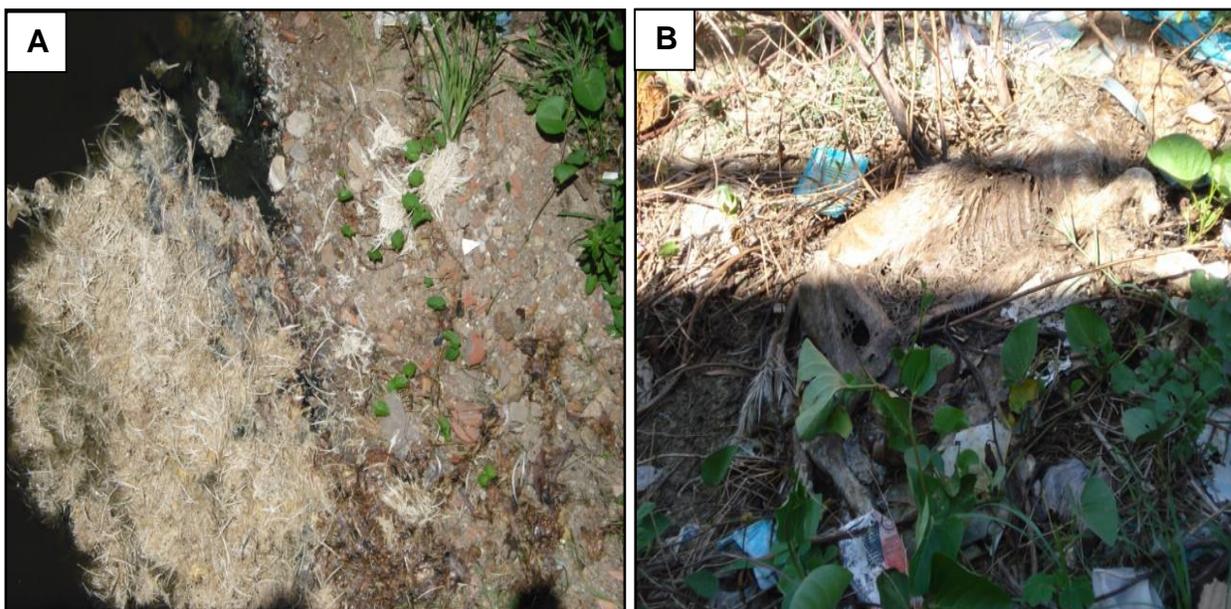


Figura 52. A) Rejeitos de pequenas granjas localizadas no bairro Bonsucesso; A) Carcaça de animal doméstico (cachorro) em decomposição - bairro Autran Nunes (Foto 2010). Fonte: Maia (2011).

Outro fator degradante dos recursos hídricos superficiais da bacia do rio Maranguapinho é o uso destinado para a disposição de águas residuais por Lagoas de Estabilização de Efluentes (LEE) e Estações de Tratamento de Efluente (ETE), provenientes dos sistemas de tratamento de esgoto dos municípios de Fortaleza e Maracanaú.

Na bacia do rio Maranguapinho, a maioria das ETES se concentra em Fortaleza. Já no município de Maracanaú elas atendem aos conjuntos habitacionais não

integrados ao Sistema de Esgoto do Distrito Industrial de Fortaleza (SIDI). Em Maranguape, as existentes são particulares e atendem a indústrias com grande produção de esgoto (LIMA, 2006).

O SIDI, desde o seu funcionamento em 1992, lança efluentes continuamente com vazão de 0,5 m<sup>3</sup>/s no rio, sendo perenizado em períodos de estiagem, considerado um principal agente de alteração da hidrodinâmica natural do rio Maranguapinho (LIMA, op. cit.).

Vale ressaltar que, no médio e baixo curso do canal fluvial, as águas do rio Maranguapinho também são utilizadas para recreação e lazer em alguns trechos. O referido uso exige uma concordância com os padrões apropriados de balneabilidade, para que os usuários estabeleçam contato primário com estas águas. Contudo, considerando os usos identificados ao longo da área de estudo que interferem diretamente na qualidade ambiental da bacia, pode-se afirmar que o referido corpo hídrico não apresenta características de balneabilidade satisfatória para recreação e lazer.

No período chuvoso, o aumento significativo do aporte hídrico do rio e, conseqüentemente o aumento da vazão do canal carreiam grande parte dos resíduos sólidos depositados das margens e do canal fluvial. No período de chuva o rio é utilizado para atividades de lazer e recreação pelos moradores locais. É importante salientar, que esses usuários são os mesmos agentes que potencializam a degradação do rio, através da disposição de resíduos sólidos (Figura 53).



Figura 53. A) Aumento significativo do aporte hídrico no canal fluvial do rio Maranguapinho na quadra chuvosa no ano de 2009 - bairro Bonsucesso; B) Uso das águas destinado ao lazer pela população local (Foto 2009). Fonte: Maia (2011).

A implantação da barragem no município de Maracanaú promoveu o controle das cheias e, conseqüentemente a diminuição da disponibilidade hídrica para o médio e baixo curso da bacia, fomentando assim uma redução significativa de inundações nas áreas de várzea alta na planície fluvial.

Desta forma, os campos de futebol ganham destaque como alternativas de esporte e lazer. Por outro lado, a população local foi estabelecendo outros tipos de uso, como a construção de pistas para prática de esportes radicais “motocross”, a exemplo do trecho III que já se encontra com as obras de requalificação urbana finalizadas (Figura 54).

Dentre os novos usos estabelecidos com a implantação das obras do PROMURB, se destacam as práticas de atividades físicas pela comunidade local, como: ginásticas e orientações para caminhadas oferecidas pela Prefeitura de Fortaleza através do Projeto Academia na Comunidade (Figura 55).



Figura 54. A) Campo de futebol na área de várzea alta na planície fluvial; B) Pista de “motocross” implantada pela população local, como uso alternativo para lazer - bairro Autran Nunes - Fortaleza. Foto: Maia (2015).



Figura 55. Práticas de atividades físicas nos calçadões as margens do rio. Foto: Maia (2015).

De forma geral, pode-se afirmar que a relação entre os usos predominantes e as obras urbanas mostra que houve uma alteração significativa da paisagem na planície fluvial do rio Maranguapinho. Esta se intensificou nos últimos seis anos, evoluindo para uma paisagem urbana com vistas à requalificação da área por meio da recuperação ambiental e implantação de espaços de lazer.

O reassentamento da população ribeirinha que residia em áreas de riscos trouxe uma diminuição significativa dos problemas relacionados à erosão das margens e áreas de risco. Contudo, as atividades de degradação ambiental continuam sendo: a disposição de resíduos sólidos domésticos e de sobras de material de construção (entulho); a extração de areia do rio; o descarte de efluentes industriais e águas residuais. Isso evidencia que a remoção da ocupação em áreas de risco e a realização de obras paisagísticas paliativas não resolvem os problemas socioambientais da bacia em apreço.

Em virtude disso, os equipamentos urbanos se encontrarem já comprometidos em alguns trechos da extensão do rio, carecendo de manutenção até mesmo antes da conclusão do PROMURB, a retirada da vegetação de mata ciliar, os processos erosivos e de assoreamento do canal, bem como a poluição dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos se destacam como os principais impactos ambientais nesta unidade geoecológica.

#### **7.2.5. Planície Fluviomarinha**

As planícies fluviomarinhas são ambientes bastante instáveis, sendo submetidos às influências de processos marinhos (oscilações de maré) e fluviais (SOUZA, 2009). Por se localizar dentro do sistema litorâneo, ainda recebe influência da dinâmica sedimentar do litoral, bem como da deriva litorânea e da ação dos ventos. Apesar de ser considerado um rio endorréico, a morfologia da desembocadura do rio Maranguapinho recebe influência das condicionantes litorânea.

No caso do rio Maranguapinho, o mesmo não possui uma planície fluviomarinha bem delimitada, ao passo que deságua no estuário do rio Ceará, resultando na interligação dos dois rios. Seus terrenos exibem uma baixa declividade, onde os processos de sedimentação sobrepõem significativamente aos processos erosivos. Isso se dá pela baixa capacidade do rio em escavar vales, decorrendo do baixo gradiente topográfico.

As condições pedológicas da planície fluvio-marinha do rio Maranguapinho caracteriza um ambiente deposicional, lamacento, encharcado e úmido, onde os sedimentos predominantes nesta unidade se distinguem por uma textura argilosa com elevada concentração de matéria orgânica em decomposição natural (SOUZA, 2009). No entanto, a disposição de resíduos sólidos, instalação de pocilgas e descarte de efluentes domésticos às margens promovem um aumento significativo na poluição desses ambientes (Figura 56).



Figura 56. Instalação de pocilgas da área de planície fluvio-marinha do rio Maranguapinho. Fonte: Maia (2015).

Em virtude de ser uma vegetação do tipo perenifólia paludosa marítima, o mangue tem como característica fundamental, suportar inundações periódicas e altos índices de salinidade, constituindo-se como uma vegetação altamente especializada (SOUZA et al, 2009). Além disso, a fixação da vegetação de mangue atua com uma função de estabilização geomorfológica, protegendo a área estuarina contra inundações e impactos das marés, confirma o autor.

Ainda sobre a vegetação, a mesma corrobora para o controle erosivo das margens dos estuários e fixação dos solos instáveis, funcionando como regulamentador da deposição de sedimentos no litoral, recebendo influência também dos sistemas

fluvial e terrestre pela relação integrada com as condições naturais. Mesmo sendo considerados ambientes de instabilidade ecológica, sujeitos a inundações constantes, pode-se evidenciar a ocupação de forma irregular (Figura 57 e 58).



Figura 57. Expansão urbana às margens da planície fluvio-marinha do rio Maranguapinho e bancos de areia provenientes de processos de assoreamento. Foto: Maia (2007).



Figura 58. Expansão urbana nas proximidades (margem direita) da planície fluvio-marinha do rio Maranguapinho e bancos de areia advindos de processos de assoreamento. Foto: Maia (2010).

A planície fluvio-marinha do rio Maranguapinho é marcada, historicamente, pela ocupação irregular advinda da pressão da urbana do município de Fortaleza (margem direita), e do município de Caucaia (margem esquerda).

Com relação aos processos de implantação de obras de requalificação urbana desta unidade, a retirada das ocupações das áreas de risco (margem direita) da planície fluvio-marinha é evidente, como pode ser verificado na figura 59, a presença de maquinários e resíduos provenientes de entulhos.

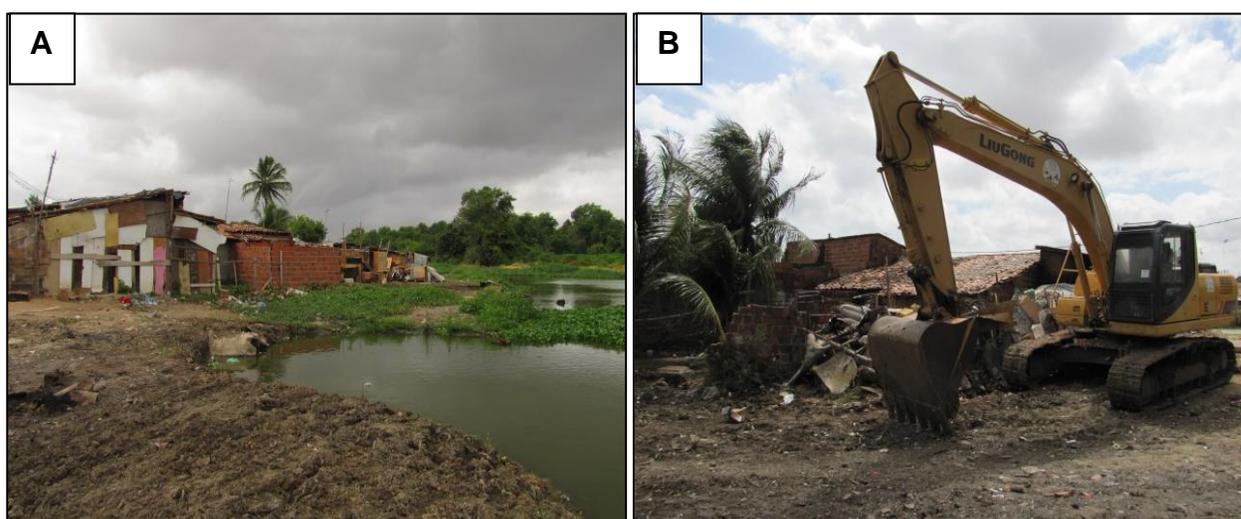


Figura 59. A) Ocupação à margem direita da planície fluvio-marinha do rio Maranguapinho. B) Retirada da ocupação pelo PROMURB. Foto: Maia (2015).

Vale ressaltar como impactos provenientes da ocupação desordenada: a retirada da cobertura vegetal, erosão das margens do rio, poluição dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos, bem como o aterramento de parte da planície fluvio-marinha e descaracterização da fauna e flora local.

No entanto, as áreas com a vegetação mais conservada encontram-se na margem esquerda da planície, estabelecendo contato com a Área de Proteção Ambiental do Estuário do Rio Ceará (Figura 60).



Figura 60. Margem esquerda com vegetação parcialmente preservada. Foto: Maia (2015).

A degradação ambiental da planície fluvio-marinha do rio Maranguapinho reforça a necessidade de preservação dessa unidade, não apenas pelas evidências dos impactos ambientais, mas justificada pelas condições de um ambiente fortemente instável, de modo que a integridade e funcionalidade ambiental desta área sejam mantidas.

Com base na análise do referido diagnóstico, pode-se afirmar que as paisagens da bacia do rio Maranguapinho apesar de serem constituídas por diferentes unidades e diversas formas de uso e ocupação, estabelecem relações de trocas de energias e matérias entre suas unidades geológicas, compartilhando assim a dinâmica ambiental da bacia hidrográfica como um sistema de análise.

O perfil geológico representado na figura 61 apresenta de maneira geral as características ambientais, bem como os problemas/impactos e as formas de uso e ocupação da bacia hidrográfica do rio Maranguapinho, o que torna possível observar as inúmeras pressões ambientais que este sistema hidrográfico recebe das ações antrópicas.

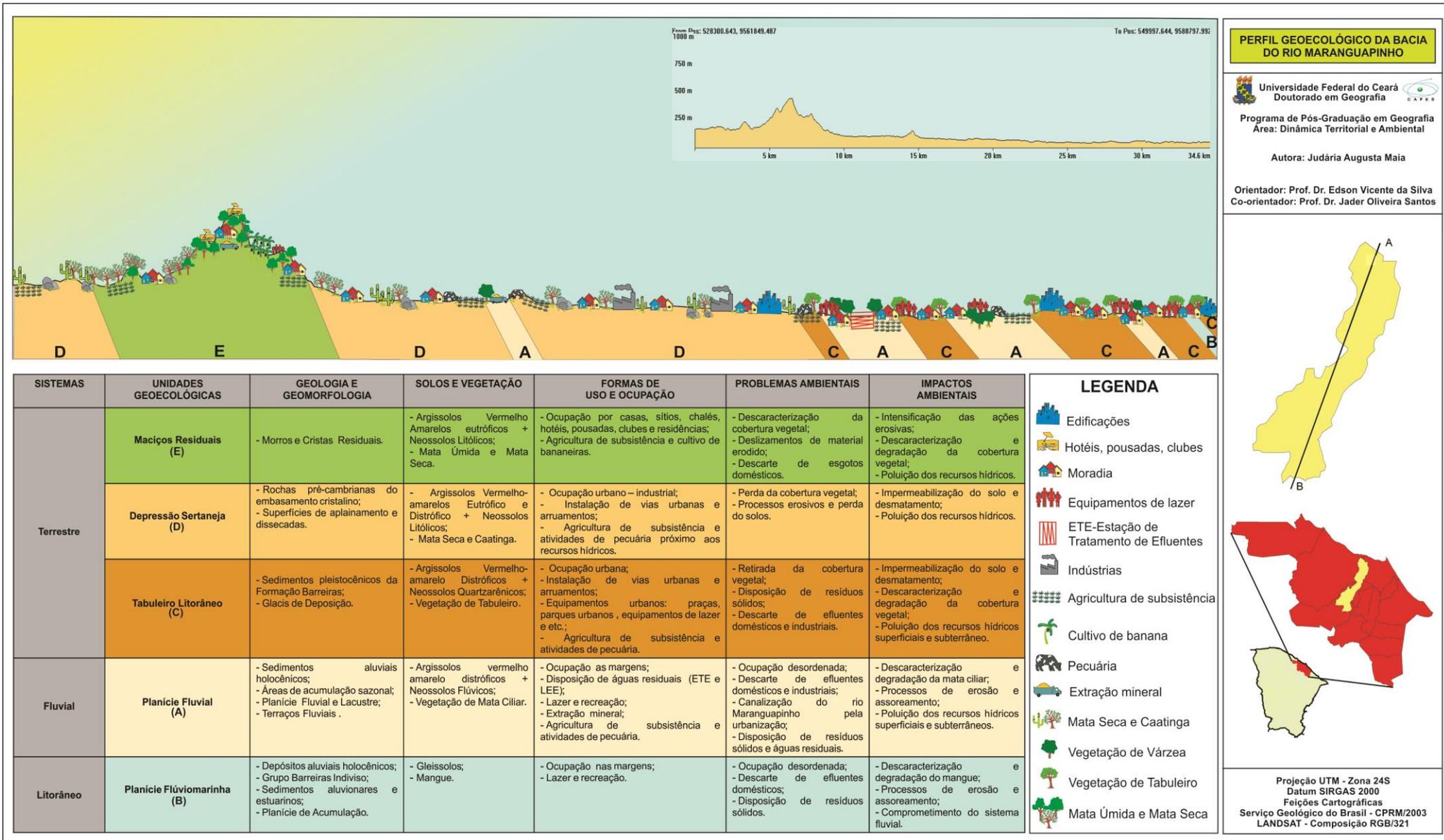


Figura 61. Perfil geocológico longitudinal dos usos da bacia do rio Maranguapinho. Fonte: Elaborado por Maia (2015).

Dentro de uma contextualização geral, as unidades geoecológicas apresentam particularidades para fins de compor o funcionamento de um determinado sistema, onde considerar a influência das ações antrópicas na modificação e a evolução das paisagens das unidades geoecológicas, bem como os impactos e problemas ambientais é imprescindível para propor diretrizes para a gestão ambiental da bacia do rio Maranguapinho.

## **8. ESTADO AMBIENTAL DA PAISAGEM DA BACIA DO RIO MARANGUAPINHO**

A análise integrada da bacia hidrográfica representa uma etapa de fundamental importância para o entendimento dos fenômenos naturais e sociais que configura a paisagem, balizando assim informações pertinentes ao estado ambiental das unidades geoecológicas da bacia do rio Maranguapinho e a suas relações socioambientais na área de estudo.

A identificação dos problemas e impactos ambientais traz luz à classificação dos níveis de degradação e do estado ambiental da paisagem, além de traduzir as modificações e perdas funcionais da paisagem de forma parcial e/ou total das suas propriedades originais. Desta forma, é possível entender a atual configuração do espaço geográfico, por meio do arranjo de suas paisagens culturais, dos problemas e impactos ambientais identificados na área de estudo.

### **8.1. Processos Geoecológicos Degradantes**

Os problemas ambientais identificados ao longo da bacia hidrográfica do rio Maranguapinho são passíveis de representação das unidades geoecológicas quanto ao nível da degradação ambiental, como também determinar o estado ambiental dos geossistemas. Segundo Rodriguez, Silva e Cavalcanti (2004), os problemas ambientais ou processos geoecológicos degradantes são expressões que podem ocorrer tanto de ordem natural e como da ação antrópica. Estes são divididos em duas classes: naturais e de interação.

Dentre os processos geoecológicos que provém da degradação natural foram identificados na bacia do rio Maranguapinho: erosão, intemperismo e laterização; degradação da vegetação e do solo; perda da biodiversidade; aumento do aporte hídrico pelas chuvas; erosão por processos pluviais; degradação da mata ciliar; assoreamento de rios e riachos.

A paisagem da bacia do rio Maranguapinho apresenta diversos problemas ambientais ao longo de sua extensão, estes relacionados principalmente ao processo

de urbanização da bacia, considerada como alteração antrópica mais presente na totalidade do objeto de estudo.

Quanto aos processos de Interação ou Antrópicos inerentes a área de estudo merece destaque: a perda da paisagem natural; poluição dos recursos hídricos fluviais e marinhos; intensificação dos processos erosivos; retirada da vegetação natural para agricultura; contaminação e perda da fertilidade do solo; descaracterização e retirada da mata ciliar e intensificação dos processos erosivos.

Dentre os processos de usos que potencializam a degradação da bacia do rio Maranguapinho, constam: agricultura, extração mineral e ocupação residencial das margens, além de práticas de disposição irregular dos resíduos sólidos e lançamento de efluentes que aceleram ainda mais os processos de degradação de ordem natural. É nesse cenário que os processos geoecológicos de interação mais presentes são: a poluição dos recursos hídricos, desmatamento, contaminação do solo e retirada da cobertura vegetal nas áreas de tabuleiro e APP do canal principal.

Além de desconfigurar a paisagem natural pelas estruturas edificadas e pelos diversos usos da bacia, os impactos sobre recursos naturais são fatores decisivos para a determinação do estado ambiental da paisagem. Uma vez que os impactos potencializam os processos geoecológicos naturais e, conseqüentemente a degradação da paisagem.

Considerando que o nível de degradação da paisagem possui relação direta com os problemas ambientais inerentes à área de estudo, a bacia do rio Maranguapinho apresentou diferentes níveis de degradação em cada unidade geoecológica, uma vez que em uma mesma unidade geoecológica apresentam áreas com diferentes níveis de degradação.

## **8.2. Estado Ambiental**

Os tipos de estado ambiental se diferenciam e se classificam pela perda parcial da estrutura espacial e funcional da paisagem, bem como pela eliminação gradativa das funções geoecológicas, onde as áreas são marcadas por significativos e inúmeros

problemas ambientais de forma que o uso da terra e o impacto humano excedem a capacidade de carga e suporte do geossistema (RODRIGUEZ, et al, 2004).

Considerando que os níveis de degradação ambiental existentes na bacia do rio Maranguapinho variam entre: pouco degradada, degradada e muito degradada. Esta classificação subsidia as categorias do estado ambiental, o qual é considerado como a situação geocológica da paisagem, determinada pelo tipo e grau de impacto e a capacidade de reação e absorção dos geossistemas (RODRIGUEZ, et. al, op cit).

Em relação à classificação do estado ambiental das unidades geocológicas existem diversas possibilidades de as mesmas apresentarem áreas com diferentes classificações. Contudo, a representação cartográfica utilizada nesta pesquisa permitiu analisar o nível de degradação da bacia predominante em cada unidade geocológica.

Dentro desse contexto, o estado ambiental da bacia do rio Maranguapinho apresenta as seguintes categorias: medianamente estável (sustentável); instável (insustentável) e crítico. Apesar da classificação aqui disposta, foram ser identificadas áreas pontuais com maiores ou menores níveis de degradação, as quais não foram possíveis espacializar na escala de análise.

Vale ressaltar que estas classes condicionam a categorização das unidades geocológicas quanto às áreas susceptíveis aos diversos tipos uso e ocupação inerente à área de estudo.

### **8.2.1. Unidades geocológicas com estado ambiental medianamente estável**

Em um contexto geral os maciços residuais e a depressão sertaneja se classificam como áreas medianamente estáveis. Uma vez que apesar de apresentarem mudanças na estrutura da paisagem por conta dos problemas ambientais ali existentes, estas não alteram a integridade dos geossistemas como um todo.

A figura 62 apresenta um setor da serra de Maranguape, espacializada na bacia do rio Maranguapinho, caracterizado como o mais densamente ocupado por residências, sítios e pousadas. Além disso, outro uso evidente e preocupante no local é

a atividade de agricultura de subsistência, como bananeiras, uma vez que as raízes acarretam problemas como a desagregação do solo, favorecendo a erosão nas áreas de encostas.



Figura 62. Ponto amostral do estado ambiental da Serra de Maranguape na bacia do rio Maranguapinho.

Avaliando a espacialização desta unidade dentro dos limites da bacia, é possível notar perdas pontuais da paisagem natural, evidenciando o início de mudanças na estrutura e função da paisagem. Dentre os fatores mais pertinentes com relação ao nível de degradação dessas áreas se destaca a perda da cobertura vegetal, afetando diretamente a capacidade de autorregulação da unidade geocológica.

Considerando as limitações legais dos maciços residuais, a Lei Federal n.º 12651/12, inciso IX do artigo 4º versa sobre as Áreas de Preservação Permanente (APP), em zonas rurais ou urbanas, que para efeito de proteção dos maciços residuais, considera-se:

IX - no topo de morros, montes, montanhas e serras, com altura mínima de 100 (cem) metros e inclinação média maior que 25°, as áreas delimitadas a partir da curva de nível correspondente a 2/3 (dois terços) da altura mínima da elevação sempre em relação à base, sendo esta definida pelo plano horizontal determinado por planície ou espelho d'água adjacente ou, nos relevos ondulados, pela cota do ponto de sela mais próximo da elevação.

Vale ressaltar que as áreas de entorno das nascentes também são protegidas legalmente pela lei supracitada, de modo que as atividades admitidas nestas áreas se restringem: agrossilvipastoris, de ecoturismo ou de turismo rural, sendo obrigatória a recomposição do raio mínimo de:

- I - 5 (cinco) metros, para imóveis rurais com área de até 1 (um) módulo fiscal;
- II - 8 (oito) metros, para imóveis rurais com área superior a 1 (um) módulo fiscal e de até 2 (dois) módulos fiscais; e
- III - 15 (quinze) metros, para imóveis rurais com área superior a 2 (dois) módulos fiscais.

Além das restrições legais, podem-se acrescentar como limitações naturais: os desníveis topográficos da serra e das vertentes mais íngremes, impedindo a implantação de loteamentos, limitando também uma ocupação mais densa e a dificuldade topográfica na implantação de vias de acesso.

Considerando a beleza cênica, a disponibilidade hídrica das nascentes, bem como formação de cachoeiras e o clima agradável das áreas serranas, as atividades relacionadas à recuperação ambiental se destacam como potencialidades do maciço residual da bacia do rio Maranguapinho.

Enquanto que os maciços se destacam pela ocupação indevida, a depressão sertaneja por sua vez apresenta maiores problemas de degradação ocasionados pelas atividades de agropecuária, principalmente por conta de práticas rudimentares na agricultura, a exemplo das queimadas para limpeza do terreno para o plantio.

Os problemas/impactos ambientais decorrentes nessas áreas são de uma intensidade leve a moderada, alterando o potencial natural do geossistema, através da

retirada da vegetação original, bem como os processos erosivos naturais que são potencializados pelas práticas supracitadas.

Considerando a configuração do estado ambiental da depressão sertaneja, pode-se afirmar que os problemas ambientais não se refletem diretamente pelas pressões da ocupação urbana, apesar de apresentar áreas com potencialidades para tal uso. Contudo, à medida que aproxima da unidade de tabuleiro litorâneo, nota-se a presença de sítios industriais e urbanização menos densa, quando comparada às áreas de tabuleiro.

Atualmente, a paisagem da depressão sertaneja vem sendo alterada pela implantação de obras urbanas e hídricas, a exemplo: das vias de acesso entre os municípios de Maranguape, Maracanaú e Fortaleza e; a barragem para contenção de cheias no município de Maracanaú (Figura 63). Contudo a paisagem cultural dessas áreas demonstra um cenário predominantemente com práticas rurais.



Figura 63. Ponto amostral do estado ambiental da Depressão Sertaneja da bacia do rio Maranguapinho.

É importante ressaltar que os maciços residuais e a depressão sertaneja desempenham funções de emissão e produção (recursos hídricos e sedimentos) no sistema integrado da bacia hidrográfica, onde as mudanças no funcionamento dessas unidades podem acarretar distúrbios funcionais e acumulativos para a bacia hidrográfica como unidade ambiental.

Estas alterações possuem relação com a intensidade das práticas antrópicas que potencializam a degradação ambiental, podendo assim evoluir o estado ambiental destas unidades de medianamente estável para instável.

### **8.2.2. Unidades geocológicas com estado ambiental instável**

Os tabuleiros litorâneos configuram uma paisagem com alto potencial para ocupação e expansão urbana, para a implantação de vias, de arruamentos, de loteamentos, de aterros sanitários, dentre outras formas de uso e ocupação que possam entrar em consonância com um relevo estabilizado e com baixo potencial para ocorrência de perdas do solo.

No caso da bacia do rio Maranguapinho, os usos identificados nos tabuleiros litorâneos apresentam conformidades com as limitações e as potencialidades desta unidade. Contudo, a amplitude dos usos e as pressões antrópicas ali existentes acarretam impactos com intensidade elevada.

Os principais problemas ambientais estão relacionados à impermeabilização do solo e, conseqüentemente o comprometimento da recarga de aquíferos, riscos de poluição dos recursos hídricos e, ordenamento de ocupações irregulares que tem caimento para os fundos de vales, ocasionando o aparecimento de áreas de risco por ocupações irregulares.

Considerando a alteração da paisagem nas áreas de tabuleiro pré-litorâneo da bacia do rio Maranguapinho, pode-se considerar que dentro da metodologia utilizada as mesmas se enquadram em um estado ambiental instável. Isso se justifica pelo fato das formas de uso e ocupação ocasionarem mudanças significativas na estrutura espacial e

funcional da referida unidade, de forma que a unidade geocológica não consegue cumprir as suas funções geocológicas naturais (Figura 64).



Figura 64. Ponto amostral do estado ambiental do Tabuleiro Litorâneo da bacia do rio Maranguapinho.

Dentre as principais formas de uso dos tabuleiros, as áreas ocupadas e a expansão urbana acelerada se classificam como principal agente degradante da vegetação nativa. Contudo, a instalação de equipamentos de requalificação urbana, como: áreas de lazer, praças, parques e etc., tentam balizar a pressão urbana com pontos de arborização e lazer.

Além dos tabuleiros, a planície fluviomarinha se enquadra em um estado ambiental instável, considerando que o nível de degradação desta unidade varia de pouco degradada a degradada, predominando a segunda tipologia. Apesar de configurar uma unidade com limitações quanto à ocupação, a figura 65 mostra claramente a presença de residências irregulares na margem direita do rio

Maranguapinho. Vale ressaltar que essas áreas estão em processo de desapropriação por meio das intervenções urbanas que estão sendo implantadas pelo PROMURB.



Figura 65. Ponto amostral do estado ambiental da Planície Fluviomarinha da bacia do rio Maranguapinho e APP de recurso hídrico, sugerida pelo Decreto Estadual N° 15.274/1982 e Lei nº 12.651/2012.

A planície fluviomarinha apresenta limitação legal quanto ao uso e ocupação. A respeito da delimitação da APP de recurso hídrico, esta se encontra representada de forma genérica na figura acima, onde a implantação dos equipamentos urbanos encontra-se em consonância a delimitação sugerida pelo Decreto Estadual N° 15.274/1982 e Lei nº 12.651/2012.

Vale ressaltar a existência da Área Proteção Ambiental do estuário do rio Ceará, que estabelece contato entre os rios Ceará e o Maranguapinho, além de protegida legalmente, tratar-se de áreas susceptíveis a problemas erosivos, com a predominância de área de manguezal, com difícil acesso. Isso justifica uma cobertura vegetal parcialmente preservada. As condicionantes naturais da planície fluviomarinha

configuram uma paisagem caracterizada por inundações periódicas em detrimento das oscilações das marés e, solos instáveis para ocupação, caracterizando-se com áreas de instabilidade ecológica.

### **8.2.3. Unidades geoecológicas com estado ambiental crítico**

Com relação às áreas em estado ambiental crítico, considerado o pior estado encontrado na bacia do rio Maranguapinho, a planície fluvial se insere principalmente em virtude do seu cenário de degradação ambiental (degradada a muito degradada). Isso decorre das inúmeras formas de uso e ocupação inseridas no geossistema, bem como os problemas ambientais de forte intensidade.

Considerando as potencialidades desses ambientes, pode citar para o uso devido desses ambientes: utilização dos recursos naturais para agricultura de subsistência, dessedentação animal e recuperação da paisagem natural. No caso do rio Maranguapinho, o desordenamento espacial e funcional das unidades acaba por fomentar a evolução de estado de degradação das unidades como um todo, principalmente o estado ambiental da planície fluvial.

As planícies fluviais são protegidas legalmente quanto ao uso principalmente das margens do leito do rio para fins de preservação de matas ciliares que, segundo a Lei Federal n.º 12651/12. Considerando que a largura do rio Maranguapinho não ultrapassa 10 m, a delimitação de APP se dá da seguinte forma:

I - as faixas marginais de qualquer curso d'água natural perene e intermitente, excluídos os efêmeros, desde a borda da calha do leito regular, em largura mínima de:

- a) 30 (trinta) metros, para os cursos d'água de menos de 10 (dez) metros de largura;

Apesar de apresentar áreas legalmente protegidas, as limitações naturais relacionadas a inundações sazonais, a ocupação em baixos níveis de terraços fluviais, áreas susceptíveis a poluição dos solos e a poluição dos recursos hídricos são as preocupações mais frequentes nas áreas de planície fluvial.

Dentre as atividades potencializadoras da degradação se destaca a extração mineral do leito e margens do rio, ocupação ribeirinha, disposição de resíduos sólidos e descarte de efluentes domésticos e industriais. Estas ações conferem a modificação da paisagem natural, interferindo nas suas funções geoecológicas. Uma vez que ocorre a retirada da mata ciliar, expondo as margens a erosão, bem como a intensificação dos processos de assoreamento.

Em meio a um cenário degradado, a realização de obras de requalificação urbana e recuperação ambiental vêm modificando constante a paisagem natural desses ambientes. A figura 66 mostra a espacialização da implantação de diversos equipamentos urbanos, margeando o canal principal, dentre eles: praças, calçadões, parques e áreas para práticas de exercícios físicos e esportes.



Figura 66. Ponto amostral do estado ambiental da Planície Fluvial da bacia do rio Maranguapinho com desenho do projeto de requalificação urbana e APP de recurso hídrico, sugerida pelo Decreto Estadual N° 15.274/1982 e Lei nº 12.651/2012.

Esse setor mostra de forma genérica a espacialização de equipamentos urbanos, margeando a APP sugerida pelo Decreto Estadual N° 15.274/1982 e Lei nº 12.651/2012, uma vez que o projeto de requalificação tem como um dos objetivos a recuperação ambiental do rio Maranguapinho. Contudo, a organização territorial adotada para implantação dessas obras, não extinguiram os problemas ambientais ali existentes.

Isso ocorre porque o projeto acaba por considerar de forma mais evidente a implantação das obras no canal fluvial, permanecendo com os mesmos usos inadequados, o que caracteriza a ausência de um planejamento integrado com a sociedade.

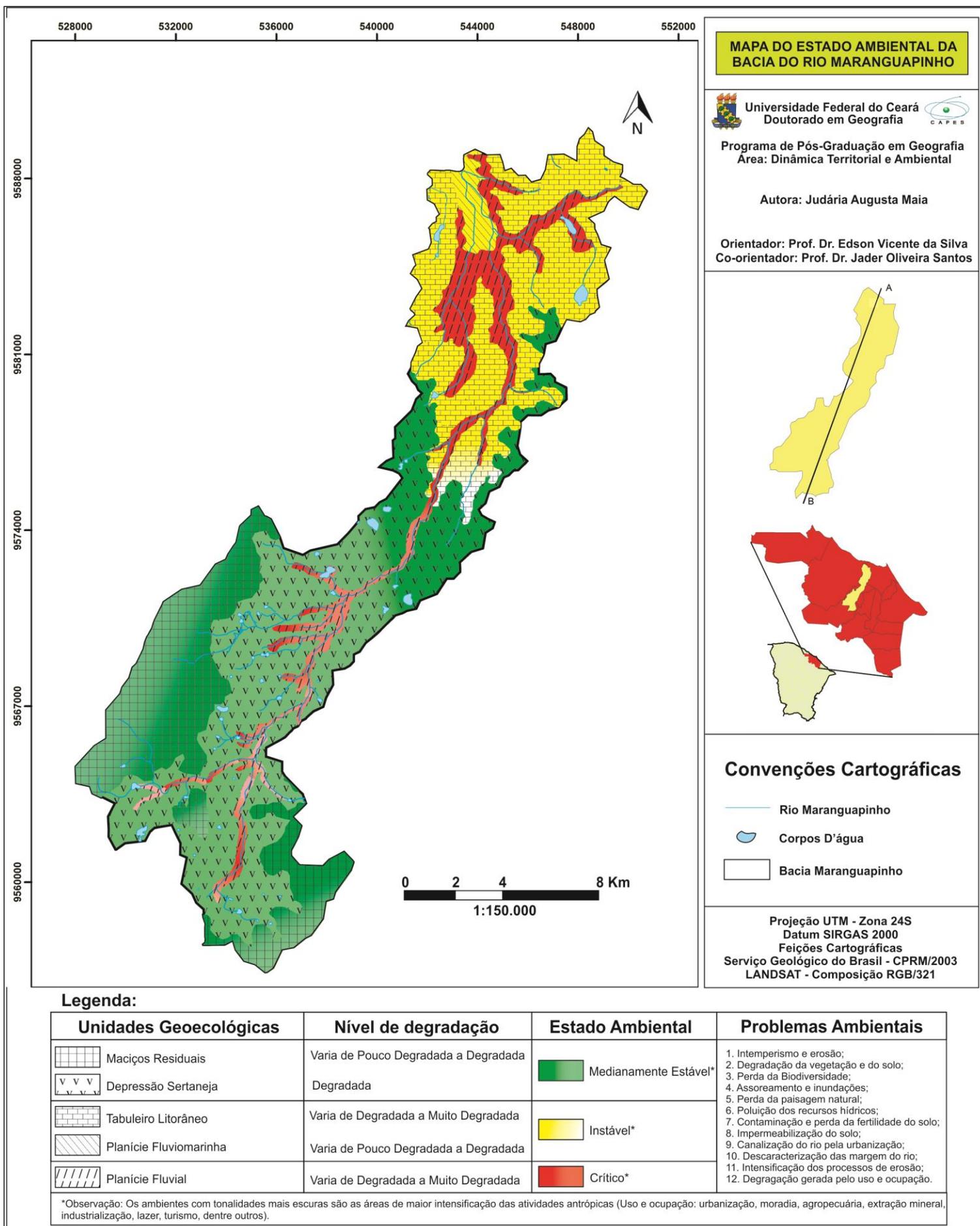
Nesse contexto, a planície fluvial permanece caracterizada por usos inadequados frente as limitações dos recursos naturais e das paisagens que formam as unidades geoecológicas em questão. Desta forma, pode-se afirmar que a delimitação de APP não consegue garantir o equilíbrio ecológico desses ambientes, bem como a inserção das atividades econômicas, lazer, conservação e proteção dos recursos naturais.

Considerando o estado ambiental como crítico e preocupante, a implantação de medidas mitigadoras imediatas é imprescindível para que o quadro não evolua para o estado muito crítico, onde a perda da função ambiental muitas vezes se torna irreversível.

O quadro 12 apresenta a síntese dos processos geoecológicos degradantes da área de estudo, bem como os níveis de degradação ambiental e o estado da paisagem por unidade geoecológica. A escala de análise da paisagem permitiu uma classificação de forma genérica, onde os fatores de degradação predominantes de cada unidade foram levados em consideração para a referida classificação (Mapa 10).

UNIDADES GEOECOLÓGICAS	PROCESSOS GEOECOLÓGICOS DEGRADANTES NA BACIA DO RIO MARANGUAPINHO		NÍVEL DE DEGRADAÇÃO	ESTADO AMBIENTAL
	NATURAIS	INTERAÇÃO (ANTRÓPICOS)		
<b>Maciços Residuais</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Erosão e intemperismos;</li> <li>- Laterização;</li> <li>- Degradação da vegetação e do solo;</li> <li>- Deslizamentos de solos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Perda da paisagem natural</li> <li>- Poluição dos recursos hídricos</li> <li>- Intensificação dos processos erosivos</li> </ul>	Varia de pouco degradada a degradada	Medianamente Estável
<b>Depressão Sertaneja</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Degradação da vegetação e do solo;</li> <li>- Perca da biodiversidade;</li> <li>- Erosão e remoção dos solos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Retirada da vegetação natural para agricultura (queimadas);</li> <li>- Contaminação e perda da fertilidade do solo;</li> </ul>	Degradada	Medianamente Estável
<b>Tabuleiro Litorâneo</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Degradação da vegetação e do solo;</li> <li>- Redução da biodiversidade;</li> <li>- Erosão por processos pluviais (inundação e transporte de sedimentos).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Canalização do rio Maranguapinho pela urbanização;</li> <li>- Impermeabilização do solo;</li> <li>- Inundações fluviais.</li> <li>- Ocupações irregulares em situação de risco.</li> </ul>	Varia de degradada a muito degradada	Instável
<b>Planície Fluvial</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Degradação da mata ciliar;</li> <li>- Assoreamento e erosão ;</li> <li>- Aumento do aporte hídrico pela ação pluvial;</li> <li>- Inundações fluviais.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Descaracterização e retirada da mata ciliar;</li> <li>- Intensificação dos processos de erosão e assoreamento;</li> <li>- Poluição dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos.</li> </ul>	Varia de degradada a muito degradada	Crítico
<b>Planície Fluviomarinha</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Degradação do maguezal;</li> <li>- Inundações;</li> <li>- Assoreamento e erosão;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Descaracterização e retirada da vegetação de mangue;</li> <li>- Intensificação dos processos erosivos e assoreamento</li> <li>- Poluição dos recursos hídricos, fluviais e marinhos.</li> </ul>	Pouco degradada a degradada	Instável

Quadro 12. Síntese do estado ambiental da Bacia do rio Maranguapinho. Fonte: Adaptado de Rodriguez, Silva e Cavalcanti (2004).



Mapa 10. Estado ambiental da bacia do rio Maranguapinho por níveis de degradação. Fonte: Elaborado por Maia (2015).

## **9. DIRETRIZES PARA GESTÃO AMBIENTAL DA BACIA DO RIO MARANGUAPINHO**

O zoneamento ambiental pode ser considerado como a definição de setores ou zonas com objetivos de manejo e normas específicas, com o propósito de proporcionar os meios e as condições para que se possa assegurar um desenvolvimento urbano perfeitamente compatível com os objetivos de conservação da natureza de maneira harmônica e eficaz, conforme afirma Souza et al. (2009).

Assim, o zoneamento se apresenta como ferramenta fundamental para propor metodologias aplicadas à gestão e ao planejamento ambiental, uma vez que propõe direcionar e estabelecer os diversos tipos de usos inerentes aos sistemas ambientais. Nesta perspectiva, o zoneamento ambiental estabelece diretrizes para a delimitação de zonas, as quais são pautadas nas limitações e potencialidades dos sistemas ambientais, com vista nos processos de uso e ocupação dos sistemas.

Com base na compartimentação do zoneamento ambiental, o zoneamento funcional por sua vez estabelece medidas a serem implementadas de acordo com a situação ambiental das áreas contidas em cada unidade geoecológica, além de considerar a capacidade de suporte dos ambientes. A definição dessas zonas considera o cumprimento de fase propositiva da metodologia de análise.

Dentro desse contexto, as características naturais dominantes e a susceptibilidade ambiental de cada unidade geoecológica em face dos processos históricos do uso e ocupação da bacia do rio Maranguapinho possibilita redesenhar o arranjo espacial que origina a paisagem das unidades geoecológicas dentro do sistema urbano em que a bacia se encontra.

Considerando a necessidade de se estabelecer um rearranjo espacial das formas de uso e ocupação, a análise dos processos degradantes das unidades geoecológicas da bacia do rio Maranguapinho, bem como as limitações e potencialidades permitiu apresentar um zoneamento integrado com a indicação áreas de uso sustentável para a bacia (Quadro 13).

<b>ZONEAMENTO PARA ORDENAMENTO TERRITORIAL</b>	
<b>ZONEAMENTO</b>	<b>ZONAS E ÁREAS DE USO</b>
<b>Ambiental</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Zona de Preservação Ambiental (ZPA);</li> <li>▪ Zona de Recuperação Ambiental (ZRA);</li> <li>▪ Zona de Usos Específicos (ZUE).</li> </ul>
<b>Funcional</b>	<p><b>ZPA</b> – Ações para conservação ambiental;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <b>Áreas para Equilíbrio Ecológico (AEE):</b> Áreas de Preservação Permanente - APP; Áreas de Proteção Ambiental – APA.</li> </ul>
	<p><b>ZRA</b> – Ações de recuperação do equilíbrio ambiental;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <b>Áreas para Usos Restritos (AUR):</b> 1. Ecoturismo e recreação, 2. Educação Ambiental, 3. Pesquisas científicas;</li> </ul>
	<p><b>ZUE</b> – Ordenamento de uso e ocupação;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <b>Áreas de Ocupação Consolidada (AOC):</b> 1. Ocupação urbana;</li> <li>▪ <b>Áreas de Requalificação Urbana (ARU):</b> 1. Parques Urbanos, áreas de lazer e de esportes;</li> <li>▪ <b>Áreas para Uso Sustentável (AUS):</b> 1. Agropecuária; 2. Expansão urbana e Industrial.</li> </ul>

Quadro 13. Proposta de zoneamento ambiental e funcionamento da bacia do rio Maranguapinho. Fonte: Elaborado por Maia (2015).

As zonas supracitadas propõem melhorias para a realidade ambiental retratada na bacia do rio Maranguapinho, norteando a tomada de decisão para fins de gestão ambiental da área de estudo.

### **9.1. Zona de Preservação Ambiental (ZPA)**

O enquadramento da Zona de Preservação Ambiental (ZPA) propõe à proteção integral dos recursos naturais e dos ecossistemas, permitindo que os usos dos mesmos se realizem apenas de forma indireta, uma vez que estes usos não se devem propor o consumo direto, coleta, dano ou destruição dos recursos naturais.

Estas áreas apresentam relevante importância para a dinâmica natural do sistema ambiental, principalmente no que concerne à proteção das margens do rio pela mata ciliar. Desta forma, as Áreas de Equilíbrio Ecológico (AEE) estão estabelecidas em consonância com a delimitação de APP de recurso hídrico (rios e corpos hídricos) e

de topo de morro (maciços residuais), bem como da espacialização da APA do estuário do rio Ceará que abrange pequena parte da bacia (59 hectares).

A delimitação das APP tem como base as normas estabelecidas na Lei 12.651/12 (Código Florestal) e Resolução CONAMA 303/02. Vale ressaltar que em virtude da escala de análise da área de estudo, não foi possível realizar a delimitação da APP de cada topo de morro dos maciços inerentes à bacia, nascentes e cursos d'águas secundários. No entanto, as áreas que apresentaram altitudes mais acentuadas se enquadraram como AEE, promovendo restrições com relação as formas de uso e ocupação.

De forma geral, as AEE encontram-se degradadas, carecendo de medidas de recuperação da vegetação, uma vez que estas desempenham papel de suma importância para proteção das margens do canal fluvial, bem como das nascentes dos rios. Logo, a implantação de medidas para conter as atividades relacionadas à disposição de resíduos sólidos, agricultura desordenada e extração de areias são necessárias e emergenciais. Uma vez que essas atividades, dentre os demais usos já abordados nos capítulos anteriores continuam alterando a paisagem e o funcionamento do sistema ambiental.

## **9.2. Zona de Recuperação Ambiental (ZRA)**

A Zona de Recuperação Ambiental (ZRA) enquadra as áreas que foram parcialmente ocupadas e, em decorrência de impactos negativos advindos do processo de expansão urbana encontram-se degradadas. Contudo, os componentes ambientais relevantes permanecem de tal forma que a capacidade produtiva dos recursos naturais não se apresenta totalmente comprometida.

A ZRA é constituída por ambientes medianamente estáveis, a exemplo das áreas de tabuleiro e as áreas adjacentes às planícies: fluvial e fluviomarinha. A retirada da cobertura vegetal se caracteriza como principal impacto negativo em decorrência do intenso processo de degradação pela ocupação. É nesse sentido que a ZRA tem o objetivo de proteger a diversidade ecológica, bem como disciplinar os processos de ocupação do solo, recuperando o ambiente natural degradado.

Para isso, as Áreas para Usos Restritos (AUR) propõe controlar os processos de uso e ocupação do solo da bacia, uma vez que a recuperação dessas áreas visa assegurar a estabilidade do uso dos recursos naturais com foco no equilíbrio socioambiental.

Desta forma, a implantação de ações de monitoramento ambiental e os programas de recomposição da vegetação nativa se destacam como as diretrizes emergenciais. Associada as medidas de recuperação e monitoramento das condicionantes ambientais, as AUR enquadram os usos relacionados às atividades de ecoturismo, recreação, educação ambiental e pesquisas científicas.

### **9.3. Zona de Usos Específicos (ZUE)**

A Zona de Usos Específicos (ZUE) é caracterizada por áreas inseridas em um espaço densamente ocupado com focos de áreas com baixa densidade urbana, desta forma a compartimentação da ZUE é de suma importância para promover o reordenamento territorial da expansão urbana na bacia do rio Maranguapinho.

Nas Áreas de Ocupação Consolidada (AOC) a paisagem natural foi totalmente modificada pela urbanização, carecendo de medidas de manutenção dos espaços urbanos, como: a implantação de programas de saneamento ambiental; manutenção da infraestrutura a fim de melhorar a capacidade de infiltração e escoamento pluvial, bem como a implantação de programas de arborização desses espaços.

As Áreas de Requalificação Urbana (ARU) estão geralmente espacializadas em ambientes de transição entre as unidades de planície fluvial e tabuleiro litorâneo, caracterizadas por ambientes ecologicamente instáveis, com focos de áreas de inundação devido à proximidade dos recursos hídricos. Para esse cenário, o potencial paisagístico fomenta a implantação de equipamentos públicos, como: parques urbanos, áreas para lazer e esportes.

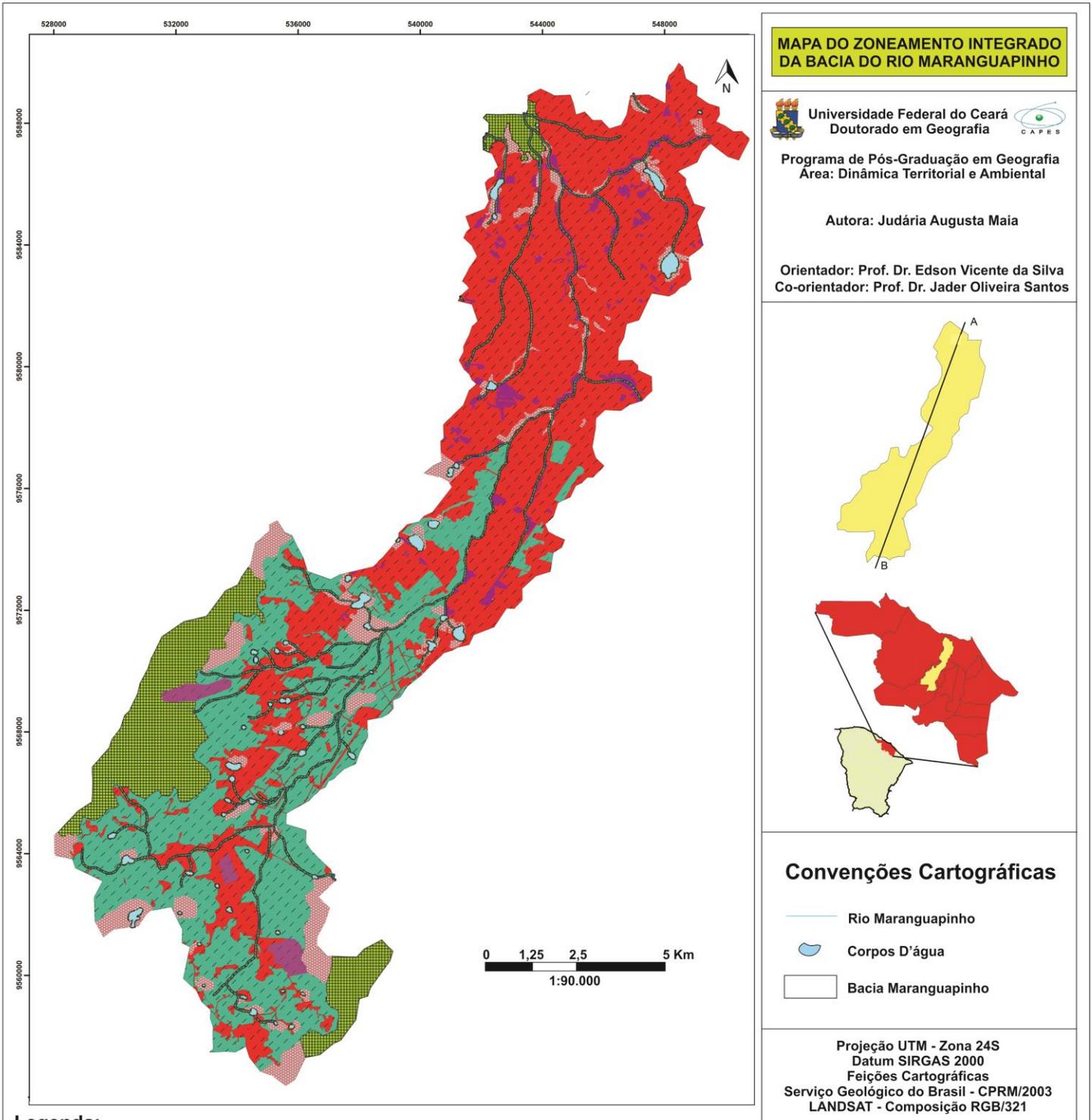
As Áreas para Uso Sustentável (AUS) estão enquadradas em espaços adjacentes as áreas urbanas, onde a análise dos processos históricos permite dimensionar a instalação de ocupações de forma desordenada. Para fins de planejamento territorial da bacia, as AUS têm o objetivo de ordenar os usos

relacionados à: agropecuária e expansão urbana e industrial de maneira sustentável, respeitando as taxas de permeabilidade e escoamento hídrico do terreno.

Nota-se que a análise das potencialidades e as limitações das unidades fomentam o ordenamento territorial dos sistemas ambientais que é de suma relevância para a manutenção e funcionamento do sistema. Desta forma a distribuição territorial da bacia em zonas, apontando para áreas de usos específicos, bem como a adoção de ações e práticas para fins de conservação e preservação ambiental (Quadro 14). Logo, a proposta de ordenamento territorial para a bacia tratou de um novo desenho de gestão ambiental (Mapa 11).

ZONEAMENTO AMBIENTAL	ZONEAMENTO FUNCIONAL	UNIDADES GEOECOLÓGICAS INTEGRADAS	POTENCIALIDADES AMBIENTAIS	PROBLEMAS E RISCOS AMBIENTAIS	DIRETRIZES PARA GESTÃO
<b>ZONA DE PRESERVAÇÃO AMBIENTAL (ZPA)</b>	Áreas para Equilíbrio Ecológico (AEE)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Maciços Residuais</li> <li>- Planície Fluvial</li> <li>- Planície Fluviomarinha</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Alta diversidade biológica;</li> <li>- Disponibilidade hídrica superficial;</li> <li>- Proteção do sistema ambiental;</li> <li>- Habitat de fauna nativa e migratoria;</li> <li>- Vegetação mais densa;</li> <li>- Patrimônio Paisagístico.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Descaracterização da cobertura vegetal;</li> <li>- Poluição dos recursos hídricos e solos;</li> <li>- Processos erosivos e movimento de massas;</li> <li>- Riscos de inundações e de aparecimento de áreas de risco;</li> <li>- Desequilíbrio na dinâmica ambiental.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Recuperação e preservação da vegetação nativa, garantindo a proteção das margens do canal fluvial e das nascentes dos rios;</li> <li>- Implantação de medidas para conter: ocupação, disposição de resíduos sólidos, agricultura desordenada e extração de areias;</li> <li>- Ações de recuperação das condicionantes ambientais;</li> <li>- Preservação da unidade de conservação – APA do rio Ceará.</li> </ul>
<b>ZONA DE RECUPERAÇÃO AMBIENTAL (ZRA)</b>	Áreas para Usos Restritos (AUR)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Maciços Residuais</li> <li>- Depressão Sertaneja</li> <li>- Planície Fluvial</li> <li>- Planície Fluviomarinha</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Áreas que abrigavam relevante biodiversidade;</li> <li>- Disponibilidade hídrica: escoamento superficial e alimentação do lençol freático;</li> <li>- Manutenção e proteção do sistema ambiental;</li> <li>- Patrimônio Paisagístico.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Perda da cobertura vegetal e biodiversidade;</li> <li>- Poluição dos recursos hídricos e solos;</li> <li>- Processos erosivos e perdas de solos;</li> <li>- Riscos de inundações e de aparecimento de áreas de risco;</li> <li>- Desequilíbrio na dinâmica ambiental.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Implantação de ações de monitoramento ambiental;</li> <li>- Programas de recomposição da vegetação nativa;</li> <li>- Ações de recuperação e monitoramento das condicionantes ambientais;</li> <li>- Enquadramento de usos relacionados às atividades de ecoturismo, recreação, educação ambiental e pesquisas científicas.</li> </ul>
<b>ZONA DE USOS ESPECÍFICOS (ZUE)</b>	<p>Áreas de Ocupação Consolidada (AOC)</p> <p>Áreas de Requalificação Urbana (ARU)</p> <p>Áreas para Uso Sustentável (AUS)</p>	Todas as unidades	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ambientes que apresentam:</li> <li>* Áreas com perda da funcionalidade ambiental;</li> <li>* Áreas com níveis de degradação variados;</li> <li>* Áreas propícias a agropecuária, ocupação urbana e industrial.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Retirada da cobertura vegetal;</li> <li>- Aumento da temperatura pela impermeabilização do solo por asfaltos e construções;</li> <li>- Riscos de inundações e de aparecimento de áreas de risco;</li> <li>- Desequilíbrio na dinâmica ambiental.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Implantação de programas de saneamento ambiental;</li> <li>- Manutenção da infraestrutura para melhorar a capacidade de infiltração e escoamento pluvial;</li> <li>- Implantação equipamentos públicos, como: parques urbanos, áreas para lazer e esportes.</li> <li>- Programas de arborização;</li> <li>- Ordenamento de usos: agropecuária e expansão urbana e Industrial.</li> </ul>

Quadro 14. Síntese do zoneamento ambiental e funcional da Bacia do rio Maranguapinho. Fonte: Adaptado de Rodriguez, Silva e Cavalcanti (2004) e Souza et. al. (2009).



**Legenda:**

ZONEAMENTO AMBIENTAL	ZONEAMENTO FUNCIONAL	UNIDADES GEOECOLÓGICAS INTEGRADAS
Zona de preservação ambiental (ZPA) 	Área para Equilíbrio Ecológico (AEE)	- Maciços Residuais - Planície Fluvial - Planície Fluviomarinha
Zona de recuperação ambiental (ZRA) 	Área para Usos Restritos (AUR)	- Maciços Residuais - Tabuleiro Litorâneo - Planície Fluvial - Depressão Sertaneja - Planície Fluviomarinha
Zona de usos específicos (ZUE) 	Áreas de Ocupação Consolidada (AOC) Áreas de Requalificação Urbana (ARU) Áreas para Uso Sustentável (AUS)	<b>TODAS AS UNIDADES GEOECOLÓGICAS</b>

Mapa 11. Zoneamento Integrado da bacia do rio Maranguapinho. Fonte: Elaborado por Maia (2015).

## 10. CONCLUSÕES

O estudo integrado das paisagens da bacia do rio Maranguapinho realizado ao longo desta pesquisa permitiu não somente evidenciar um cenário natural consideravelmente alterado pelas ações antrópicas, mas ponderou áreas com diferentes níveis de degradação ambiental em função da estrutura e funcionamento da paisagem. Onde o levantamento dessas informações e a espacialização dessas áreas em mapas temáticos permitiu a elaboração de diretrizes condicionadas às particularidades de cada unidade geocológica, sem deixar de considerar as relações de integração entre os geossistemas.

Os resultados expostos comprovaram a veracidade das hipóteses levantadas nesta pesquisa, que versam sobre a aplicação da Geoecologia das Paisagens como método para subsidiar a proposição de diretrizes para um plano de gestão ambiental em rios urbanos. Nesse sentido, a metodologia aplicada ao entendimento da paisagem natural do rio Maranguapinho permitiu identificar o funcionamento geocológico de cada unidade ambiental, ao passo que a caracterização dos aspectos ambientais em interação com as formas de uso e ocupação permitiu analisar o estado atual da paisagem.

Em cima disso, o contorno das formas e as evidências das estruturas da paisagem trouxeram a elaboração de um arranjo espacial da paisagem da bacia do rio Maranguapinho. Aliado ao histórico de uso e ocupação do objeto de estudo, as pressões urbanas justificaram a alteração da paisagem natural e a configuração do desenho atual, evidenciado pela presença de formas geométricas na estrutura da paisagem.

Com relação às funcionalidades geocológicas das unidades ambientais foi possível notar que estas mantêm relação entre si para o funcionamento do sistema, onde os maciços residuais, a depressão sertaneja e o tabuleiro litorâneo apresentaram função de emissão de: solos e sedimentos, fluxo hídrico e biomassa. Enquanto que a planície fluvial e fluviomarinha apresentaram funções relacionadas à acumulação e emissão, dinâmica hídrica e regulação, gerando: sedimentos, areias finas, argilas,

matéria orgânica e recursos hídricos. Isso explica a complexidade da influência mútua dos sistemas integrados, uma vez que as funções ao mesmo que se interligam, também podem se sobrepuser e/ou ainda se potencializarem.

Contudo as ações antrópicas se apresentaram como agentes de alteração nas funcionalidades geoecológicas, uma vez que é notória a perda parcial e/ou total das funções geoecológicas dos geossistemas. Isso ocorre pelo fato dos usos e ocupação na bacia excederem a capacidade de suporte dos geossistemas de forma a comprometer a qualidade ambiental dos mesmos.

Dentre os principais problemas ambientais foi possível identificar: a retirada da cobertura vegetal, os processos erosivos e de assoreamento, a descaracterização do canal fluvial e o aumento da impermeabilização do solo e do escoamento superficial, além da poluição hídrica e do solo. Estes ocasionados pela ação antrópica através da: ocupação urbana na bacia do rio Maranguapinho, formas de uso como agricultura, extração de areias, disposição de resíduos sólidos e descarte de efluentes: domésticos e industriais.

O cenário de degradação ambiental e da ocupação em áreas de risco (planície fluvial) mostra que as limitações regidas pela legislação ambiental não refreiam diretamente a ocupação e os usos estabelecidos pela população ribeirinha e/ ou daqueles que fazem algum tipo de uso relacionado à bacia, configurando um cenário de APP ocupadas.

No entanto, as áreas com limitações ambientais mais extremas, ainda conseguem refrear a ocupação em ambientes naturais, exemplo disso são as áreas que apresentam um relevo com maior declividade, como as serras. Por outro lado, as áreas que apresentam maior indisponibilidade hídrica, como as inseridas na depressão sertaneja, a ocupação é mais dispersa. Contudo, as paisagens que apresentaram níveis de degradação mais baixos estão suscetíveis à evolução dos processos de degradação caso ocorra a intensificação dos usos.

Dentro de um contexto geral, a planície fluvial se mostrou como a unidade mais degradada e passível a processos de degradação constantes e acelerados da paisagem. Uma vez que durante a pesquisa foi a que mais se destacou pela alteração e evolução do seu contexto socioambiental, principalmente quando considerada a implantação de obras de requalificação urbana e recuperação ambiental.

Com a finalidade de contribuir para a gestão do cenário exposto, a presente tese apresentou a espacialização e delimitação de zonas e áreas para fins de ordenamento dos usos já existentes na bacia do rio Maranguapinho, bem como a proposição de usos adequados às condições ambientais da área sem deixar de considerar a atual situação do rio (requalificação urbana e recuperação ambiental).

A bacia do rio Maranguapinho como unidade de planejamento, mostrou em sua análise integrada que a implantação de um projeto de urbanização nas margens do rio pode contribuir para recuperação da qualidade ambiental do mesmo. Contudo, a implantação das obras, sem ações que contemplem uma gestão participativa, acaba por tornar o projeto de requalificação em uma mera intervenção urbanística.

Nesse sentido, pode-se considerar que o PROMURB vem atingindo a funcionalidade de ordenamento territorial. No entanto, o projeto carece de ações de recuperação ambiental aliadas às estratégias para implantação de uma educação ambiental efetiva. Essas práticas são essenciais para manutenção dos ecossistemas naturais.

Como instrumentos adequados para a elaboração de um plano de requalificação ambiental para rios urbanos, a presente tese confirma: o levantamento das condicionantes sociais e ambientais; o funcionamento integrado dos sistemas que compõe a bacia; a elaboração de um diagnóstico integrado; o estudo das paisagens numa visão geoecológica; a classificação dos níveis de degradação e do estado ambiental das unidades geoecológicas; proposição de um zoneamento integrado: ambiental e funcional.

As obras de requalificação urbana implantadas no médio e no baixo curso do rio apresentam como problemática evidente a carência de uma gestão ambiental efetiva. Nas áreas ainda não ocupadas, o zoneamento funcional propôs a implantação de usos que devam estar em consonância com as limitações e potencialidades de cada unidade geocológica, considerando a sua capacidade de suporte.

Desta forma, a Geoecologia da Paisagem permitiu atribuir à espacialização da bacia em zonas ambientais e funcionais através da delimitação de áreas para ações e práticas de conservação e preservação, bem como de usos diferenciados, considerando a importância para a manutenção e funcionamento do sistema como um todo. Assim a proposta de ordenamento territorial para a bacia do rio Maranguapinho tratou de um novo desenho de gestão ambiental.

Em suma, a tese apresenta-se como produto de relevante importância para a implantação de planos de gestão ambiental em rios urbanos. Uma vez que a pesquisa abordou uma discussão tanto em áreas já sufocadas pela urbanização, como nas áreas em processos de urbanização. Isso se justifica pela proposta de diretrizes para gestão ambiental em áreas de diferentes níveis de degradação, abordando tanto as com cenário de uma paisagem natural predominante, quanto as totalmente modificadas pela implantação de estruturas urbanas.

Desta forma a implantação de programas e planos ambientais como instrumentos mais frequentes no âmbito da gestão ambiental devem seguir com uma gestão participativa que contemplem o envolvimento dos atores sociais, ambientais e econômicos da área em questão na implantação dessas ações.

## 11. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Ab'Saber, A. N. 1977. **Os domínios morfoclimáticos na América do Sul**. Primeira aproximação. Geomorfologia 52: 1-21.

AB'SABER, A. N. **Bases conceptuais e papel do conhecimento na previsão de impactos**. In: MULLER-PLANTENBERG, G e AB`SABER, A. N. (orgs.). Previsão de Impactos: o estudo de impacto ambiental do leste, oeste e sul. Experiências no Brasil, na Rússia e na Alemanha. São Paulo, 1994.

ALBUQUERQUE, E. L. S.; SOUZA, M. J. N. **Relação sociedade-natureza: o contexto da problemática socioambiental urbana no município de Horizonte-CE**. In: Encontro Nacional da Associação de Pós-Graduação e Pesquisa em Geografia. 9., 2011. Goiânia. Anais... Goiânia: ENANPEGE, 2011.

ALMEIDA, L. Q de. **Vulnerabilidades socioambientais de rios urbanos: bacia hidrográfica do rio Maranguapinho, região metropolitana de Fortaleza, Ceará**. Tese (doutorado) – Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas. Campus de Rio Claro/SP, 2010.

ARAUJO, M. V.; FREIRE, G. S.S.; CRUZ, P. S. & PORTELA, J.P. **“Zoneamento Geoambiental e Estudo Geológico da Bacia do Rio Maranguapinho/CE”**. In: XVII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 2007, São Paulo. Anais do XVII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 2007.

ARMAND, A.D. **Los procesos del auto desarrollo y ladirección em losgeossistemas** (em russo). Instituto de geografia de la Academia de Ciências de la URSS. p.88-96.1984.

ARRUDA, L. V. **Serra de Maranguape-CE: Ecodinâmica da paisagem e implicações socioambientais**. Fortaleza, UFC, 2001. 162 p. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente). PRODEMA. Universidade Federal do Ceará, 2001.

BERTALANFFY, Ludwig Von. **Teoria Geral dos Sistemas**. 2. ed. Brasília: Editora Petrópolis/Vozes, 1975.

BERTRAND, G. **Paysage et géographie physique globale**. Esquisse méthodologique, *Révue Géographique des Pyénées et du Sud-Quest* (1968), v. 39, n.3, p. 249-272.

\_\_\_\_\_. **Paisagem e Geografia Física Global. Esboço Metodológico**. Caderno de Ciências da Terra, Instituto de Geografia, USP, São Paulo, 1971.

\_\_\_\_\_. **Paisage y Geografia Física Global**. In MENDOZA, J.G.; JIMINES, J.M. y CANTERO, N. O. (Orgs) *El pensamiento geográfico. Estudio interpretativo y antologia de textos (de Humboldt a las tendencias radicales)*. Madrid: Alianza Editorial, 1982.

BERTRAND, Claude. **Uma geografia transversal e de travessias: o meio ambiente através dos territórios e das temporalidades**. Maringá: Massoni, 2007.

BITAR, O.Y & ORTEGA, R.D. **Gestão Ambiental**. In: OLIVEIRA, A.M.S. & BRITO, S.N.A. (Eds.). *Geologia de Engenharia*. São Paulo: Associação Brasileira de Geologia de Engenharia (ABGE), 1998. cap. 32, p.499-508.

BOTELHO, R. G. M. **Planejamento Ambiental em Microbacia Hidrográfica**. In: GUERRA, A. J. T.; SILVA, A. da; BOTELHO, R. G. M. (Org.). **Erosão e Conservação dos Solos: Conceitos, Temas e Aplicações**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1999, p.268- 300.

BRANDÃO, R. L. Sistemas de informações para a Gestão e Administração Territorial da Região Metropolitana de Fortaleza – Projeto SINFOR: **Diagnóstico Geoambiental e os Principais Problemas de Ocupação da Região Metropolitana de Fortaleza**: CPRM, 1995. 45p.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia: Secretaria Geral. **Projeto RADAMBRASIL. Folha SA. 24. Fortaleza; geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra**. Rio de Janeiro, 1981.

\_\_\_\_\_. **Atlas Digital de Geologia e Recursos Minerais do Ceará**. Mapa na escala 1:500.000. Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais – CPRM. Serviço Geológico do Brasil. Ministério das Minas e Energia. Fortaleza, 2003.

BRIGANTE, J. ; ESPÍNDOLA, E. L. G. **Limnologia fluvial: um estudo no Rio Mogi-Guaçu**. São Carlos: RiMa, 278p., 2003.

CAVALCANTI, A. P. B; RODRIGUEZ, J. M. M. **O meio ambiente: histórico e contextualização**. In: CAVALCANTI, A. P. B. (org.). **Desenvolvimento Sustentável e planejamento: bases teóricas e conceituais**. Fortaleza: UFC, 1997. p. 9-26.

CEARÁ. Superintendência Estadual do Meio Ambiente (SEMACE). **Macrozoneamento do Estado do Ceará**. Fortaleza, 1998.

CEARÁ. Superintendência Estadual do Meio Ambiente (SEMACE). **Zoneamento ambiental e plano de gestão da área de proteção ambiental (APA) da Serra de Maranguape (CE)**. Fortaleza, 2002.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. São Paulo: Edgard Blücher, 149p., 1974.

\_\_\_\_\_. **Análise de Sistemas em Geografia**. São Paulo: HUCITEC, 1979, p. 1-56.

\_\_\_\_\_. **Modelagem de Sistemas Ambientais**. São Paulo: Edgard Blücher, 1999, p.1-18.

COMPANHIA DE ÁGUA E ESGOTO DO CEARÁ. Relatório. **Monitoramento dos indicadores de desempenho ambiental do Programa SANEAR II nos rios Maranguapinho/Siqueira, Cocó e Praias da Zona Oeste e Leste de Fortaleza-Ce**. Fortaleza CAGECE, 2010.

CONSEJO DIRECTIVO DE LA EVALUACIÓN DE LOS ECOSISTEMAS DEL MILENIO. **Millennium Ecosystem Management**, n.4. New York: Pre-printer draft, 2005. 35P.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE - CONAMA. Resolução nº303/02, de 20 de março de 2002. Dispõe sobre parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente. Brasília, 2002.

CORDEIRO, A.M.N. **Análise socioambiental da sub-bacia hidrográfica do rio Pirapora-Maranguape/Ceará, como subsídio ao planejamento territorial e à gestão ambiental / Abner Monteiro Nunes**. Universidade Estadual do Ceará, Centro de Ciências e Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Geografia, Fortaleza, 2013.

CUNHA, Sandra B. da. **Bacias hidrográficas**. IN: Cunha, S.B. da. e Guerra. A. J. T. (orgs). Geomorfologia do BRasil. 2º ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2001.

CUNHA, Sandra B. da. **Canais fluviais e a questão ambiental**. In: A questão ambiental: diferentes abordagens. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2003.

EMBRAPA. **Grupo Barreiras**: características, gêneses e evidências de neotectonismo. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento. V 194, Rio de Janeiro, 2011.

\_\_\_\_\_. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. (Eds.) Humberto Gonçalves dos Santos *et al.* 2ª Ed. Rio de Janeiro, EMBRAPA-SOLOS, 2006.

ESTEVES, F.A. **Fundamentos de Limnologia**. Rio de Janeiro: Editora Interciência, 1988. 574p.

FERNANDES, A. **Fitogeografia brasileira**. Fortaleza: Multigraf, 1998. 340p.

FERNANDES, A. **Temas fitogeográficos**. Stylus Comunicação. Fortaleza, 1990.

FERNANDES, A. G.; SILVA, E. V.; PEREIRA, R. C. M. **Fitogeografia do maciço de Baturité: uma visão sistêmica e ecológica**. p. 85-97. In: BASTOS, F. H. (Org.). **Serra de Baturité: uma visão integrada das questões ambientais**. Fortaleza: Expressão Gráfica e Editora, 2011. 248p.

FRANCO, Maria de Assunção Ribeiro. **Planejamento ambiental para cidade sustentável**. São Paulo: Annablume/FAPESP, 2001.

FUNCEME. **FUNDAÇÃO CEARENSE DE METEOROLOGIA**. 2011. Disponível em <http://www.funceme.br/>. Acesso 01.02.11.

GLAZOVSKIY, N. F., et al. C. **Map of the state os the environment. A global overvie**. Bulletin I.G.U., p. 48. V. II. 1998.p.29-34.

GUERASIMOV, I. **Problemas metodológicos de ecologizacion de la ciência contemporânea**. In: La Sociedad El Medio Natural: Editorial Progreso, 1980.

HEIZMANN, Ligia Maria. CAMPOS, Lucila Maria de Souza. LERÍPIO, Alexandre de Ávila. **A Auditoria Ambiental e sua Contribuição à Gestão Ambiental**. Revista de Ciências Empresariais da UNIPAR. Abr 2002, V. 3, Nº2.

IPLANCE. FUNDAÇÃO INSTITUTO DE PLANEJAMENTO DO CEARÁ – **Atlas do Ceará. Fortaleza**: IPLANCE, 1989.

INMET, Instituto Nacional de Meteorologia. BDMEP - Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa. Estação 83437, Monte Claros, MG. Médias Mensais de Precipitação do período Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep>>. Acesso em: 02 fev. 2014.)

LAVELL, A. Gestión de riesgos ambientales urbanos. Facultad Latinoamericana de Ciencias sociales e La Red de Estudios Sociales en Prevención de Desastres en America Latina - LA RED. 2001.

LIMA, J. Q. **Degradação ambiental na bacia hidrográfica do rio Maranguapinho - Região Metropolitana de Fortaleza - Ceará - Brasil**. Dissertação de mestrado (Mestrado Acadêmico em Geografia - MAG). Universidade Estadual do Ceará (UECE). Fortaleza-Ce, 2006.

MAIA, J.A. **Qualidade ambiental e nível de estado trófico do rio Maranguapinho na Região Metropolitana de Fortaleza – CE**. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Geografia) – Universidade Estadual do Ceará, Centro de Ciências e Tecnologia. Fortaleza, 2011.

MARQUES, R., SOUZA, L. C. de. **Matas ciliares e áreas de recarga hídrica**. In: ANDREOLI, C.V., CARNEIRO, C. Gestão Integrada de Mananciais de Abastecimento Eutrofizados. Curitiba: SANEPAR, p.161-188, 2005.

MATEO, J.; MARTINEZ, M. C. **La regionalización geocológica com base para la determinación del estado y la situación médio-ambiental de Cuva**. La Habana: Sección Cubana de la U.G.I., 1988.12p.

MEIRELES, A. J. A. **As unidades morfoestruturais do Ceará**. p. 141-168. In: SILVA, J. B.; CAVALCANTE, T. C.; DANTAS, W. C. (Orgs). **Ceará: um novo olhar geográfico**. 2. ed. Fortaleza: Edições Demócrito Rocha, 2007. 480p.

MENDONÇA, F. A. **Geografia e meio ambiente**. 8. ed. São Paulo: Editora Contexto, 2010. 80p.

MENDONÇA, Francisco. DANNI-OLIVEIRA, Inês Moresco. **Climatologia: noções básicas e climas do Brasil**. São Paulo: Oficina de textos, 2007.

MENDONÇA, F.; Danni-Oliveira, I.M. **Climatologia: noções básicas de climas do Brasil**. Oficina de Textos, São Paulo, 2007.

MOTA, S. **Gestão Ambiental de Recursos Hídricos**. 3ª edição, atual, e rev. – Rio de Janeiro:ABES, 2008.

MORAIS, J. O. de, et al. **Geologia no planejamento ambiental: impactos na água**. Revista de Geologia da Universidade Federal do Ceará. Fortaleza vol. 8, (pág. 225-258), 1996.

NASCIMENTO, Flávio R. do. **Recursos Naturais e Desenvolvimento Sustentável: Subsídios ao gerenciamento geoambiental na Sub-Bacia do Baixo Pacoti - CE**. (Dissertação de Mestrado), 154p. UECE: Fortaleza, 2003.

O'SULLIVAN, P. E. "The Ecosystem – Watershed Concept in the Environmental Sciences – A Review", Journal of Environmental Studies, v. 13, p. 273 – 281, 1981.

PEREIRA, C. M. C. **Análise da problemática do lixo nas romarias em Juazeiro do Norte-CE**. Dissertação de mestrado (Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente - PRODEMA). Universidade Federal do Ceará. Fortaleza-Ce, 2005.

PEULVAST. J-P., CLAUDINO SALES, V. **Carta morfoestrutural do Ceará e áreas adjacentes do Rio Grande do Norte e da Paraíba**. Nota explicativa. In: CPRM: Atlas digital de geologia e recursos minerais do Ceará. Mapas na escala 1:500.000. Serviço geológico do Brasil, CD Rom. 2003.

PEULVAST, J.P.; CLAUDINO SALES, V.; BÉTARD, F.; GUNNELL, Y. - 2008 - Low post-Cenomanian denudation depths across the Brazilian Northeast: Implications for long-term landscape evolution at a transform continental margin. Science I.B.Direct, Global and Planetary Changes 62 (2008), 39-60. Elsevier B.V.

POLÍZIO JÚNIOR, VLADIMIR. **Novo Código Florestal** - comentado artigo por artigo, anotado e comparado com o Código florestal de 1965/ Vladimir Polízio Júnior. 2 ed. atualizada e ampliada - São Paulo: Rideel, 2014.

PRIMACK, Richard e Rodrigues, Efraim. **Biologia da Conservação**. Ed. Vida, Londrina, pp. 327. 2001.

PROCHNOW, M. C. R. **Recursos hídricos e metodologia de pesquisa**. Geografia, v. 10, n 19, p. 197- 224. Rio Claro, UNESP, 1985.

RIBEIRO A. G. **Estruturas e processos na interpretação da paisagem geográfica**. In: Boletim de Geografia Teorética, 15, Rio Claro, UNESP, 1985.

RODRIGUEZ, José Manoel Mateo. Análise e síntese de abordagem geográfica de pesquisa para o planejamento ambiental. **Revista do Departamento de Geografia de FFLCH/USP**. São Paulo: v.9.1994.

\_\_\_\_\_. **Planejamento ambiental: bases conceituais, níveis e métodos.** In: CAVALCANTI, A. P.B. Desenvolvimento sustentável e planejamento: bases teóricas e conceituais. Fortaleza: UFC- Imprensa Universitária, 1997.

\_\_\_\_\_. **La regionalización geocológica como base para la determinación del estudio y lasituación médio-ambiental de Cuba.** La Havana: Sección Cubana de La U.G.I. 1998, 12.p.

\_\_\_\_\_. **Planejamento e gestão ambiental:** subsídios da geocologia das paisagens e da teoria Geossistêmica. Edições UFC. Fortaleza, 2013.

RODRIGUEZ. José Manoel Mateo; SILVA, Edson Vicente da. A classificação das paisagens a partir de uma visão geossistêmica. **Revista Mercator**,ano 01, n1, 2002.

RODRIGUEZ, J. M. M.; SILVA da, E. V. e Cavalcanti. **Geocologia das paisagens: uma visão geossistêmica da análise ambiental.** Fortaleza, Editora UFC, 2004.

RODRIGUEZ, J. M. M.; SILVA da, E. V. **Educação Ambiental e Desenvolvimento Sustentável: problemática, tendências e desafios.** 2. ed. Fortaleza: Edições UFC, 2010. v. 1. 241 p.

RODRIGUEZ, J.M.M.; SILVA da, E. V.; LEAL, Antônio C. **“Planejamento Ambiental em Bacias Hidrográficas”.** In: Silva da, E. V. et. al. (Orgs.) **“Planejamento Ambiental e Bacias Hidrográficas”.** Fortaleza: Edições UFC, 2011. p.29-98.

ROSS, J. L. Sanches; FIERZ, M. Matos; AMARAL, Rosângela do. Da **Ecodinâmica à Fragilidade Ambiental: subsídios ao planejamento e ordenamento territorial.** In: LEMOS, Amália Inês G. de; ROSS. J. L. Sanches; LUCHIARE. Ailton (orgs). América Latina: sociedade e meio ambiente. São Paulo: Expressão Popular, 2008. p.67-84.

ROSS, Jurandy L. S. **Ecogeografia do Brasil: subsídios para planejamento ambiental.** São Paulo: Oficina de Textos, 2006. 208p.

SANTOS, J. de O. **Fragilidade e Riscos Socioambientais em Fortaleza-CE: contribuições ao ordenamento territorial.** 2011. 331f. Tese (doutorado) – Faculdade de Filosofia Letras e Ciências Humanas (FFLCH), Programa de Pós-Graduação em geografia Física. Universidade de São Paulo. São Paulo, 2011.

SANTOS, Milton SILVEIRA, M<sup>a</sup> Laura As diferenciações do Território. In O Brasil, território e sociedade no início do séc XXI Ed. Record São Paulo, 2001. p.63.

SANTOS, M. **A Natureza do Espaço. Técnica e Tempo. Razão e Emoção.** 2<sup>o</sup> Edição. São Paulo: Hucitec, 1997.

SANTOS, M. **A Natureza do Espaço: técnica, tempo, razão e emoção.** 4. ed. 2. reimpr - São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2006.

SANTOS, Rozely Ferreira dos. **Planejamento ambiental: Teoria e Prática**. São Paulo: Oficina de Textos, 2004.

SOLNTSEV, N. A. **A paisagem geográfica natural e algumas de suas regularidades gerais**. In: Trabalhos da segunda reunião de geógrafos soviéticos. Moscou, 1948. P. 53-57.

SOTCHAVA, V.B. **Introdução á teoria dos geossistemas** (em russo). Novosibirsk: Editora Nauka, 1978,319p. Tradução livre por José Manuel Mateo Rodriguez (Universidade de Havana), 2013.

\_\_\_\_\_. **O estudo de geossistemas**. Método em questão, 16. IG-USP. São Paulo, 1977.

\_\_\_\_\_. **Por uma teoria de classificação de geossistema de vida terrestre**, Biogeografia. IG-USP. São Paulo, 1978.

SOUZA, M. J. N.; SANTOS, J. O.; OLIVEIRA, V. P. V., **Sistemas Ambientais e Capacidade de Suporte na Bacia Hidrográfica do Rio Curu-Ceará**. Revista Continentes (UFRRJ), ano 1, n. 1, 2012.

SOUZA, A. R. De. **Perfil da Gestão Escolar no Brasil**. PUC/SP, 302 p. Tese de Doutorado em Educação (Programa de Pós-Graduação em Educação, PUC – SP). São Paulo, 2006.

SOUZA, Marcelo Lopes de. **Mudar a Cidade: Uma Introdução Crítica ao Planejamento e à Gestão Urbanos**. 3ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2004.

SOUZA, M. J. N. O campo de ação da geografia física. **Boletim de Geografia Teórica**, 1985, nº 15. p. 32 – 40.

\_\_\_\_\_. Contribuição ao estudo das unidades morfoestruturais do Estado do Ceará. **Revista de geologia**, v. 1, n. 1, p. 73-91, 1988.

SILVA, E. V. da. **Modelo de aproveitamiento y perservación de los manglares de Marisco Y Barro Preto - Aquiráz - Ceará - Brasil**.Dissertação de Mestrado Planificação Rural e Meio Ambiente - Centro Internacional de Altos Estudos Agronômico Mediterrâneo de Zaragoza, 1987. 347p.

SOUZA, Marcos J. Nogueira de. **“Bases naturais e esboço do zoneamento geoambiental do estado do Ceará”**. In: Souza, M.J.N. et. al. (Orgs.) **Compartimentação territorial e gestão regional do Ceará**. Fortaleza: FUNECE, 2000. p.13-98.

SOUZA, Marcos J. Nogueira de; NETO, José Meneleu; SANTOS, Jader de Oliveira; GONDIM, Marcelo de Souza. **Diagnóstico Geoambiental do Município de Fortaleza:**

**subsídios ao macrozoneamento ambiental e à revisão do plano diretor participativo – PDPFor.** Fortaleza: Prefeitura Municipal de Fortaleza, 2009. 172p.

SUERTEGARAY, D. M. A. **Espaço geográfico uno e múltiplo.** Scripta Nova - Revista Electrónica de Geografía y Ciencias Sociales, Universidad de Barcelona - ISSN: 1138-9788. Depósito Legal: B. 21.741-98 - Nº 93, 15 de julio de 2001.

SUGUIO, K & BIGARELLA, J. J. **Ambientes fluviais.** 2º edição. Editora da UFSC: Editora da Universidade Federal do Paraná. Brasil. 1990.

TRICART, Jean. **Ecodinâmica.** Rio de Janeiro: IBGE (1977).

TROLL, C. **A paisagem geográfica.** Hamburg: Studium Genrale, 1950, v. 2, p. 163-181. (em alemão).

TROLL, C. **El paisaje geográfico y su investigación.** MENDONZA, J. G. ; JIMENEZ, J. M. y CONTERO, N. (Org.) *El pensamiento geográfico. Estudio interpretativo y antología de textos (De Humboldt a las tendencias actuales).* Madrid: Alianza Editorial, 1982.

TUCCI, C. E. M. **Regionalização de vazões.** In: TUCCI, C. E. M., (Org.) Hidrologia. Porto Alegre, EDUSP, ABRH, p. 573-611, (Coleção ABRH de Recursos Hídricos,4), 1993.

VERAS, L. M. **Do espaço à paisagem, da paisagem ao lugar; a filosofia, as ciências e as artes, como instrumentos de reflexão na conceituação sobre lugares urbanos.** Revista da Geografia, Recife, UFPE/DGC, 1995. P. 103-105.

VESTENA, L. R.; KOBİYAMA, M.; SANTOS, L. J. C. **Considerações Sobre Gestão Ambiental em Áreas Cársticas.** RA' EGA (UFPR), v. 4, n. 6, p. 81-94, 2002.

VIDAL, M.R. **Geocologia das paisagens: fundamentos e aplicabilidades para o planejamento ambiental no baixo curso do rio Curu – Ceará - Brasil, 2014.** Tese (doutorado) Universidade Federal do Ceará (UFC).

WALLING, D. E. **Water in the catchment ecosystem.** In: GOWER, A. M. Water quality in catchment ecosystems. Chichester: John Wiley, p. 1-47, 1980.

ZVONKOVA, T.V. (Red.) **Fundamentos Geográficos do Monitoramento Ecológico.** Moscou: Editora da Universidade Estadual de Moscou, 1955. 352p. (em russo).