



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA-PPGEO**

BRUNA LEIDIANE PEREIRA SANTANA

**AVALIAÇÃO MORFODINÂMICA E FRAGILIDADE AMBIENTAL DA PAISAGEM
NO SISTEMA HIDROGRÁFICO DO RIO ARAUÁ/SE**

Cidade Universitária Prof. Aloísio de Campos
São Cristóvão/SE
2019

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA-PPGEO**

BRUNA LEIDIANE PEREIRA SANTANA

**AVALIAÇÃO MORFODINÂMICA E FRAGILIDADE AMBIENTAL DA PAISAGEM
NO SISTEMA HIDROGRÁFICO DO RIO ARAUÁ/SE**

Dissertação de mestrado submetida ao Programa de Pós-Graduação em Geografia (PPGEO) da Universidade Federal de Sergipe, como requisito final à obtenção do título de Mestre em Geografia.

Orientador: **Profº Drº. Hélio Mário de Araújo**

Cidade Universitária Prof. Aloísio de Campos
São Cristóvão/SE
2019

**FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE**

Santana, Bruna Leidiane Pereira

S232a Avaliação morfoodinâmica e fragilidade ambiental da paisagem no sistema hidrográfico do rio Arauá/SE / Bruna Leidiane Pereira Santana ; orientador Hélio Mário de Araújo. – São Cristóvão, SE, 2019.

167 f. : il.

Dissertação (mestrado em Geografia) – Universidade Federal de Sergipe, 2019.

1. Geografia ambiental. 2. Degradação ambiental. 3. Paisagens – Proteção. 4. Solo – Uso. 5. Ecologia humana. 6. Arauá, Rio (SE). 7. Bacias hidrográficas – Sergipe I. Araújo, Hélio Mário de, orient. II. Título.

CDU 911.3:504(282.281)(813.7)



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA-PPGEO**

**AVALIAÇÃO MORFODINÂMICA E FRAGILIDADE AMBIENTAL DA PAISAGEM
NO SISTEMA HIDROGRÁFICO DO RIO ARAUÁ/SE**

Dissertação de mestrado submetida a apreciação da banca examinadora em 31 de janeiro de, 2019, constituída pelos membros:

Prof. Dr. Hélio Mário de Araújo
(Orientador)

Prof^ª. Dra. Neise Mare de Souza Alves
(1º Examinador)

Prof^ª. Dra. Renata Nunes Azambuja
(2º Examinador)

São Cristóvão/SE, janeiro de 2019

Dedico este trabalho a minha, minha luz!

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao “Deus Universo” por toda energia que me possibilitou concluir este ciclo que representa, sobretudo, crescimento pessoal e resistência.

À minha mainha, Iara Pereira Santana, meu bem mais valioso, por ser minha inspiração e grande motivadora. Lembro com muito orgulho de todos os esforços que a senhora fez e faz por mim. Aos meus irmãos Bianca, Beatriz, Betânia, Breno e Bruno por toda força e apoio. À minha família do coração, Tio Almir, Tia Arlete e Miguel, pelo apoio incondicional, carinho e amor. Amo vocês!

Ao meu querido orientador, Hélio Mário de Araújo, “pai Hélio” por todos os ensinamentos e troca nesses dois anos. Compartilhar esse trabalho com o senhor é uma honra. Muito obrigado pela contribuição valiosa na dissertação, nos trabalhos de campo, no estágio docente, nas aulas da graduação e do PPGEQ, meu crescimento acadêmico deve muito ao senhor. Não pense que está livre de mim, ainda temos mais quatro anos juntinhos. Gratidão!

Ao meu amado companheiro, Almir da Cruz Brito Júnior, pelo apoio e dedicação despendido nessa caminhada. Você é meu incentivador oficial, não poderia ser diferente! Você conseguiu deixar tudo mais leve, me acalmar nos momentos de tensão. Nunca vou te perdoar por ter me deixado dormir quando eu dizia “Amor, me acorde em 30 minutos” hahahahaha! Obrigado pela companhia e apoio nos campos da vida, pelas lindas fotos da paisagem e por me ajudar nas localizações, definitivamente sem você estaria perdida. Obrigada por tanto!

À todos os mestres que contribuíram na minha formação, em especial a prof^a Débora Barbosa da Silva, “mãe Débora”, por ter me acolhido no PIBIC, Extensão e Monitoria durante a graduação. A senhora me ensinou tantas coisas da vida, da geografia e da academia, que não dá pra mensurar, pra mim foi transformador. A prof^a Neise Mare de Souza Alves, “tia Neise”, pelo riquíssimo aprendizado nos projetos de Extensão e na vida, a senhora é um modelo de equilíbrio e serenidade que admiro, não é por acaso que se tornou minha orientadora da vida e tia nº1. A prof^a Taís Kalil Rodrigues, “psicóloga/mãe/amiga”, pelo companheirismo na participação e organização dos eventos Geográficos, pelo incentivo e apoio constante. Você é minha musa inspiradora. A prof^a Renata Nunes Azambuja pelas contribuições na disciplina que aguçou a minha inquietação em pesquisar bacias hidrográficas e pela colaboração no desenvolvimento do trabalho participando da banca de avaliação.

Aos meus amigos e amigas do coração e da vida, Diogo, Otávio, Carlyson, Eukysia, Lorença e Moema, que acreditam no meu potencial e me impulsionam a seguir sempre. Em

especial, a Dayane por ter segurando a minha mão com tanto amor e cuidado, a minha amiga/irmã Gêssica Conceição pela força e afeto, nosso laço de amizade é lindo, é de outra vida; a Juliana, minha Juju, pela irmandade que construímos, por está ao meu lado sempre e para tudo. Nós construímos muitas histórias juntinhos e cada um de vocês representa um mundo no meu mundo. Amo vocês!

Aos meus amigos geógrafos Clayrton, Dani da Côroa, Izabela Carvalho e Letice. Em especial, a Adriana Lisboa pelo companheirismo da graduação até aqui, sua amizade é um presente, a Isabela Melo pela ajuda na correção da dissertação, a Eduína por me encorajar a continuar e por me salvar de várias situações, a Lucas Marcone pela ajuda indispensável na produção dos documentos cartográficos e ao meu irmão do coração Lucas da Silva por todo apoio e partilha na jornada acadêmica.

Às queridas companheiras de trabalho, Débora, Suelaine, Adriana, Aparecida e Jussara, pela compreensão e apoio.

Muito obrigada!!!

LISTA DE FIGURAS

Figura 01 – Proposta taxonômica de compartimentação do relevo	24
Figura 02 – Esquema da hierarquia fluvial de Strahler (1952)	26
Figura 03 – Classes do uso e ocupação da terra identificada no sistema hidrográfico do rio Arauá	28
Figura 04 – Sergipe, localização do sistema hidrográfico do rio Arauá, 2018	35
Figura 05 – Sergipe, municípios do sistema hidrográfico do rio Arauá, 2018	36
Figura 06 – representação do estado do Geossistema numa escala temporal	40
Figura 07 – Escala de vulnerabilidade das unidades territoriais básicas	46
Figura 08 – Classificação do Diagnóstico do Meio Físico	47
Figura 09 – Divisão em Unidades de Planejamento proposta pela JICA (2000), Proposta de divisão das Unidades de Planejamento baseada nas características físicas das bacias (1ª versão), Unidades de Planejamento após ajustes (2ª versão) (2010)	53
Figura 10 – Itabaianinha/SE, precipitação pluviométrica mensal no período de 1980 – 2013	56
Figura 12 – Pedrinhas/SE, precipitação pluviométrica mensal no período de 2002 – 2008	57
Figura 11 – Umbaúba, SE, precipitação pluviométrica mensal no período de 1980 – 2013	57
Figura 13 – Boquim/SE, precipitação pluviométrica no período de 2002 - 2008	58
Figura 14 – Perfil esquemático das fisionomias das formações da Região da Floresta Estacional Semidecidual	60
Figura 15 – Fragmento de vegetação original, Arauá/SE	61
Figura 16 – Mapa geológico do sistema hidrográfico do rio Arauá/SE	62
Figura 17 – Afloramento rochoso do Complexo Granulítico no município de Pedrinhas/SE	63
Figura 18 – Perfis de Argissolos evoluídos sobre o Grupo Barreiras, Pedrinhas/SE	65
Figura 19 – Contato entre os sedimentos do Grupo Barreiras e fragmentos rochosos do Complexo Granulítico em terço médio de vertente, Arauá/SE	65
Figura 20 – Mapa pedológico do sistema hidrográfico do rio Arauá/SE	67
Figura 21 – Mapa hidrográfico do sistema hidrográfico do rio Arauá	72
Figura 22 –Área de captação de água pela DESO - riacho Areias, Pedrinhas/SE	74
Figura 23 –Leito rochoso do riacho dos Cavalos – Arauá/SE e do rio Canaíba – Pedrinhas/SE	75
Figura 24 – Trecho do rio Arauá em seu alto curso, Itabaianinha/SE	75
Figura 25 – Canal de primeira ordem no baixo curso do sistema hidrográfico do rio Arauá	76
Figura 26 – Riacho Cabuçu no baixo curso do sistema hidrográfico do rio Arauá	76

Figura 27 – Mapa do atual uso e ocupação das terras do sistema hidrográfico do rio Arauá/SE	81
Figura 28 – Cultivo de laranja em superfície subhorizontal no município de Arauá/SE	80
Figura 29 – Cultivo de laranja em topo de espigão no município de Arauá/SE	82
Figura 30 – Consórcio entre laranja, mandioca e milho no município de Pedrinhas/SE	84
Figura 31 – Plantio de abacaxi, laranja e maracujá no município de Arauá/SE	85
Figura 32 – Pastagem natural e plantada na unidade geomorfológica do Tabuleiro do rio Real, Pedrinhas/SE	87
Figura 33 – Pastagem natural e plantada na unidade geomorfológica dos Tabuleiros Costeiros, Arauá/SE	87
Figura 34 – Área de disposição final de resíduos sólidos no município de Pedrinhas/SE	96
Figura 35 – Perfil esquemático da unidade de paisagem Tabuleiro Costeiro	98
Figura 36 – Superfície subhorizontal na unidade de paisagem Tabuleiro Costeiro, Pedrinhas/SE	99
Figura 37 – Cultivo de laranja em superfície subhorizontal no município de Pedrinhas/SE	101
Figura 38 – Superfície subhorizontal ocupada por pastagem plantada, Pedrinhas/SE	101
Figura 39 – Cultivo temporário de mandioca em superfície subhorizontal no município de Itabaianinha/SE	101
Figura 40 – Superfície subhorizontal isolada no município de Arauá/SE	103
Figura 41 – Aspectos morfológicos da Subunidade de Paisagem Dissecada em Vertentes, Pedrinhas /SE	103
Figura 42 – Aspectos morfológicos da Subunidade de Paisagem Dissecada em Vertentes, Pedrinhas/SE	104
Figura 43 – Segmento retilíneo em encosta de colina no município de Umbaúba/SE	105
Figura 44 – Espigões compoendo o relevo suave ondulado da Subunidade de Paisagem Dissecada em Vertentes, Itabaianinha/SE	105
Figura 45 – Cabeceiras de drenagem esculpidas sobre espigão, Arauá/SE	106
Figura 46 – Espigão com topo ocupado com cultivo de laranja e encostas por pastagem	107
Figura 47 – Encosta de espigão com pastagem degradada e feições erosivas de sulcos no município de Arauá/SE	108
Figura 48 – Perfil esquemático dasubunidade de Paisagem Superfície Pediplanada	110
Figura 49 – Perfil esquemático dasubunidade de Paisagem Superfície Residual	110
Figura 50 –Subunidade de paisagem Superfície Pediplanada no município de Itabaianinha/SE	111
Figura 51 – Subunidade de paisagem Superfície Pediplanada no município de Itabaianinha/SE	112
Figura 52 – Feição colinar na subunidade de paisagem Superfície Pediplanada, Itabaianinha/SE	112

Figura 53 – Pastagem plantada na subunidade de paisagem Superfície Pediplanada, Itabaianinha/SE	113
Figura 54 – Pastagem natural na subunidade de paisagem Superfície Pediplanada, Itabaianinha/SE	113
Figura 55 – Extração mineral na subunidade de paisagem Superfície Pediplanada, Itabaianinha/SE	114
Figura 56 – Área com evidência de elevação do nível do lençol freático no município de Itabaianinha/SE	115
Figura 57 – Canal de drenagem permanente na subunidade de paisagem Superfície Pediplanada, Itabaianinha/SE	115
Figura 58 – Pequenas tanques para dessedentação animal na subunidade de paisagem Superfície Pediplanada, Itabaianinha/SE	116
Figura 59 – Aspecto morfológico da superfície residual, Itabaianinha/SE	117
Figura 61 – Serra da Pioneira ocupada por pastagem e vegetação original em regeneração, Itabaianinha/SE	118
Figura 60 – Superfície residual com vertentes de diferentes declividades, Itabaianinha/SE	119
Figura 62 – Cerca de pedra delimitando propriedades agropecuárias, Itabaianinha/SE	119
Figura 63 – Colina convexa sobre a Serra da Pedra Branca ocupada por vegetação original, Itabaianinha/SE	120
Figura 64 – Local de visitação turística na Serra da Pedra Branca, Itabaianinha/SE	121
Figura 65 – Superfícies irregulares semelhantes a pequenas colinas rebaixadas, Pedrinhas/SE	122
Figura 66 – Aspectos das feições colinares e espigões, Pedrinhas/SE	123
Figura 67 – Aspectos das colinas que constituem a subunidade de Paisagem Dissecada em Colinas e Espigões na margem direita do rio Arau� – Arau�/SE	123
Figura 68 – Planície de inundação do rio Arau� na subunidade de Paisagem Dissecada em Colinas e Espigões na margem direita do rio Arau�	124
Figura 69 – Mapa das classes de relevo do sistema hidrográfico do rio Arau�/SE	125
Figura 70 – Mapa hipsométrico do sistema hidrográfico do rio Arau�/SE	126
Figura 71 – Mapa das Unidades de Paisagem do sistema hidrográfico do rio Arau�	127
Figura 72 – Mapa da avaliação ecodinâmica do sistema hidrográfico do rio Arau�	128
Figura 73 – Mapa da fragilidade geomorfológica do sistema hidrográfico do rio Arau�	130
Figura 74 – Afloramento do Complexo granulítico na margem do Riacho dos Cavalos em contato com do Grupo Barreiras, Arau�/SE	133
Figura 75 – Mapa da fragilidade Geológica do sistema hidrográfico do rio Arau�	135
Figura 76 – Mapa da Fragilidade dos Solos sistema hidrográfico do rio Arau�	138
Figura 77 – Encosta de espigão com erosão laminar associada � terracetes, Pedrinhas/SE	141

Figura 78 – Encosta de feição colinar com terracetes, Pedrinhas/SE	141
Figura 79 – Mapa da fragilidade cobertura dos solos do sistema hidrográfico do rio Arauá	144
Figura 80 – Fragmento de vegetação original na subunidade de Paisagem Superfície Residual, Itabaianinha/SE	145
Figura 81 – Aspecto da vegetação original subunidade de Paisagem Dissecada em Vertentes, Arauá/SE	145
Figura 82 – Terracetes em área de pastagem Na subunidade de Paisagem Dissecada em Vertentes Arauá/SE	146
Figura 83 – Exposição de solos em linhas de cultivo da citricultura na subunidade de Paisagem Superfície Subhorizontal Degradada, Pedrinhas/SE	147
Figura 84 – Erosão laminar em linhas de cultivo da subunidade de Paisagem Dissecada em Vertentes, Pedrinhas/SE	148
Figura 85 –Indústria de cerâmica nas proximidade da sede municipal de Itabaianinha/SE	149
Figura 86 – Mapa da Fragilidade Potencial do sistema hidrográfico do rio Arauá	153
Figura 87 – Mapa da Fragilidade Emergente do sistema hidrográfico do rio Arauá	154
Figura 88 – Itabaianinha/SE, média acumulada das chuvas em 1980-2012	155
Figura 89 – Umbaúba/SE, média acumulada das chuvas em 1980-2012	156
Figura 90 – Trecho do rio Arauá assoreado, Arauá/SE	157
Figura 91 – Área de extração de argila nas proximidades de canal fluvial, Itabaianinha/SE	158
Figura 92 – Panorama da ocupação nas margens do rio Arauá em seu alto curso, Itabaianinha/SE	159

LISTA DE QUADROS

Quadro 01 – Principais documentos cartográficos utilizados na pesquisa	23
Quadro 02 – Classificação ecodinâmica das Unidades de paisagem	28
Quadro 03 – Escala de vulnerabilidade à denudação das rochas mais comuns	30
Quadro 04 – Grau de fragilidade da litologia	30
Quadro 05 – Grau de fragilidade das classes de declividade	31
Quadro 06 – Classes de solos e graus de fragilidade	32
Quadro 07 – Graus de proteção do solo segundo a cobertura vegetal	32
Quadro 08 – Valores utilizados para a avaliação da fragilidade ambiental sistema hidrográfico do rio Arauá – Sergipe	33
Quadro 09 – Umbaúba/SE, balanço Hídrico Mensal e Anual 1980-2013	59
Quadro 10 – Itabaianinha/SE, balanço Hídrico Mensal e Anual 1980-2013	59
Quadro 11 – Captação de água para uso urbano nos municípios do sistema hidrográfico do rio Arauá/SE	73
Quadro 12 – Valores para avaliação da fragilidade da declividade do sistema hidrográfico do rio Arauá	131
Quadro 13 – Sistema hidrográfico do rio Arauá, valores para avaliação da fragilidade geológica	132
Quadro 14 – Sistema hidrográfico do rio Arauá, valores para avaliação da fragilidade dos solos	136
Quadro 15 – Valores para avaliação da proteção dos solos do sistema hidrográfico do rio Arauá	143
Quadro 16 – Sistema hidrográfico do rio Arauá, valores para avaliação da fragilidade potencial	150
Quadro 17 – Valores para avaliação da fragilidade emergente do sistema hidrográfico do rio Arauá	151

LISTA DE TABELAS

Tabela 01 – Situação dos poços tubulares e natureza da propriedade do terreno onde estão instalados nos municípios do sistema hidrográfico do rio Arauá/SE	77
Tabela 02 – Sistema hidrográfico do rio Arauá, produção das culturas permanentes dos municípios, 2004 – 2014	83
Tabela 03 – Sistema hidrográfico do rio Arauá, produção das culturas temporárias dos municípios, 2004 -2014	86
Tabela 04 – Sistema hidrográfico do rio Arauá, efetivo do rebanho nos municípios, 2016	88
Tabela 05 – Sistema hidrográfico do rio Arauá, população residente por situação do domicílio e taxa de urbanização – 2010	89
Tabela 06 – Sistema hidrográfico do rio Arauá, pessoal ocupado nas atividades econômicas nos municípios, 2010	91
Tabela 07 – Sistema hidrográfico do rio Arauá, subíndices e Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM), 2010	92
Tabela 08 – Sistema hidrográfico do rio Arauá, nível de escolaridade da população, 2010	93
Tabela 09 – Sistema hidrográfico do rio Arauá, produto interno bruto dos municípios inseridos no sistema hidrográfico do rio Arauá, 2010-2015	94
Tabela 10 – Sistema hidrográfico do rio Arauá, expectativa de vida e condição da criança e do adolescente – 2010	95
Tabela 11 – Domicílios particulares permanentes por situação e destino do lixo, 2010	96
Tabela 12 – Sistema hidrográfico do rio Arauá, domicílios por tipo de abastecimento de água, 2010	97
Tabela 13 – Disponibilidades, saldos atual e futuro dos recursos hídricos do sistema hidrográfico do rio Arauá/SE	155
Tabela 14 – Sistema hidrográfico do rio Arauá/SE, demandas dos diferentes tipos de uso da água	156

LISTA DE SIGLAS

CEMESE – Centro de Meteorologia de Sergipe

CODISE – Companhia de Desenvolvimento Econômico de Sergipe

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IDHM – Índice de Desenvolvimento Humano

INMET – Instituto Nacional de Meteorologia

GPS – Sistema de posicionamento global

PNDU – Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento

PIB – Produto Interno Bruto

MRN – Mapeamento de recursos naturais

MDE – Modelo Digital de Elevação

NEB – Nordeste do Brasil

SRTM – Missão Topográfica Radar Shuttle

VANT – Veículo aéreo não tripulado

ZCIT – Zona de convergência intertropical

RESUMO

A organização espacial dos sistemas ambientais como as bacias hidrográficas resultam de interações biofísicas e antrópicas que dinamizam o fluxo de energia e matéria. As diferentes propriedades inerentes a esses sistemas definem sua fragilidade e potencialidade ambiental. Neste sentido, considerando a importância da temática para evidenciar a relação sociedade/natureza, o trabalho objetivou avaliar as condições ambientais do sistema hidrográfico do rio Arauá com ênfase nas fragilidades dos componentes da paisagem em relação ao uso e ocupação das terras. O aporte teórico-metodológico está alicerçado na abordagem sistêmica com destaque para as contribuições de Tricart (1977), Ross (1994) e Crepani et al. (1996; 2001). A análise possibilitou a compartimentação do sistema hidrográfico do rio Arauá nas unidades de paisagem Tabuleiro do Rio Real e Tabuleiro Costeiro. O Tabuleiro do Rio Real constitui-se da subunidade de Paisagem Superfície Pediplanada, subunidade de Paisagem Dissecada em Colinas e Espigões e subunidade de Paisagem Superfície Residual com características morfodinâmicas condicionadas, principalmente pela declividade e solos. Quanto a fragilidade ambiental, predominam as classes de instabilidade potencial baixa e muito forte e as classes de média e baixa para instabilidade emergente. No Tabuleiro Costeiro, a subunidade de Paisagem Superfície Subhorizontal Degradada e Subunidade de Paisagem Dissecada em Vertentes apresentaram atuação morfodinâmica potencializada pela declividade e pelo atual uso e ocupação das terras. Na fragilidade potencial prevaleceu a média e muito forte e na fragilidade emergente a média e forte. A atuação morfodinâmica nas subunidades é sinalizada pela presença de feições erosivas como sulcos, terracetes e pontuais movimentos de massa e a instabilidade evidenciada no sistema tem reflexos negativos sobre os recursos hídricos.

Palavras-chave: Fragilidade ambiental; processos morfodinâmicos; uso e ocupação das terras.

ABSTRACT

The spatial organization of environmental systems such as river basins results from biophysical and anthropogenic interactions that energize the flow of energy and matter. The different properties inherent to these systems define their fragility and environmental potential. Considering the importance of the theme to highlight the relationship between society and nature, the objective of this study was to evaluate the environmental conditions of the hydrographic system of the Arauá river, with emphasis on the fragilities of the landscape components in relation to land use and occupation. The theoretical-methodological contribution is based on the systemic approach with emphasis on the contributions of Tricart (1977), Ross (1994) and Crepani et al. (1996, 2001). This analysis made possible the compartmentalization of the hydrographic system of the river Arauá in the landscape units of the Tabuleiro do Rio Real and the Coastal Board. The Rio Real Board consists of the subunit of Landscape Pediplanada Surface, subunit of Landscape Dissected in Hills and Spikes and subunit of Landscape Residual Surface with conditioned morphodynamic characteristics, mainly by slope and soils. As for environmental fragility, the classes of low and very strong potential instability predominate and the middle and low classes for emergent instability predominate. In the Coastal Tray, the subunit of Landscape Subhorizontal Degraded Landscape and Subunit of Landscape Dissected in Verts presented morphodynamic performance enhanced by slope and current land use and occupation. In the potential fragility prevailed the average and very strong and in the emergent fragility the medium and strong. Morphodynamic performance in the subunits is signaled by the presence of erosive features such as grooves, terracetes and occasional mass movements, and the instability evidenced in the system has negative repercussions on water resources.

Keywords: Environmental fragility; morphodynamic processes; use and occupation of land.

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS.....	v
LISTA DE FIGURAS.....	vii
LISTA DE QUADROS.....	xi
LISTA DE TABELAS.....	xii
LISTA DE SIGLAS.....	xiii
RESUMO.....	xiv
ABSTRACT.....	xv
1 INTRODUÇÃO.....	19
1.1 Caracterização metodológica, Procedimentos técnicos e operacionais.....	21
1.2 Confeção dos produtos cartográficos primários.....	23
1.3 Identificação das Unidades de Paisagem e Definição da Fragilidade Ambiental.....	28
1.4 Recorte espacial da pesquisa.....	33
2 CONTRIBUIÇÕES TEÓRICO-METODOLÓGICAS PARA ANÁLISE INTEGRADA DA PAISAGEM.....	37
2.1 Abordagem sistêmica e paisagem no cenário teórico-metodológico da Geografia.....	38
2.2 Ecodinâmica e outros modelos metodológicos derivados da abordagem sistêmica.....	41
2.2.1 Validação de estudos com a Ecodinâmica.....	45
2.3 A Bacia hidrográfica como unidade de planejamento e sistema hidrográfico.....	47
3 PANORAMA DAS CARACTERÍSTICAS AMBIENTAIS E SOCIOECONÔMICAS DO SISTEMA HIDROGRÁFICO DO RIO ARAUÁ.....	54
3.1 Condições climáticas e formações vegetais.....	54
3.2 Aspectos geológicos.....	61
3.3 Solos e processos pedogenéticos.....	66
3.3.1 Latossolos.....	68
3.3.2 Argissolos.....	68
3.3.3 Planossolos.....	70
3.3.4 Neossolos Litólico.....	70

3.4 Características hidrográficas e hidrológicas.....	71
3.5 Histórico do desenvolvimento econômico e atual uso e ocupação das terras.....	78
3.6 Organização socioeconômica.....	88
4 UNIDADES DE PAISAGEM E CLASSIFICAÇÃO ECODINÂMICA DO SISTEMA HIDROGRÁFICO DO RIO ARAUÁ.....	98
4.1 Unidade de Paisagem Tabuleiro Costeiro.....	98
4.1.1 Subunidade de Paisagem Superfície Subhorizontal Degradada.....	99
4.1.2 Subunidade de Paisagem Dissecada em Vertentes.....	103
4.2 Unidade de Paisagem Tabuleiro do Rio Real.....	109
4.2.1 Subunidade de paisagem Superfície Pediplanada.....	110
4.2.2 Subunidade de paisagem Superfície Residual.....	117
4.2.3 Subunidade de Paisagem Dissecada em Colinas e Espigões.....	122
5 FRAGILIDADE AMBIENTAL DAS UNIDADES DE PAISAGEM DO SISTEMA HIDROGRÁFICO DO RIO ARAUÁ.....	129
5.1 Fragilidade Geomorfológica.....	129
5.2 Fragilidade geológica.....	131
5.3 Fragilidade dos Solos.....	136
5.4 Fragilidade da cobertura dos solos.....	143
5.5 Fragilidade Potencial.....	150
5.6 Fragilidade Emergente.....	151
5.7 Repercussões da fragilidade potencial e emergente nos recursos hídricos.....	155
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	160
7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	162

1INTRODUÇÃO

A organização espacial resulta das inter-relações estabelecidas entre componentes naturais e ação humana, materializada nas atividades produtivas. Estas por sua vez, apresentam potencial para alterar processos que atuam na estruturação dos sistemas ambientais. A manifestação de impactos e problemas ambientais decorrentes da exploração econômica depende do grau de fragilidade inerente aos elementos biofísicos da paisagem.

A fragilidade ambiental refere-se às limitações dos sistemas, quase sempre desconsideradas no desenvolvimento de atividades produtivas que apresentam geralmente, o emprego de técnicas de manejo destinadas a elevar a produtividade, e resultando na degradação dos solos, dos corpos hídricos e da cobertura vegetal nativa. As repercussões destes processos se refletem nos aspectos econômicos e sociais.

Os problemas ambientais decorrentes da dinâmica produtiva apresentam-se na atualidade em diferentes escalas temporais e espaciais, incorporando o quadro de discussões dos segmentos social, político e acadêmico. Os debates e estudos que norteiam esta questão são direcionados pela preocupação com a degradação dos recursos naturais e a perda de qualidade de vida das populações.

Em decorrência do avanço do modelo capitalista de produção, evidenciada no espaço rural pelo predomínio de monoculturas e crescimento da mecanização, as interferências humanas na dinâmica natural se intensificaram, e as consequências destas ações fomentaram a criação de metodologias que possibilitam explicar as relações sociedade-natureza numa concepção integradora.

Os estudos que contemplam as relações espaciais a partir da dinâmica ambiental se utilizam de diferentes enfoques na busca de respostas para a problemática abordada. Entretanto, dentre as áreas do conhecimento da ciência geográfica, a Geomorfologia se destaca pela sua interdisciplinaridade nas análises que contemplam as inter-relações dos componentes da paisagem, pois as feições do modelado e os processos morfogenéticos dinamizados pela atuação de inúmeros fatores possibilitam compreender o comportamento do clima, da vegetação, de eventos geológicos e das interferências das atividades produtivas.

Considerando este contexto, o sistema hidrográfico é uma unidade espacial de análise que constitui um sistema geomorfológico complexo devido a integração de componentes abióticos, bióticos e antrópicos com características distintas, que são responsáveis pela sua

organização e funcionamento, refletindo suas fragilidades e potencialidades quanto ao uso e ocupação das terras.

Desse modo, a pesquisa apresenta a dinâmica estabelecida entre os componentes do sistema ambiental, enfatizando as interferências humanas no contexto da fragilidade ambiental. A produção de informações representativas através de mapas e quadros sínteses subsidiará ações dentro do planejamento e gestão ambiental, visto que não existem estudo desta natureza na área.

Neste aspecto, o trabalho objetivou avaliar as condições ambientais do sistema hidrográfico do rio Arauá com ênfase nas fragilidades e potencialidades dos componentes da paisagem em relação ao uso e ocupação das terras, através dos objetivos específicos – caracterização dos componentes biofísicos, aspectos sociais e econômicos que integram o sistema; identificação das Unidades de Paisagem, a partir da organização e funcionamento dos componentes ambientais e do uso e ocupação das terras; análise da fragilidade e potencialidade das Unidades de Paisagem considerando os processos morfodinâmicos e manejo das atividades produtivas e da avaliação das repercussões da fragilidade potencial e emergente nos recursos hídricos.

Os objetivos que compuseram a pesquisa foram norteados pelas seguintes questões – como os componentes ambientais se apresentam na paisagem do sistema hidrográfico do rio Arauá? Como o uso e ocupação das terras interferem na sua organização? Qual o grau de fragilidade potencial e emergente das Unidades de Paisagem? Em que medida a fragilidade ambiental interfere nos aspectos referentes aos recursos hídricos?

Portanto, o estudo desenvolvido possui relevância acadêmica na perspectiva de contribuir com a ampliação da produção científica em Sergipe. As informações referente aos processos de degradação decorrente do descompasso entre o manejo das atividades produtivas e a fragilidade dos ambientes colaborará com ações destinadas ao planejamento e gestão ambiental.

A dissertação está constituída por cinco capítulos. O capítulo I está estruturado pela introdução que aborda a temática do trabalho, seus objetivos, questões norteadoras e justificativa, bem como a caracterização metodológica e procedimentos técnicos e operacionais.

O capítulo II aborda as concepções teóricas, conceituais e metodológicas com os seguintes tópicos: abordagem sistêmica e paisagem no cenário teórico-metodológico da Geografia, Ecodinâmica e outros modelos metodológicos derivados da abordagem sistêmica e abacia hidrográfica como unidade de planejamento e sistema hidrográfico.

No capítulo III apresenta-se um panorama das características ambientais e socioeconômicas com ênfase nas condições climáticas e formações vegetais, aspectos geológicos, nos solos e processos pedogenéticos, características hidrográficas e hidrológicas, histórico do desenvolvimento econômico e atual uso e ocupação das terras e organização socioeconômica.

O capítulo IV é destinado a avaliação das condições morfodinâmicas das unidade de paisagem a partir da classificação Ecodinâmica, evidenciando as interferências antrópicas materializada nas atividades produtivas. No capítulo V se analisa a fragilidade ambiental do sistema hidrográfico do rio Arauá e suas repercussões sobre os recursos hídricos.

1.1 Caracterização metodológica, procedimentos técnicos e operacionais

O desdobramento deste estudo está alicerçado na análise sistêmica em função da complexidade que envolve os componentes do sistema hidrográfico do rio Arauá. Neste contexto, serão aplicadas bases teóricas e metodológicas que articulam diferentes procedimentos técnicos.

Dentre os princípios teórico-metodológicos que fundamentam a pesquisa estão as contribuições de Bertrand (1972), o modelo de classificação Ecodinâmica da paisagem de Tricart (1977), a Análise Empírica da Fragilidade dos Ambientes Naturais e Antropizados de Ross (1994) e a Vulnerabilidade Natural à perda de solo de Crepani et al. (1996; 2001).

A proposta de Tricart foi utilizada na classificação das Unidades de Paisagem, que seguirá os critérios definidos através do balanço pedogênese/morfogênese. As unidades na área de estudo foram identificadas a partir das características geomorfológicas – feições do modelado, declividade e processos morfodinâmicos atuantes.

Para a avaliação da fragilidade ambiental das Unidades de Paisagem foram utilizados os parâmetros de análise adotados por Ross (1994); geomorfologia– declividades e processos morfodinâmicos; pedologia – características morfológicas e grau e evolução pedogenética; uso e ocupação das terras – grau de proteção da cobertura do vegetal e tipos de uso. Em função da influência da geologia nas características dos solos e do relevo, sua fragilidade foi definida utilizando-se a proposta de Crepani et al. (1996; 2001) que determina a vulnerabilidade litológica através da resistências das rochas aos processos erosivos.

A construção da pesquisa esteve atrelada a execução de diferentes procedimentos técnicos fundamentais na aplicação dos modelos metodológicos e o cumprimento dos objetivos delineados. Neste caso, foram realizados levantamento de dados bibliográficos e

cartográficos, trabalhos de campo, processamento de imagens de satélite e fotografias aéreas, criação dos *shapefiles*, elaboração de mapas temáticos e interpretação dos dados.

O levantamento bibliográfico em livros, teses, dissertações e periódicos digitais possibilitou a construção da base teórica e conceitual que subsidiou a pesquisa. Esta etapa permitiu também a seleção de informações secundárias que conduziram as investigações de campo, possibilitando a construção da base cartográfica.

As informações secundárias adquiridas em instituições do governo como o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e o Programa das Nações Unidas para o desenvolvimento (PNDU) foram utilizadas na caracterização dos aspectos sociais e econômicos do sistema hidrográfico do rio Arauá. Os dados estatísticos selecionados referem-se à população absoluta, rural, urbana e taxa de urbanização, educação, saúde, renda, postos de trabalho e acesso aos serviços públicos de infraestrutura básica, do último censo demográfico em 2010. Na análise do uso e ocupação das terras foram empregados os dados da produção anual agrícola e agropecuária dos municípios disponibilizados pelo IBGE no censo agropecuário de 2006.

Os dados climáticos de temperatura e pluviosidade utilizados para caracterização do clima foram adquiridos no Centro de Meteorologia de Sergipe (CEMESE) e na Empresa de Desenvolvimento agropecuário de Sergipe (EMDAGRO). A partir destes dados foram produzidos gráficos representativos da pluviosidade dos municípios de Umbaúba e Itabaianinha de 1980 - 2013. Os dados dos municípios de Pedrinhas e Boquim foram obtidos no relatório de informações básicas da EMDAGRO referentes ao período de 2002-2008. Os demais municípios não possuem informações disponíveis. A CEMESE disponibilizou também o balanço hídrico destes dois municípios, elaborado segundo o método de 70 Thornthwaite e Mather (1948), que permite avaliar o fator umidade.

Os trabalhos de campo contribuíram na complementação dos dados secundários através da observação da paisagem e conversas informais com produtores rurais. Estas investigações aconteceram em 10 (dez) dias, sendo organizadas para abranger área de estudo possibilitando a caracterização dos componentes do sistema, a identificação da fragilidade e potencialidade ambiental, o uso e ocupação das terras e as técnicas de manejo do solo, bem como os processos morfodinâmicos que comandam sua dinâmica.

Durante os trabalhos de campo fez-se registros fotográficos e as áreas visitadas tiveram sua localização marcada em GPS e identificada em mapas e imagens de satélite. Para observação de áreas de difícil acesso optou-se pela utilização de veículo área não tripulado (VANT).

O vant usado em dois campos refere-se ao VANT Phantom 3 Standard, que pesa 1.280 g, embarcado com uma câmera de modelo Sony EXMOR ½.3 de 12 megapixels permitindo capturar imagens em cores reais de tamanho máximo de 4.000 por 3.000 pixels, nas bandas R, G e B (Red, Green e Blue), possui uma lente FOV (field of view) de 94° com 24mm de distância focal e f/2.8 de abertura de diafragma. Seus sensores de GPS possibilitaram a geolocalização do dispositivo em tempo real assim como o georreferenciamento das fotografias capturadas.

1.2 Confeção dos produtos cartográficos primários

O levantamento de material cartográfico disponibilizados por órgãos Federais e Estaduais serviram como fonte de informação para a caracterização da área de estudo, bem como compreensão da sua estrutura. Além disso, os produtos cartográficos foram fundamentais na confecção dos mapas temáticos – geológico, geomorfológico, pedológico, hidrográfico e do uso e ocupação das terras, os seguintes documentos cartográficos foram utilizados e interpretados (Quadro01). Em razão incompatibilidade das escalas dos documentos cartográficos utilizados e na abrangência da área pesquisada adotou-se a escala de 1:100.00, por considerar suficiente para representar os componentes da paisagem. Algumas informações foram ajustadas de acordo com a interpretação baseada nos trabalhos de campo e com o auxílio da imagem de satélite.

Quadro 01 – Principais documentos cartográficos utilizados na pesquisa

Documentos Cartográficos					
Produto	Escala	Folha	Projeção	Formato	Fonte (ano)
Cartas Topográficas	1:50.000	SC.24-Z-C III Boquim	UTM	Digital	IBGE (1971)
Mapas Pedológicos	1:1.000.000	Mapa exploratório de solos	UTM	Digital	RADAMBRASIL (1983)
	1:100 000	Mapa de reconhecimento de solos da região dos Tabuleiros Costeiros e da Baixada Litorânea do Estado de Sergipe			EMBRAPA (1999)
	1:250 000	Mapeamento de recurso naturais do Brasil - Pedologia			IBGE (2017)
Mapas Geológicos	1:1.000.000	Mapa Geológico	UTM	Digital	RADAMBRASIL (1983)
	1:250.000	Mapa da Geologia e Recursos Minerais do Estado de Sergipe			SANTOS et al.,

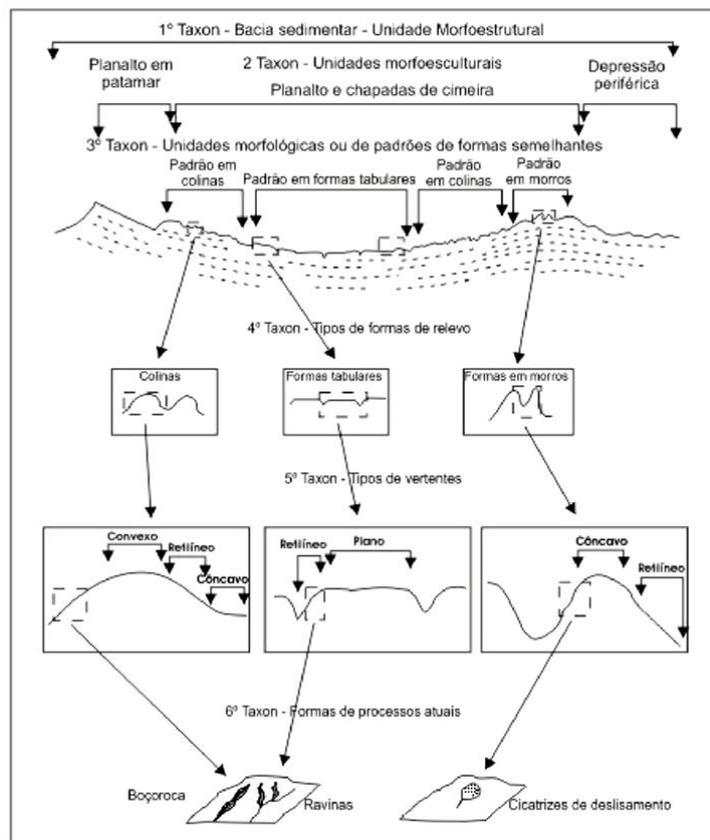
					(1998)
Mapas Geomorfológicos	1:1.000.000 1:250.000	Mapa Geomorfológico Mapeamento de recurso naturais do Brasil - Geomorfologia	UTM	Digital	RADAMBRASIL (1983) IBGE (2017)

Elaboração: SANTANA, 2018

O mapa geológico contém as unidades geológicas e os litotipos que integram o sistema hidrográfico do rio Aruá. Este produto cartográfico foi produzido a partir do Mapa de Geologia e Recursos Minerais de Sergipe (SANTOS et al., 1998) que foi digitalizado utilizando a ferramenta *Fixed Scale* do ArcMap 10.1. A geologia favoreceu a compreensão dos processos morfodinâmicos por fornecer informações sobre os tipos de rochas e seu grau de coesão, possibilitando inferir sobre a ocorrência dos processos que originaram as formas do relevo.

Os mapas referentes aos aspectos geomorfológicos foram confeccionados de diferentes formas. O mapa das feições do modelado foi elaborado através da proposta taxonômica de compartimentação do relevo de Ross (1992) (Figura 01).

Figura 01 – Proposta taxonômica de compartimentação do relevo



Fonte: Ross (1992)

O primeiro e segundo táxon relativo às Unidades Morfoestruturais e as Unidades Morfoesculturais, respectivamente, foram mapeadas com o uso das informações contidas no mapa geomorfológico do RADAMBRASIL (1983) e a carta topográfica do IBGE (1971).

O terceiro táxon referente às Unidades Morfológicas ou Padrões de Formas Semelhantes e o quarto táxon dos tipos de forma de relevo foram estabelecidas com a interpretação das imagens de satélite adquiridas no *World Imagery* do Global Mapper com resolução espacial de 2m, MDE (Modelo Digital de Elevação) obtido através dos dados SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) disponibilizados no banco de dados do TOPODATA com resolução de 30m. As informações foram verificadas e complementadas nos trabalhos de campo. O quinto e o sexto táxon não foram espacializados nos mapas, mas estão contemplados nos texto.

Para subsidiar a interpretação geomorfológica da bacia, além do mapa das feições do modelado, também foram produzidos os mapas de hipsometria e classes de relevo a partir da declividade. O mapa hipsométrico consistiu na extração dos valores de equidistância da altitude com intervalo de 50 metros entre as cotas altimétricas, através da ferramenta *create tin* do ArcMap 10.1, utilizando o modelo digital de elevação.

O mapa das classes de relevo foi produzido com a classificação da declividade de acordo com as proposições da EMBRAPA (1979), que utiliza os seguintes parâmetros:

- Plano - declividade variável menor ou igual a 3%.
- Suave ondulado - declividade maior que 3% e menor ou igual a 8%.
- Ondulado – declividade maior que 8% e menor ou igual a 20%.
- Forte ondulado - declividade maior que 20% e menor ou igual a 45%.
- Montanhoso – declividade maior que 45% e menor ou igual a 75%.
- Escarpado - declividade maior que 75%.

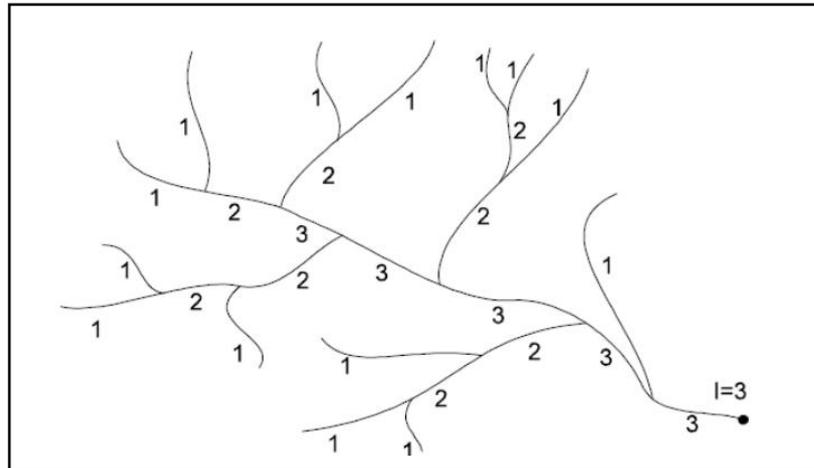
Para geração da declividade utilizou-se as curvas de nível equidistantes em 5 metros extraídas do MDE com a aplicação das ferramentas *Spatial Analyst Tools – Surface – Slope* do ArcMap 10.1. O resultado das classes de declividade foi calculado em porcentagem para atender a opção metodológica.

O mapa da rede de drenagem também auxiliou na análise morfológica da área. A extração da rede de drenagem ocorreu de forma automática no ArcMap 10.1. O procedimento

utilizado foi subdividido em quatro etapas, que consistiu na aplicação da ferramenta *Spatial Analyst – Hydrology*no MDE. Na primeira etapa fez-se o preenchimento de depressões a partir do *fill sinks*, seguido da aquisição da direção do fluxo “*flow direction*” e o fluxo acumulado “*flow accumulation*”.

Com a ferramenta *Map Algebra – Raster Calculator* foi possível estabelecer um limiar para descobrir quantos pixels adjacentes devem formar os rios. Para criar a rede de drenagem limiar escolhido foi de 500 pixels. Para conversão da drenagem em *shape* de linhas utilizou-se a função *Stream to Feature* do *Spatial Analyst*. Para classificar a rede de drenagem numa hierarquia fluvial gerou-se um arquivo vetorial através da ferramenta *Spatial Analyst - Stream to Feature*, empregando a metodologia de Strahler (1952), que caracteriza os canais de primeira ordem como um pequeno canal que não tem tributário, podendo ser um curso de água perene ou intermitente. O canal de segunda se constitui da confluência de canal de primeira ordem, e assim ocorre sucessivamente com os demais ordens (Figura02).

Figura02 – Esquema da hierarquia fluvial de Strahler (1952)



No mapeamento da cobertura pedológica utilizou-se como base cartográfica os *shapes* disponibilizados pelo IBGE referente ao MRN (mapeamento de recurso naturais) do Brasil e o Mapa exploratório de solos Mapa de reconhecimento de solos da região dos Tabuleiros Costeiros e da Baixada Litorânea do Estado de Sergipe, digitalizado no ArcMap.

Estes documentos além de conter as classes de solos, apresentam suas características texturais que viabilizou correlacionar à gênese dos solos a geologia, a geomorfologia e as condições climáticas, bem como compreender seu uso pelas atividades produtivas.

Após realizar o recorte do setor correspondente ao sistema hidrográfico do rio Arauá, necessitou-se ajustar as nomenclaturas das classes de solo pelo atual Sistema Brasileiro de

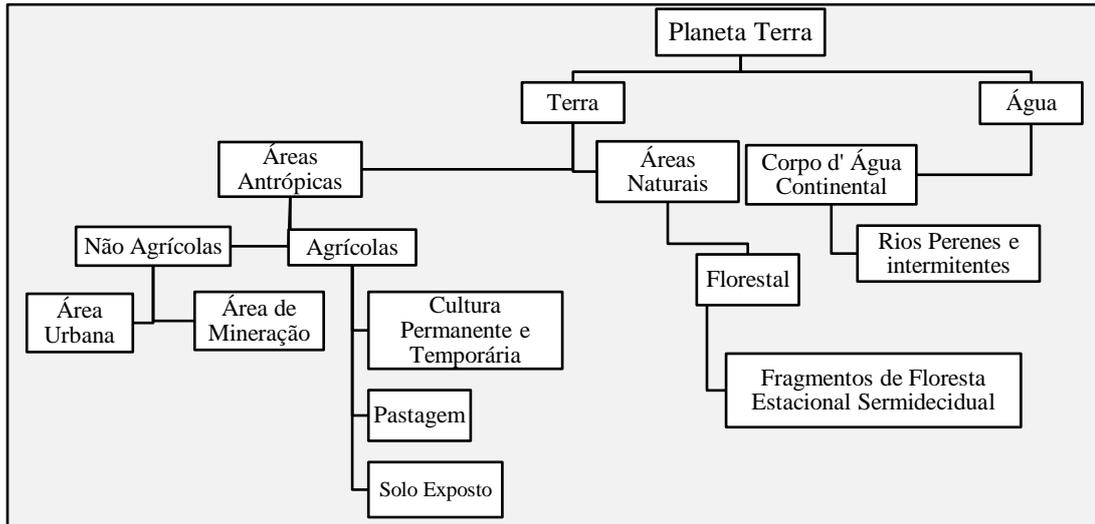
Classificação de Solos (SiBCS, 2018) para organização da legenda e produção textual. Devido a complexidade que envolve os solos da área, suas unidades mapeadas encontram-se em associadas. Além da identificação dos solos, o mapa contém informações das suas principais características texturais.

As cores utilizadas na confecção do mapa de solos segue a cartela de cores estabelecida pelo Manual Técnico de Pedologia do IBGE (2007), codificada pelo sistema Pantone (*Pantone Process Euroscale*) e pelas paletas padrão C,M,Y,K e R.G.B. A cor representada por unidade refere-se ao solo predominante na mesma.

Na elaboração do mapa do uso e ocupação das terras do sistema hidrográfico do rio Arauá utilizou-se da imagem de satélite do *World Imagery* do Global Mapper com resolução espacial de 2m. A imagem no formato TIFF foi importada para ArcMap 10.1, onde efetuou-se o recorte da imagem com base no *shape* de delimitação da área de interesse, com o objetivo de diminuir o tamanho do arquivo otimizando o tratamento digital da imagem.

A identificação das classes de uso e ocupação das terras ocorreu através da interpretação visual que permitiu a criação de polígonos salvos no formato *shape*. Os trabalhos de campo auxiliaram na interpretação da imagem de satélite e na checagem do resultado obtido. Durante os campos, os tipos de uso e ocupação presentes na área foram registrados com GPS (Sistema de Posicionamento Global) e os pontos colhidos serviram de referência para verificação dos polígonos mapeados. O registro fotográfico realizado no campo favoreceu a caracterização da paisagem considerando seus usos e o registro de imagens com *Drone* possibilitou o reconhecimento de áreas de difícil acesso.

No processo de confecção do mapa adotou-se a classificação do Manual Técnico de Uso da Terra do IBGE (2013). A metodologia está estabelecida em três níveis hierárquicos que abrangem as Áreas classificadas em Antrópicas, Naturais e Água, nestas são definidas o tipo de cobertura – Não agrícolas, Agrícolas, Florestal, Campestre e Áreas Descobertas. O terceiro nível representa as classes de uso que possui um amplo conjunto de unidades (Figura03). Essas informações que especificam as formas produção da mineração, dos cultivos, do extrativismo, da pecuária constituem o quarto nível de informação que foi contemplado textualmente com as informações estatísticas do IBGE.

Figura 03 – Classes do uso e ocupação da terra identificada no sistema hidrográfico do rio Arauá

Elaboração: Bruna Santana, 2018

1.3 Identificação das Unidades de Paisagem e Definição da Fragilidade Ambiental

A identificação das Unidades de Paisagem do sistema hidrográfico do rio Arauá foi realizada com a combinação dos diferentes fatores que influenciam na atuação da pedogênese e morfogênese. Contudo, a base para definição das unidades esteve pautada, principalmente na geomorfologia, pois os processos morfodinâmicos que comandam a dinâmica da paisagem estão condicionados às formas do relevo.

Quanto a nomenclatura destas unidades foram mantidas as denominações estabelecidas por Brasil (1983) para definição de Unidades Geomorfológicas definidas como Tabuleiro do Rio Real e Tabuleiros Costeiros. As características de estabilidade/instabilidade de cada Unidade de Paisagem foram avaliadas conforme a classificação ecodinâmica proposta por Tricart (1977) (Quadro02).

Quadro02 – Classificação ecodinâmica das Unidades de paisagem

Unidade de Paisagem	Classificação Ecodinâmica	Relação pedogênese/morfogênese
Estável	Meios estáveis	Prevalece a pedogênese
Intermediária	<i>Meios intergrades</i>	Equilíbrio entre pedogênese e morfogênese
Instável	Meios fortemente instáveis	Prevalece morfogênese

Adaptado de Tricart (1977)

A complexidade que envolve as Unidades de Paisagem quanto a organização dos seus componentes e interferência antrópica resultou na necessidade de compartimentá-las em subunidades. Para delimitação e espacialização destas subunidades utilizou-se o quarto táxon pertinente aos tipos de forma de relevo referente a proposta taxonômica de compartimentação do relevo de Ross (1992). Nesta perspectiva, as nomenclaturas atribuídas às unidades estão vinculadas as feições morfológicas que compõem a paisagem.

Além do mapa, as subunidades de paisagem foram representadas em perfis esquemáticos que englobam aspectos do relevo, dos solos e da cobertura vegetal. A criação do perfil ocorreu em duas etapas. A primeira consistiu na produção de um perfil topográfico extraído através do MDE com o uso das ferramentas *interpolate line*, para marcação da linha que se tornará o perfil e *profile graph*, que gera um corte vertical seguindo as direções escolhidas. Este perfil foi produzido no ArcMap 10.1 e salvo em arquivo JPG. No programa *corel draw* foi adicionado a imagem do perfil topográfico, as características da vegetação e do solo.

Após identificar as Unidades de Paisagem realizou-se a análise da fragilidade ambiental, que está alicerçada na Análise Empírica da Fragilidade dos Ambientes Naturais e Antropizados de Ross (1994), que define diferentes níveis de suscetibilidade dos ambientes aos processos morfodinâmicos que culminam no rompimento da sua estabilidade dinâmica. Para isto, o autor integra as variáveis relevo, solo, clima e uso das terras/cobertura vegetal. Estes componentes foram analisados individualmente e em seguida cruzados para gerar a fragilidade potencial e emergente.

Não foi possível classificar o clima de acordo com a fragilidade ambiental, pois apenas três municípios do sistema hidrográfico do rio Arauá apresentam dados da pluviosidade. Contudo, as informações sobre a intensidade e o volume das chuvas foram interpretadas e associadas as demais características da paisagem, e, sobretudo, foram considerados na análise da atuação dos processos morfodinâmicos.

Para avaliar a geologia, componente que não é incorporado na análise de Ross (1994), adotou-se as proposições de Crepani et al., (1996, 2001), que na sua metodologia – Vulnerabilidade Natural à Erosão – avalia a vulnerabilidade do quadro geológico através do grau de resistência e coesão das rochas através da aplicação individual de uma escala de valores entre 1,0 e 3,0 (Quadro 03).

Quadro 03– Escala de vulnerabilidade à denudação das rochas mais comuns

Escala de vulnerabilidade à denudação das rochas mais comuns					
Quartzitos ou metaquartzitos	1,0	Milonitos, Quartzo muscovita, Biotita, Clorita xisto	1,7	Arenitos quartzosos ou ortoquartzitos	2,4
Riólito, Granito, Dacito	1,1	Piroxenito, Anfibolito Kimberlito, Dunito	1,8	Conglomerados, Subgrauvacas	2,5
Granodiorito, Quartzo Diorito, Granulitos	1,2	Hornblenda, Tremolita, Actinolita xisto	1,9	Grauvacas, Arcózios	2,6
Migmatitos, Gnaisses	1,3	Estaurolita xisto, Xistos granatíferos	2,0	Siltitos, Argilitos	2,7
Fonólito, Nefelina Sienito, Traquito, Sienito	1,4	Filito, Metassilito	2,1	Folhelhos	2,8
Andesito, Diorito, Basalto	1,5	Ardósia, Metargilito	2,2	Calcários, Dolomitos, Margas, Evaporitos	2,9
Anortosito, Gabro, Peridotito	1,6	Mármore	2,3	Sedimentos Inconsolidados: Aluviões, Colúvios etc.	3,0

Fonte : Crepani et al. (1996, 2001)

Assim, com o objetivo de ajustara escala de valores das rochas aos graus de fragilidades aderidos no trabalho foi necessário realizar uma reclassificação considerando os intervalos de 1,0 a 5,0 (Quadro04). A redistribuição considerou a semelhanças dos tipos de rochas quanto ao seu grau de resistência. Além disso, a avaliação do parâmetro geologia ocorreu por unidades de mapeamento composta por diferentes litotipos.

Quadro 04– Grau de fragilidade da litologia

Classes de fragilidade	Litologia
1 – Muito Baixa	Quartzitos ou metaquartzitos, Riólito, Granito, Dacito, Granodiorito, Quartzo Diorito, Granulitos, Migmatitos, Gnaisses
2 – Baixa	Fonólito, Nefelina Sienito, Traquito, Sienito, Andesito, Diorito, Basalto, Anortosito, Gabro, Peridotito, Milonitos, Quartzo muscovita, Biotita, Clorita xisto
3 – Média	Piroxenito, Anfibolito Kimberlito, Dunito, Hornblenda, Tremolita, Actinolita xisto, Estaurolita xisto, Xistos granatíferos, Filito, Metassilito
4 – Forte	Ardósia, Metargilito, Mármore, Arenitos quartzosos ou ortoquartzitos, Conglomerados, Subgrauvacas, Grauvacas, Arcózios,
5 – Muito Forte	Siltitos, Argilitos, Folhelhos, Calcários, Dolomitos, Margas, Evaporitos, Sedimentos Inconsolidados: Aluviões, Colúvios.

Fonte: Adaptado de Crepani et al. (1996, 2001)

Para a representação espacial da fragilidade da geologia os *shapes* que formaram o mapa geológico foram convertidos em *rasters* no ArcMap10.1 com o uso das ferramentas *ArcToolbox – Conversion Tool – To Raster – Feature to Raster –* e reclassificados de acordo com os diferentes graus de fragilidade pertinente as características das litologias. O cálculo dos km² e da porcentagem por unidade estão organizadas em tabela.

Na avaliação da fragilidade geomorfológica, optou-se pela declividade, segundo Ross (1994), a fragilidade do relevo pode ser obtida pela sua dissecação ou pelas classes de declividade. O mapeamento desta fragilidade consistiu na reclassificação da declividade obtida na confecção do mapa das classes de relevo, embora, as classes de fragilidade tenham sido redefinidas de acordo com as proposições do autor (Quadro 05).

Quadro 05 – Grau de fragilidade das classes de declividade

Classes de Fragilidade	Classes de declividade
1 – Muito Baixa	< 6%
2 – Baixa	6 a 12%
3 – Média	12 a 20%
4 – Forte	20 a 30%
5 – Muito Forte	< 30%

Fonte: Ross (1994)

Para classificação da fragilidade do componente solo foram consideradas por Ross (1994), características morfológicas – textura, estrutura, plasticidade, grau de coesão, profundidade/espessura dos horizontes superficiais e subsuperficiais – e o grau de evolução pedogenética dos diferentes tipos de solos.

Os solos da área de estudo foram avaliados seguindo as classes de fragilidade ou de erodibilidade, considerando o escoamento superficial concentrado e difuso das águas pluviais (Quadro06). Para a espacialização da fragilidade dos solos, os *shapes* utilizados no mapa geológico foram convertidos em *rasters* no ArcMap 10.1 com o uso das ferramentas *ArcToolbox – Conversion Tool – To Raster – Feature to Raster –* e reclassificados de acordo com os diferentes graus de fragilidade pertinente as características pedológicas.

Quadro 06 – Classes de solos e graus de fragilidade

Classes de fragilidade	Tipos de solo
1 – Muito Baixa	Latossolo Vermelho Distróférrico, Latossolo Vermelho e Vermelho-Amarelo textura argilosa
2 – Baixa	Latossolo Amarelo e Vermelho-Amarelo textura média/argilosa
3 – Média	Latossolo Vermelho-Amarelo, Nitossolo, Argissolo Amarelo e Vermelho-Amarelo, textura média/argilosa
4 – Forte	Argissolo Vermelho-Amarelo, Cambissolos, Planossolos, textura média/arenosa
5 – Muito Forte	Argissolo cascalhentos, Neossolos Litólicos e Neossolos Quartzarênicos

Fonte: Ross (1994)

Na análise da proteção dos solos pela cobertura vegetal interpretou-se os diferentes tipos de cultivos associado-os ao manejo empregado na sua implantação e manutenção. No mapeamento da fragilidade da cobertura vegetal o mapa de uso e ocupação das terras foi reclassificado de acordo com o grau de proteção dos solos, seguindo ordem decrescente da capacidade de proteção (Quadro 07).

Quadro 07 – Graus de proteção do solo segundo a cobertura vegetal

Grau de Proteção	Tipos de Cobertura Vegetal
1 – Muito Alta	Florestas/matias naturais
2 – Alta	Formações arbustivas naturais/ Matias secundárias
3 – Média	Pastagens cultivadas com baixo pisoteio do gado/cultivo de ciclo longo em curvas de nível
4 – Baixa	Culturas de ciclo longo com baixa densidade como solos expostos entre linhas de cultivo
5 – Muita baixa a nula	Áreas desmatadas queimadas recentemente, solo exposto, ao longo de culturas de ciclo curto sem práticas conservacionistas, áreas extração mineral

Fonte: Ross (1994)

Com todos os componentes reclassificados e com seus respectivos graus de fragilidade atribuídos realizou-se o cruzamento das informações da declividade, geologia e solos para análise da fragilidade potencial. O mapa foi confeccionado através da ferramenta *Spatial Analyst – Map Algebra – Raster Calculator*, que permite o cálculo dos valores com uma média ponderada.

$$\text{Fragilidade Potencial} = \frac{\text{declividade} + \text{geologia} + \text{solos}}{3}$$

O mesmo procedimento foi adotado para o mapa de fragilidade ambiental emergente que incluiu a combinação da fragilidade potencial a fragilidade da cobertura vegetal dos solos.

$$\text{Fragilidade Emergente} = \frac{\text{fragilidade potencial} + \text{fragilidade da cobertura vegetal}}{2}$$

De acordo com as características apresentadas pela fragilidade potencial e emergente as Unidades de Paisagem do sistema hidrográfico do rio Aruá foram classificadas em diferentes graus de fragilidade categorizados em muito baixa, baixa, média, alta e muito alta com valores que variam entre 1,0 a 5,0, indicando a intensidade da morfodinâmica atuante (Quadro 08). Na tonalidade de cores dos mapas, optou-se por uma sequência ordenada de cores que aumentam de intensidade a medida que se elevam os valores apresentados nas classes estabelecidas.

Quadro 08 – Valores utilizados para a avaliação da fragilidade ambiental sistema hidrográfico do rio Aruá - Sergipe

Intervalos de valores	Escala de Cores	Classes de Fragilidade
1,0		Muito Baixa
2,0		Baixa
3,0		Média
4,0		Forte
5,0		Muito Forte

Fonte: Adaptado de Ross (1994)

Os documentos cartográficos representam uma síntese da realidade da área de estudo na perspectiva da temática abordada, no entanto, a composição textual do trabalho trás a correlação dos componentes da paisagem e as especificidades que não são possíveis serem retratadas nos mapas.

1.4 Recorte espacial da pesquisa

O sistema hidrográfico do rio Aruá localiza-se no território sul e centro-sul de Sergipe, drenando um total de 680 km². O principal canal fluvial, o rio Aruá, possui aproximadamente 60 km de extensão. Sua nascente no município de Tobias Barreto, nas imediações da Fazenda Mutuca, é constituída por um conjunto de cabeceiras de drenagem

com altitude de 215 metros. Caracterizada como uma bacia exorreica, seu deságue ocorre no rio Piauí, num trecho situado no município de Estância (Figura 04).

A área da bacia delimita-se ao Norte pela do rio Piauí, a Oeste e Sul com a bacia do rio Itamirim e a Leste com a bacia do rio Guararema. O sistema hidrográfico do rio Arauá é um dos principais contribuintes da bacia hidrográfica do rio Piauí. Sua delimitação foi definida pelo Plano Estadual dos Recursos Hídricos de Sergipe.

Nesta unidade sistêmica estão inseridos territórios dos municípios de Tobias Barreto, Riachão do Dantas, Boquim, Arauá, Umbaúba, Santa Luzia do Itanhy, Itabaianinha que ocupa a maior área do sistema de drenagem e Pedrinhas que é único totalmente incluso na área da bacia (Figura 05).

As principais rodovias estaduais de circulação que integram esses municípios são SE-285 (Arauá – Pedrinhas – Riachão do Dantas), SE-287 (Itabaianinha – Tobias Barreto), SE-385 (Itabaianinha – Arauá), SE-469 (Itabaianinha – Riachão do Dantas). Quanto as rodovias federais, apenas a BR-101 abrange o sistema hidrográfico (Santa Luzia do Itanhy – Umbaúba).

Figura 04—Sergipe, localização do sistema hidrográfico do rio Arauá, 2018

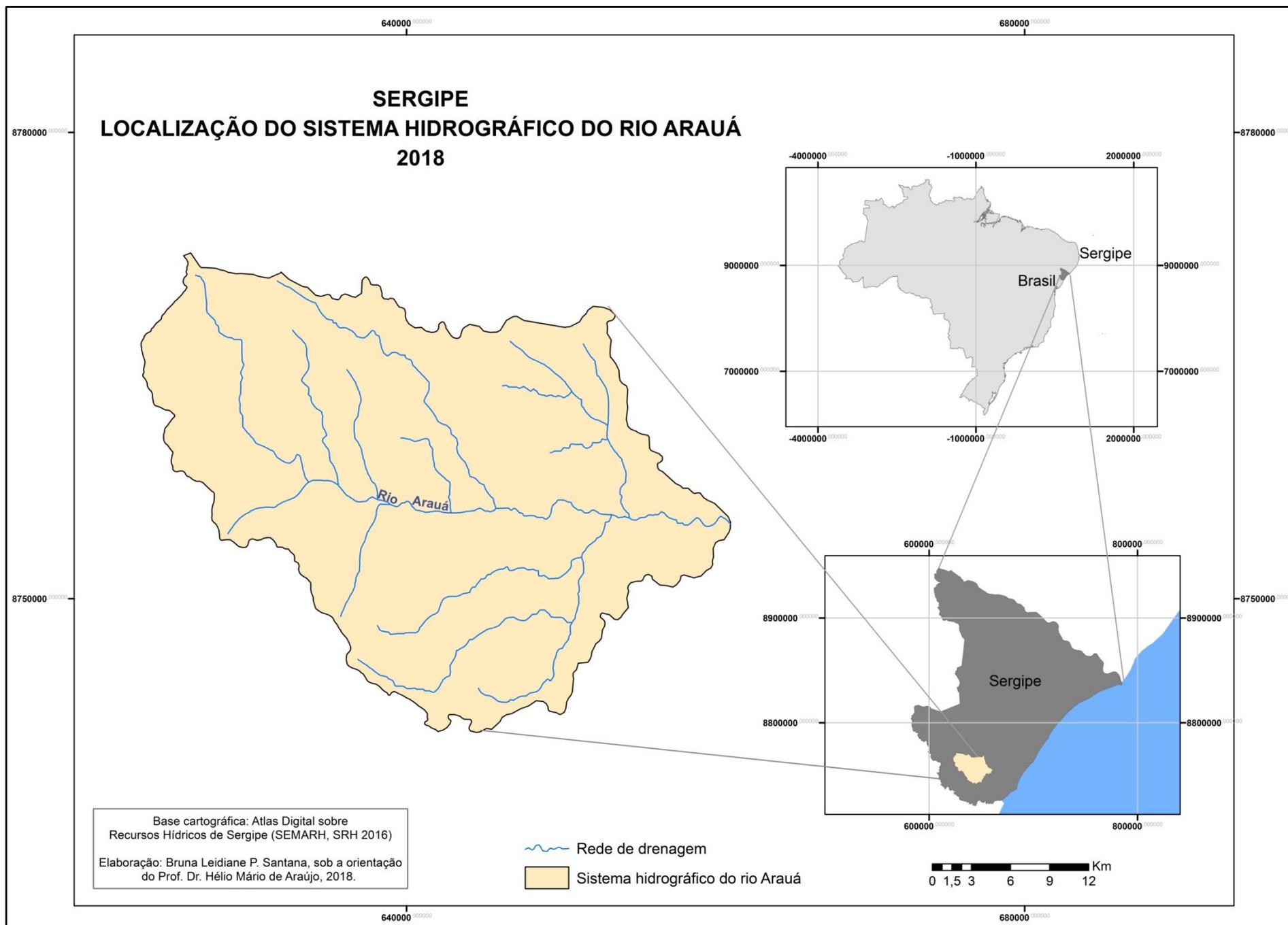
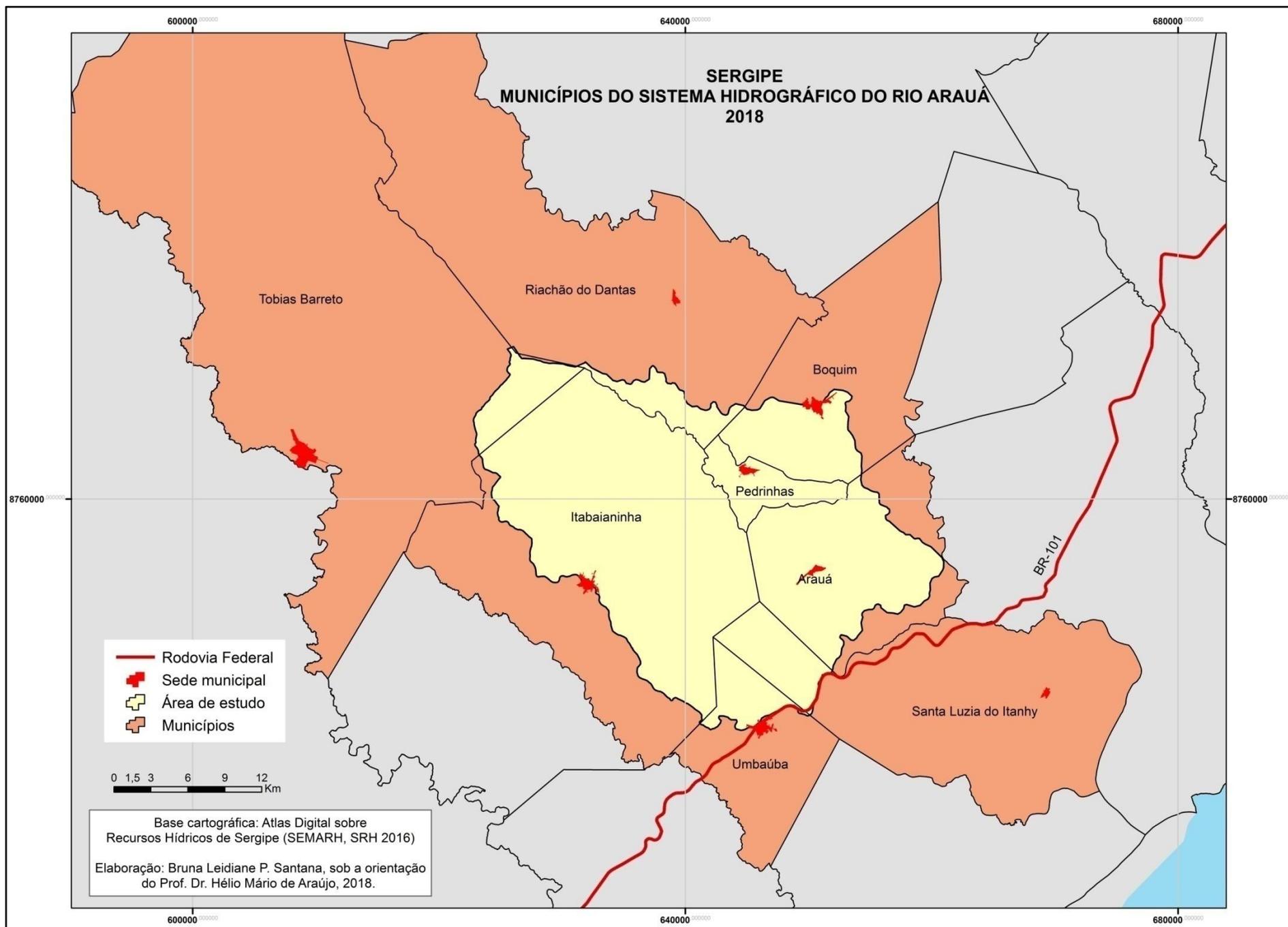


Figura05 – Sergipe, municípios do sistema hidrográfico do rio Arauá, 2018



2 CONTRIBUIÇÕES TEÓRICO-METODOLÓGICAS PARA ANÁLISE INTEGRADA DA PAISAGEM

2.1 Abordagem sistêmica e paisagem no cenário teórico-metodológico da Geografia

O espaço geográfico enquanto objeto de estudo da Geografia contempla diferentes dimensões da relação sociedade/natureza, compreendidas ao longo do tempo histórico por paradigmas responsáveis por condicionar abordagens de caráter descritivo, analítico, reducionista e contextual. A evolução destas formas de apreensão da realidade se manifesta pela necessidade de explicar sua constante dinâmica.

Dentre estas abordagens, destaca-se a concepção sistêmica derivada da Teoria Geral dos Sistemas que surgiu na Biologia e perpassou por distintos ramos da ciência, tendo como principais características a totalidade e organização. Na proposta de Bertalanffy os sistemas abertos são materializados nos organismos vivos e na própria sociedade, até então desconsiderados na concepção mecanicista que direcionava a ciência numa sucessão de causas.

Contrariando tal premissa, a abordagem sistêmica aparece como uma alternativa para subsidiar a ciência na contemplação de leituras complexas e integradas da realidade. Essa conjuntura passa agregar novos conceitos, destacando o de sistema, que rege todos os outros. Para análise ambiental, os sistemas são classificados de acordo com o critério funcional e de composição integrativa, salientados por Christofolletti (1979), como os mais importantes.

Estes dois critérios permitiram a definição de inúmeros sistemas, contudo, apenas quatro de composição integrativa foram considerados relevantes para a Geografia Física e Análise Ambiental. Seguindo a estrutura de Chorley (1971) têm-se os sistemas morfológicos, sistemas em sequência ou encadeante, sistemas de processos e respostas e os sistemas controlados.

A partir das referências teóricas vários modelos metodológicos foram formulados, na Geografia, Sotchava em 1960 propõe a Teoria dos Geossistemas. A proposta consistia na classificação das paisagens naturais através de parâmetros biogeográficos definidos em nível planetário, regional e topológico. Posteriormente, na França, em 1968, Bertrand conferiu ao geossistema uma nova classificação caracterizada como espaço-temporal, pois contempla níveis taxonômicos diferenciados em Unidades Superiores (Zona, domínio e Região Natural) à Unidades Inferiores (Geossistemas, Geofáceis e Geótopo) (NASCIMENTO et. al, 2005).

No Brasil, a partir da década de 1970 os pesquisadores rotulados da Geografia Física incorporaram o esboço teórico-metodológico de Bertrand e passaram a fomentar os estudos de proposição integrada e conjuntiva da paisagem, priorizando a dinâmica de formas e processos com a intencionalidade de criar interconexões com aspectos sociais e naturais. Neste aspecto,

A análise geossistêmica trata de geografizar dentro de duas esferas a natural e a social, é um conjunto de elementos interdependentes que interagem com objetivos comuns formando um todo. O geossistema, por seu caráter arrojado ao envolver na análise o conjunto de subsistemas que compõem uma dada paisagem, tem provocado inúmeras discussões. (FERNANDES et. al, 2011, p.9).

No âmbito da visão integradora que passa a nortear a Geografia, a paisagem se afirma como categoria de análise de maior ênfase. Segundo Salgueiro (2001), o emprego desta categoria emerge no início do século XX, evidenciando a relação dos aspectos naturais e sociais, com o propósito de sanar a dualidade presente no campo da Geografia.

Outrora, a paisagem subsidiava descrições das formas físicas que compusera o espaço geográfico, apenas o que estava visível se compreendia por paisagem. Para Souza (2013, p.48) “O fato de ser uma forma, uma aparência, significa que é saudável “desconfiar” da paisagem. É conveniente sempre buscar interpretá-la ou decodificá-la à luz das relações entre forma e conteúdo, aparência e essência”.

Todos estes atributos que configuram a paisagem se consolidam com a visão sistêmica, e por tanto, concebe-se a paisagem como um sistema integrado que se desenvolve quando estuda-se a paisagem como um sistema total, não deve haver isolamento de suas propriedades integradoras (RODRIGUEZ, 2013). Neste sentido, as formas que constituem a paisagem resultam da materialização de processos e relações concebidas entre sociedade/natureza, ou seja, o meio abiótico, biótico e antrópico fundem-se e produzem as paisagens.

Para Troppmair et al. (2006) a paisagem se concebe como fisionomia do espaço a partir da sua estrutura, inter-relações e dinâmica, constituindo um Geossistema, uma unidade real e integrada. A concepção geossistêmica tem como fundamental condição a inter-relação instituída aos componentes da paisagem na perspectiva de explicar a totalidade. Assim, para Machado (2015), os sistemas são vinculados a três conceitos, “o todo”, “as partes” e “a inter-relação”.

Além destes, Passos (2002), considera para o geossistema o conceito espacial consolidado pelas unidades homogêneas de escala variável e passível de mapeamento, o conceito “naturalista” que decorre do conjunto de componentes do meio geográfico, como

bem expõe o autor, feições do modelado e sua gênese, e o conceito antrópico que implica nos impactos das atividades humanas. Desta forma,

podemos dizer que o conceito de geossistema automaticamente nos remete à abordagem geográfica do fato natural associada ao enfoque no jogo de relações imbricadas e, assim, consubstanciadas na própria essência da natureza, inclusive de uma natureza apropriada pela sociedade. Apropriação geradora de impactos manifestos no espaço, direta ou indiretamente perceptíveis na (s) paisagem (ens) (SOUZA, 2010, p.95).

Conforme Nascimento(2005), no geossistema ou sistemas ambientais deve-se considerar três questões estruturais – a morfologia referente ao arranjo dos seus componentes e estrutura espacial que desempenha complexas funções, a dinâmica viabilizada pelo fluxo de energia e matéria e por fim, a exploração biológica (fauna, flora e o homem).

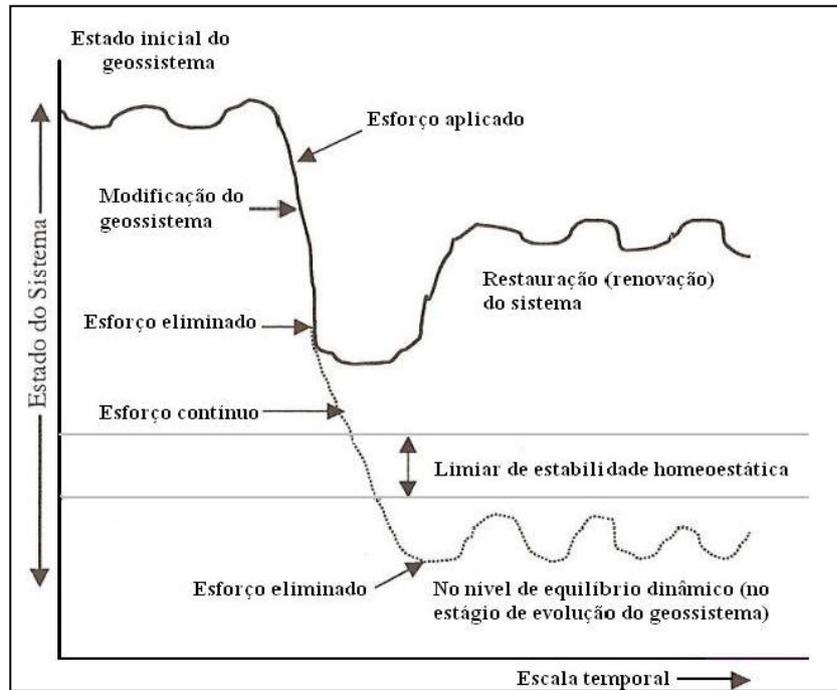
Neste contexto, é necessário englobar ainda os conceitos de equilíbrio, funcionamento e evolução que permitem investigar as heterogeneidades pertinentes as unidades geossistêmicas. Nas suas proposições Bertrand qualifica os geossistemas de acordo com seu estado de equilíbrio (biostasia) e desequilíbrio (resistasia) que resulta em sua dinâmica. “Reconhecemos, portanto, o meio natural como estrutura principal e a ação antrópica como um dos principais agentes de *“desequilíbrio”*, sendo essa interação que determina a compreensão da dinâmica do Geossistema”. (VICENNTE, et al., 2003, p. 337).

A organização do sistema depende do fluxo de energia e matéria que ocorre entre seus componentes. A atuação antrópica representa um potencial de alteração, desencadeado pelo tipo de atividade econômica desenvolvida – agricultura, mineração, indústria – sua intensidade e as técnicas de manejo que são empregadas. A partir destas premissas busca-se inferir sobre o estado ou estados sucessivos de diferentes ambientes, tornando possível a projeção de cenários futuros. Assim,

as modificações realizadas pelo sistema socioeconômico na estrutura e dinâmica dos geossistemas, podem apresentar-se por meio de esforços junto a estes sistemas, onde há a resistência dos elementos geossistêmicos as tensões sofridas, criando-se com isso, novos estágios de evolução (NEVES et al, 2014, p. 278).

O gráfico esquematizado por Rodrigues (2004) demonstra o processo de rompimento da estabilidade do geossistema e sua restauração, mas, uma vez alterada, a dinâmica não se estabelece com as suas características iniciais(Figura 06).

Figura 06 – representação do estado do Geossistema numa escala temporal



Fonte: Rodrigues (2004)

Seguindo este processo de equilíbrio e instabilidade, os geossistemas podem ser classificados segundo Bertrand (2004), em Climácicos que condiz a paisagens com “clímax” mais ou menos conservado; paraclimácicos onde a evolução regressiva advém de modificações no potencial ecológico ou exploração biológica; degradados com dinâmica regressiva, resultantes das intervenções antrópicas que culminam na supressão da vegetação nativa e os degradados de regressão progressiva referente a áreas que tendem a regenerar-se.

Contudo, o autor define esta tipologia da paisagem utilizando-se de diferentes ambientes permitindo ajustá-la a depender das características naturais e antrópicas que se pretende avaliar, já que o geossistema amplia a possibilidade de investigação na Geografia.

Além do esboço teórico-metodológico do geossistema, a abordagem sistêmica associada a categoria paisagem viabilizou uma ampla elaboração de modelos e metodologias que apresentam os princípios básicos da análise integrada como a Ecodinâmica de Tricart (1977), que utilizando bases teóricas da Ecologia e agregando instrumental lógico dos sistemas, estabeleceu relações mútuas entre os diversos componentes da dinâmica e os fluxos de energia e matéria no meio ambiente.

Moura-Fé (2014) esclarece que o tripé teórico-metodológico imbricado (Teoria Geral dos Sistemas-Ecosystema-Ecodinâmica) manifesta uma distinta forma de investigar os

fenômenos geográficos na Geografia Física caracterizado até então, pelo inventário compartimentado de informação.

A proposta deste estudo se materializa na abordagem sistêmica, com as contribuições da ecodinâmica, do geossistema que viabiliza a compressão da relação entre potencial ecológico (clima, hidrografia, geomorfologia), exploração biológica (vegetação, solo e fauna) e a ação antrópica, bem como no processo de espacialização como resultado da integração necessária na análise da fragilidade e potencialidade ambiental.

2.2 Ecodinâmica e outros modelos metodológicos derivados da abordagem sistêmica

A gênese da Ecodinâmica idealizada por Tricart (1977) está fundamentada na noção de ecossistema que surgiu da adoção do conceito de sistema pela Ecologia. O enfoque da concepção de sistema neste cenário se concentra nas relações de dependência mútua entre os fenômenos, no qual é incorporada a participação humana.

Com base nas noções ecossistêmicas se estabelece uma classificação dos meios naturais, caracterizadas pela dinâmica dos ambientes que apresentam repercussões de diferentes intensidades na biocenose, tendo como elemento predominante a morfodinâmica. Esta escolha justifica-se em decorrência da morfodinâmica ser considerada pelo autor uma limitação no desenvolvimento dos seres vivos, pois

O conceito de unidades ecodinâmicas é integrado no conceito de ecossistema. Baseia-se no instrumento lógico de *sistema*, e enfoca as relações mútuas entre os diversos componentes da dinâmica e os fluxos de energia/matéria no meio ambiente (TRICART, 1977, p. 32).

A definição da taxonomia que classifica as porções da paisagem na relação pedogênese/morfogênese, considera os diversos processos atuais, sua natureza, intensidade e distribuição nos componentes do sistema que apresentam resistência e resiliência diferenciada, tanto aos processos naturais como aqueles comandados pelas atividades antrópicas. Alguns fatores assumem maior relevância como a vegetação que com sua presença ou ausência pode favorecer, respectivamente, a minimização ou maximização dos processos que dinamizam a paisagem.

Partindo da dinâmica que permeia os componentes do sistema ambiental, Tricart (1977) qualificou a paisagem em distintos estados morfodinâmicos em razão da intensidade dos processos atuais – Meios Estáveis; Meios Intermediários ou *Intergrades* e Meios Instáveis – o balanço destes estados é definido pela relação entre vegetação-relevo-solos.

Nos Meios Estáveis o relevo apresenta dissecação lenta que favorece o desenvolvimento dos solos. Neste caso, há uma estabilidade atribuída ao modelado em condições de cobertura vegetal densa, tratando-se dos aspectos geomorfológicos são evidenciados cursos de água com baixo trabalho de incisão.

Nos Meios *Intergrades* ou Intermediários, ocorre uma transição gradual dos processos pedogenéticos para os morfodinâmicos que apresenta intensidade variada, as alterações sucedidas no modelado são em escalas de tempo menores. A ocorrência dos processos morfodinâmicos desestabilizam o horizonte superficial dos solos.

Os Meios Fortemente Instáveis apresentam um estado de desequilíbrio entre os processos atuantes no relevo e no solo. Estes ambientes estão caracterizados pelo predomínio da morfogênese que altera as características do modelado e compromete a evolução dos solos, em razão de fatores como a redução da cobertura vegetal e mudanças na variabilidade da precipitação pluviométrica, além de alterações antrópicas que propiciam a ampliação dos processos erosivos.

Estes princípios foram utilizados na elaboração de metodologias destinadas a avaliação do sistema ambiental através da quantificação e de técnicas modernas de cartografia digital como o modelo de Análise Empírica da Fragilidade dos Ambientes Naturais e Antropizados de Ross(1994), que atribuiu novos critérios para classificar as Unidades Ecodinâmicas utilizando o conceito de Unidades Ecodinâmicas de Instabilidade Potencial e de Instabilidade Emergente classificadas em distintos graus de fragilidade.

As Unidades de Instabilidade Potencial apresentam uma propensão natural para manifestação de processos que possam alterar a dinâmica que mantém seu equilíbrio. Em áreas com relevo íngreme com solos pouco evoluídos e rasos, por exemplo, os processos erosivos possuem uma maior tendência a ocorrer.

Nas Unidades de Instabilidade Emergente, além da possível predisposição natural do ambiente em ser alterado, as intervenções antrópicas corroboram ou intensifica estes processos de regresso no sistema. Uma das principais características da ação humana, neste sentido é a retirada da vegetação original de determinada área para implantação de grandes lavouras e pastagem.

As fragilidades dos ambientes naturais podem ser estabelecidas adotando-se o conceito de Unidades Ecodinâmicas preconizadas por Tricart (1977) e adaptadas por Ross (1990 e 1994). Dentro dessa concepção ecológica, o ambiente é analisado sob o prisma da Teoria Geral dos Sistemas (ROSS, 1990, p.73).

Esta análise consiste na integração das variáveis – relevo, solos, clima e uso e ocupação das terras – considerando suas funcionalidade se estrutura permitindo alcançar a fragilidade ambiental concebida como a capacidade inerente aos componentes do sistema ambiental de modificar-se pelos processos naturais ou impulsionados pela ação antrópica. “O termo fragilidade está ligado à susceptibilidade do sistema de sofrer intervenções, ou de ser alterado. Quando é quebrado o estado de equilíbrio dinâmico o sistema pode entrar em colapso, passando para uma situação de risco” (SPORL, 2010, p. 25).

A propensão do sistema depende da gênese dos seus componentes e arranjo. Por isso, para se compreender a fragilidade ambiental é necessário salientar as características dos elementos biofísicos e sua organização na paisagem, pois são estes que definirão os processos que poderão se manifestar e resultar na degradação ambiental que envolve tanto a disponibilidade dos recursos naturais, quanto a qualidade de vida da sociedade.

O modelo proposto por Ross (1994) evidencia que os componentes de um sistema podem diferenciar-se quanto a sensibilidade às alterações, ou seja, a mesma perturbação terá respostas diversas. Considerando o estado de estabilidade/instabilidade, os componentes de menor sensibilidade permanecerão estáveis, por apresentar maior resistência, e os mais sensíveis se tornarão mais sensíveis, pela razão contrária, menor aptidão de resiliência. Assim, são utilizados pesos, que distribuídos em classes sintetizam a configuração do sistema quanto a sua fragilidade.

A condição de instabilidade quando instaurada pode se propagar em todo sistema. No entanto, Mattos et al. (2004) fundamentado nos pressupostos de Chirstofoletti (1999) e Westman (1978), esclarecem a noção de estabilidade pode ser compreendida em estabilidade de resiliência – capacidade do sistema em retornar o estado anterior a perturbação – e a estabilidade de resistência que corresponde a capacidade do sistema em manter os arranjos estruturais e funcionais diante das perturbações. No geral, a estabilidade dos sistemas é considerada,

[...] a capacidade do sistema, mesmo quando submetido a distúrbios, mantém seu padrão global de organização, seja no mesmo estado em que se encontra antes da perturbação ou em um outro estado. Embora os distúrbios possam provocar alterações estruturais e funcionais no sistema e ainda que haja constantes alterações em componentes e nos modos como os elementos se inter-relacionam, um sistema que consegue conservar certa coerência interna e preservar suas características fundamentais de organização ao longo de sua evolução pode se considerado estável (MATTOS et al., 2004, p. 13).

Nos sistemas geomorfológicos complexos, como as bacias hidrográficas a estabilidade/instabilidade está relacionado aos processos morfodinâmicos comandados por eventos naturais e potencializados pela intervenção antrópica. “É natural que a apropriação do relevo pelo homem, como recurso ou suporte, implique transformações substanciais, tanto na “anulação” dos processos morfodinâmicos, a exemplo da impermeabilização de superfícies, como na aceleração destes, considerando o próprio desmatamento, produzindo modificações em curto espaço de tempo” (CASSETI, 2005, p.2).

Nas propostas de Tricart (1977) e Ross (1994) mesmo viabilizando a integração dos componentes da paisagem, verifica-se uma tendência em ressaltar os processos geomorfológicos como os morfogenéticos e morfodinâmicos.

Os processos morfogenéticos estão associados aos aspectos do intemperismo e formas proporcionais a sua atuação. Neste caso, a relação processo-forma é notória, ou seja, para cada momento climático predominará variados processos morfogenéticos que resultaram em distintas formas de relevo. As feições morfológicas são testemunho de diferentes características climáticas que se sucederam no tempo geológico. “Os elementos morfogenéticos referem-se tanto aos reflexos dos processos morfodinâmicos atuais, enfocados pela fisiologia da paisagem, como pretéritos, responsáveis pela elaboração do modelado e respectivos depósitos correlativos” (CASSETI, 2005, p. 16).

Os processos morfodinâmicos, encontram-se na escala de tempo histórico, pois estão relacionados ao intemperismo atual e as intervenções humanas, referindo-se a terceiro nível de abordagem tratado pela fisiologia da paisagem.

Para Penteadó (1978), os processos morfodinâmicos consistem nas alterações efetuadas nas feições morfológicas através de um conjunto de mecanismos simples e complexos desencadeados pela ação direta e indireta do clima, submetido a um sistema morfoclimático. Sua intensidade é condicionada pelas características do relevo, vegetação e solos. Em áreas úmidas estes processos estão associados a dinâmica fluvial e pluvial representada pelo escoamento em lençol, concentrado e difuso.

Estes processos referem-se ao momento atual da evolução do relevo, denominado fisiologia da paisagem. “O processo de apropriação do relevo pelo homem, seja como suporte ou recurso, responde pelo desencadeamento de reações que resultam no comportamento do modelado, considerando os efeitos morfodinâmicos convertidos em impactos” (CASSETI, p. 17). Diante disso, a atuação morfodinâmica deve ser analisada na escala do tempo histórico, pois a dinâmica pertinente ao fenômeno pode evoluir para a instabilização de vertentes e a formação de feições erosivas de sulcos, ravinas e voçorocas.

Assim, a morfodinâmica assume um caráter impulsionador da dinâmica da paisagem e pode ser interpretado de diferentes maneiras. Os processos morfodinâmicos podem indicar o desequilíbrio de um sistema causado por fatores naturais e/ou antrópicos, como a sua busca pela retomada da estabilidade. O problema que norteia essas questões refere-se a mudanças que acontecerão no ambiente durante esse espaço de tempo e como serão as repercussões nas atividades humanas.

Por esta razão, torna-se fundamental traçar cenários futuros utilizando metodologias que permitam uma leitura da realidade de forma integrada, tentando viabilizar ações direcionadas para atenuar as implicações da ação antrópica sobre os componentes biofísicos da paisagem.

2.2.1 Validação de estudos com a Ecodinâmica

Além do modelo empírico de Ross (1994), as proposições da Ecodinâmica são amplamente utilizadas atualmente, em estudos e novas propostas de classificação integrada da paisagem, incorporando técnicas e ferramentas de geoprocessamento.

Souza (2000), em seu esboço de zoneamento geoambiental do Ceará além de utilizar as tipologias de Tricart (1977), adiciona à classificação da dinâmica das unidades de paisagem outras duas tipologias – ambientes de transição com tendência a instabilidade e ambientes de transição com tendência a estabilidade.

Oliveira (2011) e Lima (2013) adotaram como referência metodológica a Ecodinâmica associada a Vulnerabilidade Natural à perda de solo de Crepani et al. (1996; 2001) que analisa a vulnerabilidade natural dos terrenos aos processos de erosão a partir da identificação das UTB's - Unidades Territoriais Básicas, pois

Para se analisar uma unidade de paisagem natural é necessário conhecer sua gênese, constituição física, forma e estágio de evolução, bem como o tipo da cobertura vegetal que sobre ela se desenvolve. Estas informações são fornecidas pela Geologia, Geomorfologia, Pedologia e Fitogeografia e precisam ser integradas para que se tenha um retrato fiel do comportamento de cada unidade frente à sua ocupação. (CREPANI et al., 2001, p.13).

Assim, para estabelecimento das classes de Vulnerabilidade de cada Unidade de Paisagem são atribuídos valores conforme as condições da relação entre pedogênese/morfogênese (Figura 07).

Figura07 – Escala de vulnerabilidade das unidades territoriais básicas

UNIDADE DE PAISAGEM	MÉDIA		GRAU DE VULNERAB.	GRAU DE SATURAÇÃO			CORES
	VERM.	VERDE		AZUL			
U1	↑	3,0	VULNERÁVEL	255	0	0	
U2		2,9		255	51	0	
U3		2,8		255	102	0	
U4	V	2,7		255	153	0	
U5	U	2,6		255	204	0	
U6	L	2,5	MODERADAM. VULNERÁVEL	255	255	0	
U7	N	2,4		204	255	0	
U8	E	2,3		153	255	0	
U9	R	2,2	MEDIANAM. ESTÁVEL/ VULNERÁVEL	102	255	0	
U10	A	2,1		51	255	0	
U11	B	2,0		0	255	0	
U12	I	1,9		0	255	51	
U13	L	1,8	MODERADAM. ESTÁVEL	0	255	102	
U14	I	1,7		0	255	153	
U15	D	1,6		0	255	204	
U16	A	1,5		0	255	255	
U17	D	1,4		0	204	255	
U18	E	1,3	ESTÁVEL	0	153	255	
U19		1,2		0	102	255	
U20		1,1		0	51	255	
U21		1,0		0	0	255	

Fonte: CREPANI et al, 2001.

Ainda no contexto da vulnerabilidade, Alves (2010) e Medeiros (2014) tratando do ordenamento territorial, incorporam em suas análises os aspectos sociais, utilizando de indicadores socioeconômicos que elucidam a vulnerabilidade social, atribuindo-os valores assim como nos componentes biofísicos da paisagem.

Entre as diferentes unidades de análise escolhidas para aplicação destas metodologias, as bacias hidrográficas se destacam. Silva (2012) com base na vulnerabilidade, potencialidades e limitações das unidades geoambientais fornece um diagnóstico integrado, na perspectiva de avaliar as aplicabilidades do possível planejamento ambiental, bem como a elaboração de um plano de gestão para a bacia hidrográfica foco do seu estudo.

Da mesma forma, Carvalho (2013) com vista ao planejamento ambiental propõe um modelo cartográfico de diagnóstico ambiental do meio físico para bacias hidrográficas de pequeno porte, com usos da terra diferenciados, baseado no conceito da ecodinâmica, no diagnóstico do meio físico de bacias hidrográficas de Beltrame (1994) e Vulnerabilidade Natural à perda de solo (Figura 08).

Figura08– Classificação do Diagnóstico do Meio Físico

CLASSIFICAÇÃO	VALORES	COR	DESCRIÇÃO
estável	0 a 1		Tem uma lenta evolução resultante da permanência no tempo de combinações de fatores. Encontram-se em regiões morfodinamicamente estáveis, com cobertura vegetal fechada, dissecação moderada e ausência de manifestações vulcânicas.
quase estável	1,1 a 1,5		
média	1,4 a 2		São meios de transição entre os meios estáveis e os meios instáveis. Possui uma interferência permanente de morfogênese e pedogênese no mesmo espaço que variam em função de dois critérios, qualitativo e quantitativo. Qualitativo quando os processos morfogênicos afetam unicamente a superfície do solo e não alteram os horizontes do perfil, afetando diretamente a cobertura vegetal. O ponto de vista quantitativo está relacionado ao balanço pedogênese/morfogênese e aos movimentos de massa que afetam o solo em toda a sua espessura e causam diferenciação do solo em todos os seus horizontes.
quase instável	2,1 a 2,5		
instável	2,6 a 3		Nesses meios a morfogênese é o elemento predominante da dinâmica natural, e fator determinante do sistema natural, ao qual outros elementos estão subordinados: Deformações tectônicas, cobertura vegetal, oscilações climáticas e degradações antrópicas.

Fonte: Carvalho, 2013

Por fim, é importante salientar que a ecodinâmica favoreceu o surgimento de metodologias mais avançadas para investigação dos fenômenos e processos que se manifestam na paisagem. Ruhoff (2004), por exemplo, criou uma simulação computacional numérica do escoamento superficial da água e dos processos erosivos. Assim, obteve uma representação realista dos processos espaço-temporais que possibilitaram a avaliar os riscos de processos erosivos em uma bacia hidrográfica, podendo ainda gerar um cenário preservacionista que abrangesse a redução do escoamento superficial e dos processos erosivos. Essas pesquisas demonstram que a ecodinâmica está em constante uso e atualização.

2.3 Bacia hidrográfica como unidade de planejamento e sistema hidrográfico

A evolução do pensamento geográfico é marcada por diferentes formas de compreensão da organização espacial a partir de fenômenos sociais, naturais, políticos e culturais, bem como por diversos métodos e metodologias que possibilitaram distintas leituras da realidade. Na atualidade, a questão ambiental constitui um dos principais enfoques dos

estudos geográficos em função do seu caráter integrador, pois permite agregar os processos naturais e sociais na organização espacial.

Esta vertente da Geografia emerge da necessidade de evidenciar os problemas e impactos decorrentes da apropriação dos recursos ambientais pelo homem na efetivação e intensificação da produção capitalista, e sobretudo possibilitar a aplicação do conhecimento geográfico na minimização destes eventos, na perspectiva da melhoria da qualidade de vida e conservação dos recursos ambientais.

Os estudos que contemplam esta perspectiva tendem predominantemente a definir a bacia hidrográfica como unidade de análise, enaltecida por Coelho Neto (1998), como um sistema aberto de fluxos de energia e matéria. As entradas são caracterizadas pela precipitação e forças tectônicas, enquanto as saídas pela perda de água sedimentos e materiais solúveis. Assim, “a bacia hidrográfica é uma unidade geofísica bem delimitada, estando presente em todo o território, em várias dimensões, apresenta ciclos hidrológicos e de energia relativa bem caracterizada e integra sistemas a montante, a jusante e as águas subterrâneas e superficiais. (CAZULA, et al., 2010, p. 112).

Para Mattos et al. (2004) as bacias hidrográficas podem ser consideradas sistemas geomorfológicos complexos caracterizados pela não-linearidade e retroalimentação, o todo é diferente das somas de suas partes, aninhamento hierárquico, atratores e repulsores, sistemas afastados do equilíbrio termodinâmico e auto-organização.

– não-linearidade e retroalimentação: nos sistemas geomorfológicos complexos os elementos interagem de forma não-linear, ou seja, são estabelecidas relações de realimentação negativa e positiva. O primeiro destina-se a minimizar os efeitos de perturbação e o segundo possibilita a ampliação deste processo.

– o todo é diferente das somas de suas partes: isso significa que quando analisados em interação, os componentes do sistema apresentam características diferentes, caso estes componentes sejam avaliados isoladamente. A organização inerente ao sistema resultará em algumas limitações como a restrição de suas potencialidades e a qualidade das partes.

– aninhamento hierárquico: refere-se a existência de um nível hierárquico. Neste caso, a bacia hidrográfica constituiria o sistema de maior ordem e seus subsistemas de menor ordem seriam as suas sub-bacias. Esta condição evidencia que mesmo um sistema apresentando instabilidade é possível que subsistemas conservem sua estabilidade, denominados “núcleo de resistência”.

– atratores e repulsores: são variáveis que podem ser representadas em gráfico que demonstra a evolução do sistema. A concentração do sistema no gráfico ocorre nas áreas dos atratores que representam estado de estabilidade.

– sistemas afastados do equilíbrio termodinâmico: os sistemas complexos mesmo caracterizando-se como sistemas abertos conseguem manter-se afastado do equilíbrio termodinâmico, ou seja, recebem fluxo de energia do ambiente, mas permanece em um baixo nível de entropia.

– auto-organização: surge da própria interação estabelecida entre os elementos do sistema sem influência externa.

Estes conceitos evidenciam que as bacias hidrográficas são modelos reais de sistemas complexos que apresentam diferentes escalas espaciais e de análise. São sistemas delimitados por aspectos geomorfológicos com estado de equilíbrio dinâmico sujeito a modificação pela implantação de atividades produtivas.

As bacias hidrográficas caracterizam-se também por manter relação com outros sistemas, a exemplo, o deságue do fluxo hídrico no oceano, a inexistência de delimitações para o fluxo subterrâneo e a evaporação da água das chuvas. Além de interferir na dinâmica de outros sistemas, as bacias hidrográficas são receptoras de energia e matéria.

Em razão da complexidade que norteia estes sistemas as bacias hidrográficas, podem ser entendidas como sistemas hidrográficos [...] “uma síntese ambiental de uma determinada porção do espaço geográfico, como uma unidade funcional homogênea e autônoma, mas que apresenta heterogeneidades endógenas que estabelecem organizações menores passíveis de reconhecimento” (SILVA, 2009, p. 42).

Os sistemas hidrográficos além de apresentar heterogeneidade nas suas características naturais, exprimem diferentes usos e ocupação das terras no espaço rural e urbano. Em relação ao espaço rural a inserção de sistemas agrícolas requer a utilização indiscriminada dos recursos hídricos nas lavouras temporárias e permanentes, bem como a ocupação de áreas com propensão maior a instabilidade. Enquanto no espaço urbano a interferência humana é marcada, principalmente pela presença de núcleos habitacionais e atividades industriais.

As interferências antrópicas podem proporcionar processos de instabilidade evoluídos em qualquer componente do sistema refletidos na dinâmica dos canais fluviais, pois os fatores abióticos - relevo, substrato, cobertura pedológica -, e bióticos – vegetação e fauna – apresentam-se entrelaçados compondo uma estrutura funcional com diferentes graus de estabilidade. Portanto, reconhecer as fragilidades e potencialidades de um sistema é fundamental quando se pretende tratar do planejamento e gestão ambiental.

Além do caráter integrador e sistêmico que viabiliza inserir os sistemas hidrográficos nas abordagens do campo científico, estes tornam-se unidades espaciais de planejamento e gestão ambiental, ligados ao gerenciamento dos recursos hídricos. A escolha destas unidades decorre, sobretudo pelos conflitos e degradação que permeiam os recursos hídricos. Para Ross (p.69, 1995)

A água é um recurso natural de atenção máxima a ser dada no planejamento ambiental. Sem dar-se a devida dimensão da importância da água para as sociedades humanas, qualquer planejamento estará condenado ao fracasso, a médio ou longo prazo, face ao esgotamento das potencialidades, perdas de qualidade por uso abusivo dos corpos d'água como diluidores de resíduos ou para irrigação da agricultura, ou alimento para os rebanhos da pecuária, ou geração de energia.

Dentre os conceitos que definem o planejamento ambiental, Botelho (1999), o considera como todo projeto de uma área que compreenda os fatores físico-naturais e socioeconômicos. A integração dos componentes é destinada a avaliação das possibilidades de uso do território e dos recursos naturais a depender dos objetivos e metodologias propostas no projeto.

Segundo Rodriguez e Silva (2013, p. 133-134)

O Planejamento Ambiental é um ponto de partida para a tomada de decisões relativas à forma e intensidade em que se usa um território e cada uma de suas partes incluindo os assentamentos humanos e as organizações sociais produtivas. Constitui, em si, um processo organizado de coleta de informações, de análise e reflexão sobre as potencialidade e limitações dos sistemas ambientais de um território. Isso servirá como base para definir as metas, os objetivos, as estratégias de uso, os projetos, as atividades e as ações, síntese de uma organização das atividades sociais e econômicas do espaço.

Assim, o planejamento ambiental deve contemplar todos os aspectos que compõem a organização territorial das bacias hidrográficas, pois as ações devem ser direcionadas para melhorias na qualidade ambiental e de vida da população.

No panorama do planejamento ambiental está a gestão ambiental, que para bacias hidrográficas são direcionadas aos recursos hídricos. Para Botelho e Silva (1999) a gestão das bacias hidrográficas, objetiva preservar e recuperar os recursos hídricos. As instituições e órgãos encarregados por tais atribuições são responsáveis por coordenar, arbitrar os conflitos, implementar a política, planejar, regular, controlar o uso destes recursos pautados no principal propósito .

Para Araújo (2010, p.66)

A gestão ambiental é uma atividade voltada para formulação de princípios e diretrizes, estruturação de sistemas gerenciais e tomadas de decisão, tendo por objetivo final promover, de forma coordenada o uso, proteção, conservação e monitoramento dos recursos naturais e socioeconômicos em um determinado espaço geográfico, com vistas ao desenvolvimento sustentável.

No Brasil, a lei Federal de Recursos Hídricos (9.433/97) estabelece uma hierarquia dos organismos envolvidos na gestão compartilhada do uso da água. Neste sentido, se estabeleceu que o *Conselho Nacional de Recursos Hídricos* em termos administrativos é o órgão que detém o poder em decidir grandes questões; os *Comitês de Bacias Hidrográficas* são organizados em nível estadual e federal, representando e intervindo pelas bacias hidrográficas; as *Agências de água* destinam-se ao gerenciamento dos recursos obtidos pela cobrança no uso da água e as *Organizações civis de recursos hídricos* correspondem a entidades envolvida no planejamento e gestão do uso dos recursos hídricos. Assim,

Em termos práticos, os sistemas de gestão dependem de instrumentos que possam ser desenvolvidos e aplicados de forma a atender às expectativas e aos desejos da comunidade, nos limites impostos pela aptidão natural das bacias hidrográficas, seja na perspectiva mais utilitarista seja para o atendimento de objetivos de preservação ambiental, idealmente na medida equilibrada que é requerida para a garantia da sustentabilidade, no médio e no longo prazos (PORTO, 2008, p.5).

No estado de Sergipe, o gerenciamento dos recursos hídricos é regido pela Política Estadual de Recursos Hídricos e o Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos instituídos a partir da Lei nº 3.870 de 25 de setembro de 1997, que estabelece como fundamento a bacia hidrográfica como unidade territorial.

No contexto do planejamento e gerenciamento dos recursos hídricos as bacias hidrográficas são definidas como unidades de planejamento (UP). A primeira proposta para a delimitação das UPs em Sergipe contava 54 unidades, utilizando como critério apenas a rede de drenagem, que de forma isolada não deve ser um parâmetro que auxilie na execução de ações de gestão e planejamento.

A necessidade de integrar critérios mais consistentes na definição das UP resultou numa segunda proposta que considera em sua metodologia os seguintes tópicos – utilização das características físicas para delimitação das Unidades de Planejamento; cruzamento com

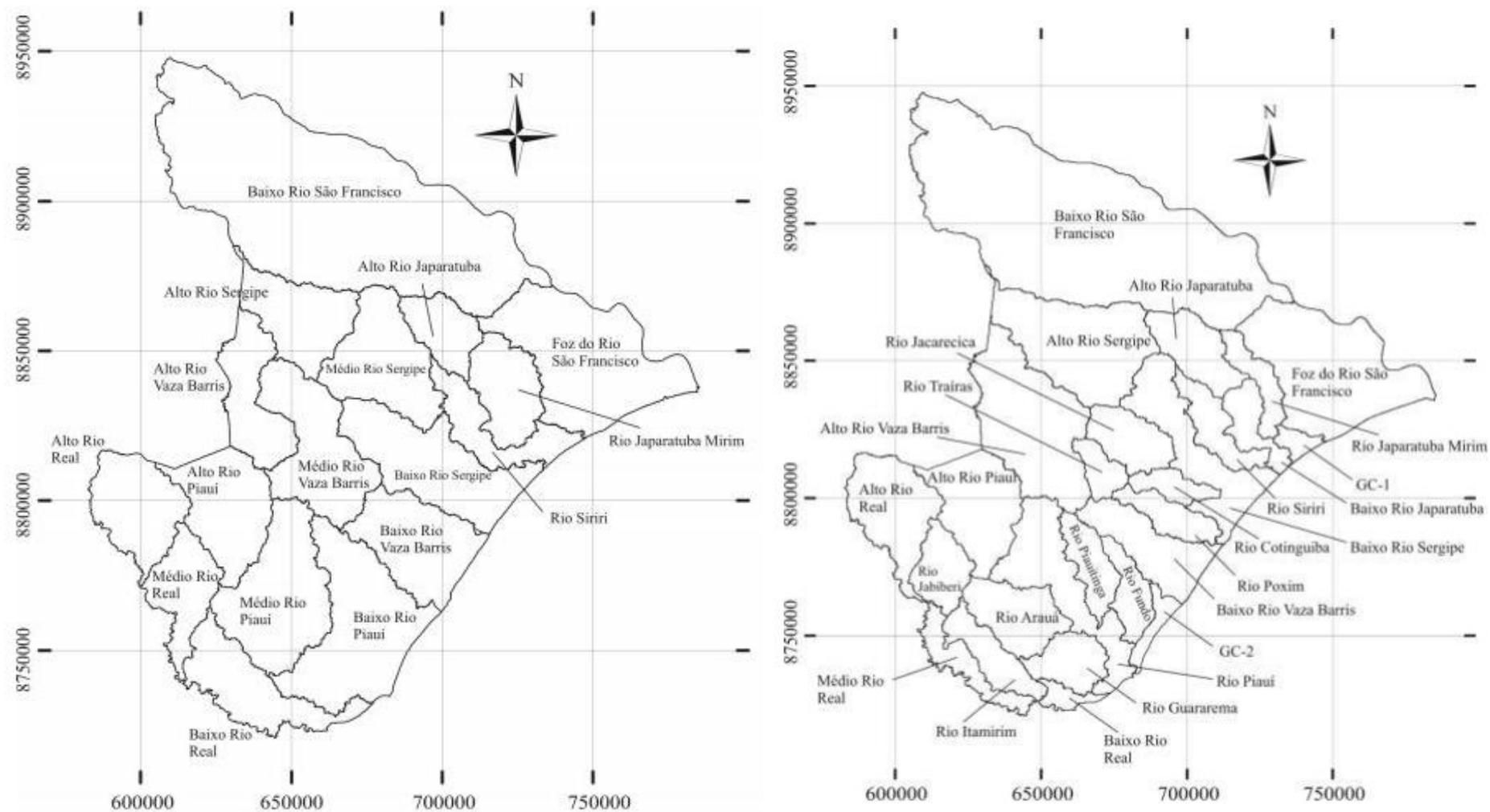
informações de disponibilidade hídrica; cruzamento com informações socioeconômicas. Após considerar o primeiro tópico as UPs foram reduzidas para 17, no entanto, os dados de disponibilidade hídrica, demanda por água e características socioeconômicas foram confrontados na perspectiva de identificar casos específicos.

Segundo a Projetec-Techne (2010), algumas sub-bacias foram consideradas como importantes sob o ponto de vista dos recursos hídricos: Japarutuba Mirim e Siriri, afluentes do Rio Japarutuba; Jacarecica, Cotinguiba e Poxim, afluentes do Rio Sergipe; Traíras, na Bacia do Rio Vaza Barris; Arauá, Piauitinga, Guararema e Fundo, na Bacia do Rio Piauí; Jabiberi e Itamirim, afluentes do Rio Real.

Na nova divisão foram identificadas 27 UP, inseridas nas grandes bacias hidrográficas de Sergipe – São Francisco, Japarutuba, Sergipe, Vaza Barris, Piauí e Real – que drenam o estado de Noroeste para Sudeste. A área de estudo está inserida na bacia hidrográfica do rio Piauí e constitui a Unidade de Planejamento do rio Arauá(Figura 09).

Assim, além de uma unidade de análise, o sistema hidrográfico do rio Arauá, torna-se uma unidade de planejamento. Considerando essas duas perspectivas, a fragilidade ambiental fornece um diagnóstico com informações pertinentes a dinâmica da paisagem dos componentes biofísicos e socioeconômico capaz de subsidiar ações direcionadas aos recursos hídricos, pois os processos desencadeados naturalmente e/ou influenciados pela intervenção antrópica refletem-se nos mesmos.

Figura 09 .- Divisão em Unidades de Planejamento proposta pela JICA (2000), Proposta de divisão das Unidades de Planejamento baseada nas características físicas das bacias (1ª versão), Unidades de Planejamento após ajustes (2ª versão) (2010)



Fonte: Projotec-Techne (2010)

3 PANORAMA DAS CARACTERÍSTICAS AMBIENTAIS E SOCIOECONÔMICAS DO SISTEMA HIDROGRÁFICO DO RIO ARAUÁ

3.1 Condições climáticas e formações vegetais

As características climáticas apresentam estreita relação com os processos que atuam na morfogênese e pedogênese, principalmente em áreas com maior disponibilidade hídrica através das precipitações pluviométricas, como ocorre nos trópicos. O padrão de ocorrência, a concentração e variabilidade das chuvas são comandados por fenômenos de escala global, regional e local, bem como por fatores como o relevo e cobertura vegetal. O resultado da relação estabelecida entre diferentes elementos gera especificidades que permeiam os tipos climáticos.

No nordeste brasileiro, a distribuição das chuvas está associada as mudanças na circulação atmosférica e na interação oceano-atmosfera no Pacífico e no Atlântico, destacando-se em grande escala os sistemas frontais e a zona de convergência intertropical (ZCIT). Em mesoescala ocorrem as perturbações ondulatórias no campo dos ventos alísios, complexos convectivos e brisas marítima e terrestre, enquanto que as circulações orográficas e pequenas células convectivas atuam formando fenômenos da microescala (MOLION; BERNARDO, 2000). A atuação destes fenômenos é responsável pelas oscilações espacial e temporal das chuvas no Nordeste, podendo resultar em eventos extremos como secas e enchentes.

Com base nos estudos de Oliveira (1986), Molion e Bernardo (2000) os sistemas frontais nas estações primavera-verão do Hemisfério Sul, se instalam na parte central do continente sul-americano, com seu eixo no sentido NW-SE. Esta condição gera uma zona de convergência de umidade, a zona de convergência do Atlântico Sul (ZCAS). Em função do deslocamento e permanência deste sistema meteorológico no sul do Nordeste (SNE) a estação chuvosa concentra-se de novembro a março. Na costa leste do nordeste ocorre a instalação da Zona de Convergência do Este do NE (ZCEN) responsável pela produção de chuvas nessa área.

No setor norte do Nordeste as precipitações recebem a influência da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT). Segundo Melo et al (2002), a ZCIT tem relação com sistemas meteorológicos que opera no Nordeste nos meses chuvosos, como os Distúrbios Ondulatórios de Leste e a formação de Linhas de Instabilidade ao longo da costa norte brasileira. Além disso, a relação da ZCIT com Cavados e Vórtices Ciclônicos, a depender da

posição que se encontram são capazes de inibir ou favoreceras precipitações pluviométricas no Nordeste.

No estado de Sergipe as características pluviométricas são influenciadas por fenômenos meteorológicos que atuam no Norte e Leste do Nordeste. No que se refere a ZCIT, sua atuação no Estado não ocorre o ano todo, apenas nos meses mais chuvosos. Contudo, as precipitações no Estado estão condicionadas, sobretudo pela Massa Equatorial do Atlântico Sul (MEAS) que atua mais no noroeste, Massa Polar Atlântica (MPA) e Massa Tropical Atlântica (MTA) que intervêm no restante da área.

Além dos sistemas atmosféricos, a distribuição das chuvas pode ser influenciada pelas características do relevo. Em Sergipe este fator é pouco significativo em função do modelado suave e altitudes modestas, predominando como fatores geográficos a continentalidade e a maritimidade (DINIZ et al., 2014).

Neste contexto, a divisão climática consiste em Litoral Úmido, Agreste e Semiárido. A precipitação pluviométrica decresce nesta ordem (CEMESE, 2009). A área de estudo está situada entre o Litoral Úmido e o Agreste. Segundo Cruz (2007) o clima Tropical úmido ao longo do litoral configura-se pelas elevadas precipitações (média de 1.355 mm/ano) e umidade relativa (média anual de 80%).

A estação chuvosa ocorre nos meses de abril e agosto, e estação seca de novembro a janeiro. Quanto as temperaturas, a média anual é de 25°C e temperatura mínima média de 20°C com um valor máximo médio de mais de 29°C. A evaporação apresenta valores acima de 1.000 mm/ano, que tendem a aumentar no verão, e umidade relativa (média anual de 80%).

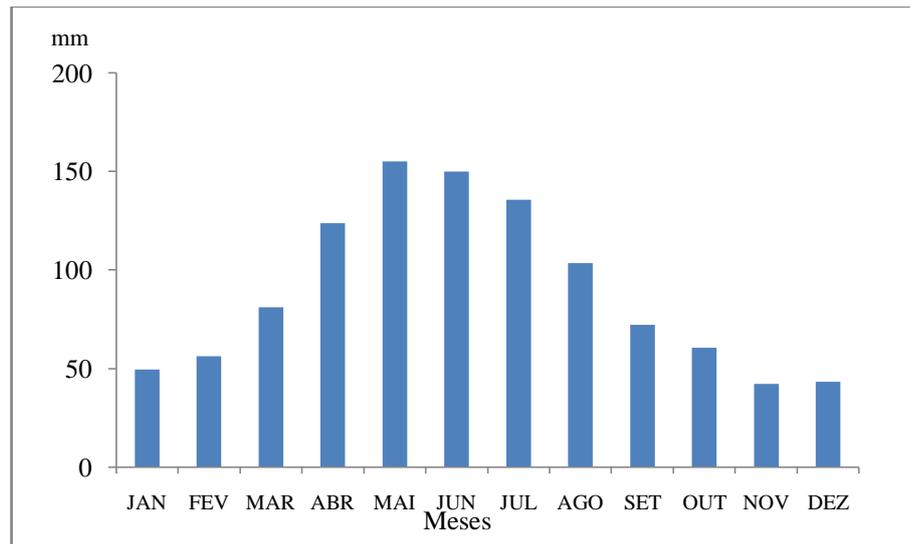
No clima Tropical subúmido referente ao Agreste a precipitação é de aproximadamente 1.000 mm/ano, menor que os valores do litoral, com a distribuição mensal semelhante. A temperatura segue o mesmo padrão do clima Tropical Úmido. No entanto, a evaporação é consideravelmente mais alta (quase 2.000 mm/ano) e a umidade média é mais baixa, aproximadamente 70%.

No sistema hidrográfico do rio Arauá as características dos elementos climáticos são variadas. Os totais pluviométricos apresentam irregularidade na distribuição, sendo maiores nas áreas mais próximas do litoral. Para a caracterização do clima foram utilizados dados de temperatura e pluviosidade dos municípios que compõem a área de estudo

Com base nos dados de precipitação e temperatura o município de Itabaianinha caracterizou-se como subúmido, com temperatura média anual de 24,2 °C e média anual pluviométrica de 1078, 24 mm. No período de 1980 a 2013 (Figura 10) os menores índices pluviométricos se estenderam de setembro a março, com valores inferiores a 80 mm. No ano

de 1980 o mês de fevereiro registrou 344,7 mm, valor excepcional para o período. A concentração pluviométrica ocorre de abril a agosto, destacando-se o mês de março com maior acúmulo de chuvas, apresentando a média total de 155 mm. Os anos mais chuvosos correspondem a 1985 – 1522,9 mm; 1988 – 1702,9 mm; 1989 – 2059,4 mm. Assim, os anos menos chuvosos foram 1983 – 640,3 mm; 1993 – 634,2 mm e 2012 – 742,2 mm, coincidindo com alguns anos de seca no Nordeste Brasileiro.

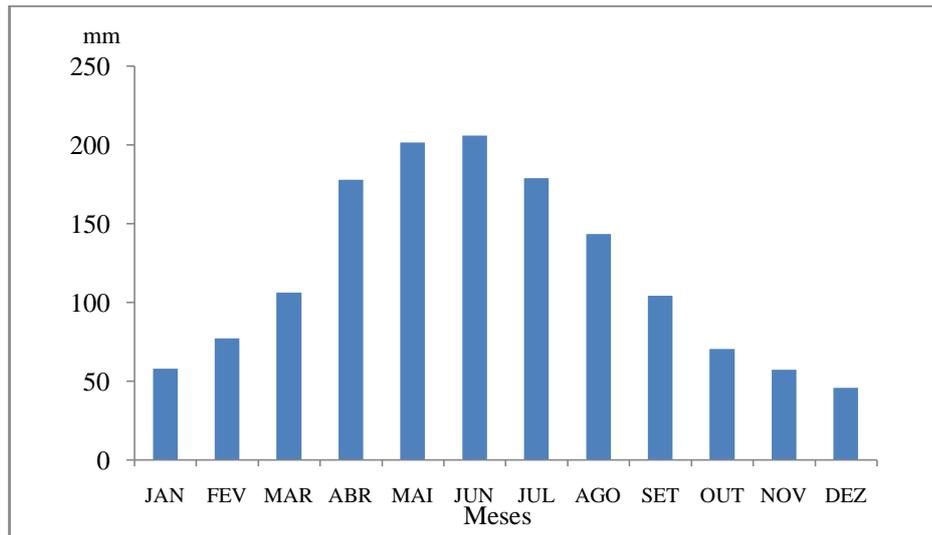
Figura 10– Itabaianinha/SE, precipitação pluviométrica mensal no período de 1980 – 2013



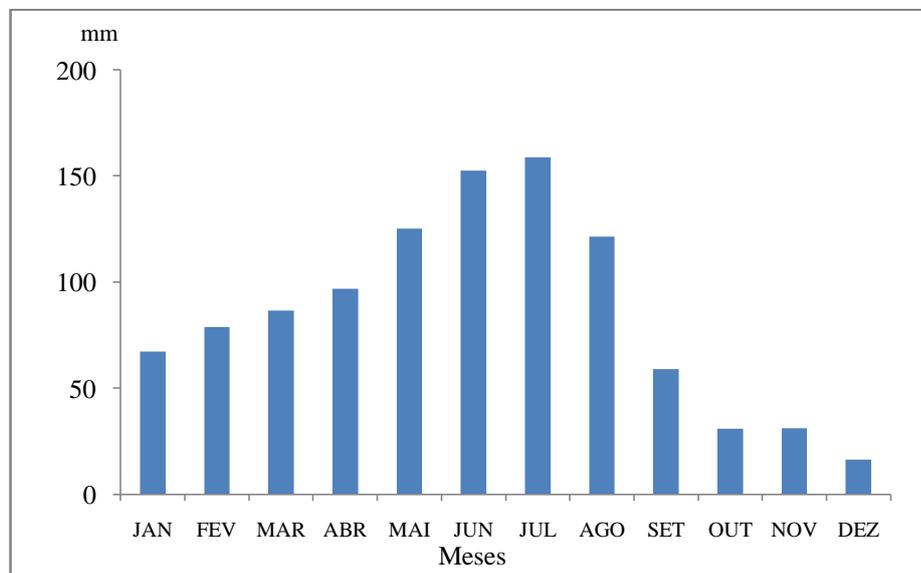
Fonte: CEMESE, 2018

A dinâmica da distribuição mensal das chuvas no município de Umbaúba diferencia-se daquela observada para Itabaianinha, embora os dois municípios apresentem características ambientais similares. Em Umbaúba as precipitações mais elevadas ocorreram de março a setembro e a média do total acumulado para o período de 1980 a 2013 em torno de 1.426,5 mm (Figura 11). Apesar do período de estiagem se prolongar pelos meses de outubro a fevereiro, os índices de pluviosidade nos meses chuvosos foram maiores para Umbaúba em relação Itabaianinha, como segue: 1985 – 1797,2 mm; 1988 – 2089,9 mm; 1989 – 2191,6 mm.

No município de Pedrinhas entre 2002 a 2008 o período chuvoso correspondeu aos meses de maio a agosto, enquanto os meses com deficiência hídrica são outubro, novembro e dezembro (Figura 12). A temperatura média anual gira em torno de 24,1 °C com precipitação pluviométrica média de 995,8 mm. Para o intervalo analisado, alguns anos apresentaram índices pluviométricos inferiores a média anual. Em 2002 o total precipitado foi de 805,4 mm, em 2005 de 904,2 mm, com registro de seca para o ano de 2007.

Figura 11–Umbaúba, SE, precipitação pluviométrica mensal no período de 1980 – 2013

Fonte: CEMESE, 2018

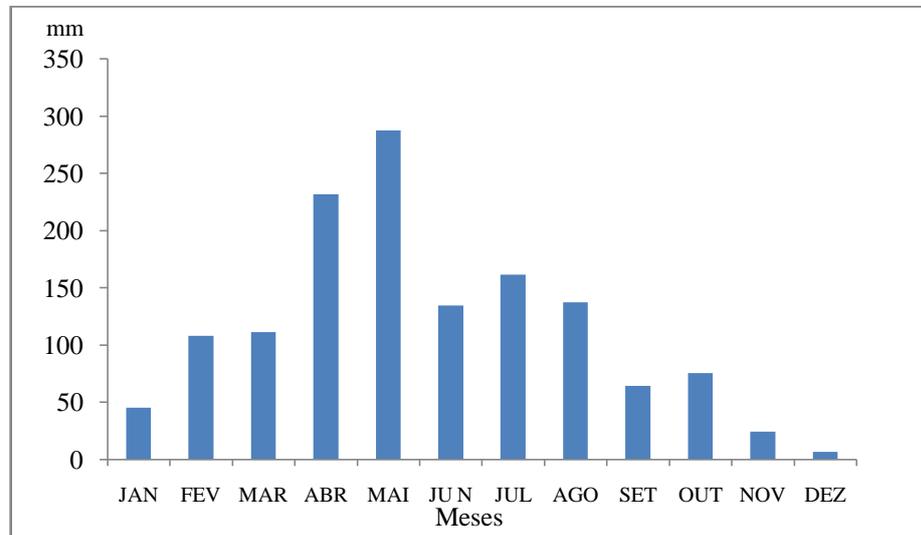
Figura 12–Pedrinhas/SE, precipitação pluviométrica mensal no período de 2002 - 2008

Fonte: EMDAGRO, 2009

No município de Boquim, entre os anos de 2002 a 2008a média acumulada de chuvas foi de aproximadamente 1.292,9 mmm. Os anos de 2008 e 2012 registraram os menores índices com 917,7 e 1.034 mm, respectivamente. O período seco compreende os meses de outubro a fevereiro com precipitações mensais que geralmente estão abaixo de 100 mm, contudo, esses valores podem se exceder como ocorreu no mês de janeiro de 2002 com 191,7 mm e 2004 com 204,2 mm. Os meses de dezembro obtiveram os menores volumes de chuvas, em 2004 os pluviômetros marcaram 0,0 mm (Figura 13).

O período úmido ocorre entre os meses de abril a setembro, quando os totais pluviométricos são mais elevados que os demais meses do ano. A distribuição mensal das precipitações está acima de 100 mm, com registros dos maiores valores em junho de 2003 (306,7mm), em junho de 2006 (328,1 mm) e em março de 2009 (661,6 mm).

Figura 13 – Boquim/SE , precipitação pluviométrica no período de 2002 - 2008



Fonte: EMDAGRO, 2009

A distribuição pluviométrica no sistema hidrográfico do rio Arauá tem relação com os demais componentes da paisagem. As oscilações anuais das chuvas são responsáveis por desencadear processos morfodinâmicos em diferentes intensidades. Nos períodos de maiores volumes das chuvas predomina o escoamento superficial concentrado, onde a dinâmica geomorfológica se acentua e interfere em maior proporção na estabilidade dos solos. Além disso, nestes eventos os canais fluviais apresentam maior vazão com conseqüente reposição hídrica.

Em razão do reflexo da variabilidade das chuvas sobre o comportamento dos processos morfodinâmicos e no desenvolvimento das atividades produtivas como a agricultura e a pecuária pode-se obter disponibilidade hídrica dos solos nos municípios de Umbaúba e Itabaianinha. O município de Umbaúba apresentou índices pluviométricos mais concentrados e umidade elevada. A diminuição de água no solo se inicia em outubro, quando as chuvas diminuem e a deficiência hídrica se prolonga de Dezembro a Março, gerando um saldo de 193,6 mm. No mês de abril ocorre a reposição hídrica que se estende por oito meses e a reserva de água no solo foi de 125 mm na maioria dos meses, proporcionando um excedente hídrico de 337,1 mm (Quadro 09).

Quadro09–Umbaúba/SE, balanço Hídrico Mensal e Anual 1980-2013

Balanço Hídrico anual e mensal											
Município: Umbaúba								Latitude: 11°, 26			
Período: 1980 a 2013											
Tipologia Climática: Thornthwaite & Mather (1948) - C2 A' a' Megatérmico Subúmido-Úmido											
MESES	T (°C)	EP Tabular	CORREÇÃO pela altitude	EP (mm)	P (mm)	P-EP (mm)	ARM (Reserva)	ALT (Solo)	ER (mm)	DEF (mm)	EXC (mm)
JAN	25,8	4,3	32,7	140,6	57,9	-82,7	0	0	57,9	82,7	0
FEV	25,6	4	29,1	116,4	77	-39,4	0	0	77	39,4	0
MAR	25,7	4	31,5	126	106,3	-19,7	0	0	106,3	19,7	0
ABR	25,2	3,8	29,7	112,8	177,9	65,1	65,1	65,1	112,8	0	0
MAI	24,3	3,3	30	99	201,7	102,7	125	59,9	99	0	42,8
JUN	23,1	3	28,8	86,4	206	119,6	125	0	86,4	0	119,6
JUL	22,4	2,8	29,7	83,1	178,8	95,7	125	0	83,1	0	95,7
AGO	22,3	2,6	30,3	78,7	143,6	64,9	125	0	78,7	0	64,9
SET	23	3	30	90	104,1	14,1	125	0	90	0	14,1
OUT	24,2	3,3	31,8	104,9	70,4	-34,5	90,5	-34,5	104,9	0	0
NOV	25	3,8	31,5	119,7	57,2	-62,5	28	-62,5	119,7	0	0
DEZ	25,3	3,8	33	125,4	45,6	-79,8	0	-28	73,6	51,8	0
ANO	24,3	-----	-----	1283	1426,5	143,5	-----	0	1089,4	193,6	337,1

Fonte: CEMESE, 2018

Quadro10–Itabaianinha/SE, balanço Hídrico Mensal e Anual 1980-2013

Balanço Hídrico anual e mensal											
Município: Itabaianinha								Latitude: 11°, 36			
Período: 1980 a 2013											
Tipologia Climática: Thornthwaite & Mather (1948) - C2 A' a' Megatérmico Subúmido-Úmido											
MESES	T (°C)	EP Tabular	CORREÇÃO Pela altitude	EP (mm)	P (mm)	P-EP (mm)	ARM (Reserva)	ALT (Solo)	ER (mm)	DEF (mm)	EXC (mm)
JAN	25,7	4	32,7	130,8	49,3	-81,5	0	0	49,3	81,5	0
FEV	25,4	4	29,1	116,4	56,2	-60,2	0	0	56,2	60,2	0
MAR	25,6	4	31,5	126	81,1	-44,9	0	0	81,1	44,9	0
ABR	25	3,8	29,7	112,8	123,8	11	11	11	112,8	0	0
MAI	24	3,3	30	99	155	56	100	89	99	0	0
JUN	22,7	3	28,8	86,4	150	63,6	100	0	86,4	0	30,6
JUL	22,1	2,6	29,7	77,2	135,7	58,5	100	0	77,2	0	58,5
AGO	22,1	2,6	30,3	78,7	103,4	24,7	100	0	78,7	0	24,7
SET	22,8	3	30	90	72,1	-17,9	82,1	-17,9	90	0	0
OUT	24,1	3,3	31,8	104,9	60,6	-44,3	37,8	-44,3	104,9	0	0
NOV	25	3,8	31,5	119,7	47,2	-72,5	0	-37,8	85	34,7	0
DEZ	25,3	3,8	33	125,4	43,2	-82,2	0	0	43,2	82,2	0
ANO	24,2	-----	-----	1267,3	1077,6	-189,7	-----	0	963,8	303,5	113,8

Fonte: CEMESE, 2018

T - Temperatura média mensal ARM - Armazenamento de água no solo EP - Evapotranspiração Potencial DEF - Deficiência hídrica EXC - Excedente hídrico P - Precipitação média mensal EP - Evapotranspiração Potencial ALT - Alteração de água no solo ER - Evapotranspiração Real

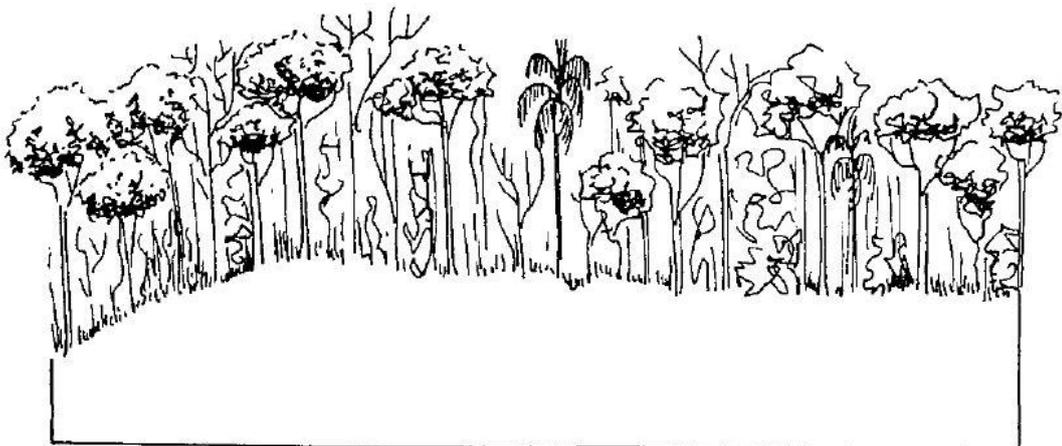
Comparando com o município de Umbaúba, Itabaianinha apresenta um índice pluviométrico menor, de 348,9 mm. A deficiência hídrica, geralmente ocorre de Novembro a Março, totalizando 303,5 mm, e a reposição se inicia em Abril, proporcionando um armazenamento de água no solo de 100 mm nos meses de Março a Agosto, com excedente de apenas 113,8 mm (Quadro 10).

A influência das precipitações é marcante na distribuição das formações vegetais no sistema hidrográfico do rio Arauá, predominando a Floresta Estacional Semidecidual, associada à Mata Atlântica que compõe a paisagem de ambientes em transição entre a zona úmida costeira e o ambiente semiárido.

Em Sergipe, este tipo de vegetação encontra-se na zona climática definida como agreste, onde as precipitações estão entre 700 e 900 mm anuais, podendo atingir até 1.000 mm. No sistema hidrográfico do rio Arauá, esta formação vegetal está representada por fragmentos de matas secundárias. Nos municípios de Itabaianinha e Riachão do Dantas foram catalogadas espécies comuns como *Byrsonima sericea*, *Cordia trichotoma*, *Eschweilera ovata*, *Manilkara rufula*, *Syagrus coronata*, *Tapirira guianensis*, *Thyrsodium schomburgkianum* e *Xylopia frutescens* (PRATA et al., 2013).

Os ambientes colonizados por estas espécies caracterizam-se por um período de baixo volume das chuvas e elevadas temperaturas que repercute na deficiência hídrica dos solos. Para regularizar o balanço hídrico, o estrato arbóreo perde cerca de 20% a 50% das folhas (AFONSO, 2010). As espécies de diferentes portes se propagam sobre solos com baixa fertilidade natural, a exemplo dos Argissolos e Latossolos, ambos Amarelos e Vermelho-Amarelos presentes no território da bacia (Figura 14).

Figura 14– Perfil esquemático das fisionomias das formações da Região da Floresta Estacional Semidecidual



A Floresta Estacional Semidecidual no sistema hidrográfico do rio Arauá exibe uma vegetação secundária, resultado da intensa ocupação pelas atividades agrícolas, principalmente pelas culturas cíclicas e a agropecuária, restando apenas poucos fragmentos de vegetação original em diferentes estados de regeneração (Figura 15).

Figura 15 – Fragmento de vegetação original, Arauá/SE



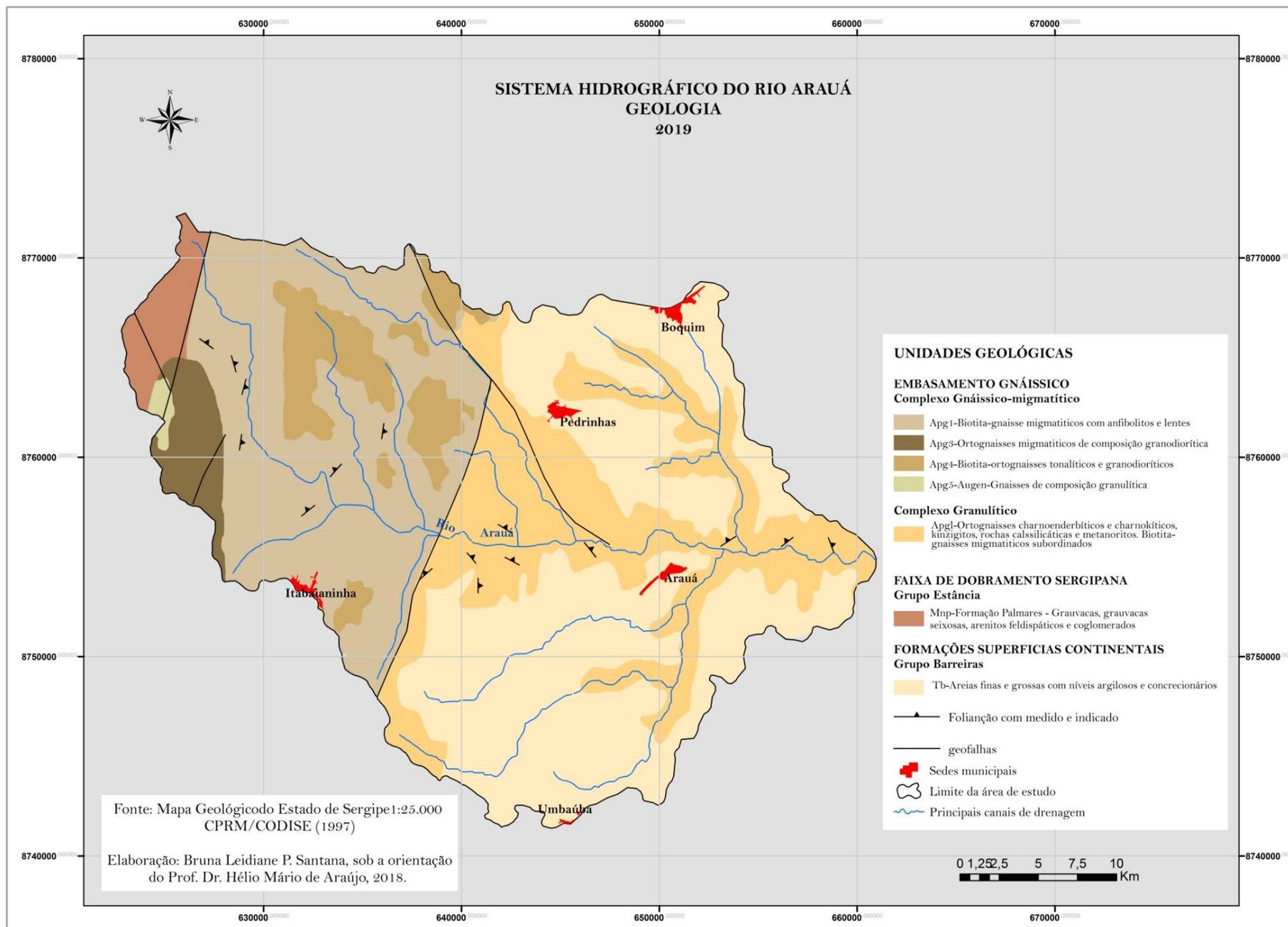
Crédito: Bruna Santana, 2017

A distribuição dos fragmentos concentra-se na porção noroeste da bacia, no município de Itabaianinha, onde as declividades são mais acentuadas e não favorece a expansão das atividades produtivas. A fisionomia destes vestígios indicam diferenças na densidade da cobertura vegetal associada as perturbações antrópicas ocasionado pelo desmatamento progressivo.

3.2 Aspectos geológicos

De acordo com o levantamento geológico realizado por Brasil (1989), o sistema hidrográfico do rio Arauá se insere em dois Setores Geológicos Estruturais – Embasamento Gnáissico, a Faixa de Dobramento Sergipana, além das Formações Superficiais (Figura 16).

Figura 16 – Mapa geológico do sistema hidrográfico do rio Arauá/SE



O Embasamento Gnáissico é representado pelo Cráton do São Francisco, fragmento continental antigo, formado por núcleos arqueanos ligados por cinturões orogênicos paleoproterozóicos, que representa a região preservada pela deformação orogenética (UHLEIN, et al., 2011). Este setor Geológico na área de estudo contempla a unidade litoestratigráfica do Complexo Granulítico e Complexo Gnáissico-Migmatítico que datam do Arqueano/Paleo- Proterozóico.

O Complexo Granulítico corresponde à ortognaisses charnoenderbíticos a charnoquíticos, gnaisses kinzigíticos, rochas calcissilicáticas, metanoritos e biotita gnaisses migmatizados, bem como níveis pouco espessos de quartzitos. Santos et al., (2001) ressaltam que os ortognaisses charnoenderbíticos a charnoquíticos são as litologias mais recorrente na unidade.

A distribuição destas litologias é diversificada, concentrando-se no médio e baixo curso do sistema hidrográfico. No médio curso predominam ortognaisses, calcossilicáticas e metanoritos evidenciados no município de Itabaianinha. Os ortognaisses, kinzigitos, rochas calcossilicáticas, metanoritos e biotitagnaisses subordinados foram identificadas no território de Pedrinhas (Figura 17). Em Boquim foram identificados gnaisses kinzigíticos com coloração cinzenta, granulação média a grossa, que podem ser migmatizados com estrutura bandada.

Figura 17 – Afloramento rochoso do Complexo Granulítico no município de Pedrinhas/SE



Crédito: Bruna Santana, 2018.

Segundo Santos et al., (2001), as rochas calcissilicáticas e quartzitos apresentaram recorrência apenas nos municípios de Arauá e Pedrinhas. As calcissilicáticas aparecem próximo a sede de Arauá e são formadas por quartzo, tremolita e epidoto. Enquanto os quartzitos surgem a noroeste de Pedrinhas, caracterizando-se pela forte recristalização e possível granada.

Ao oeste do Complexo Granulítico afloram as litologias do Complexo Gnáissico-Migmatítico presentes no alto e médio curso do sistema hidrográfico, nos municípios de Riachão do Dantas e Itabaianinha. As unidades geológicas identificadas nesta área referem-se aos gnaisses migmatíticos com anfíbolitos, aos ortognaisses migmatíticos granodiorítico e aos gnaisses graníticos *augen*.

A conjugação entre os gnaisses migmatíticos e os anfíbolitos ocorre através de estruturas concordantes e deformadas. “São rochas gnáissicas, de composição granítico-granodiorítica, em geral acinzentadas em tons mais ou menos claros em função do menor ou maior teor de biotita, de granulação variando de média a grossa” (SANTOS, et al., 2001, p.8).

Os ortognaisses migmatíticos granodiorítico ocorre apenas no município de Itabaianinha ocupando uma área de forma elipsoidal delimitada a leste pelas biotita gnaisses e migmatíticos com anfíbolitos, e a oeste pelos sedimentos neoproterozóicos da Formação Palmares. Enquanto, os gnaisses graníticos *augen*, caracterizam-se por porfiroclastos microclínicos de tamanho médio, imersos em matriz quartzo-feldspática com biotita.

Na Faixa de Dobramento Sergipana, a área de estudo situa-se em uma pequena extensão do Domínio Estância que abrange grauvacas, arenitos feldspáticos e conglomerados da Formação Palmares no município de Tobias Barreto. De acordo com Brasil (1983) estas fácies litológicas comumente apresentam coloração esverdeada, granulação de fina a média, afloramentos em forma de blocos e bancos maciços.

Quanto as Formações Superficiais Cenozóicas distribuídos no baixo e médio curso do sistema hidrográfico do rio Arauá são constituídas por sedimentos terrígenos (cascalhos, conglomerados, areias finas e grossas e níveis de argila), pouco ou não consolidados, com variadas e estratificação irregular do Grupo Barreiras que

constitui depósitos paleocênicos pouco consolidados de natureza continental, formados por materiais em geral areno-argiloso, compactos, em acamamentos mal definidos, achando-se intercalados arenitos argilosos com quantidades subordinadas de argilas e siltitos com grande variedade na coloração (BRASIL, 1983, p.207).

Alguns processos como a cimentação da areia pela sílica podem originar fragmentos mais resistentes aos processos intempéricos como as carapaças ferruginosas que apresentam detritos de sílica mal selecionados e nódulos de óxidos de ferro e manganês.

A área de ocorrência desta variedade litológica é evidenciada nos municípios de Pedrinhas, Santa Luzia do Intahy, Boquim, Arauá e Itabaianinha. Nos cortes de estrada, identifica-se perfis com sedimentos do Grupo Barreiras que permitiram a evolução dos Argissolos e Latossolos (Figura 18 A e B). Nestes locais observa-se o contanto entre estes sedimentos e o Complexo Granulítico (Figura 19).

Figura 18 – Perfis de Argissolos evoluídos sobre o Grupo Barreiras, Pedrinhas/SE



Crédito: Bruna Santana, 2018.

Figura 19 – Contato entre os sedimentos do Grupo Barreiras e fragmentos rochosos do Complexo Granulítico em terço médio de vertente, Arauá/SE



Crédito: Bruna Santana, 2018.

O complexo litológico que agrega esta variedade litológica esteve exposto a processos morfogenéticos de aplanamento e dissecação culminando em um modelado composto de feições morfológicas que revelam o cenário pretérito de forças endógenas e exógenas e cenários futuros de interferência morfodinâmica dinamizando a paisagem.

3.3 Solos e processos pedogenéticos

A cobertura pedogenética que evolui na superfície terrestre deriva da complexa integração dos componentes biofísicos da paisagem, sobretudo do material de origem, topografia, declividade, tipos climáticos e cobertura vegetal, tidos como fatores de formação dos solos. Estes corpos tridimensionais que agregam importância ecológica e social são uma síntese do contínuo fluxo de matéria e energia de um sistema.

Assim como as feições morfológicas, os solos dependem de processos que permitem o seu desenvolvimento e os atribui diferentes características químicas e físicas. A geomorfologia e os solos apresentam uma relação estreita quanto à atuação dos processos. Quando identifica-se a evolução do modelado através dos processos morfogenéticos admite-se que os processos pedogenéticos dos quais dependem os solos estão ocorrendo de forma secundária, ou seja, não há uma conformidade nestes processos, e sim um constante predomínio de um sobre o outro determinando períodos de estabilidade e instabilidade na paisagem. Para Jacomine (2008, p. 164) os solos são

[...] uma coleção de corpos naturais, tridimensionais, dinâmicos, constituídos por partes sólidas, líquidas e gasosas, formados por materiais minerais e orgânicos que ocupam a maior parte do manto superficial das extensões continentais do nosso planeta, contem matéria viva e podem ser vegetados na natureza onde ocorrem e, eventualmente, terem sido modificados por interferências antrópicas.

No sistema hidrográfico do rio Arauá, a cobertura pedológica resultou da interação exercida entre seus fatores de formação, principalmente o material de origem representado pelas rochas do Grupo Barreiras, Complexo Granulítico e Complexo Gnáissico-Migmatítico expostas a um comportamento climático variável originando solos com distintas propriedades – cor, textura, estrutura, consistência, porosidade, coesão – como Latossolos, Argissolos, Planossolos e Neossolos (Figura 20).

3.3.1 Latossolos

De modo geral, os Latossolos são formados por material mineral, prevalecendo as frações areia e/ou argila e o silte em menores proporções. São solos com horizonte B latossólico logo abaixo dos horizontes superficiais com exceção do hístico. Os perfis profundo e muito profundo e a ausência de minerais primários ou secundários evidenciam seu desenvolvimento pedogenético. No geral, a alta permeabilidade e porosidade, a boa drenagem, a coloração vermelho e/ou amarelo configuram as principais características destes solos (EMBRAPA, 2018).

As características atribuídas aos Latossolos estão associadas a atuação da laterização e silicificação, processos pedogenéticos específicos. A laterização ocorre em ambientes com elevada disponibilidade de água pelas chuvas e as altas temperaturas que propiciam a intensificação do intemperismo químico lixiviando os cátions básicos, e por isso os solos tornam-se distróficos, concomitante a este processo tem-se a oxidação do ferro e do alumínio que se acumulam nos horizontes favorecendo a existência de agregados estáveis. A silicificação refere-se ao acúmulo de sílica secundária no solo, que pode contribuir na formação de camadas duripãs (LEPSCH, 2016).

A classe de Latossolo presente no sistema hidrográfico do rio Arauá é o Latossolo Amarelo Distrófico e Álico, com horizonte A moderado, ou seja, que não se enquadra no conjunto das definições dos demais horizontes diagnósticos superficiais, e proeminente com saturação por bases (valor V) inferior a 65%. A textura média/argilosa caracteriza-o como solo de textura binária.

3.3.2 Argissolos

Os Argissolos, por sua vez, são solos com horizonte diagnóstico B textural, estabelecidos pelo acúmulo de argila em profundidade decorrente da translocação e remoção da argila dos horizontes superficiais para os subsuperficiais, exibindo gradiente textural e horizontes bem definidos. Os perfis de coloração vermelho e/ou amarelo costumam apresentar textura média/argilosa (EMBRAPA, 2018).

As propriedades inerentes aos Argissolos são condicionadas, principalmente pela argiluviação. Neste processo, os minerais na fração argila presentes nos horizontes superficiais do solo se translocam para os horizontes subsuperficiais, provocando a concentração de argila e influenciando as peculiaridades da permeabilidade e porosidade.

Com base no mapeamento de reconhecimento de média intensidade dos solos da região dos Tabuleiros Costeiros e da Baixada Litorânea do Estado de Sergipe (EMBRAPA, 1999), os Argissolos são os solos que predominam na área de estudo, evoluídos sobre o Grupo Barreiras e parte do Complexo Granulítico e Complexo Gnáissico-Migmatítico, ocorrendo de forma associado a outros solos como os Latossolos, Neossolos Litólico e Planossolos.

Assim, foram identificados os Argissolo Amarelo Distrófico, Argissolo Amarelo Distrófico e Álico, Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico e Álico, Argissolo Vermelho-Amarelo Eutrófico, Argissolo Amarelo Latossólico Distrófico e Álicos, Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico fragipânico e Argissolo Amarelo com e sem fragipã.

No grupo Barreiras se desenvolveram Argissolo Amarelo Distrófico+Argissolo Amarelo Latossólico, ambos com textura média/argilosa, situados em relevo plano e suave ondulado. O Argissolo Amarelo Distrófico e Álico também ocorrem com o Argissolo Amarelo Latossólico apresentando as mesmas características texturais e de relevo, podendo evidenciar horizontes com ou sem fragipã.

Quanto ao Argissolo Vermelho-Amarelo Eutrófico, caracteriza-se como profundo e pouco profundo, exibindo textura média/argilosa a muito argilosa com fase não pedregosa e epipedregosa. A fase epipedregosa indica que o solo contém calhaus e/ou matacões na parte superficial e/ou nos perfis de até 40cm de profundidade.

O Argissolo Vermelho-Amarelo e Argissolo Amarelo, que integram esta relação, ambos Distróficos e Álicos não plínticos e plínticos possuem textura média/argilosa com fase não pedregosa e epipedregosa, situados em relevo suave ondulado e ondulado. O Argissolo Amarelo latossólico e não latossólico sem e com fragipã de textura média/argilosa ambos distróficos e Álicos desenvolvidos em relevo plano e suave ondulado.

No Complexo Granulítico manifestam-se o Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico típico de textura média/argilosa, perfil A moderado associado a Argissolo Vermelho-Amarelo Eutrófico típico com textura média/argilosa e Argissolo Amarelo Distrocioso, ambos sobre relevo suave ondulado e ondulado.

Além do Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico fragipânico e típico com textura média/argilosa, perfil A moderado e Argissolo Vermelho-Amarelo Eutrófico fragipânico e típico com textura média/argilosa presentes em relevo plano e suave ondulado. O caráter fragipã nos solos dificulta a penetração de raízes e de água.

No Complexo Gnáissico-Migmatítico prevalecem o Argissolo Vermelho-Amarelo Eutrófico típico com textura arenosa/média e média/argilosa, perfil A moderado suave

ondulado, Argissolo Amarelo Distrófico típico, textura arenosa/média e média/argilosa +Argissolo Vermelho-Amarelo Eutrófico típico com textura média/argilosa em relevo suave ondulado e ondulado.

3.3.3 Planossolos

Estes solos, geralmente, são pouco profundos, com horizonte superficial de cores claras e textura arenosa ou média e um horizonte B plânico, de textura média, argilosa ou muito argilosa. O adensamento, a pouca permeabilidade e as cores de redução, atributos básicos dos Planossolos, advêm da drenagem imperfeita que gera também o lençol suspenso temporário.

Os processos pedogenéticos que promovem sua formação são a ferrólise e gleização. Na ferrólise, os argilominerais são destruídos pela oxidação do ferro resultando em horizontes superficiais menos argilosos e mais ácidos sobre horizontes subsuperficiais mais argilosos. Na gleização, a redução do ferro depende das condições anaeróbicas, originando horizontes de cores acinzentadas, com ou sem mosqueados ou concreções de ferro e manganês.

Na área de estudo o Planossolo Háplico Eutrófico típico de textura arenosa/argilosa e média/argilosa com horizonte A moderado sobre relevo plano e suave ondulado evoluíram sobre as rochas do Complexo Gnáissico-Migmatítico. O Argissolo Vermelho-Amarelo Eutrófico + Argissolo Amarelo Distrófico típico estão associados a estes solos.

3.3.4 Neossolos Litólico

Esta classe de solos apresenta uma baixa evolução pedogenética em função da resistência do material de origem a meteorização, podendo está associado com baixa disponibilidade de água para atuação do intemperismo químico, principal processo de formação do Neossolo Litólico. São solos com espessura pequena e horizontes que apresentam cascalhos e fragmentos de rocha.

Como critério para a classificação dos Neossolos Litólico, a EMBRAPA (2006) considera a insuficiência de expressão dos atributos diagnósticos que explica os diversos processos de formação. A reduzida diferenciação de horizontes, com presença de horizonte A seguido de C ou R com características herdadas do material de origem.

A textura dos Neossolos Litólico varia de arenosa ou média, pedregosa e/ou rochosa. São solos recorrentes em diferentes condições topográficas. Na área de estudo se manifestam

no relevo plano, ondulado e forte ondulado sobre o Complexo Gnáissico-Migmatítico, o Neossolo Litólico Eutrófico típico com textura média, horizonte A moderada com fase pedregosa + afloramentos rochosos. E Neossolo Litólico Eutrófico típico com textura arenosa/média, horizonte A fraco e A moderado.

3.4 Características hidrográficas e hidrológicas

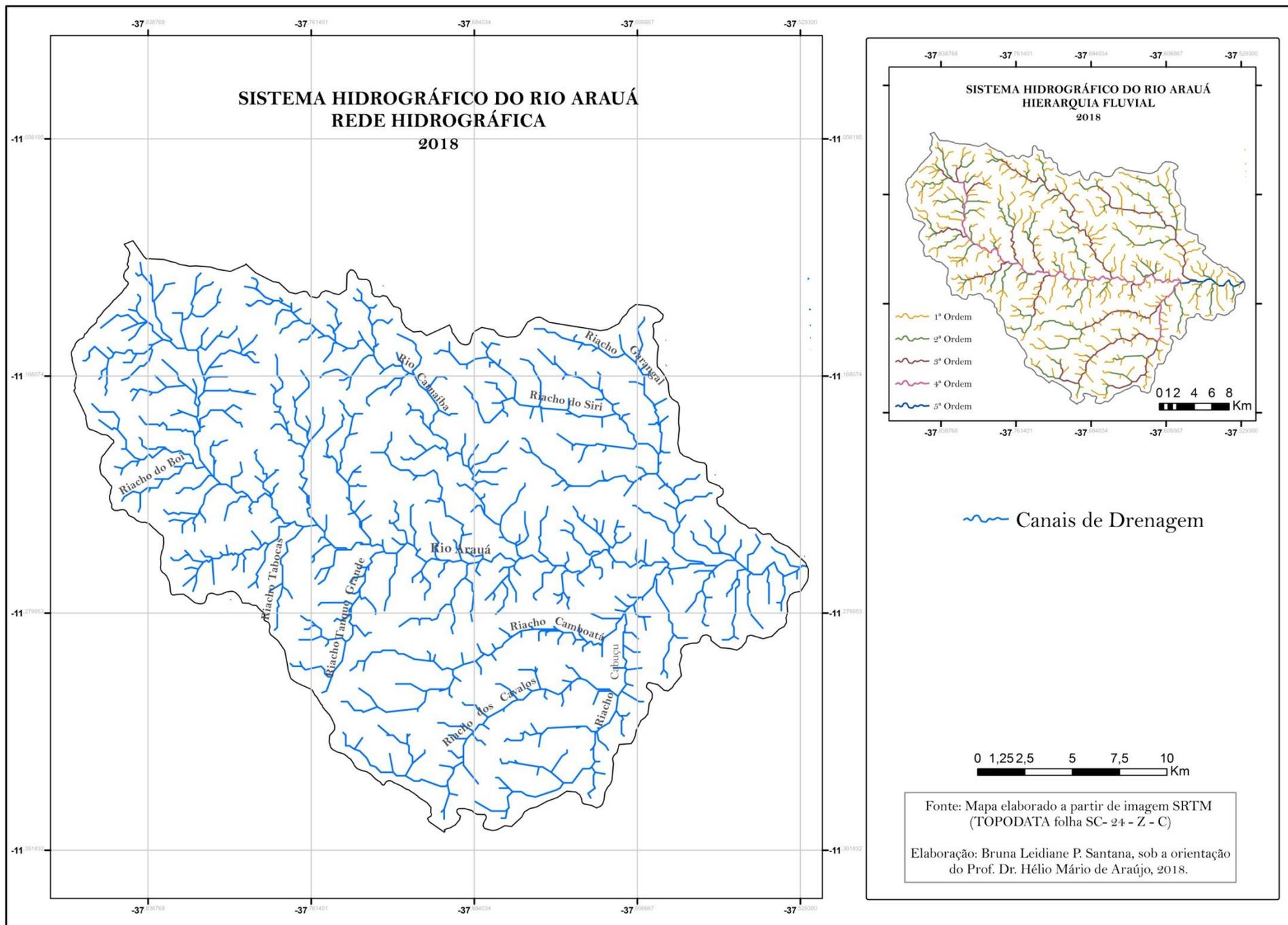
O sistema hidrográfico do rio Arauá integra a bacia hidrográfica do rio Piauí, que abrange uma área de 4.150 Km². O principal canal de drenagem, rio Piauí, possui 166,93 km de extensão desde a nascente no estado da Bahia, no limite territorial com o estado de Sergipe, na serra de Palmares, até sua desembocadura no estuário de Mangue Seco. No seu contexto hídrico, destacam-se os afluentes Piauitinga, Fundo, Quebradas, Guararema e Arauá que estão distribuídos na paisagem do semiárido, agreste e litoral sergipano (SEMARH, 2015). Além de ser um importante contribuinte da vazão hídrica do rio Piauí, o rio Arauá drena uma das suas unidades de planejamento.

O rio Arauá é o principal curso de água da área de estudo. A drenagem do seu fluxo segue no sentido noroeste-leste no município de Tobias Barreto, norte-sul e noroeste-oeste em Itabaianinha e oeste-leste em Arauá até sua desembocadura no rio Piauí. Seus afluentes mais expressivos quanto à largura, comprimento e disponibilidade de água são o riacho do Siri, do Garangal, do Saboeiro, Cabucu, Camboata, dos Cavalos, Tanque Grande e das Tabocas situados no seu médio e baixo curso (Figura 21).

Estes rios drenam áreas rurais ocupadas por cultivos permanentes, temporários e pastagens, que exigem um bom volume hídrico para utilização em seus manejos e manutenção. A captação de água para abastecimento urbano é realizada nos rios, nascentes e poços tabulares do próprio sistema hidrográfico do rio Arauá. Já os municípios como Boquim e Riachão do Dantas têm seu fornecimento de água proveniente de outras bacias hidrográficas (Quadro 11).

A água utilizada na área urbana é fornecida pela Companhia de Saneamento de Sergipe (DESO), responsável pelos processos de captação e transporte, clarificação, tratamento final, reservação e distribuição.

Figura 21 – Mapa hidrográfico do sistema hidrográfico do rio Arauá



No município de Arauá a água captada para uso doméstico ocorre no Riacho Saboeiro e em três poços profundos nas localidades de Casa Caiada, Poços e Tabuleiro. Segundo o Relatório Anual de Informação ao Consumidor DESO (2017) a qualidade da água fornecida é comprometida por processos de degradação ambiental, principalmente aqueles que afetam as matas ciliares, como consequência ocorre uma redução na vazão dos rios nos períodos de estiagem e a população passa a ter o acesso limitado a água. Nos períodos das enxurradas, o fornecimento é interrompido devido aos valores elevados da cor e turbidez da água captada no riacho Saboeiro Doce.

Quadro 11 – Captação de água para uso urbano nos municípios do sistema hidrográfico do rio Arauá/SE

Captação					
Município	Local	Município	Vazão m ³ /s	Tipo	
Arauá	Riacho Saboeiro Doce Poços e Tabuleiro	Arauá	0,025	Superficial Subterrânea	0,00349
Boquim	Riacho do Grilo Poços profundos e rasos	Salgado Boquim	-	Superficial Subterrânea	0,009503
Itabaianinha	R. Guararema	Umbaúba	-	Superficial	0,0115005
Pedrinhas	Riacho da Areia	Pedrinhas	0,00833	Superficial	0,002041
Riachão do Dantas	Integrado Piauitinga	Lagarto	-	Superficial	-
Sta. Luzia do Itanhy	Poços Tabulares	Sta. Luzia do Itanhy	-	Subterrânea	-
Tobias Barreto	Riacho Capoeira	Tobias Barreto	-	Superficial	-
Umbaúba	Rio Guararema Riachos Riachão e Itamirim	Umbaúba	-	Superficial	-

Fonte: SEMAH/SE 2015

No município de Boquim a captação da água ocorre no riacho Grilo e em um poço profundo, para abastecimento da sede municipal e em um poço raso no povoado Pastor para abastecimento das localidades Pastor, Cajazeiras e Pimenteira. Assim como Arauá o volume hídrico é reduzido no verão. A qualidade da água é definida como apropriada para consumo pós-tratamento.

Em Umbaúba a distribuição de água depende do Sistema Integrado Itabaianinha, que capta água nos riachos Riachão e Itamirim e no rio Guararema, situados no município. É comum que a população esteja submetida a abastecimentos descontínuos que comprometem

suas atividades. A água coletada e tratada torna-se apropriada para consumo se enquadrando nos padrões de potabilidade.

No município de Pedrinhas, o riacho, situado no povoado Areias, disponibiliza todo o quantitativo de água distribuída na área urbana (Figura 22). O período de estiagem no ano de 2017, resultou em constantes interrupções na oferta de água. O parâmetro de controle cor aparente das águas do riacho Areias é naturalmente elevado (DESO, 2017).

Figura 22 –Área de captação de água pela DESO - riacho Areias, Pedrinhas/SE



Crédito: Bruna Santana, 2018.

Os canais fluviais que integram a paisagem da bacia são permanentes e temporários, constituindo um sistema que exhibe padrão dendrítico e paralelo com canais de 1ª a 5ª ordem, de acordo com a metodologia de Strahler (1952). Esses padrões estão relacionados, sobretudo as características litológicas representadas por uma diversidade de rochas metamórficas e sedimentares de resistência distinta ao trabalho de erosão dos cursos de água, que são dependentes do fluxo pluvial para desempenhar os processos intempéricos e de erosão.

De modo geral, os canais de aspecto meandrante, ora apresentando trechos retilíneos formam uma rede hidrográfica com evidências de controle estrutural, observado em trechos da bacia com rios que possuem alinhamentos preferenciais sobre leitos rochosos como o rio Camboatá, Cabuçu, Caranaíba e Riacho dos Cavalos (Figura 23 A e B).

Figura 23 – Leito rochoso do riacho dos Cavalos – Arauá/SE e do rio Canaíba – Pedrinhas/SE



Crédito: Bruna Santana, 2018

No alto curso do sistema hidrográfico do rio Arauá a rede de drenagem exibe rios com incipiente entalhamento associado a composição litológica mais resistente dos Tabuleiros do Rio Real. O regime intermitente da maioria dos canais é definido pela variabilidade das chuvas concentradas nos meses de inverno. O próprio rio Arauá e alguns riachos apresentam trechos com fluxo hídrico em todas as estações do ano (Figura 24).

Figura 24 – Trecho do rio Arauá em seu alto curso, Itabaianinha/SE



Crédito: Bruna Santana, 2018.

No médio e baixo curso, o trabalho realizado pelos rios comporta-se de forma mais expressiva repercutindo no nível de entalhamento dos vales e largura dos canais perenes. Os cursos de água de primeira ordem (Figura 25), nestes setores são intermitentes e os demais tendem a ser perenes (Figura 26), mesmo apresentando pouca profundidade. Ao longo do ano, o lençol freático do Grupo Barreiras contribui para recarga hídrica destes rios.

Figura 25 – Canal de primeira ordem no baixo curso do sistema hidrográfico do rio Arauá.



Crédito: Bruna Santana, 2018

Figura 26 – Riacho Cabuçu no baixo curso do sistema hidrográfico do rio Arauá



Crédito: Bruna Santana, 2018

Quanto aos domínios hidrogeológicos o sistema hidrográfico do rio Arauá abrange conforme Bomfim et al., (2002), as Formações Superficiais Cenozóicas, o Grupo Estância e o Cristalino.

As Formações Superficiais Cenozóicas estão sob os municípios de Arauá, Boquim, Itabaianinha, Pedrinhas, Riachão do Dantas, Santa Luzia do Intahy e Umbaúba, caracterizando-se como um aquífero granular recorrente em sedimentos inconsolidados como

os que formam o Grupo Barreiras. Sua capacidade de permeabilidade é maior em terrenos arenosos e manifesta boas condições de armazenamento e fornecimento de água.

O Grupo Estância presente em Arauá, Itabaianinha, Riachão do Dantas e Tobias Barreto é constituído por sedimentos arenosos. A estrutura com intensa compactação, litificação e fraturamento condiciona sua propriedade de aquífero granular e misto que proporciona médio e baixo potencial hidrogeológico.

O Cristalino compreende uma parcela dos municípios de Arauá, Boquim, Itabaianinha, Pedrinhas, Riachão do Dantas. Neste domínio, a água percola por fissuras e fraturas das rochas caracterizando um aquífero fissural com reservatórios descontínuos, aleatórios e de pequenas extensões.

Até 2002, quando foi realizado o cadastro de infraestrutura do Nordeste, os municípios da bacia contavam com 348 poços tabulares, sendo 73 poços públicos e 279 particulares (Tabela01). O município que apresenta maior número de poços é Tobias Barreto, considerando que o seu território possui 1.024,186 km², além de está inserido em uma área com baixos índices pluviométricos que limitam a disponibilidade dos recursos hídricos superficiais.

Tabela01 – Situação dos poços tubulares e natureza da propriedade do terreno onde estão instalados nos municípios do sistema hidrográfico do rio Arauá/SE

Município	Situação dos poços tubulares cadastrados segundo a natureza da propriedade do terreno 2002						Natureza do Abastecimento		
	Em operação		Não instalado/ Paralisado/ Abandonado		Sem Informaçã o	T o t a l	Comuni- tário	Particular	Sem Informação
	Público	Particular	Público	Particular					
Arauá	--	9	5	17	--	31	17	3	11
Boquim	3	11	9	49	--	66	26	14	26
Itabaianinha	2	1	3	41	--	48	32	6	3
Pedrinhas	--	--	--	12	--	12	3	9	--

Riachão do Dantas	6	8	10	35	1	60	10	5	45
Santa Luzia do Itanh	1	10	3	21	--	35	28	1	6
Tobias Barreto	4	3	15	50	--	72	9	--	63
Umbaúba	4	4	8	8	--	24	12	12	--

Fonte: CPRM, 2002

3.5 Histórico do desenvolvimento econômico e atual uso e ocupação das terras

A composição biofísica do sistema hidrográfico do rio Arauá favorece o desenvolvimento de determinadas atividades produtivas, que dinamizam as condições sociais e econômicas dos diferentes grupos sociais que integram a população dos municípios. O uso dos solos pelas atividades agrícola e pecuária extensiva, na bacia é reconhecido desde o processo de povoamento das terras sergipanas no século XVI.

De acordo com Matos (2012) os primeiros povoamentos de Sergipe ocorreram em terras próximas aos rios Piauí e Real. O movimento povoador que se iniciou, após 1590, com doação de sesmarias, tanto em terras da costa litorânea como, quanto aquelas banhadas pelos rios da região Sul da capitania. O contexto do povoamento e desenvolvimento das atividades econômicas estiveram atreladas aos elementos ambientais. As estratégias de ocupação e posse de terras se desenvolveram devido as características do solo e clima. Assim, a economia colonial esteve marcada pela lavoura, cana de açúcar e engenhos no litoral e pastos e lavouras de abastecimento no sertão.

Nas terras banhadas pelo rio Arauá, as povoações mais remotas identificadas no período colonial referem-se as áreas que atualmente estão os municípios de Santa Luzia do Itanh, Pedrinhas e Arauá. Segundo Silva (2016), a povoação que deu origem a Santa Luzia do Itanh se constituiu quando as terras de Sergipe estavam no domínio da capitania hereditária da Bahia. A primeira investida dos portugueses na conquista do território ocorreu em 1575, com o processo de catequização de populações indígenas. Em 1594, a colonização é retomada com a cessão de terras aos participantes de expedições, como resultado surgem sesmarias ao longo do Rio Real, do Rio Piauí e de seus afluentes. Neste período os solos foram ocupados por pecuária extensiva e produção de mandioca.

No município de Arauá a povoação e uso das terras se iniciaram com a doação de sesmarias de terras ao sul do rio Piauí, onde foram implantadas fazendas de gado, lavouras de cana-de-açúcar e engenhos. Contudo, é apenas no século XIX que os primeiros moradores se instalam no Arraial da Parida, primeiro nome referido ao município. A situação topográfica favoreceu o agrupamento demográfico, o tabuleiro situado entre os rios Arauá e Limoeiro deu origem a uma comunidade de influência sobre os senhores de engenho de áreas circunvizinhas (FREIRE, 1891). Esta dinâmica territorial se propagou nas terras do município de pedrinhas a partir de 1620, os rios Taquari e Carnaíba foram importantes cursos de água navegáveis que viabilizaram a ocupação. Na área, a economia esteve alicerçada na produção de açúcar, com destaque para o engenho pedrinhas.

Em Sergipe, até o século XVIII, a criação de gado foi a principal atividade produtiva, entretanto, a expansão do aproveitamento de seus derivados devido a instalação de novos engenhos de açúcar e áreas destinadas ao cultivo da cana de açúcar tornaram-se prioridade. Neste processo, os criadores de gado tornaram-se também, donos de engenhos e lavradores.

As mudanças no panorama econômico nas áreas que abrangem o sistema hidrográfico do rio Arauá são evidenciadas por Menezes(2015, p.31) como se constata,

O cronista e naturalista de Antônio Muniz de Souza, nascido no final do século XVIII, na povoação de campos (Atual Tobias Barreto, na época termo da vila de Lagarto), registrou esse momento histórico de decadência da pecuária em Sergipe e capitanias vizinhas.

Estas mudanças, de acordo com o autor, resultaram na modernização do Estado Português, fundamentado em princípios de um mercantilismo revitalizado para garantir a vida econômica do Reino calcado no estímulo à produção agrícola e ao comércio.

No século XIX, a produção açucareira continuou se expandindo no território sergipano, juntamente com a cultura do algodão, que até 1850 estava em ascensão. Em 1873, as importações e exportações do algodão foram reduzidas, e municípios como Itabaianinha ampliaram as lavouras de subsistência como feijão, milho, mandioca, fumo e batata. Ainda assim, no final do século XIX, a indústria do açúcar e a indústria têxtil tornaram-se as principais atividades econômicas de Sergipe.

Nos anos 1920, a organização econômica e o cenário da produção agrícola dos municípios que compõem o sistema hidrográfico do rio Arauá começaram a se modificar com a introdução das lavouras de laranja em Boquim. Em 1940, a expansão da citricultura ocorre sobre os solos dos municípios de Pedrinhas e Boquim, anteriormente ocupados com plantações de algodão e mandioca.

Na década de 1980, o cultivo de citrus torna-se o de maior relevância para a economia dos municípios de Boquim, Riachão do Dantas, Pedrinhas, Arauá e Itabaianinha (EMBRATER, 1986).

Este processo de ocupação refletiu nos atuais tipos de uso e ocupação das terras na área de estudo. A distribuição das atividades agrícolas presentes no espaço rural continuam apresentando estreita relação com as características climáticas, dos solos e do relevo, pois o baixo nível tecnológico utilizado não permite superar alguns limitações naturais. Nesta perspectiva, foram identificadas na área agrícola culturas permanentes, culturas temporárias, e pastagem plantada e/ou natural e solo exposto. Nas áreas não agrícolas subdivide-se em área urbana e área de mineração. As áreas naturais são representadas por fragmentos de Floresta Estacional Semidecidual (Figura 27).

Nas áreas agrícolas as culturas permanentes são cultivadas sobre as superfícies subhorizontais, topos de colinas e em menor proporção nas vertentes destas feições. O relevo plano e suave ondulado com presença de solos bem evoluídos como os Argissolos e os Latossolos são os fatores de maior influência na implantação das lavouras perenais de tangerina, limão, banana, coco-da-baía, mamão, maracujá e laranja (Figuras 28 e 29).

Figura 28 – Cultivo de laranja em superfície subhorizontal no município de Arauá/SE



Crédito: Bruna Santana, 2018

Figura 27 – Mapa do atual uso e ocupação das terras do sistema hidrográfico do rio Arauá/SE

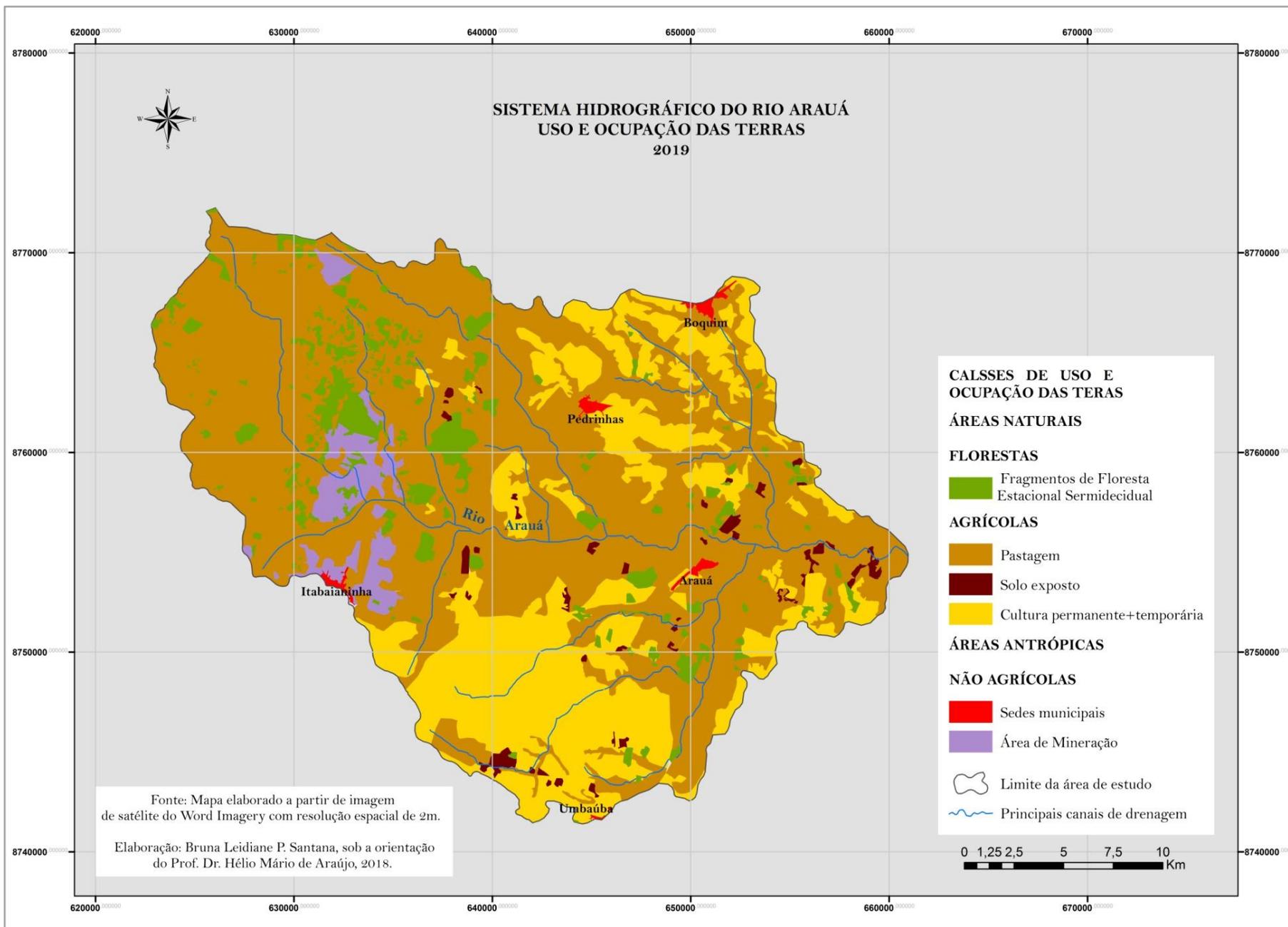
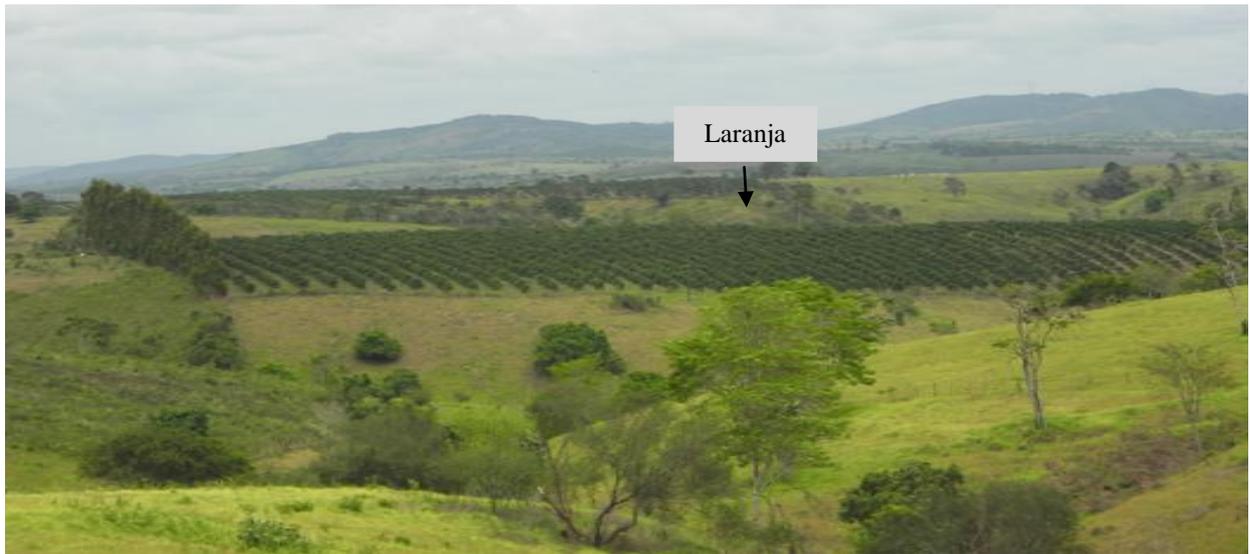


Figura 29– Cultivo de laranja em topo de espigão no município de Arauá/SE



Crédito: Bruna Santana, 2018

A produção de citrus representado pela laranja (*Citrus sinensis*), tangerina (*C. reticulata Blanco*) e limão (*C. limonia*) e (*C. jambhiri*), no sistema hidrográfico do rio Arauá contempla os municípios de Itabaianinha, Boquim, Umbaúba, Pedrinhas, Riachão dos Dantas, Arauá e Santa Luzia do Itanhy. A alta produtividade deste gênero deve-se a laranja que agrega mais valor ao Produto Interno Bruto dos municípios (Tabela 02).

Mesmo tornando-se a produção com maior área plantada e quantidade produzida entre 2004 e 2014, o cultivo de citrus sucede um processo de declínio na década de 1990, pois

O declínio da citricultura sergipana começou em meados da década de 1990, quando fábricas de suco na cidade de Estância e Boquim foram fechadas. Além disso, o preço da tonelada da fruta baixou, e os produtores descapitalizados não tiveram como manter o manejo adequado dos pomares que sofrem com o ataque de pragas e doenças, comprometendo toda a safra (DA SILVA et al., p. 19, 2009).

Com o objetivo de renovar os pomares e impulsionar a produção da citricultura, o Governo do Estado de Sergipe criou-se um Programa de Revitalização da Citricultura, mas as medidas adotadas no programa não tiveram os efeitos esperado em função de fatores como a constante diminuição dos índices pluviométricos ao longo dos anos, bem como aumento dos custos produtivos.

Tabela 02 – Sistema hidrográfico do rio Arauá, produção das culturas permanentes dos municípios , 2004 - 2014

Quantidade produzida e área plantada das culturas permanentes 2004 e 2014															
Município	Variável	Tangerina		Laranja		Limão		Mamão		Maracujá		Banana		Coco-da-baía	
		Ano		Ano		Ano		Ano		Ano		Ano		Ano	
		2004	2014	2004	2014	2004	2014	2004	2014	2004	2014	2004	2014	2004	2014
Itabaianinha	Área plantada (ha)	21	80	7.131	6.684	634	330	11	13	36	35	82	60	135	140
	Quant. Produzida (ton.)	337	1.664	94.949	73.524	4.514	2.640	388	364	285	280	917	720	460 (fruto)	895 (fruto)
Umbaúba	Área plantada (ha)	33	60	3.528	3.278	5	12	4	12	70	80	31	20	360	620
	Quant. Produzida (ton.)	522	960	49.640	39.336	35	96	140	336	554	640	359	240	887 (fruto)	7.140 (fruto)
Riachão do Dantas	Área plantada (ha)	10	11	3.475	3.188	--	--	--	--	300	50	160	105	40	36
	Quant. Produzida (ton.)	100	112	45.175	31.100	--	--	--	--	2.880	447	1.920	1.258	100 (fruto)	100 (fruto)
Boquim	Área plantada (ha)	20	14	5.194	4.480	--	--	--	--	105	60	98	75	70	52
	Quant. Produzida (ton.)	200	155	67.522	50.100	--	--	--	--	1.008	478	1.176	824	175 (fruto)	158 (fruto)
Pedrinhas	Área plantada (ha)	--	--	1.837	1.430	--	--	--	--	--	25	10	62	--	--
	Quant. Produzida (ton.)	--	--	20.856	18.590	--	--	--	--	--	240	100	682	--	--
Arauá	Área plantada (ha)	11	25	4.222	4.145	17	61	15	40	50	122	91	80	126	145
	Quant. Produzida (ton.)	175	400	59.741	53.885	123	488	525	1.440	394	976	1.074	960	312 (fruto)	2.320 (fruto)

Fonte: IBGE, Produção Agrícola Municipal, 2004 e 2014.

Em 2014, o principal produtor de laranja de Sergipe foi Itabaianinha, observa-se que entre os anos de 2004 e 2014 houve uma redução na produção, porém a área plantada não apresentou significativa diminuição que justificasse a queda na produtividade. Para Martins, et al., (2015), as atuais dificuldades enfrentadas pela citricultura deve-se a problemas fitossanitários, o nível tecnológico empregado nos pomares, a falta de investimento, e a estreita base genética das plantas.

De modo geral, as características que marcam a citricultura na bacia consistem no seu predomínio em pequenas propriedades que destinam a produção para atravessadores ou beneficiadoras locais. As técnicas de manejo priorizam a elevação da permeabilidade e fertilidade dos solos, bem como o controle de pragas.

Nas pequenas propriedades, os cultivos de laranja, geralmente estão consorciados com outras culturas permanentes como o maracujá, o mamão e banana. De acordo, com os dados do IBGE de 2004 e 2014, o maracujá e a banana são cultivados nos municípios de Itabaianinha, Umbaúba, Riachão do Dantas, Boquim, Pedrinhas e Arauá, que na sua maioria apresentaram redução na produção e na área plantada para o período. O mamão verifica-se apenas nos municípios de Itabaianinha, Umbaúba e Arauá que é o maior produtor. As culturas permanentes também ocorrem consorciadas com as culturas temporárias (Figura 30).

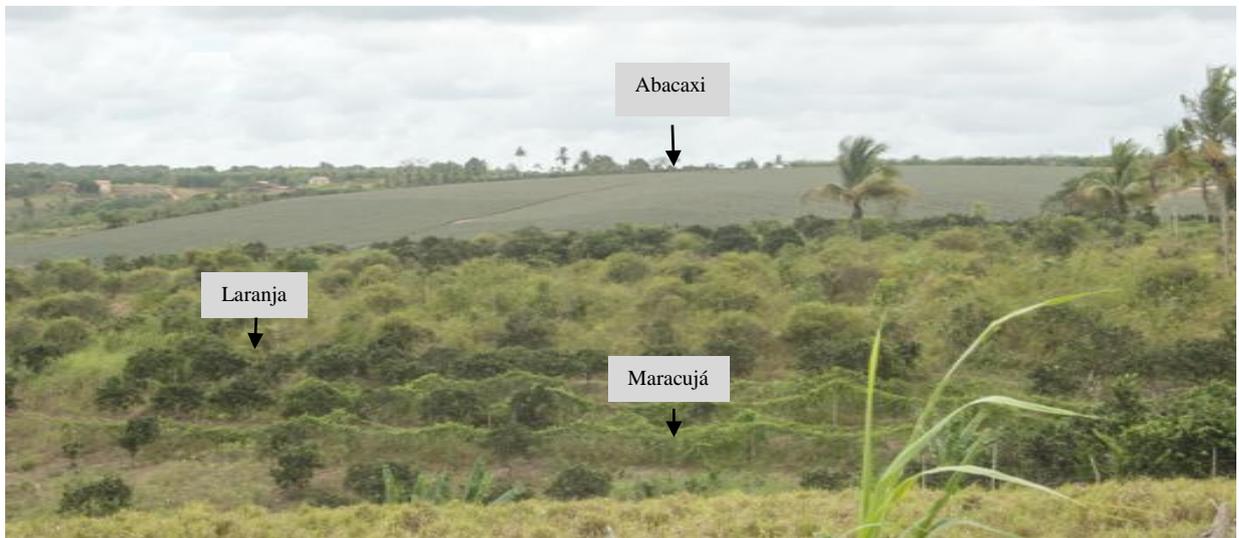
Figura 30 – Consórcio entre laranja, mandioca e milho no município de Pedrinhas/SE



Crédito: Bruna Santana, 2018

No sistema hidrográfico do rio Arauá, foram identificadas como principais cultivos temporários, a mandioca, o feijão, o amendoim, a batata-doce, o milho e o abacaxi. Algumas cultivares como o milho, a mandioca e o abacaxi encontram-se de forma individualizada (Figura 31).

Figura 31 – Plantio de abacaxi, laranja e maracujá no município de Arauá/SE



Crédito: Bruna Santana, 2018

Diferente das culturas permanentes, as lavouras temporárias evidenciaram aumento na produção entre 2004 e 2014, com exceção do feijão. O único município com contenção no quantitativo de todas as cultivares foi o município de Riachão do Dantas, apenas o milho alcançou uma elevação significativa na produção, assim como ocorreu nos demais municípios (Tabela 03).

O abacaxi é a cultura mais recente do sistema produtivo da área de estudo, por isso, sua quantificação e área plantada não estão presentes no banco de dados do IBGE. Nas observações de campo pode-se constatar sua expansão nos municípios de Umbaúba, Pedrinhas e Riachão do Dantas, sobre as superfícies subhorizontes, anteriormente ocupadas pela citricultura.

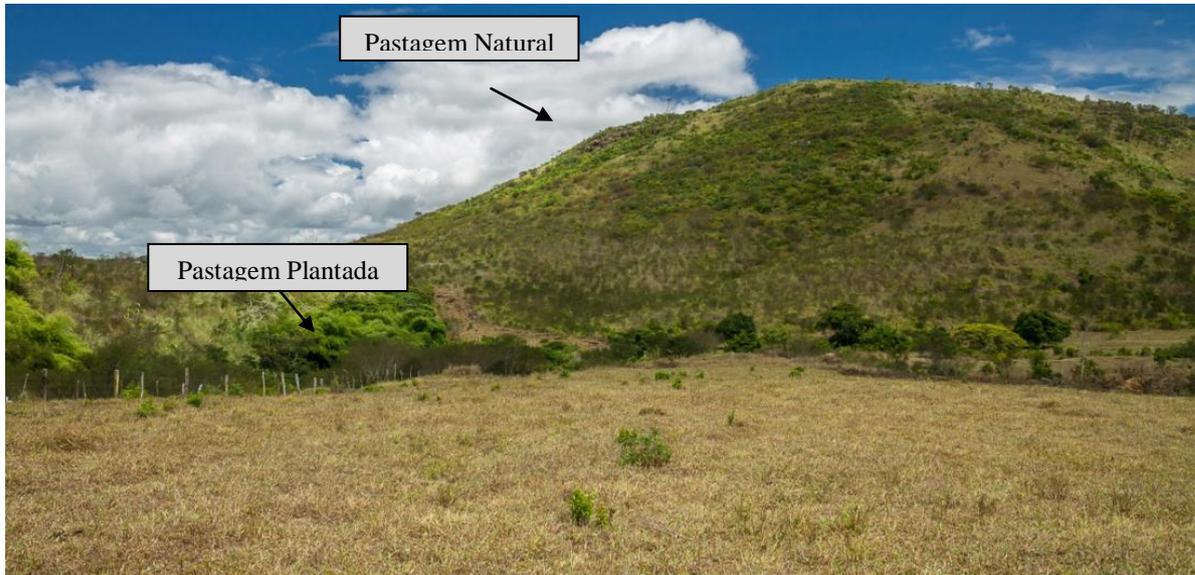
Tabela 03– Sistema hidrográfico do rio Arauá, produção das culturas temporárias dos municípios, 2004 -2014

Quantidade produzida e área plantada das culturas temporárias											
2004 e 2014											
Município	Variável	Amendoim		Batata-doce		Feijão		Mandioca		Milho	
		Ano		Ano		Ano		Ano		Ano	
		2004	2014	2004	2014	2004	2014	2004	2014	2004	2014
Itabaianinha	Área plantada (ha)	28	80	5	6	180	116	705	275	258	720
	Quant. Produzida (ton.)	32	96	37	54	89	72	9.538	3.850	174	3.456
Umbaúba	Área plantada (ha)	10	23	5	6	135	116	334	400	180	300
	Quant. Produzida (ton.)	12	26	35	54	67	72	4.519	6.360	134	1.440
Riachão do Dantas	Área plantada (ha)	25	17	35	10	300	240	1.000	477	800	1.600
	Quant. Produzida (ton.)	32	18	315	90	277	135	17.000	8.632	792	6.621
Boquim	Área plantada (ha)	20	--	10	1	120	8	115	252	130	500
	Quant. Produzida (ton.)	26	--	90	9	79	4	2.079	4.530	129	2.200
Pedrinhas	Área plantada (ha)	15	25	5	-	75	13	70	55	62	40
	Quant. Produzida (ton.)	20	30	45	-	47	9	1.260	958	53	45
Arauá	Área plantada (ha)	25	35	5	8	126	112	323	360	154	670
	Quant. Produzida (ton.)	28	42	36	72	62	81	4.352	5.040	100	3.698

Fonte: IBGE, Produção Agrícola Municipal, 2004 e 2014.

Além das culturas temporárias e permanentes o sistema hidrográfico do rio Arauá é ocupado predominantemente por pastagem natural e/ou plantada em todas as unidades geomorfológicas, destacando-se nas colinas, espigões e em menor proporção nas superfícies subhorizontais (Figuras 32 e 33).

Figura 32 – Pastagem natural e plantada na unidade geomorfológica do Tabuleiro do rio Real, Pedrinhas/SE



Crédito: Bruna Santana, 2018

Figura 33 – Pastagem natural e plantada na unidade geomorfológica dos Tabuleiros Costeiros, Arauá/SE



Crédito: Bruna Santana, 2018

As áreas de pastagem são destinadas a pecuária extensiva de diferentes rebanhos como ovinos, equinos, asininos e bovinos. De acordo com o último censo do IBGE (2016) os bovinos destinados para corte possuem o maior quantitativo (Tabela 04). As espécies de gramíneas mais cultivadas pelos produtores referem-se a Braquiária (*Brachiária decumbens*) e Pangola (*Digitaria decumbens*), distribuídas de forma mais expressiva no município de Itabaianinha.

Tabela04 – Sistema hidrográfico do rio Arauá, efetivo do rebanho nos municípios, 2016

Município	Variável	Bovino	Bubalino	Caprino	Equino	Galináceo	Ovino	Suíno
		2016	2016	2016	2016	2016	2016	2016
Itabaianinha	Efetivo do rebanho	36.893	15	434	2.589	83.200	6.906	3.295
Umbaúba	Efetivo do rebanho	6.537	--	38	406	20.850	651	538
Riachão do Dantas	Efetivo do rebanho	32,574	--	250	1.665	33.400	6.610	645
Boquim	Efetivo do rebanho	19.637	5	173	1.153	40.320	2.840	1.438
Pedrinhas	Efetivo do rebanho	4.362	--	23	183	23.760	873	520
Arauá	Efetivo do rebanho	16.693	--	408	1.007	28.800	2.665	1.154

Fonte: IBGE, Produção da pecuária, 2016

A atividade de extração mineral foi identificada apenas no município de Itabaianinha em áreas de contato com pastagem e vegetação original secundária. Esta atividade se apropria dos Argissolos evoluídos sobre Complexo Gnáissico-migmatítico.

A organização destas atividades produtivas influencia nas características sociais que permeiam a área de estudo, e sobretudo interfere no comportamento dos processos que modificam as formas de relevo, os solos e os recursos hídricos.

3.6 Organização socioeconômica

Os municípios que compõem o sistema hidrográfico do rio Arauá possuem aproximadamente uma população de 97.755 habitantes e uma densidade demográfica variável

de acordo com os limites municipais, que pode estar associada à extensão territorial e às características econômicas.

Os dados disponibilizados pelo IBGE evidenciam que os municípios de Itabaianinha e Arauá possuem os menores índices de densidade demográfica, 78,87 hab/km² e 54,73 hab/km², respectivamente. Pedrinhas, Umbaúba e Boquim dispõem dos maiores índices de densidade demográfica, 260,24 hab/km², 188,75 hab/km², 123,98 hab/km². Assim, a média para a área de estudo é de 141,31 hab/km².

Na maioria dos município,s com exceção de Itabaianinha e Arauá predomina a população urbana. Em Itabaianinha a população urbana e rural exibe similaridade nos totais, demonstrando que as atividades agropecuárias absorvem parcela considerável da população, Arauá é o único município com população rural é maior que a urbana (Tabela 05).

Tabela05 – Sistema hidrográfico do rio Arauá, população residente por situação do domicílio e taxa de urbanização - 2010

Município	População absoluta	População Urbana	População Rural
Pedrinhas	8.833	6.471	2.362
Umbaúba	22.434	13.923	8.511
Boquim	25.533	15.994	9.539
Arauá	10.878	4.487	6.391
Itabaianinha	38.910	19.409	19.501
Total	97.755	60.284	46.304

Fonte: IBGE, Censos Demográficos, 2010

O censo do IBGE (2010) mostra que havia oito grandes grupos de ocupação para as atividades econômicas nestes municípios. E mesmo com cerca de 60% dos habitantes residindo na área urbana, o sistema hidrográfico do rio Arauá concentra 50% do pessoal ocupado por atividade na agropecuária. O município de Itabaianinha registra o maior número de trabalhadores 8.760, seguido de Boquim (4.876), Arauá (3.981) e Umbaúba (3.233) (Tabela 06). Em relação a Arauá, o município de Umbaúba apresenta um número menor de trabalhadores no espaço rural, mesmo apresentando o dobro da população absoluta, enquanto seu quantitativo de pessoas inseridas no setor de serviços é de 1.792, considerado o maior da bacia.

O município de Itabaianinha destaca-se pelo predomínio de operadores de instalações e trabalhadores operários, artesãos da construção e das artes mecânicas em relação aos demais municípios em função da presença do polo de confecção e cerâmicas de pequeno e médio porte destinadas a produção de telhas e blocos.

O início da produção de confecções e bordados em Itabaianinha ocorreu na década de 1990, através da implantação de um polo de confecção por uma empresa de São Paulo, que impulsionou a atividade contratando mão de obra terceirizada de mulheres que posteriormente criaram suas próprias oficinas de costura, possibilitando a expansão da atividade. Atualmente, Itabaianinha é o único município do Território Sul Sergipano que faz parte do Arranjo Produtivo de Confecções e Artesanato de Bordado de Sergipe. Os últimos dados disponibilizados pela CODISE, aponta que o município possui 19 empreendimentos que produzem peças de vestuário e roupas íntimas.

Quanto à produção de cerâmica, Itabaianinha concentra empresas de Cerâmica Estrutural Vermelha de organização familiar, responsáveis pela produção de tijolos e telhas. A implantação desta atividade na área é favorecida pela disponibilidade de argila, principal matéria prima. De acordo com o cadastro central de empresa do IBGE, até 2016 Itabaianinha possui a 398 empresas de cerâmica. Além de Itabaianinha, o município de Umbaúba também desenvolve a produção de cerâmica, em 2016 foram registradas 348 indústrias extrativistas.

Assim, verifica-se que a economia do sistema hidrográfico do rio Arauá, está alicerçada nas atividades agrícolas, agropecuária e extrativista, mas o setor industrial e de serviços apresentam expressiva importância econômica, principalmente na geração de postos de trabalho.

Além dos aspectos econômicos, os municípios compartilham de similaridades nos padrões da educação, saúde, renda, e no acesso aos serviços públicos de infraestrutura básica, características que refletem na estrutura social e na qualidade de vida da população. A análise dos indicadores socioeconômicos básicos – longevidade, educação e renda – permitiram verificar o Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM) dos municípios da área de estudo, através da metodologia utilizada pelo PNDUe os dados pelo disponibilizados do IBGE referente ao ano de 2010.

Tabela 06 – Sistema hidrográfico do rio Arauá, pessoal ocupado nas atividades econômicas nos municípios,2010

Município	Agropecuária	Diretores e Gerentes	Operadores de instalações	Profissionais das ciências e intelectuais	Técnicos e profissionais de nível médio	Trabalhadores de apoio administrativo	Trabalhadores de serviços	Trabalhadores operários e artesãos da construção, das artes mecânicas outros ofícios
Pedrinhas	1.405	56	171	280	113	56	558	212
Umbaúba	3.233	172	621	534	183	243	1.792	859
Boquim	4.876	69	535	545	419	208	1.382	841
Arauá	3.981	95	188	211	80	54	433	210
Itabaianinha	8.760	276	1.748	839	237	429	1.505	2.294
Total	22.255	668	3.263	2.409	1.032	990	5.679	4.416

Fonte: IBGE, Censos Demográficos, 2010

A partir dos dados constatou-se que apenas Boquim está na faixa de Desenvolvimento Humano Médio (IDHM entre 0,600 e 0,699) com 0,604. Os demais municípios estão com baixo índice de desenvolvimento (IDHM entre 0,500 e 0,599) e demonstram semelhança em todas as dimensões. A longevidade foi a dimensão que mais contribuiu no IDHM com média 0,756. Enquanto a Educação apresentou a menor média com 0,470, seguida da renda com 0,564. A média para área de estudo somando as três dimensões foi considerada baixa com 0,585 (Tabela07).

Tabela07 – Sistema hidrográfico do rio Arauá, subíndices e Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM), 2010

Município	Educação	Longevidade	Renda	IDHM
Pedrinhas	0,486	0,750	0,568	0,592
Umbaúba	0,476	0,719	0,567	0,579
Boquim	0,492	0,771	0,581	0,604
Arauá	0,490	0,783	0,550	0,595
Itabaianinha	0,407	0,761	0,555	0,556
Total	0,470	0,756	0,564	0,585

Fonte: PNUD - Atlas de Desenvolvimento Humano no Brasil, 2010

Ao avaliar a dimensão educação dos municípios, constata-se que 73,14% da população de 10 anos ou mais de idade foram consideradas sem instrução e ensino fundamental incompleto pelo censo de 2010 (Tabela08). Itabaianinha, Umbaúba e Arauá foram os municípios que apresentaram percentuais mais elevados nesta relação.

Quanto às pessoas com ensino fundamental completo e médio incompleto a média para área de estudo é de 12,64%. Os municípios de Umbaúba, Boquim e Arauá foram os que mais contribuíram no quantitativo. O ensino médio completo e superior incompleto restringe-se apenas a 11,64% da população, pois em Pedrinhas apenas 9,07% encontra-se nessa condição. O ensino superior completo engloba somente 2,32% da população. Nenhum dos municípios excede 4% neste quesito demonstrando que os investimentos na educação são mínimos e resultam na precariedade da sua estrutura e na insuficiente qualificação profissional.

Tabela 08 – Sistema hidrográfico do rio Arauá, nível de escolaridade da população, 2010

Município	Pessoas de 10 anos ou mais de idade	%	Sem instrução e fundamental incompleto	%	Fundamental completo e médio incompleto	%	Médio completo e superior incompleto	%	Superior completo	%
Pedrinhas	7.235	100	5.100	70,49	894	12,35	919	12,70	232	3,20
Umbaúba	18.226	100	13.190	72,37	2.480	13,61	2.193	12,03	350	1,92
Boquim	21.140	100	14.579	68,96	2.806	13,27	3.075	14,55	603	2,85
Arauá	8.913	100	6.446	72,32	1.188	13,33	1.078	12,09	158	1,77
Itabaianinha	31.258	100	24.147	77,25	3.601	11,52	2.835	9,07	667	2,13
Total	86.772	100	63.462	73,14	10.969	12,64	10.100	11,64	2.010	2,32

Fonte: IBGE, Censos Demográficos, 2010

Embora apresentem características próximas quanto aos índices de escolaridade, os municípios do sistema hidrográfico do rio Arauá evidenciaram divergências quanto aos valores do produto interno bruto (PIB) e de renda per capita no período de 2010-2015 (Tabela 09). Nos dois períodos Itabaianinha, Boquim e Umbaúba apresentaram os valores mais elevados do produto interno bruto devido a relevância dos setores secundário e terciário. Esta realidade não se reflete nos investimentos em educação como demonstram os índices de desenvolvimento humano.

Tabela09 – Sistema hidrográfico do rio Arauá, produto interno bruto dos municípios inseridos no sistema hidrográfico do rio Arauá, 2010-2015

Município	2010		2015	
	A preços correntes (1 000 R\$)	Per capita (R\$)	A preços correntes (1 000 R\$)	Per capita (R\$)
Pedrinhas	42.945	5.306	72.724	7.696
Umbaúba	146.994	7.398	241.318	9.831
Boquim	167.933	7.205	308.596	11.536
Arauá	59.410	7.856	104.400	9.873
Itabaianinha	209.174	5.982	341.362	8.244
Total	626.456	33.747	1.068.400	47.180

Fonte: IBGE, Censos Demográficos, 2010-2015

Nos municípios de Pedrinhas e Arauá os valores do PIB e da renda per capita são os menores. Nestes territórios, a produção rural é a principal fonte de renda da população, mas não agrega expressivos valores no aspecto econômico, influenciando na baixa qualidade de vida da população.

As limitações na escolaridade e na renda têm reflexo nos aspectos demográficos. A esperança de vida ao nascer, por exemplo, está abaixo da média para o estado de Sergipe que é de 71,84, com exceção de Arauá que apresentou 72,00. Este fato, possivelmente, explica-se pela maior porcentagem de mulheres de 10 a 17 anos que tiveram filho e a menor taxa de mortalidade infantil até 5 anos de idade. Já em Umbaúba a expectativa de vida foi a menor e a mortalidade maior, comprovando que estes aspectos estão associados. Nos demais municípios os valores foram bem próximos, apenas o número de mulheres de 10 a 17 anos que tiveram filhos apresentou variações significativas (Tabela 10).

Tabela 10 – Sistema hidrográfico do rio Arauá, expectativa de vida e condição da criança e do adolescente - 2010

Município	Esperança de vida ao nascer	% de mulheres de 10 a 17 anos que tiveram filhos	Mortalidade até 5 anos de idade
Pedrinhas	70,01	4,06	29,73
Umbaúba	68,15	1,86	36,26
Boquim	71,27	1,58	25,75
Arauá	72,00	7,13	23,57
Itabaianinha	70,66	3,08	27,64
Sergipe	71,84	3,18	24,04

Fonte: PNUD - Atlas de Desenvolvimento Humano no Brasil, 2010

Os aspectos demográficos também estão agregados à estrutura habitacional dos domicílios e de serviços básicos como coleta de lixo e abastecimento de água, que além de revelar singularidades da qualidade de vida da população expressam as repercussões na paisagem.

Nos domicílios dos municípios do sistema hidrográfico do rio Arauá, a responsabilidade pela coleta de lixo é da prefeitura. Os resíduos coletados são despejados em áreas de “lixão” e podem ser parcialmente queimados. Os terrenos escolhidos não seguem nenhum padrão aparente quanto as características ambientais e sociais do município. Em Pedrinhas, por exemplo, a área de disposição final está situada no topo de uma feição colinar entalhada pelo principal canal fluvial do município, rio Carnaíba. A área é ocupada por pequena vegetação secundária (Figura 34).

Depois da coleta, a queima do lixo na propriedade é a prática mais utilizada pela população dos municípios, realizada comumente no espaço rural onde o sistema de coleta por vezes não ocorre. Boquim e Itabaianinha apresentam a maior quantidade de domicílios que exercem a queima (Tabela 11).

Figura 34 – Área de disposição final de resíduos sólidos no município de Pedrinhas/SE

Crédito: Bruna Santana, 2016

Tabela11 – Domicílios particulares permanentes por situação e destino do lixo, 2010

Município	Coletado	Enterrado na propriedade	Jogado em rio, lago ou mar	Jogado em terreno baldio ou logradouro	Queimado na propriedade	Outro destino
Pedrinhas	1.902	20	10	95	360	07
Umbaúba	4.969	35	02	239	858	19
Boquim	5.333	39	-	97	1.734	18
Araúá	1.925	38	03	126	855	14
Itabaianinha	6.940	86	03	568	2.784	51

Fonte: IBGE, Censos Demográficos, 2010.

Quanto ao tipo de abastecimento de água, nos domicílios destes municípios prevalece a distribuição pela rede geral, mantida pela Companhia de Saneamento de Sergipe (DESO). Em Pedrinhas, Umbaúba e Boquim a água que abastece a maior parte dos domicílios provém de poços e nascentes presentes nas propriedades. A população se beneficia também dos poços e nascentes fora das suas propriedades (Tabela 12).

Tabela 12– Sistema hidrográfico do rio Arauá, domicílios por tipo de abastecimento de água, 2010

Município	Poço ou nascente na propriedade	Poço ou nascente fora da propriedade	Rede Geral	Água da chuva armazenada em cisterna	Água da chuva armazenada de outra forma	Carro-pipa	Rio, açude, lago ou Iguarapé	Outra
Pedrinhas	1.300	330	740	01	03	-	08	12
Umbaúba	3.591	495	1.963	02	03	-	19	49
Boquim	2.071	646	4.205	13	07	-	12	267
Arauá	436	502	1.936	06	03	-	08	73
Itabaianinha	1.856	1.576	6.066	112	27	36	206	553
Total								

Fonte: IBGE, Censos Demográficos, 2010.

As condições socioeconômicas evidenciada pelos municípios do sistema hidrográfico do rio Arauá apresentam uma população com fragilidades na educação, na renda e na habitação. Este conjunto de aspectos humanos condicionam as ações que são efetuadas sobre o sistema ambiental e que conseqüentemente serão revertidas na dinâmica social, e por isso devem ser tratados com complexidade.

4 UNIDADES DE PAISAGEM E CLASSIFICAÇÃO ECODINÂMICA DO SISTEMA HIDROGRÁFICO DO RIO ARAUÁ

4.1 Unidade de Paisagem Tabuleiro Costeiro

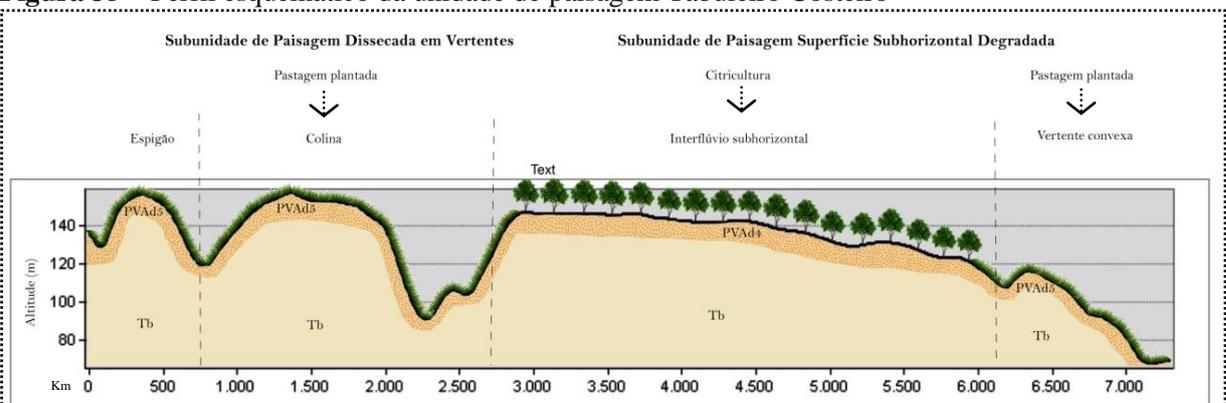
A Unidade de Paisagem Tabuleiro Costeiro abrange a paisagem do médio e baixo curso do sistema hidrográfica do rio Arauá. De acordo com os estudos realizados por Brasil (1983), a unidade está inserida no Domínio Morfoestrutural dos Depósitos Sedimentares apresentandocomo Unidade Morfoescultural a Região dos Piemontes Inumados.

As características biofísicas agregam similaridades representadas por embasamento geológico formado por sedimentos inconsolidados e semiconsolidados do Grupo Barreiras, que proporcionaram a evolução de solos profundos com aspectos texturais favoráveis a implantação da agropecuária e da agricultura permanente e temporária.

A atuação climática sobre a composição litológica do Grupo Barreiras resultou na dissecação diferencial do relevo através de processos morfogenéticos distintos. O atual panorama morfodinâmico desta unidade é dinamizado, principalmente pelas condições do uso e ocupação das terras e o manejo das atividades produtivas.

Considerando a heterogeneidade nos aspectos topográficos e morfológicos, a unidade de Paisagem Tabuleiro Costeiro está compartimentada na subunidade de Paisagem Superfície Subhorizontal Degradada e subunidade de Paisagem Dissecada em Vertentes (Figura 35).

Figura 35 – Perfil esquemático da unidade de paisagem Tabuleiro Costeiro



Elaboração: Bruna Santana, 2019

4.1.1 Subunidade de Paisagem Superfície Subhorizontal Degradada

Na unidade de Paisagem Tabuleiro Costeiro, a Subunidade de Paisagem Superfície Subhorizontal Degradada configura um arranjo de feições subhorizontais que constituem os principais divisores de água do baixo curso do sistema hidrográfico do rio Arauá, nos municípios de Itabaianinha, Arauá, Pedrinhas, Boquim e Santa Luzia do Itanhy.

Esta subunidade originou-se por processos de dissecação homogênea sobre os sedimentos do Grupo Barreiras. A conservação das superfícies subhorizontais com suave inclinação em direção aos vales, advém do nível concrecionário, pavimento detrítico de maior resistência à erosão hídrica (Figura 36). Para Silva et al., (2012), a conservação dos interflúvios deve-se a resistência das litofácies e ao tempo geológico, insuficiente para a dissecação das feições em superfícies convexas.

Figura 36 – Superfície subhorizontal na unidade de paisagem Tabuleiro Costeiro, Pedrinhas/SE



Crédito: Bruna Santana, 2018

O padrão destas formas de relevo propicia a baixa densidade da rede de drenagem conectada por vales largos e rasos. Os baixos gradientes de declividade na subunidade variam de 0% a 3%, potencializando os processos de infiltração e escoamento subsuperficial da água no solo. A infiltração como resultado do ciclo hidrológico, predispõe o ambiente à intensa atuação do intemperismo químico, favorecido ainda pela cobertura litológica inconsolidada e a boa disponibilidade hídrica da área entre os meses de março a setembro.

O escoamento subsuperficial provoca a perda de elementos químicos e de material fino ao longo das discontinuidades texturais das formações superficiais. A diferença textural

nos horizontes dos Argissolos e Latossolos, evoluídos sobre as superfícies subhorizontais, constituem camadas menos permeáveis para infiltração da água. O suave declive em direção aos vales permite o deslocamento do fluxo subsuperficial no perfil dos solos entre o horizonte de textura média e o de textura argilosa. É comum que na borda das morfologias subhorizontais se estabeleçam cabeceiras de drenagem pelo afloramento do lençol freático.

Considerando a formação geológica da área, este fato associa-se a elevada presença de argila do Grupo Barreiras. Em condições morfoclimáticas pretéritas esta estrutura sedimentar viabilizou a atuação de processos pedogenéticos que originaram solos com alto grau de desenvolvimento como os Latossolo Distrófico e Álico de textura argilosa associado a Argissolo Amarelo com e sem fragipã e Argissolo Amarelo Latossólico, ambos distróficos e Álicos de textura média/argilosa. Além do Argissolo com e sem fragipã e Argissolo Amarelo Latossólico, ambos distróficos de textura média/argilosa associado a Latossolo Amarelo Distrófico de textura argilosa.

A feição morfológica de fragipã comumente ocorre nos solos dos Tabuleiros Costeiros, a cimentação dos sedimentos de granulometria média e arenosa pela sílica e alumínio dificulta a penetração da água e raízes no solo, tornando-se uma limitação agrícola, assim como o caráter distrófico.

Nestes solos são utilizadas técnicas de manejo para diminuir suas limitações agrícolas para implantação das lavouras. Segundo os agricultores locais, as características dos solos requerem o emprego de aração e de gragem no método tradicional. A aração promove a inversão de camadas do solos para elevar os níveis de oxigenação e de matéria orgânica, conseqüentemente destrói as estruturas do solo como os agregados, fundamentais na manutenção da porosidade, e, sobretudo, na capacidade de absorção de água. Na gragem o solo é nivelado com o rompimento dos torrões que resistem a aração. Para o cultivo dos gêneros da citricultura são utilizadas uma aração e duas gragens.

Além das técnicas que alteram a estrutura física dos solos, as características químicas que configuram a baixa fertilidade dos Argissolos e Latossolos são supridas com adubação e calagem. As proporções aplicadas dependem do tipo de cultivo que será implantado.

Sobre as classes de solos presentes na subunidade prevalecem como uso atual das terras, a agricultura permanente e temporária, e pequenas áreas ocupadas por gramíneas utilizadas como pastagem para rebanhos bovinos (Figuras 37, 38 e 39).

Figura 37 – Cultivo de laranja em superfície subhorizontal no município de Pedrinhas/SE



Crédito: Almir Brito, 2018

Figura 38 – Superfície subhorizontal ocupada por pastagem plantada, Pedrinhas/SE



Crédito: Almir Brito, 2018

Figura 39 – Cultivo temporário de mandioca em superfície subhorizontal no município de Itabaianinha/SE



Crédito: Bruna Santana, 2018

A limpeza periódica adotada nas entrelinhas dos cultivos de citrus – laranja, tangerina e limão – para evitar a proliferação de ervas daninhas intensificam o efeito *splash*, processo responsável pela mobilização dos sedimentos durante as chuvas mesmo em terrenos de baixa declividade, decorrendo numa possível desagregação de sedimentos e compactação dos solos, pois sua superfície encontra-se desprovidas de qualquer proteção.

A exposição dos solos pode favorecer o escoamento superficial difuso e provocar erosão laminar. Em algumas propriedades estes espaços são ocupados por cultivos temporários e/ou pastagem que minimizam os impactos das gotas de chuva.

A dinâmica estabelecida entre as características geomorfológicas e pedológicas, da Subunidade de Paisagem Superfície Subhorizontal Degradada se enquadra na classificação ecodinâmica dos Meios estáveis definido por Tricart (1977), pois a morfodinâmica é atenuada pela declividade e características dos solos, denotando a preeminência da pedogênese em relação à morfogênese. Entretanto, o atual uso e ocupação das terras pode promover a aceleração da ação morfodinâmica nos bordos dos interflúvios.

A evolução morfológica da subunidade se manifesta pela erosão regressiva expressa nas cabeceiras de drenagem que apresentam dissecação diferenciada. Quanto mais amplas são as cabeceiras de drenagem, mais estreitos são os topos dos interflúvios. No município de Arauá, existem topos isolados que demonstram a degradação geomorfológica das morfologias (Figura 40).

Figura 40 – Superfície subhorizontal isolada no município de Arauá/SE



Fonte: Google Earth, 2019

Assim, instabilidade morfodinâmica na subunidade advém da erosão regressiva e de pontuais movimentos de massa nos bordos das feições subhorizontais. A erosão regressiva se estabelece pela declividade com graus mais elevados e o arranjo da cobertura vegetal. Em áreas com solo exposto ou ocupadas por lavouras permanentes a capacidade de erosão do escoamento superficial se intensifica. Os processos erosivos observados sinalizam o remanejamento de material sedimentar do relevo plano para o relevo suave ondulado, formado pelas colinas e espigões, além do transporte para os vales fluviais.

4.1.2 Subunidade de Paisagem Dissecada em Vertentes

A Subunidade de Paisagem Dissecada em Vertentes está situada no médio e baixo curso do sistema hidrográfico do rio Arauá contemplando os municípios de Boquim, Pedrinhas, Arauá, Umbaúba, Itabaianinha e Santa Luzia do Itanhy. Esta subunidade se constituiu pela dissecação dos interflúvios que compõem a paisagem da Subunidade de Paisagem Superfície Subhorizontal Degradada, e também foram esculpidas sobre os sedimentos do Grupo Barreiras.

A composição morfológica da subunidade corresponde a vertentes retilíneas, retilíneo-côncavas, convexa-retilíneas e convexas, que configuram feições como colinas convexizadas, feições colinares e espigões de topos abaulados que ora ocorre intercaladas, ora individualizadas (Figuras 41e 42).

Figura 41 – Aspectos morfológicos da Subunidade de Paisagem Dissecada em Vertentes, Pedrinhas /SE



Crédito: Bruna Santana, 2018

Figura 42 – Aspectos morfológicos da Subunidade de Paisagem Dissecada em Vertentes, Pedrinhas/SE



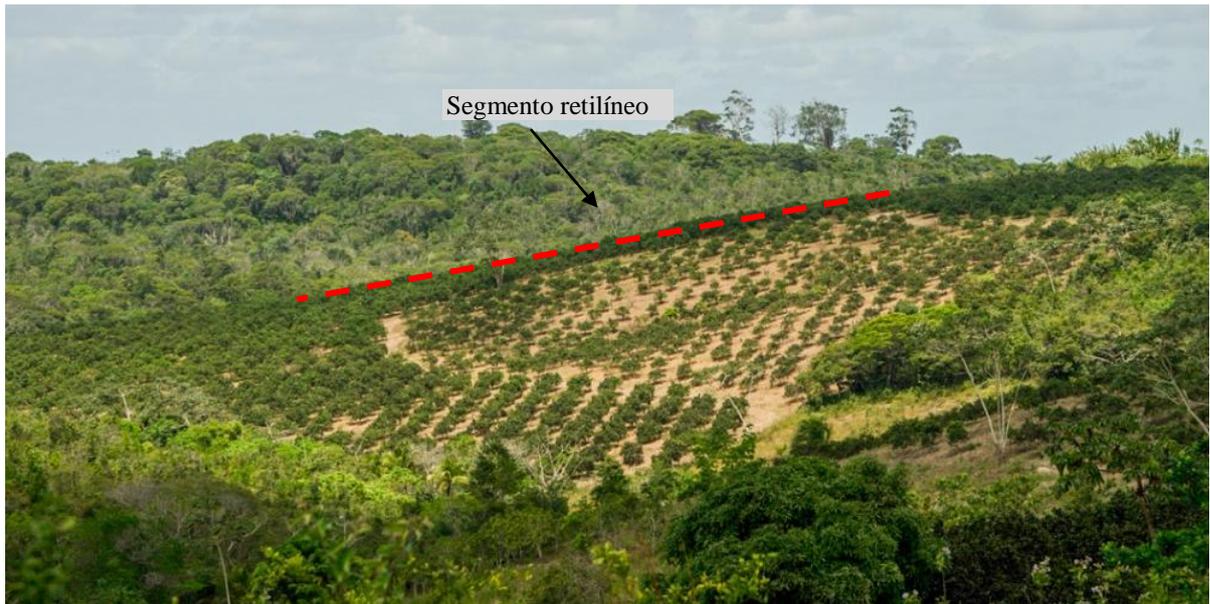
Crédito: Bruna Santana, 2018

Assim, Silvera et al., (2005) esclarece que na vertente côncava o elemento de curvatura é negativo, e que seu ângulo de inclinação decresce da parte mais alta para a parte mais baixa da vertente. Na vertente convexa o elemento de curvatura é positivo, na vertente retilínea o terreno adquire a forma de um segmento sem curvatura.

Tricar (1957) citado por Caseti (2005) destaca que os fatores morfoclimáticos imprimem nas vertentes singularidades quanto à meteorização, pedogênese e a natureza dos processos de afeiçoamento. A litologia influencia na forma do perfil da vertente, na sua declividade média e na velocidade do recuo. Neste sentido, o balanço morfogenético de uma vertente, principalmente o valor do declive é definido pela natureza da rocha e o clima.

O relevo na subunidade apresenta-se como suave ondulado com declividade de 3% a 8% e ondulado variando de 8% a 20%, predominando as morfologias colinares. A compartimentação nas diferenciações da inclinação do terreno provém da divisão nos segmentos das vertentes, comumente com topo abaulado predominando baixa declividade, concavidade e retinização no terço médio e inferior, concentrando as maiores declividades (Figura 43).

Figura 43 – Segmento retilíneo em encosta de colina no município de Umbaúba/SE



Crédito: Bruna Santana, 2018

Os espigões como superfícies alongadas de topo estreito, por sua vez, se inserem apenas no relevo ondulado (Figura 44). Estas morfologias são prolongamentos das superfícies subhorizontais compartimentadas por vales encaixados, que regularmente comportam rios temporários. Sobre os espigões evoluem pequenas cabeceiras de drenagem que evidenciam o constante processo de dissecação do relevo (Figura 45).

Figura 44 – Espigões compondo o relevo suave ondulado da Subunidade de Paisagem Dissecada em Vertentes, Itabaianinha/SE



Crédito: Bruna Santana, 2018

Figura 45 – Cabeceiras de drenagem esculpidas sobre espigão, Arauá/SE



Crédito: Bruna Santana, 2018

A declividade dificulta uso das colinas e espigões pelas atividades produtivas, por esta razão, os solos são ocupados por pastagens em diferentes estados de conservação. Todavia é possível identificar nos topos abaulados lavouras de cultivos temporários e permanentes, principalmente da citricultura (Figura 46).

Figura 46 – Espigão com topo ocupado com cultivo de laranja e encostas por pastagem



Crédito: Bruna Santana, 2018

As lavouras se estabelecem sobre o Argissolo Vermelho-Amarelo Eutrófico profundo e pouco profundo de textura média/argilosa e muita argilosa associado a ARGISSOLO Vermelho-Amarelo e Argissolo Amarelo ambos distróficos e álicos de textura média/argilosa.

Estas classes de solo na subunidade revelam que a pedogênese é mais expressiva que a morfogênese, entretanto, na atualidade a declividade associada à cobertura vegetal pouco eficaz na proteção dos solos, ampliam o poder erosivo do escoamento superficial. Como a declividade se diferencia em cada setor das morfologias, a infiltração, o escoamento superficial e difuso, conseqüentemente apresentam intensidade e efeito variável.

O processo de infiltração é favorecido pela declividade nos topos abaulados das colinas e espigões, quanto maior a proporção destes setores e cobertura vegetal homogênea, maior a possibilidade de percolação da água, contudo o contraste textural nos perfis dos solos torna-se um fator limitante no decurso do fluxo.

Nas encostas com pastagem conservada, que garante ao solo cobertura mais eficaz, e nas áreas de vegetação original, há uma tendência do escoamento superficial difuso, no qual a vegetação adquire a função de obstáculo reduzindo a velocidade da defluência no percurso do fluxo.

Nas vertentes de maiores declives tende a prevalecer o escoamento superficial difuso e concentrado. Nos solos com cultivos permanentes, pastagens degradadas e horizonte superficial do solo exposto, o escoamento concentrado é viabilizado. As vertentes côncavas que formam as cabeceiras de drenagem, são compartimentos de maior propensão a erosão, em

função da convergência do fluxo de água subsuperficial, além disso a confluência do escoamento superficial colabora neste processo.

O estado morfodinâmico da subunidade é marcado pela ocorrência de erosão linear materializada na presença de sulcos. Os sulcos se manifestam nas encostas de maior declividade de forma incipiente ou em diferentes graus de evolução (Figura 47). Na paisagem observa-se também uma sucessão de terracetes que estão distribuídos em todos os segmentos das vertentes. Estas feições erosivas são originadas pelo pisoteio do gado no solo, resultando na sua compactação e redução na capacidade de infiltração da água. Além disso, os caminhos criados pelos rebanhos tornam-se preferenciais para o escoamento superficial. Em algumas áreas ocorrem pontuais movimentos de massa, geralmente no terço inferior das vertentes.

Figura 47– Encosta de espigão com pastagem degradada e feições erosivas de sulcos no município de Arauá/SE



Crédito: Bruna Santana, 2018

O comportamento dos processos erosivos se diferencia ao longo das estações do ano. No verão, quando os índices pluviométricos diminuem, as gramíneas mudam sua aparência em resposta a escassez de água no solo, passando a apresentar aspecto de degradação, neste período a exposição da superfície dos solos amplia o poder de erosividade das águas pluviais posteriores.

Diante do quadro ambiental, a Subunidade de Paisagem Dissecada em Vertentes contempla estados morfodinâmicos diferenciados a partir da combinação entre relevo, solos, clima e o uso atual das terras. Verificar-se que nas áreas com vegetação degradada ou com solo desnudo as feições erosivas são mais expressivas, demonstrando que a ação antrópica através das atividades produtivas dinamiza a evolução do relevo. De acordo, com os estados morfodinâmicos definidos por Tricart (1977), esta subunidade de paisagem integra os Meios *intergrades* devido as severas mudanças na cobertura vegetal original e as interferências identificadas pelas atividades produtivas, mesmo as características dos solos demonstrando que a pedogênese ainda predomina.

4.2 Unidade de Paisagem Tabuleiro do Rio Real

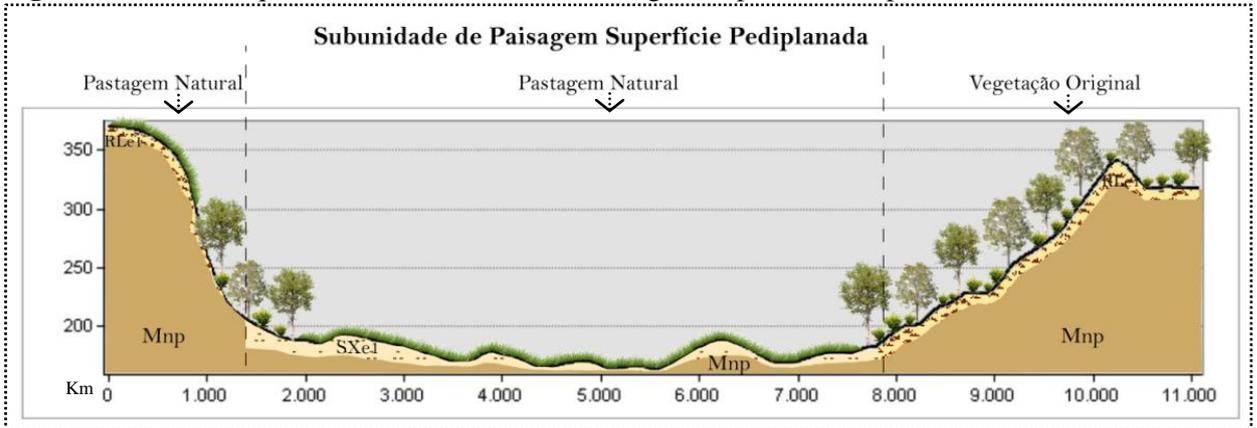
A unidade de paisagem Tabuleiro do rio Real abrange os municípios de Itabaianinha, Riachão do Dantas e Tobias Barreto, situando-se no médio e alto curso do sistema hidrográfico do rio Arauá, no Domínio Morfoescultural das Bacias e Coberturas Sedimentares representadas pelo Baixo Planalto Palmares – Estância.

A evolução morfológica da unidade se deu sobre as litologias do Complexo Gnáissico-migmatítico e do Grupo Estância representado pela Formação Palmares. Esta variedade litológica sobre a influência estrutural e diferentes condições climáticas, que se sucederam do meso a neoproterozóicos até os dias atuais, resultou em uma paisagem caracterizada por três subunidades, a subunidade de Paisagem Superfície Pediplanada, subunidade de Paisagem Dissecada em Colinas e Espigões e subunidade de Paisagem Superfície Residual (Figuras 48 e 49).

Para Silva (2010), a gênese destas subunidades do Tabuleiro do Rio Real está relacionada à evolução de uma depressão interplanáltica influenciada pelo controle estrutural de um sistema de falhas subsequente da formação da Bacia Sedimentar Recôncavo-Tucano-Jatobá. Na área de estudo, no contanto entre Complexo Granulítico e Complexo Gnáissico-Migmatítico existem duas falhas indiscriminadas e definidas, uma na direção NE-SO,

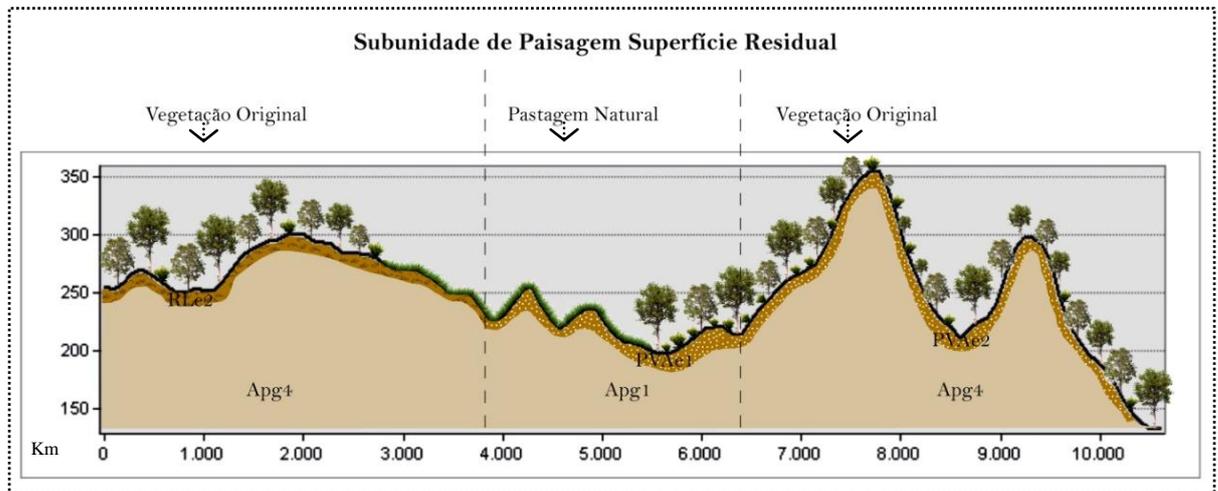
evidenciada pelo controle estrutural do Riacho do Tanque Grande com traçado retilíneo e outra na direção NO-SE que influencia no padrão de drenagem do rio Carnaíba.

Figura 48 – Perfil esquemático da subunidade de Paisagem Superfície Pediplanada



Elaboração: Bruna Santana, 2019

Figura 49 – Perfil esquemático da subunidade de Paisagem Superfície Residual



Elaboração: Bruna Santana, 2019

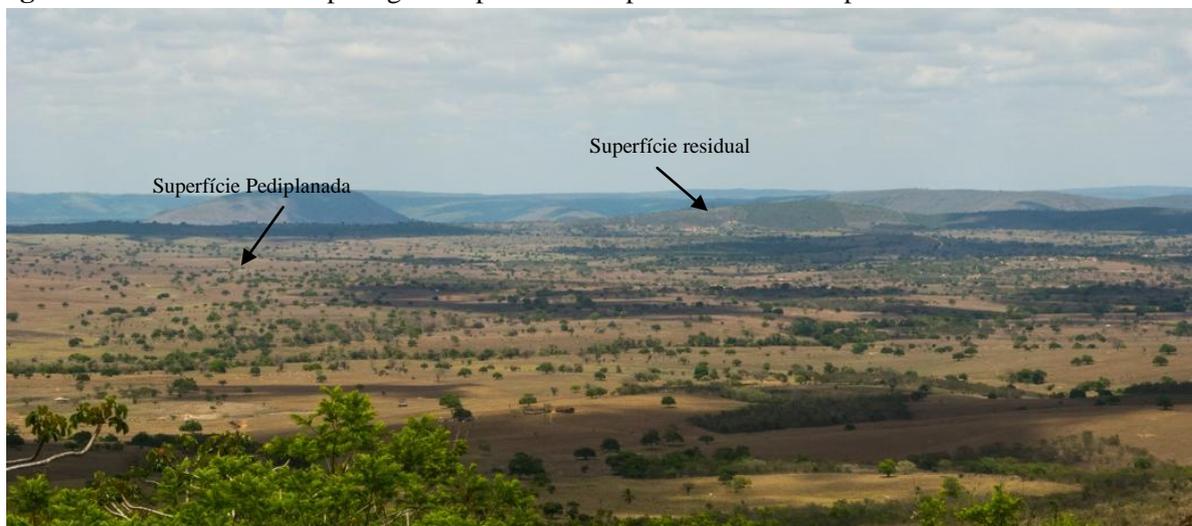
4.2.1 Subunidade de paisagem Superfície Pediplanada

De acordo com as teorias clássicas, a evolução geomorfológica das superfícies pediplanadas no Nordeste estão relacionadas a processos de soerguimento e rebaixamento do nível de base regional. Os sucessivos ciclos de aplainamentos laterais que possibilitando o recuo das vertentes, remanescendo morfologias residuais isoladas e superfícies pediplanadas interrompidas.

A propósito, Ab' Sáber (1969), analisando os perfis geológicos/geomorfológicos supõe a existência de cinco paleosuperfícies para o Nordeste, decorrentes de uma complexa interação entre mudanças climáticas e processos tectônicos, com fases pedogenéticas de clima úmido intercalado com fases morfogenéticas de clima seco com chuvas elevadas e esporádicas, que possibilitaram a atuação de processos de pediplanação (MAIA, et al., 2010).

Assim, a subunidade de paisagem Superfície Pediplanada (Figuras 50 e 51) presente no sistema hidrográfico do rio Arauá constitui uma superfície de aplanamento de baixa altitude formada por litotipos do Complexo Gnáissico-migmatítico como biotita-gnaiss migmatíticos com anfibolitos e lente de quartzos que em relação às rochas das superfícies residuais são menos resistentes aos processos intempéricos.

Figura 50 – Subunidade de paisagem Superfície Pediplanada no município de Itabaianinha/SE



Crédito: Almir Brito, 2018

Contudo, Santos (1991) destaca que é possível encontrar corpos de anfibolito concordantes e deformados conjuntamente com os gnaisses migmatíticos e níveis quartzíticos encaixados também nos gnaisses migmatíticos. São quartzitos claros, bem recristalizados, mal foliados. A exposição destes corpos rochosos advém da morfogênese que propiciou a denudação do relevo deixando em evidência as litotipos mais resistentes.

As classes de relevo plano e suave ondulado predominam na subunidade. O relevo plano se destaca nas margens direita e esquerda do rio Arauá no seu alto curso, e em áreas que no passado foram alcançadas por vazões mais expressivas deste rio, demonstrando a ação erosiva fluvial. O relevo suave ondulado encontra-se em menor proporção, com colinas suaves, caracterizadas pelo entalhamento incipiente da rede de drenagem (Figura 52).

Figura 51 – Subunidade de paisagem Superfície Pediplanada no município de Itabaianinha/SE



Crédito: Almir Brito, 2018

Figura 52– Feição colinar na subunidade de paisagem Superfície Pediplanada, Itabaianinha/SE



Crédito: Almir Brito, 2018

Estas condições culminou no desenvolvimento do Planossolo Háplico Eutrófico, os Argissolo Vermelho-Amarelo Eutrófico e distrófico e os Neossolo Litólico. O Planossolo Háplico apresenta mudança textural abrupta de arenosa a argilosa, facilitando a permeabilidade da água no horizonte superficial, enquanto que nos horizontes adensado devido a acumulação de argila o processo de infiltração ocorre de forma lenta, provocando a concentração de água entre os horizontes, também favorecida pela baixa declividade.

A baixa capacidade de retenção de umidade no solo em razão da textura arenosa associada às características climáticas com meses de estiagem prolongada, compromete o potencial agrícola do Planossolo Háptico na área, por conseguinte seu uso limita-se a pecuária extensiva com pastagem natural e plantada (Figuras 53 e 54), pois as gramíneas são mais resistentes a estas condições que as culturas de ciclos anuais com baixo uso tecnológico como na Unidade dos Tabuleiros Costeiros. Nos meses chuvosos ocorre o inverso, o volume das precipitações excede a capacidade de infiltração.

Figura 53 – Pastagem plantada na subunidade de paisagem Superfície Pediplanada, Itabaianinha/SE



Crédito: Bruna Santana, 2018

Figura 54 – Pastagem natural na subunidade de paisagem Superfície Pediplanada, Itabaianinha/SE



Crédito: Bruna Santana, 2018

No Argissolo Vermelho-Amarelo Eutrófico prevalece também a pastagem extensiva. As lavouras temporárias e permanentes são cultivadas em áreas pontuais da subunidade. Além destes tipos de uso e ocupação, na subunidade de paisagem Superfície Pediplanada se

desenvolve a extração mineral de argila e areia utilizada nas indústrias de cerâmicas do município de Itabaianinha, maior produtor do Estado Sergipano (Figura 55).

Figura 55– Extração mineral na subunidade de paisagem Superfície Pediplanada, Itabaianinha/SE



Crédito: Almir Brito, 2018

Quanto ao Neossolo Litólico, sua presença na subunidade concentra-se nas imediações das superfícies residuais, em áreas com afloramentos rochosos e nas margens de alguns canais de drenagem. Geralmente são ocupados por gramínea natural em razão da restrição do uso por ser pouco evoluído e com frequente presença de cascalhos e fragmentos de rocha no seu perfil.

Nas superfícies aplainadas a baixa declividade eleva a possibilidade de infiltração de água nos solos. Os atributos texturais e de profundidade dos perfis inviabilizam a eficiência deste processo resultando em áreas com lençol freático suspenso nos períodos que concentram as chuvas (Figura 56).

A irregularidade das chuvas na subunidade com dinamiza os processos morfodinâmicos. Durante o período de deficiência hídrica, pode-se inferir que as rochas estão expostas a ação predominante do intemperismo físico e o intemperismo químico atinge apenas as áreas sob influência dos rios permanentes (Figura 57), que também executam seu trabalho erosivo de forma reduzida, pois o volume de água nos canais de drenagem é menor.

No período chuvoso os processos morfodinâmicos se intensificam com o transporte dos sedimentos desagregados no escoamento superficial difuso que prevalece nas feições de

aspecto colinar. Os vales de fundo chato e vale aberto potencializam seu poder de erosão e transporte de sedimentos

Figura 56 – Área com evidência de elevação do nível do lençol freático no município de Itabianinha/SE



Crédito: Bruna Santana, 2018

Figura 57 – Canal de drenagem permanente na subunidade de paisagem Superfície Pediplanada, Itabianinha/SE



Crédito: Bruna Santana, 2018

A distribuição das precipitações pluviométricas repercute na forma como os recursos naturais são apropriados e utilizados pelo homem, principalmente os recursos hídricos. É comum nas propriedades destinadas a agropecuária a construção de pequenos tanques ao longo dos canais de drenagem através do aprofundamento do determinado trecho do rio por escavadeiras ou pelo trabalho braçal, dependendo da proporção. Em áreas com lençol freático elevado também são utilizadas. A prática possibilita que o rebanho bovino tenha acesso a água por mais tempo durante o período de estiagem (Figura 58 A e B).

Figura 58 – Pequenas tanques para dessedentação animal na subunidade de paisagem Superfície Pediplanada, Itabaianinha/SE



Crédito: Bruna Santana, 2018

A repercussão desta intervenção antrópica na dinâmica fluvial consiste na interrupção da vazão dos rios no seu percurso natural, impedindo que outras áreas recebam a carga hídrica gerando mudanças no ciclo hidrológico da área. Em compensação essa ainda é a maneira mais viável de reprodução da atividade produtiva diante das limitações naturais.

De acordo com as características dos componentes biofísicos, verifica-se que a topografia propicia a pedogênese, contudo as condições climáticas e o arranjo litológico são fatores limitantes para a evolução da cobertura pedogenética, comparado a unidade de paisagem Tabuleiros Costeiros. A morfogênese é favorecida apenas nas feições colinares. Desta forma, a subunidade de Paisagem Superfície Pediplanada está classificada nos Meios estáveis.

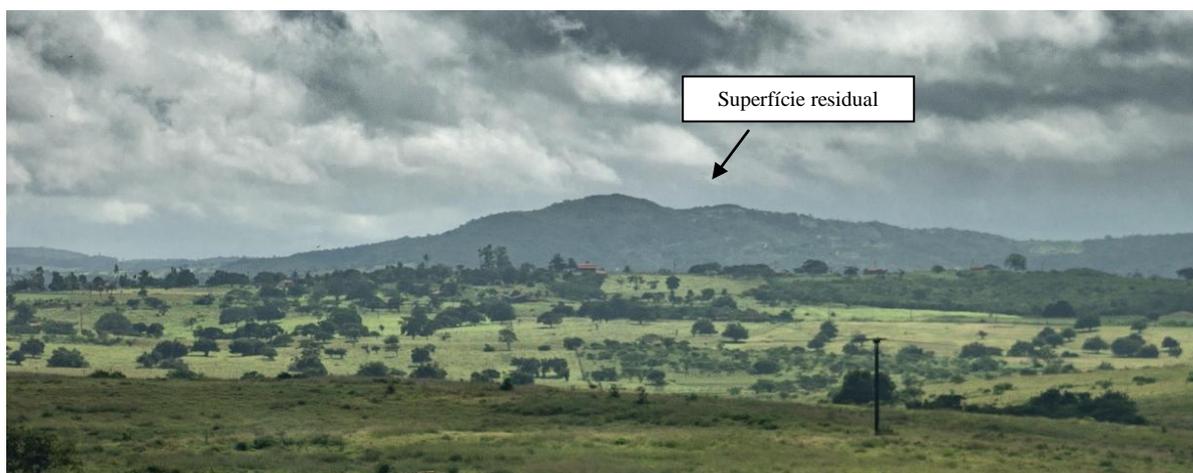
4.2.2 Subunidade de paisagem Superfície Residual

A Subunidade de paisagem Superfície Residual no sistema hidrográfico do rio Arauá está situada no seu alto curso, que expressa morfologias descontínuas distribuídas na paisagem dos municípios de Tobias Barreto, Itabaianinha e Riachão do Dantas. Segundo Brasil (1983), estes ressaltos topográficos foram originados pelo truncamento de rochas evidenciado por áreas sem cobertura de alteração com lineações de diferentes tipos.

A evolução do modelado se sucedeu sobre Complexo Gnáissico-Migmatítico constituído por biotita-ortognaisses tonalíticos e granodioríticos e a Formação Palmares com grauvacas, grauvacas seixosas, arenitos feldispáticos e conglomerados. A erosão diferencial que permitiu a compartimentação da paisagem entre superfície residual e superfície pediplanada está fortemente relacionada à resistência das rochas ao intemperismo.

Nas superfícies residuais a esculturação do relevo possibilitou a permanência de blocos rochosos com formas variadas, destacando-se pequenas serras com desníveis variados (Figura 59), onde nascem importantes tributários do rio Arauá no seu alto curso, como Riacho Fundo, Riacho Maurício, Riacho Lama e Riacho do Brejo. O entalhamento destes canais de drenagem acompanham fraturas, configurando vales estruturais.

Figura 59 – Aspecto morfológico da superfície residual, Itabaianinha/SE



Crédito: Almir Brito, 2018

Nesta subunidade de paisagem prevalecem as classes de relevo ondulado e fortemente ondulado, e em menor proporção o relevo suave ondulado. As declividades acima de 20% restringe-se a encosta de declive abrupto, em algumas áreas a declividade pode alcançar 39%.

No topo das feições e em parte das encostas a declividade se alterna entre 3% a 20% (Figura 60).

Figura 60 – Superfície residual com vertentes de diferentes declividades, Itabaianinha/SE

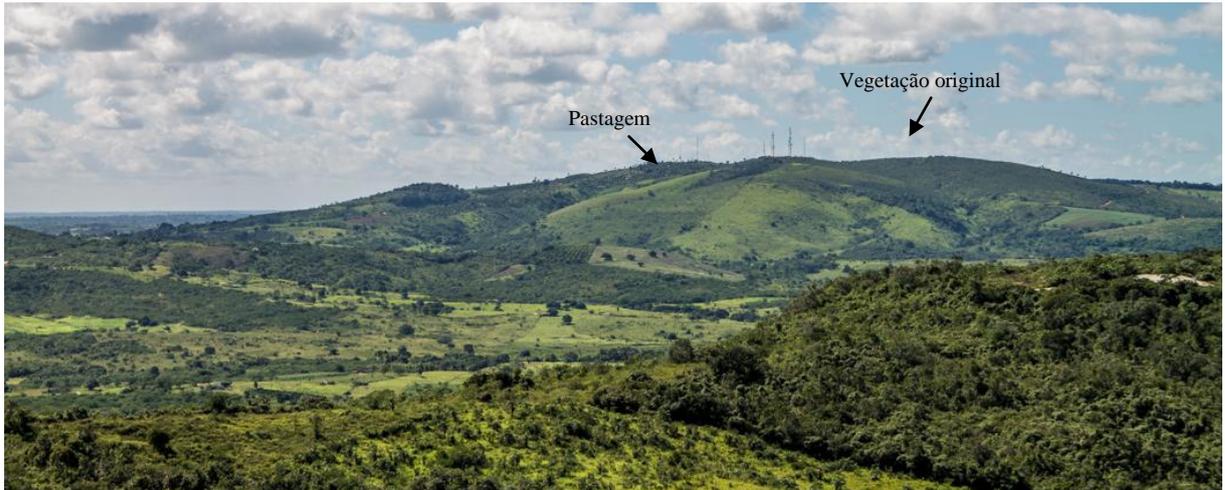


Crédito: Almir Brito, 2018

A resistência do material de origem e a topografia associada às características climáticas dificultam a evolução pedogenética na subunidade, predominando como classes de solo o Neossolo Litólico Eutrófico típico com textura média ou média arenosa associado ao Argissolo Vermelho-amarelo Eutrófico típico com textura média/argilosa, solo com avançada evolução pedogenética.

Nas áreas com Neossolo Litólico é comum a presença de afloramentos, comumente encontrados em encostas abruptas, e fragmentos rochosos exposto no horizonte superficial. Estes solos limitam as atividades produtivas na subunidade e o uso e ocupação das terras restringe-se a agropecuária destinada a criação de bovinos e caprinos em áreas de pastagens natural (Figura 61). Em áreas com Argissolos é possível identificar pequenas lavouras temporárias.

Figura 61 – Serra da Pioneira ocupada por pastagem e vegetação original em regeneração, Itabaianinha/SE



Crédito: Bruna Santana, 2018

O pavimento detrítico que compromete o desenvolvimento agrícola foi utilizado na construção de cercas de pedra que delimitam propriedades agropecuárias (Figura 62). A prática identificada no povoado Vermelho em Itabaianinha é adotada em outros estados do Nordeste, tornando-se símbolo cultural que representa apropriação do substrato natural.

Figura 62– Cerca de pedra delimitando propriedades agropecuárias, Itabaianinha/SE



Crédito: Almir Brito, 2018

Uma significativa parcela dos solos nas superfícies residuais apresenta cobertura vegetal original em vários estádios de sucessão, componente estabilizador dos processos geomórficos, representado por florestas secundárias antropizadas formadas por árvores de porte médio e espécies arbustivas (Figura 63). Em alguns topos e vertentes escarpadas os

solos não evoluíram e as rochas encontram-se desnudas, apenas algumas espécies se desenvolvem entre suas fraturas.

Figura 63 – Colina convexa sobre a Serra da Pedra Branca ocupada por vegetação original, Itabaianinha/SE



Crédito: Bruna Santana, 2018

Além do uso agrícola, a subunidade de paisagem Superfície Residual é utilizada para outros fins. A Serra Branca, situada no município de Itabaianinha, se tornou um ponto turístico local. Até 2017, o acesso a serra era restrito a motocicletas e bicicletas, no entanto, a construção de uma nova estrada possibilitou a locomoção de qualquer tipo de transporte. Como resultado da intervenção, afloramentos rochosos que integravam a paisagem foram soterrados no processo de terraplanagem. Segundo a prefeitura de Itabaianinha, a serra representa um atrativo para ser explorado para fortalecimento da economia através do turismo (Figura 64).

Em março de 2018 parte da vegetação nativa que ocupava o topo da Serra da Pedra Branca foi desmatada, com perda de inúmeros exemplares de bromélias e cactáceas. Para os moradores locais, essa prática visa a melhora do acesso dos turistas e para futura construção de uma capela, pois a população costuma desenvolver atividades religiosas. Anualmente ocorre a tradicional caminhada da “Quinta-Feira Santa”. Estas pontuais intervenções antrópicas repercutem na atuação morfodinâmica da área.

Figura 64 – Local de visitação turística na Serra da Pedra Branca, Itabaianinha/SE



Crédito: Almir Brito, 2018

Em relação às outras subunidades, o contexto ambiental da subunidade de Paisagem Superfície Residual concede uma atuação morfodinâmica mais agressiva. As características dos solos e da declividade são os componentes de maior influência na sensibilidade aos processos morfodinâmicos, que são comandados pelo escoamento superficial difuso nas áreas de menor declividade e cobertura vegetal contínua, e pelo escoamento superficial concentrado que se manifesta em declividades mais elevadas com solo exposto ou com vegetação rarefeita. A área está propensa a processos de ablação, fragmentação e desagregação dos corpos rochosos que compõem a paisagem, bem como a erosão dos solos, principalmente os Neossolos Litólicos que são mais suscetíveis à erosão.

A presença de blocos rochosos nos terços médio e inferior das encostas das superfícies residuais sinaliza a ocorrência de movimentos de massa do tipo rolamento. Os fragmentos de dimensões variadas contribuem na redução da velocidade do escoamento superficial, atenuando sua ação erosiva.

Conforme as características atribuídas por Tricart (1977) para definir a instabilidade morfodinâmica dos ambientes, infere-se que a subunidade de paisagem Superfície Residual enquadra-se nos Meios fortemente instáveis, tanto pelas especificidades naturais, quanto pelas intervenções antrópicas.

4.2.3 Subunidade de Paisagem Dissecada em Colinas e Espigões

A subunidade de Paisagem Dissecada em Colinas e Espigões situa-se no médio curso do sistema hidrográfico do rio Arauá, nos municípios de Pedrinhas, Arauá, Riachão do Dantas e Itabaianinha.

Esta subunidade está esculpida sobre as litologias do Complexo Granulítico originando colinas e espigões com aspectos distintos. As colinas apresentam topo convexo, e em menor proporção topo aguçado com encostas convexo-côncavas com altitudes inferiores a 150m. Os espigões caracterizam-se pela feição alongada com topo abaulado e estreito com vertentes convexizadas. Além das colinas e espigões, a subunidade é composta por superfícies irregulares que remetem a ondulações semelhantes a pequenas colinas rebaixadas entalhadas por rede de drenagem incipiente que constituem rios de primeira ordem (Figura 65).

Figura 65 – Superfícies irregulares semelhantes a pequenas colinas rebaixadas, Pedrinhas/SE



Crédito: Bruna Santana, 2018

A área da subunidade pode ser compartimentada em dois setores, pois os aspectos morfológicos de diferenciam. No setor estabelecido na margem esquerda do rio Arauá prevalecem feições colinares de topo abaulado, topograficamente mais elevadas intercaladas com espigões com gradientes de declividade mais expressivos (Figura 66). A estratificação dos espigões é menos resistente aos processos morfogenéticos em relação as colinas, pois a área está submetida as mesmas condições pluviométricas.

Figura 66 – Aspectos das feições colinares e espigões, Pedrinhas/SE



Crédito: Bruna Santana, 2018

Na margem direita do rio Arauá predominam colinas suaves, individualizadas por canais de primeira ordem estreitos (Figura 67). As características da dissecação das formas do relevo estão associadas a resistências das rochas aos processos intempéricos e a disponibilidade hídrica. A composição da rede de drenagem favorece a dissecação das feições na margem esquerda, pois a densidade dos canais é mais expressiva em relação a margem direita.

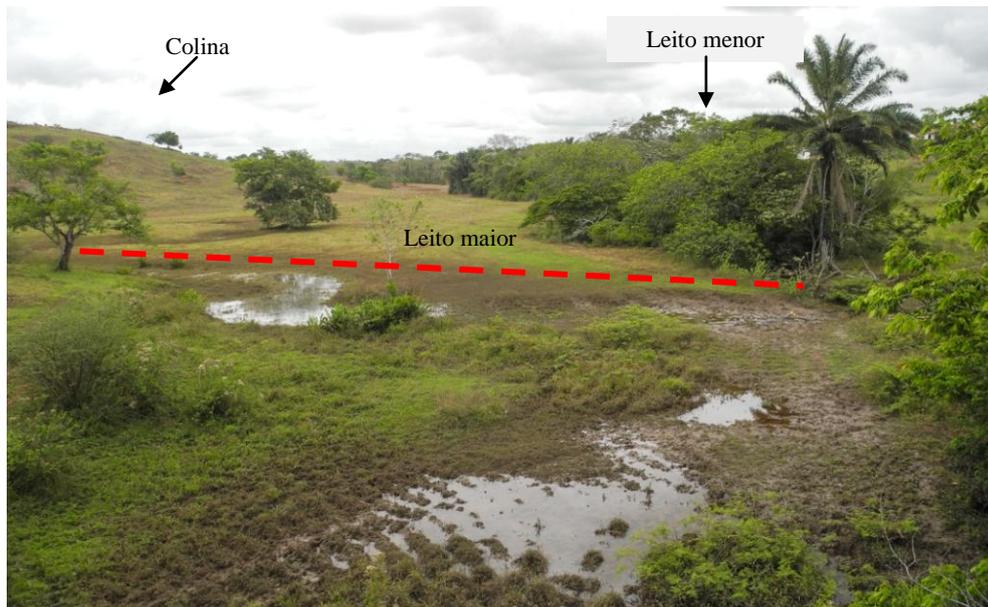
Figura 67 – Aspectos das colinas que constituem a subunidade de Paisagem Dissecada em Colinas e Espigões na margem direita do rio Arauá – Arauá/SE



Crédito: Bruna Santana, 2018

De acordo com a declividade, as classes de relevo variam de plano a ondulado. As áreas de relevo plano referem-se a superfícies rebaixadas que configuram as planícies de inundação do rio Arauá. Ao longo da subunidade observa-se que a largura do leito maior oscila (Figura 68). O relevo suave ondulado e ondulado se manifesta nas colinas e espigões.

Figura 68– Planície de inundação do rio Arauá na subunidade de Paisagem Dissecada em Colinas e Espigões na margem direita do rio Arauá



Crédito: Bruna Santana, 2018

Nesta subunidade, se desenvolveram o Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico típico, textura média/argilosa associado a Argissolo Vermelho-Amarelo Eutrófico típico, textura média/argilosa e o Argissolo Amarelo Distrocoeso. Com exceção do Argissolo Amarelo Distrocoeso, os demais tipos de solos que compõem a paisagem possuem potencial agrícola, restrito pela declividade.

Os solos são ocupados por pastagem extensiva, em pequenas propriedades observa-se plantações de cultivos temporários e fragmentos de vegetação original. Assim como nas demais unidades, a pastagem apresenta diferentes níveis de degradação que reflete no poder de cobertura dos solos. Nestas condições, o escoamento superficial difuso e concentrado comanda a dinâmica geomorfológica da subunidade. Contudo, o quadro ambiental corrobora para o predomínio da pedogênese nas superfícies rebaixadas e colinas de topo abaulado e uma forte tendência para a morfogênese nas áreas com declives mais acentuados, como os espigões, evidenciado pela presença de feições erosivas como sulcos e terracetes. Assim, a subunidade de paisagem está classificada nos Meios fortemente instáveis.

Figura 69– Mapa das classes de relevo do sistema hidrográfico do rio Arauá/SE

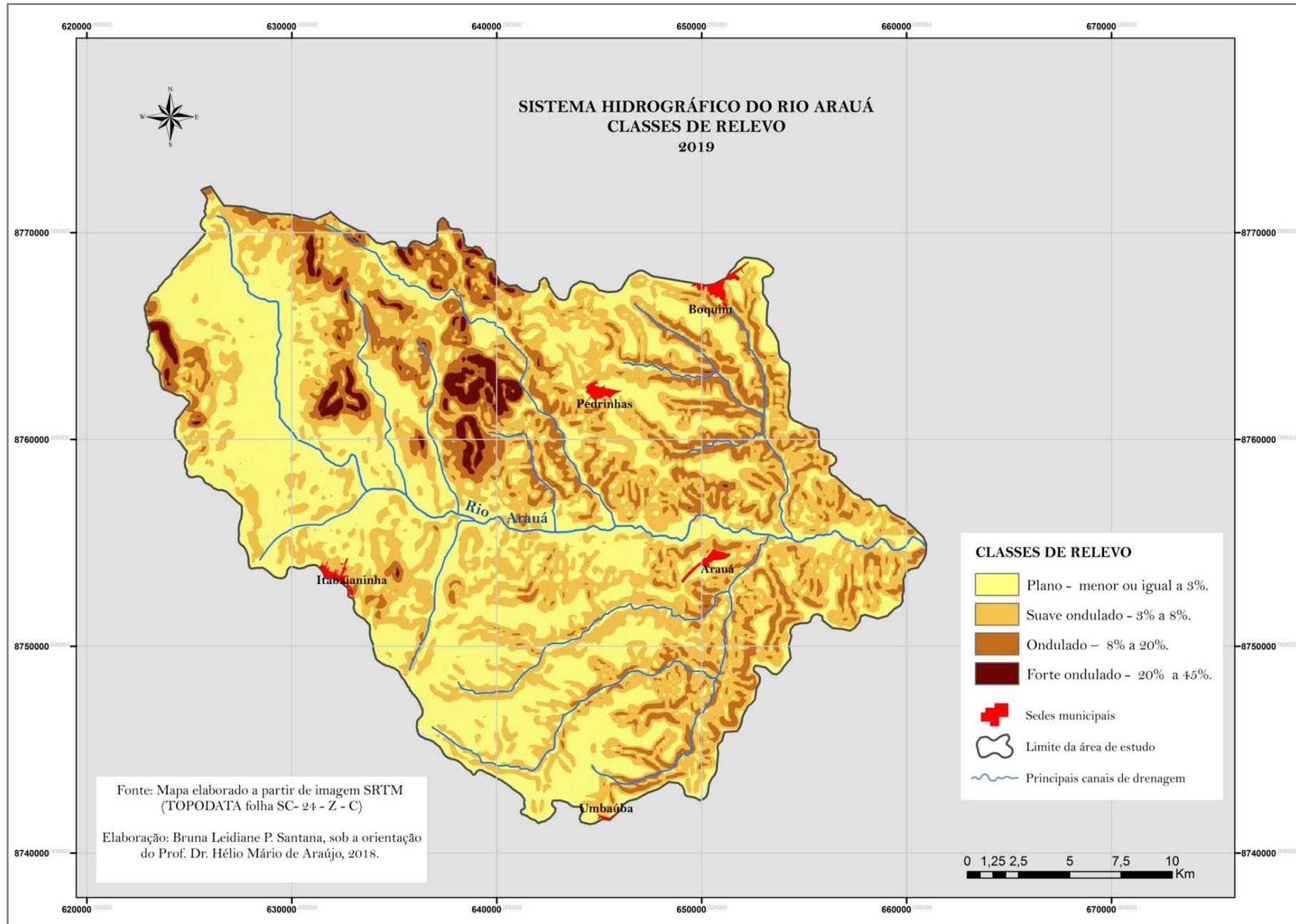


Figura 70– Mapa hipsométrico do sistema hidrográfico do rio Arauá/SE

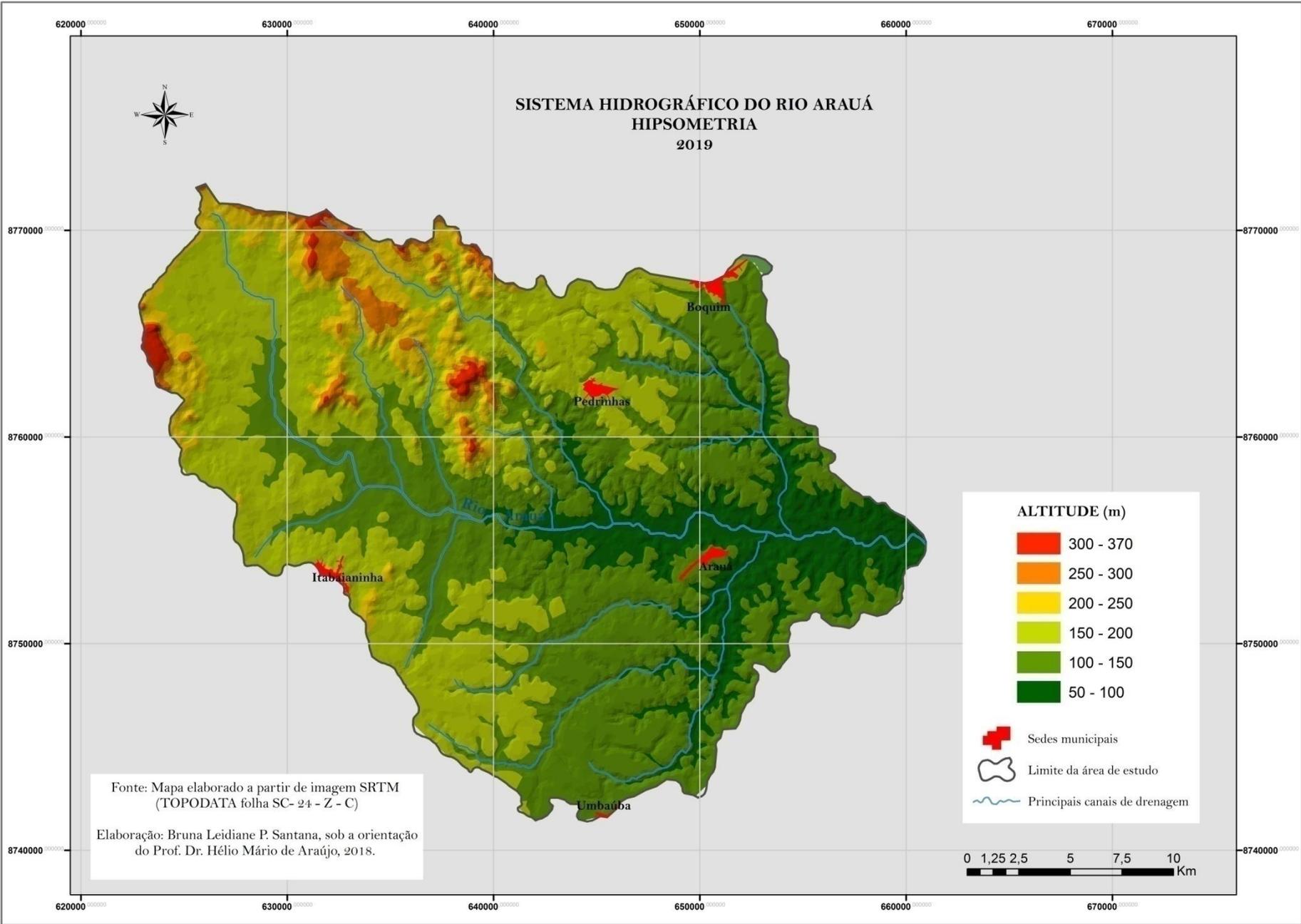


Figura 71– Mapa das Unidades de Paisagem do sistema hidrográfico do rio Arauá

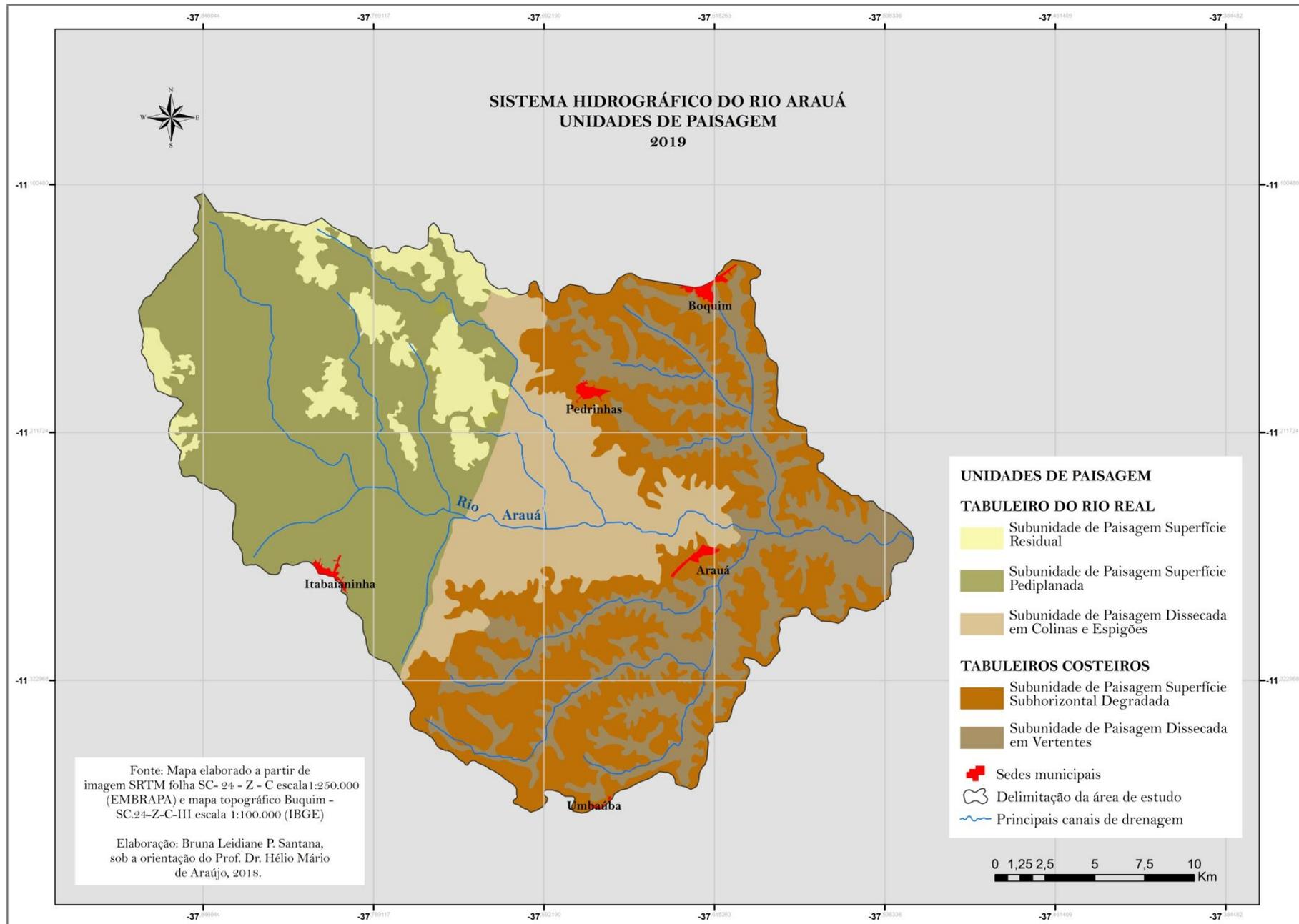
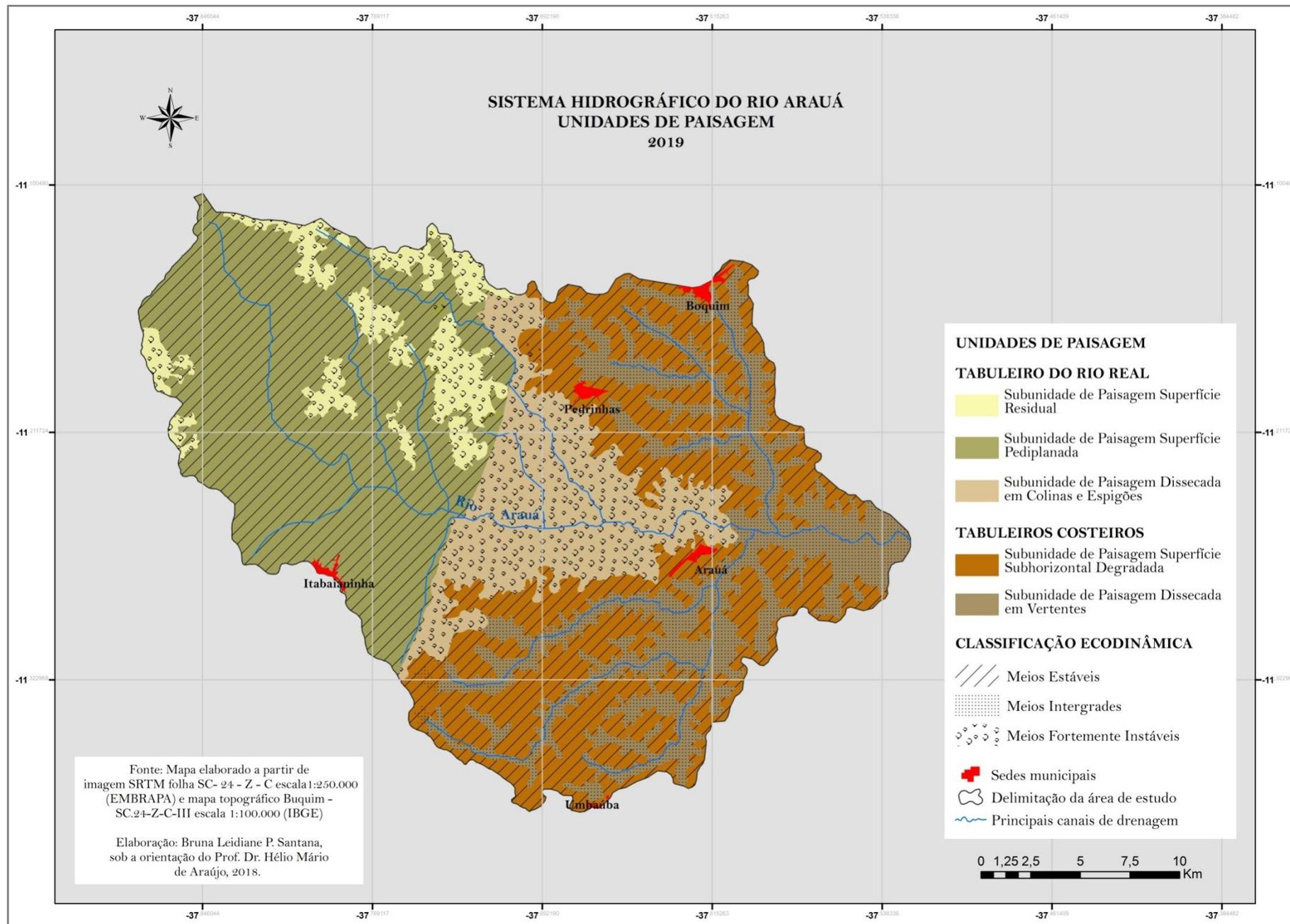


Figura 72– Mapa da avaliação ecodinâmica do sistema hidrográfico do rio Arauá



5 FRAGILIDADE E POTENCIALIDADE AMBIENTAL DAS UNIDADES DE PAISAGEM DO SISTEMA HIDROGRÁFICO DO RIO ARAUÁ

As unidades de paisagem que formam o sistema hidrográfico do rio Arauá são constituídas por componentes biofísicos com características peculiares que estabelece uma dinâmica ambiental própria capaz de emitir respostas diferentes as intervenções antrópicas através das atividades produtivas. Estas unidades apresentam níveis variados de instabilidade resultado na sua própria gênese e/ou derivados das interferências ocasionadas nos fluxo de energia e matéria a partir da inserção das grandes lavouras, extração mineral e demais tipos de uso dos recursos naturais que iniciam e aceleram o rompimento do equilíbrio dinâmico nos sistemas ambientais.

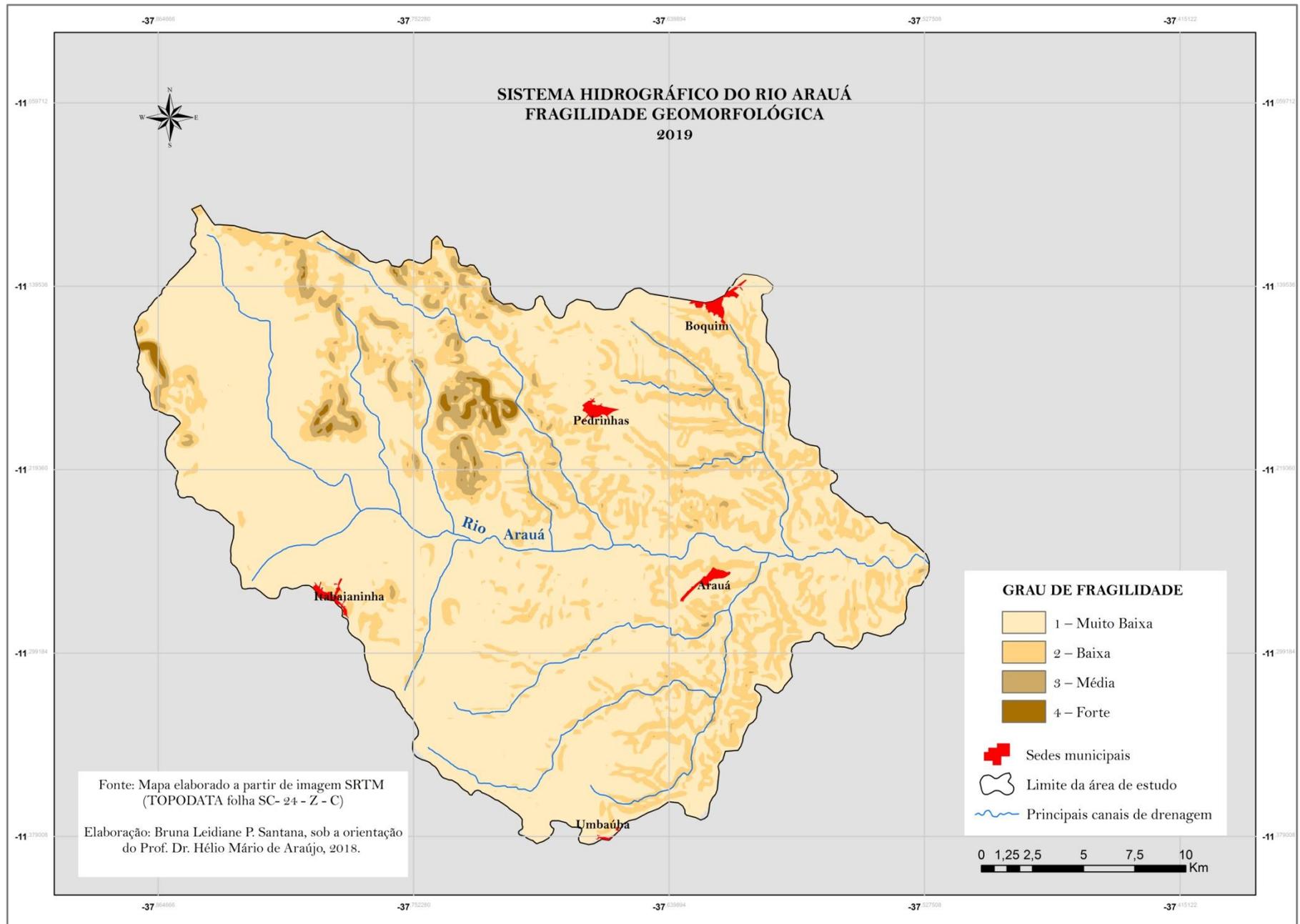
Nesta perspectiva, analisar as fragilidades potencial e emergente, baseada na proposta de ROSS (1994), requer interpretar os processos resultantes das inter-relações dos elementos da paisagem como a geomorfologia, solos, geologia e uso e ocupação das terras.

5.1 Fragilidade Geomorfológica

De acordo com Ross (1994) os valores de declividade indicam as características do relevo que geram energia potencial para a ocorrência de processos geomorfológicos, como erosão laminar, erosão em sulcos e deslizamentos, por esta razão a declividade foi escolhida como aspecto na avaliação da fragilidade geomorfológica.

Para o sistema hidrográfico do rio Arauá a declividade apresentou quatro classes de instabilidade potencial muito baixa, baixa, média e forte, com predomínio das duas primeiras (Quadro 12). A classe de fragilidade muito baixa refere-se às áreas com pequenos ângulos de inclinação inferiores a 6%, que compõe as superfícies subhorizontais da Subunidade de Paisagem Superfície Subhorizontal Degradada e as morfologias que compõem a subunidade de paisagem Superfície Pediplanada, ocupando 73,14% do sistema hidrográfico do rio Arauá (Figura 73).

Figura 73 – Mapa da fragilidade geomorfológica do sistema hidrográfico do rio Arauá



Quadro 12 – Valores para avaliação da fragilidade da declividade do sistema hidrográfico do rio Arauá

Classes de Fragilidade	Classes de Declividade	Área (km ²)	Percentual (%)
1 – Muito Baixa	Até 6%	487,4	73,1
2 – Baixa	6 a 12%	125,7	18,8
3 – Média	12 a 20%	43,9	6,5
4 – Forte	20 a 39%	8,9	1,3

Elaboração: Bruna Santana, 2018

A baixa fragilidade com declividades que variam de 6% a 12% contempla totalmente a Subunidade de Paisagem Dissecada em Vertentes e parte da Subunidade de paisagem Superfície Residual. Nestas áreas, a dinâmica hídrica é comandada pelo escoamento superficial difuso que se manifesta nas feições colinares e espigões. A média instabilidade aparece somente nas superfícies residuais, nas encostas com 12 a 20% de declividade. Estes setores representam o limiar de equilíbrio entre as áreas de menor e maior potencial de erosão em razão da inclinação do terreno.

A intensidade da atuação morfodinâmica quanto a declividade, ocorre nos segmentos com forte fragilidade presente apenas na Subunidade de paisagem Superfície Residual. Os processos atuam fortemente no relevo com tendência a morfogênese pela ação da água e da gravidade que juntas aumentam a velocidade durante o escoamento superficial concentrado podendo gerar feições erosivas e movimentos de massa.

5.2 Fragilidade geológica

Segundo Crepani et al. (1996, 2001) a resistência das rochas ao intemperismo depende da natureza das ligações entre os átomos que formam os elementos químicos e da resistência à fragmentação entre os minerais que está associados as forças que agregaram as partículas, cristais ou grãos. Neste encadeamento, o autor reconhece o grau de coesão das rochas e a informação básica da Geologia a ser incorporada com base na Ecodinâmica, pois considera que as rochas pouco coesas podem acentuar os processos erosivos. Nas rochas de maior coesão devem predominar os processos de intemperismo e formação de solos.

As unidades de paisagem do sistema hidrográfico do rio Arauá apresentam uma significativa variedade litológica com diferentes níveis de resistência aos processos intempéricos e erosivos. Conforme a proposta de Crepani et al. (1996, 2001), para avaliar a fragilidade da geologia se aderiu a classificação do grau de coesão da rochas agrupando os

valores entre 1,0 e 5,0. Assim, foram encontradas quatro classes de fragilidade para a geologia – muito baixa, baixa, forte e muito forte (Quadro 13).

No contexto geológico da área de estudo predominam rochas das unidades litoestratigráficas do Complexo Gnáissico-Migmatítico que datam Arqueano/Paleo-Proterozóico e do Grupo Barreiras que contempla as Formações Continentais Superficiais. Em menor proporção estão os litotipos Complexo Granulítico e do Grupo Estância.

As litologias com alta coesão se enquadram na classe de muito baixa e baixa fragilidade, englobando a maior área do sistema hidrográfico do rio Arauá. Os Augen-Gnaisses de composição granulítica e os Ortognaisses migmatíticos de composição granodiorítica do Complexo Gnáissico-Migmatítico presentes na Subunidade de paisagem Superfície Residual apresentam muito baixa fragilidade ocupando 3,4% da área. Nesta subunidade também ocorrem as Biotita-ortognaisses tonalíticos e granodioríticos de baixa fragilidade que corresponde apenas a 6,7% da área. A resistência destas rochas é evidenciada na paisagem pelas superfícies residuais.

Quadro 13 – Sistema hidrográfico do rio Arauá, valores para avaliação da fragilidade geológica

Classes de Fragilidade	Litologia	Área (km²)	Percentual (%)
1 – Muito Baixa	Augen-Gnaisses de composição granulítica;	2,7	0,3
	Ortognaisses migmatíticos de composição granodiorítica;	21,7	3,1
2 – Baixa	Biotita-ortognaisses tonalíticos e granodioríticos;	46,3	6,7
	Ortognaisses charnoenderbíticos e charnokíticos, kinzigitos, rochas calssilicáticas e metanoritos. Biotita-gnaisses migmatíticos subordinados;	160,9	23
	Biotita-gnaisse migmatíticos com anfíbolitos e lentes;	180,4	26
4 – Forte	Areias finas e grossas com níveis argilosos e concrecionários,	249,8	36

	Grauvacas, grauvacas seixosas, arenitos feldispáticos e conglomerados,	21,4	3,1
--	--	------	-----

Elaboração: Bruna Santana, 2018

As Ortognaisses charnoenderbíticos e charnokíticos, kinzigitos, rochas calssilicáticas e metanoritos, biotita-gnaisses migmatíticos subordinados foram classificadas com baixa fragilidade, estando distribuída em 23% do território do sistema hidrográfico. Na Subunidade de Paisagem Dissecada em Vertentes estas litologias aparecem nas margens e no leito de alguns canais de drenagem, como no Riacho do Cavalo, Riacho Cabuçu e Riacho Camboatá (Figura 74), devido ao processo erosivo do fluxo fluvial no grupo Barreiras. Sobre esse quadro litológico evoluiu também Subunidade de Paisagem Dissecada em Colinas e Espigões.

Figura 74 – Afloramento do Complexo granulítico na margem do Riacho dos Cavalos em contato com do Grupo Barreiras, Arauá/SE



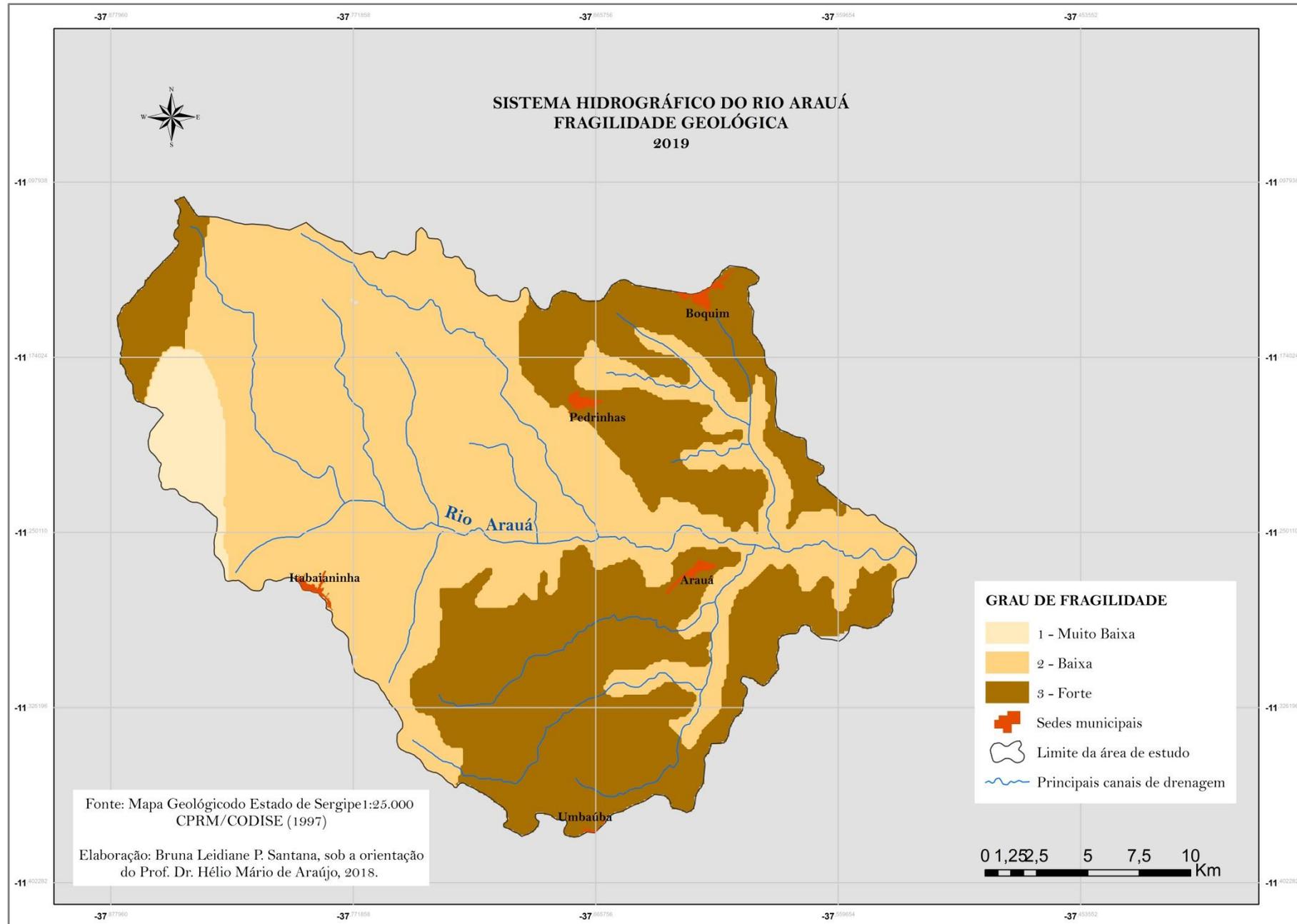
Crédito: Bruna Santana, 2018

As Biotita-gnaisse migmatíticos com anfíbolitos e lentes, que integram Subunidade de paisagem Superfície Pediplanada, mesmo apresentando características de intensos processos denudacionais pretéritos em relação às superfícies residuais, possuem baixa a suscetibilidade ao intemperismo e por isso foi definida baixa instabilidade potencial.

Na unidade de Paisagem Tabuleiro Costeiro – subunidade de Paisagem Superfície Subhorizontal Degradada e Subunidade de Paisagem Dissecada em Vertentes – os sedimentos inconsolidados do Grupo Barreiras apresentam forte fragilidade, ou seja, baixo grau de coesão os predispõe em maior proporção a erosão se comparado aos demais litotipos da área. Contudo, a estabilidade morfodinâmica exibida pelas superfícies subhorizontais, resulta de um nível concrecionário.

A classe de forte fragilidade verifica-se na também na Subunidade de paisagem Superfície Pediplanada nas grauvacas, grauvacas seixosas, arenitos feldispáticos e conglomerados do Grupo Estância (Figura 75).

Figura 75 – Mapa da fragilidade Geológica do sistema hidrográfico do rio Arauá



A classificação de muito baixa e baixa fragilidade atribuída a geologia, favoreceu a evolução de solos com alto desenvolvimento pedogenético, como os Argissolos contribuindo para o prevaecimento do pedogênese, juntamente com outros fatores de formação. Esta condição também propicia a evolução de solos como os Neossolos Litólico que são vulneráveis a erosão. Enquanto que a classe de forte fragilidade com rochas menos coesas pode evidenciar setores com potencial a erosão se associado a declividades acentuadas e áreas de estabilidade geomórfica como nas superfícies subhorizontais.

5.3 Fragilidade dos Solos

Na análise da fragilidade ou erodibilidade dos solos Ross (1994) emprega como parâmetro propriedades morfológicas e físicas como textura, plasticidade, estrutura, grau de coesão das partículas e profundidade/espessura dos horizontes superficiais, subsuperficiais e matéria orgânica. Estas características são associadas ao comportamento do escoamento superficial difuso e concentrado, por esta razão é necessário compreender a dinâmica do ambiente que envolve a cobertura pedogenética e a interferências antrópicas.

Os dados utilizados na avaliação dos solos do sistema hidrográfico do rio Arauá referem-se a unidades de mapeamento que apresentam associações de diferentes tipos de solo e conseqüentemente fragilidades distintas. De acordo com os parâmetros estabelecidos por Ross (1994) os solos apresentam baixa, média forte e muito forte fragilidade (Quadro 14).

Quadro 14 – Sistema hidrográfico do rio Arauá, valores para avaliação da fragilidade dos solos

Classes de Fragilidade	Solos	Área (km ²)	Percentual (%)
2 – Baixa	Latossolo Amarelo Distrófico e Álico textura média/argilosa + Argissolo Amarelo com e sem fragipã + Argissolo Amarelo Latossólico, ambos Distróficos e Álicos, textura média/argilosa	24,3	3,5
	Argissolo Vermelho-Amarelo Eutrófico típico, textura média/argilosa, + Neossolo Litólico Eutrófico típico, textura média Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico fragipânico e típico, textura média/argilosa, + Argissolo Vermelho-Amarelo Eutrófico fragipânico e típico textura média/argilosa		

3 – Média	<p>Argissolo Vermelho-Amarelo Eutrófico típico, textura média/argilosa + Neossolo Litólico Eutrófico típico, textura média</p> <p>Argissolo Amarelo com e sem fragipã + Argissolo Amarelo Latossólico, ambos distróficos, textura média/argilosa + Latossolo Amarelo Distrófico e Álico, textura argilosa</p> <p>Argissolo Vermelho-Amarelo Eutrófico, profundo e pouco profundo, textura média/argilosa a muito argilosa + Argissolo Vermelho-Amarelo + Argissolo Amarelo, ambos Distrófico e Álicos, não plínticos e plínticos, textura média/argilosa, fase não pedregosa</p> <p>Argissolo Amarelo com e sem fragipã + Argissolo Amarelo Latossólico, ambos Distróficos e Álicos, textura média/argilosa + Latossolo Amarelo Distrófico e Álico, textura média/argilosa</p> <p>Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico típico, textura média/argilosa, + Argissolo Vermelho-Amarelo Eutrófico típico, textura média/argilosa, + Argissolo Amarelo Distrocioso</p>	493,7	71,9
4 – Forte	<p>Planossolo Háptico Eutrófico típico, textura arenosa/argilosa e média/argilosa</p> <p>Argissolo Vermelho-Amarelo Eutrófico típico, textura arenosa/média e média/argilosa + Argissolo Amarelo Distrófico típico, textura arenosa/média e média/ + Planossolo Háptico Eutrófico</p> <p>Neossolo Litólico Eutrófico típico, textura arenosa e média + afloramentos de rochas</p>	149,4	21,8
5 – Muito Forte	<p>Neossolo Litólico Eutrófico típico, textura média, fase pedregosa + Argissolo Vermelho-Amarelo Eutrófico típico, textura média/argilosa</p>	18,0	2,6

Elaboração: Bruna Santana, 2018

A classe de instabilidade baixa verifica-se apenas em 3,5% da área, na subunidade de paisagem Superfície Subhorizontal Degradada no Latossolo Amarelo Distrófico e Álico +

Argissolo Amarelo com e sem fragipã + Argissolo Amarelo Latossólico Distrófico e Álico, ambos de textura média/argilosa. A textura destes solos associada ao relevo plano favorece o processo de infiltração das águas pluviais no terreno, mas os cultivos permanentes intensivos que ocupam a área contribuem para a degradação das propriedades físicas do solo e podem gerar uma camada compactada diminuindo o poder de infiltração, deixando-o susceptível à erosão laminar.

A possível existência de um horizonte fragipã, no Argissolo Amarelo inibe a penetração de raízes e de água, o fragipã é conceituado como um horizonte subsuperficial, normalmente de textura média e baixo conteúdo de matéria orgânica com consistência dura a muito dura, podendo adquirir características distintas a depender do grau de umidade. Quando seco, torna-se endurecido e quando úmido, tende a ser quebradiço (Embrapa, 1999).

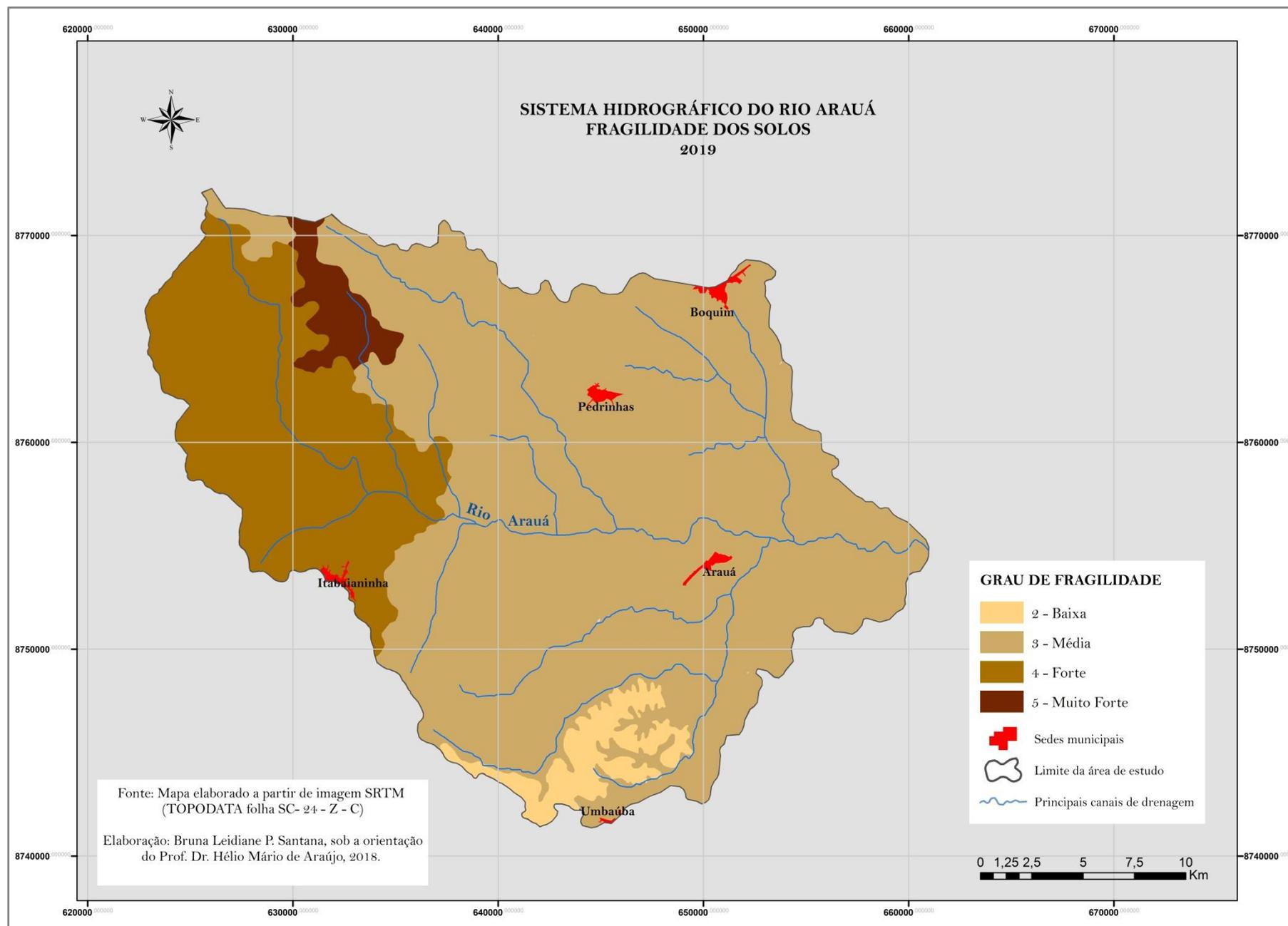
Quanto ao Latossolo Amarelo Distrófico e Álico com base na Embrapa (1991), as limitações de ordem química em profundidade compromete o desenvolvimento do sistema radicular.

A média fragilidade dos solos está distribuída em 71,9% do sistema hidrográfico (Figura 76), integrando totalmente a subunidade de Paisagem Dissecada em Vertentes e a subunidade de Paisagem Dissecada em Colinas e Espigões e parcialmente a subunidade de paisagem Superfície Subhorizontal Degradada, subunidade de paisagem Superfície Residual, subunidade de Paisagem Superfície Pediplanada.

Na subunidade de paisagem Superfície Subhorizontal Degradada a média fragilidade está atribuída ao Argissolo Amarelo com e sem fragipã + Argissolo Amarelo Latossólico, ambos distróficos + Latossolo Amarelo Distrófico e Álico com textura média/argilosa. Esta unidade de solos apresenta os mesmos tipos de solo da unidade anterior com baixa fragilidade com características físicas e geomorfológicas que beneficiam o processo de infiltração. A diferença entre as unidades consiste na ocupação pelas atividades produtivas.

Além dos cultivos permanentes, com destaque para a citricultura, são cultivadas nestes solos lavouras temporárias em ascensão, como o milho e o abacaxi que possuem baixo potencial de proteção aos solos. Em menor proporção tem-se gramíneas destinadas a pecuária e áreas pequenas com vegetação original em regeneração.

Figura 76– Mapa da Fragilidade dos Solos sistema hidrográfico do rio Arauá



Na subunidade de Paisagem Dissecada em Vertentes a média fragilidade abrange o Argissolo Vermelho-Amarelo Eutrófico, profundo e pouco profundo, textura média/argilosa a muito argilosa + Argissolo Vermelho-Amarelo + Argissolo Amarelo, ambos Distrófico e Álicos, não plínticos e plínticos com textura média/argilosa e fase não pedregosa.

A relação textural nestes solos implica em diferenças de infiltração entre horizontes superficiais e subsuperficiais, principalmente devido as características da declividade variando de relevo suave ondulado (3% a 8%) a ondulado (8% a 20%). O caráter plíntico sinaliza drenagem imperfeita e restrição da profundidade dos solos, que encontram-se ocupados por pastagens, em diferentes estados de degradação, e uma pequena área com lavouras permanentes. A conjugação destes fatores aumenta a suscetibilidade da erosão, que também é condicionada pelo padrão de ocorrências das precipitações ao longo do ano.

Na subunidade de Paisagem Dissecada em Colinas e Espigões a média fragilidade consiste na combinação do Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico típico, textura média/argilosa + Argissolo Vermelho-Amarelo Eutrófico típico + ambos, textura média/argilosa.

O Argissolo Amarelo Distrocoeso são solos de baixa fertilidade e adensados. O adensamento pode resultar do processo de eluviação/iluviação com o transporte de argilas finas dos horizontes superficiais para os subsuperficiais. Os solos com horizontes adensados apresentam resistência à desagregação e à moldagem. Como resultado desta condição, o solo torna-se resistente à penetração das raízes, reduz sua macroporosidade, condutividade e o acúmulo de água.

Geralmente, estes solos são ocupados por pastagens e concentram-se em áreas de relevo suave ondulado e ondulado. É possível identificar feições erosivas de terracetes e erosão distribuídas nas encostas das colinas e espigões (Figuras 77 e 78).

Na subunidade de paisagem Superfície Residual e na subunidade de Paisagem Superfície Pediplanada a média fragilidade dos solos manifesta-se no Argissolo Vermelho-Amarelo Eutrófico típico, textura média/argilosa + Neossolo Litólico Eutrófico típico, textura média.

No Argissolo a suscetibilidade a erosão se intensifica nas superfícies residuais em função do relevo ondulado e forte ondulado com até 39% de declividade. A cobertura vegetal consiste apenas em pastagem natural e em fragmentos de vegetação original. Quanto ao Neossolo Litólico, sua textura média proporciona maior estabilidade em relação aos Neossolos com textura arenosa, mas o relevo forte ondulado aumenta sua propensão aos processos erosivos.

Figura 77 – Encosta de espigão com erosão laminar associada à terracetes, Pedrinhas/SE



Crédito: Bruna Santana, 2018

Figura 78 – Encosta de feição colinar com terracetes, Pedrinhas/SE



Crédito: Bruna Santana, 2018

Na subunidade de Paisagem Superfície Pediplanada e na subunidade de Paisagem Dissecada em Colinas e Espigões a média fragilidade também é representada pelo Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico fragipânico e típico com textura média/argilosa + Argissolo Vermelho-Amarelo Eutrófico fragipânico e típico com textura média/argilosa. A possível existência de um horizonte fragipã nestes solos pode caracterizar drenagem imperfeita mesmo em relevo plano e suave ondulado.

A classe de fragilidade forte corresponde aos solos que se inserem em 21,8% do sistema hidrográfico do rio Arauá, na subunidade de Paisagem Superfície Pediplanada e na subunidade de paisagem Superfície Residual.

O Planossolo Háptico Eutrófico típico com textura arenosa/argilosa e média/argilosa ocorre somente na subunidade de Paisagem Superfície Pediplanada. Estes solos apresentam mudança textural abrupta, tornando-os imperfeitamente drenados. O relevo plano proporciona a acumulação de água e sedimentos. No inverno o processo se amplia quando o volume de água nos solos se eleva e o escoamento superficial aumenta o poder de transportar sedimentos.

O Argissolo Vermelho-Amarelo Eutrófico típico com textura arenosa/média e média/argilosa + Argissolo Amarelo Distrófico típico, textura arenosa/média e média/argilosa + Planossolo Háptico Eutrófico. O gradiente textural destes solos viabiliza perda de material sedimentar no horizonte superficial, caracterizando o processo de erosão laminar, que pode originar feições em sulcos, favorecida também pelo relevo suave ondulado.

Quanto ao Neossolo Litólico Eutrófico típico com textura arenosa e média, A fraco e A moderado rochoso ocorre associado com afloramentos rochosos. Nesta área o Neossolo evidencia baixa evolução pedogenética em relação as outras unidades de mapeamento, devido a exposição da rocha de origem. A textura arenosa no horizonte superficial diminui a capacidade de retenção de umidade, aumentando o fluxo do escoamento superficial.

A classe de muito forte fragilidade se manifesta em 2,6% da área no Neossolo Litólico Eutrófico típico com textura média e fase pedregosa + Argissolo Vermelho-Amarelo Eutrófico típico com textura média/argilosa. A pedregosidade presente no Neossolo Litólico indica a ocorrência de fragmentos rochosos do material de origem que associado aos declives acentuados e pouca profundidade dos horizontes potencializam os efeitos do escoamento superficial. Estas características limitam o uso agrícola dos solos, que possuem o maior fragmento de Floresta Estacional Semidecidual da área.

5.4 Fragilidade da cobertura dos solos

A avaliação da fragilidade da cobertura dos solos refere-se ao grau de proteção dos solos, ou seja, valores próximos a 1 apresentam maior propensão a proteção, enquanto aqueles abaixo de 3 tendem a proteger em menor proporção favorecendo aos processos de /instabilidade Ross (1994).

De acordo com as diferentes atividades produtivas desenvolvidas no espaço rural do sistema hidrográfico do rio Arauá foram identificados quatro classes de proteção dos solos – alta (baixa fragilidade), média (média fragilidade), baixa (forte fragilidade) e muito baixa ou nula (muito forte fragilidade) (Figura 79).

A classe de alta proteção dos solos contempla todas as subunidades de paisagem, e sua maior área encontra-se na subunidade de Paisagem Superfície Residual em função da baixa aptidão agrícola dos solos e do relevo.

Esta cobertura dos solos com apenas 6,6% (Quadro 15) da área de estudo é atribuída às áreas com remanescente da Floresta Estacional Semidecidual, representada por pequenos fragmentos em distintos estágios de regeneração. Além disso, observar-se que as características da vegetação se modificam com a disponibilidade hídrica e tipos de solos nas subunidades.

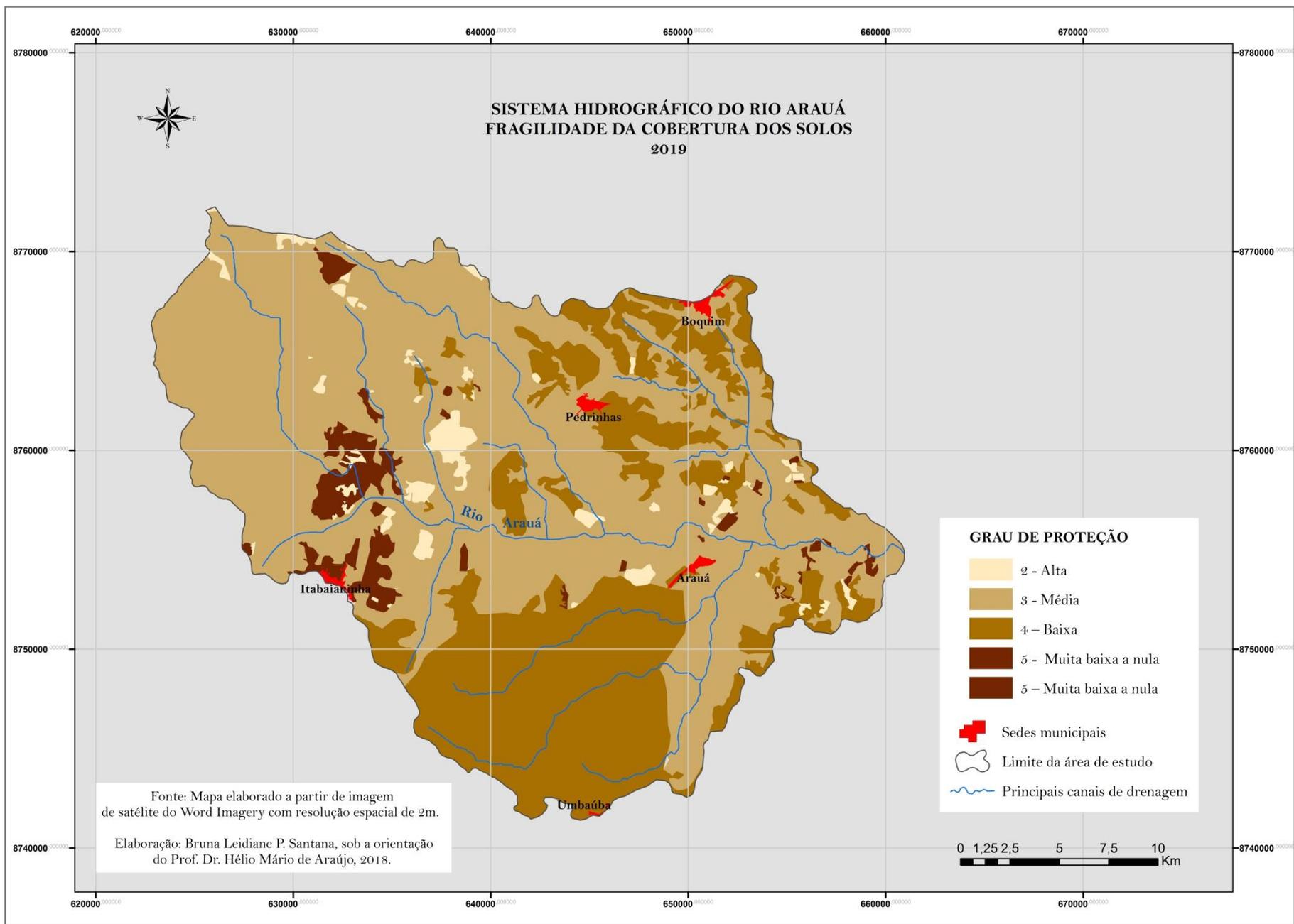
Quadro 15 – Valores para avaliação da proteção dos solos do sistema hidrográfico do rio Arauá

Grau Proteção dos Solos	Cobertura do Solo	Área (km²)	Percentual (%)
Alta	Vegetação original	41,5	6,6
Média	Pastagem	358,5	57
Baixa	Lavoura permanente e temporária	201,6	32
Muito Baixa ou Nulo	Mineração e solo exposto	27,6	4,4

Elaboração: Bruna Santana, 2018

Na subunidade de Paisagem Superfície Residual os solos são menos evoluídos e o índice pluviométrico anual é menor, resultando em períodos com deficiência hídrica nos solos refletindo num conjunto de espécies herbáceas e árvores de porte médio e baixo (Figura 80).

Figura 79 – Mapa da fragilidade cobertura dos solos do sistema hidrográfico do rio Arauá



Na subunidade de Paisagem Dissecada em Vertentes, a vegetação original divide espaço com pastagens e lavouras permanentes, atividades responsáveis pela sua supressão e degradação (Figura 81). Nestas áreas, a textura argilosa dos solos retém água nos microporos, assim a disponibilidade hídrica para manutenção da vegetação é mais expressiva influenciado nas conservação da cobertura vegetal durante os meses de estiagem.

Figura 80 – Fragmento de vegetação original na subunidade de Paisagem Superfície Residual, Itabaianinha/SE



Crédito: Almir Brito, 2018

Figura 81 – Aspecto da vegetação original subunidade de Paisagem Dissecada em Vertentes, Arauá/SE



Crédito: Almir Brito, 2018

A média proteção dos solos está definida nos solos ocupados por pastagens, totalizando 57% do sistema hidrográfico do rio Arauá, presente em todas as unidades de

paisagem. Para Ross (1994), esta classificação diz respeito às pastagens com baixo pisoteio do gado, contudo, foram identificadas pastagens com diferentes graus de degradação e locais que a cobertura encontra-se homogênea.

Para Albuquerque et al. (2001), o processo de compactação do solos proporcionada pelo pisoteio animal, reduz a sua densidade e a macroporosidade, aumenta a resistência para o crescimento radicular em condições de baixa umidade, e em condições de excesso de umidade reduz sua oxigenação.

Na subunidade de Paisagem Dissecada em Vertentes e na subunidade de Paisagem Dissecada em Colinas e Espigões os processos de degradação dos solos nas áreas de pastagem se apresentam com maior intensidade. O declive do relevo e a textura argilosa predominante nos Argissolos ocupados pelas gramíneas favoreceram a evolução de terracetes (Figura 82), que indicam o processo de compactação dos solos pelo pisoteio do rebanho, mesmo em áreas que a gramínea aparenta cobertura uniforme.

Figura 82 – Terracetes em área de pastagem Na subunidade de Paisagem Dissecada em Vertentes Arauá/SE



Crédito: Bruna Santana, 2018

O sistema de pastejo contínuo adotado pelos produtores, contribuem para o desenvolvimento das feições erosivas. Geralmente, o rebanho é confinado em uma área com satisfatória disponibilidade de gramínea por determinado período, o descanso da pastagem acontece quando a produtividade reduz e os animais são remanejados. Os danos causados por

esta prática de manejo aos solos podem ser minimizados se forem consideradas a taxa de lotação de animais, a pressão de pastejo e a capacidade de suporte dos solos.

Além desta técnica de manejo, que pode sobrecarregar e diminuir a capacidade de proteção das pastagens aos solos. É comum que na renovação ou recuperação dos pastos seja realizada com queimadas, pois para os produtores a prática é utilizada na eliminação de plantas invasoras e na adição de nutrientes ao solo. A constante aplicação das queimadas pode culminar na desnutrição vegetal, que interfere na cobertura dos solos, bem como na sua compactação e lixiviação de nutrientes.

Assim, mesmo a área de pastagem estando classificada como média proteção para os solos, existe particularidades quanto ao manejo e a integração com os demais componentes da paisagem como o relevo e as características dos solos.

A baixa proteção dos solos é atribuída as lavouras permanentes e temporárias que ocupam subunidade de Paisagem Dissecada em Vertentes, subunidade de Paisagem Superfície Subhorizontal Degradada e na subunidade de Paisagem Dissecada em Colinas e Espigões. Esta classificação decorre da exposição dos solos no espaçamento entre as linhas de cultivo (Figura 83), em razão da limpeza do terreno para impedir a proliferação de espécies invasoras, através das capinas de enxada, uso do herbicida glifosato e de grade.

Figura 83 – Exposição de solos em linhas de cultivo da citricultura na subunidade de Paisagem Superfície Subhorizontal Degradada, Pedrinhas/SE



Crédito: Bruna Santana, 2018

A grade é um dos métodos considerado mais eficiente, pois promove também a incorporação superficial do solo. Nas lavouras com citricultura, particularmente, a exposição dos solos nas entrelinhas promove a intensificação da ação do efeito *splash* e do escoamento superficial, nos segmentos de declive se observa a presença de erosão laminar (Figura 84).

Figura 84 – Erosão laminar em linhas de cultivo da subunidade de Paisagem Dissecada em Vertentes, Pedrinhas/SE



Crédito: Bruna Santana, 2018

Quanto às lavouras temporárias se caracterizam duas situações, nas pequenas e médias propriedades, cultivares como feijão, maracujá, mandioca e outras leguminosas ocorrem em consórcio, em algumas áreas esta prática se realiza com os cultivos de laranja. Deste modo, a cobertura dos solos é mais significativa, pois as linhas de cultivo são ocupadas por duas ou mais espécies com diferentes ciclos vegetativos, exploradas simultaneamente na mesma propriedade e no mesmo período de tempo.

O manejo nas lavouras consiste no estabelecimento de combinações espaciais e temporais de culturas em uma área. No sistema hidrográfico do rio Arauá o sistema de cultivo se efetiva como os cultivos em faixas e cultivos mistos, sem padrão definido em fileiras.

Estes cultivos, particularmente a mandioca e o milho são implantadas individualmente. Segundo Albuquerque et al. (2012) a cultura da mandioca colabora na aceleração das perdas de solo por erosão, atribuída a alguns aspectos da planta e de seu cultivo, como crescimento inicial lento, amplo espaçamento entre plantas na fase inicial, movimentação do solo no plantio e na colheita. O milho, por sua vez, pode potencializar a perda de solo a depender do

tipo de manejo utilizado. No plantio convencional, mais adotado na área, tem-se o revolvimento e a exposição do solo com uso de aração e gragagens niveladoras.

Por fim, os solos das unidades de paisagem apresentam a classe de muita baixa ou nula proteção dos solos. Esta classificação se manifesta nas áreas de solo exposto e extração mineral. Os locais de solo exposto estão intercalados com lavouras e pastagem, indicando áreas que estão em preparo para a implantação de novos cultivos. A extração mineral que se estabelece na área, deve-se a disponibilidade de argila e material argiloso dos mantos intempéricos proveniente do Complexo Gnáissico-migmatítico.

A extração mineral é destinada a produção de cerâmica vermelha – telhas e tijolos – em olarias de médio e pequeno porte, comumente instaladas nas propriedades que ocorrem o processo de extração (Figura 85). No município de Itabaianinha a atividade se desenvolve nas proximidades da sede municipal e povoados circunvizinhos, constituindo um aglomerado de pontos de extração que se expande sobre a vegetação original e as margens dos canais de drenagem.

Figura 85 – Indústria de cerâmica nas proximidade da sede municipal de Itabaianinha/SE



Crédito: Bruna Santana, 2018

5.5 Fragilidade Potencial

A integração das variáveis geologia, declividade e solo possibilitaram classificar a fragilidade potencial das unidades de paisagem em muito baixa, baixa, média, forte e muito forte (Quadro 16).

Quadro 16 – Sistema hidrográfico do rio Arauá, valores para avaliação da fragilidade potencial

Grade de Fragilidade Potencial	Área (km²)	Percentual (%)
1 – Muito baixa	13,3	2,0
2 – Baixa	165,9	25
3 – Média	230,6	34
4 – Forte	148,5	22
5 – Muito Forte	101,1	15

Elaboração: Bruna Santana, 2018

Na unidade de paisagem Tabuleiro Costeiro predominou a média, forte e muito forte fragilidade (Figura 86). A média fragilidade está distribuída na subunidade de Paisagem Superfície Subhorizontal Degradada, prevalecendo como principais características relevo plano com declividade ente 0% e 6%, solos evoluídos sobre os sedimentos do Grupo Barreiras de textura argilosa/média.

Na subunidade de Paisagem Dissecada em Vertentes, a forte e muito forte fragilidade está vinculada, principalmente aos aspectos da litologia, representada pelo Grupo Barreiras, e da declividade que varia de 8% a 20%, fatores propícios à atuação da morfogênese. Assim, os setores com declives mais elevados estão sujeitas aos processos de movimento de massas e a perda de solos por erosão hídrica, com destaque para as bordas das superfícies subhorizontais.

Na unidade de paisagem Tabuleiro do Rio Real, a subunidade de Paisagem Superfície Pediplanada, corresponde à classe de baixa fragilidade potencial atribuída a integração de relevo plano, solos – Planossolos e Argissolos – com forte fragilidade e litologias do Complexo Gnáissico-Migmatítico com média fragilidade. Nestas áreas a estabilidade morfodinâmica é favorecida pela topografia, com exceção das baixas colinas que potencializam o escoamento superficial.

Na subunidade de Paisagem Dissecada em Colinas e Espigões foram identificadas três classes de fragilidade – baixa, média, forte e muito forte. Como nesta subunidade as características geológicas e pedogenéticas não possuem diversidade expressiva, em relação

asoutras subunidades, a variedade da fragilidade potencial deve-se as morfologias colinares e de espigão, que apresentam declividades distintas em suas encostas e topos.

Na subunidade de Paisagem Superfície Residual predominou a classe de fragilidade muito forte, justificada pelos elevados gradientes de declividade e a instabilidade dos solos aos processos erosivos, em razão do insuficiente desenvolvimento pedológico concedido aos Neossolos Litólicos com características morfológicas suscetíveis a degradação.

5.6 Fragilidade Emergente

A interpolação das variáveis referentes a fragilidade potencial e o uso atual das terras possibilitou classificar a fragilidade emergente do sistema hidrográfico do rio Arauá em muito baixa, baixa, média, forte e muito forte (Quadro 17). Estas classes estão definidas também na fragilidade potencial, contudo, pode-se observar que existem mudanças expressivas nos valores apresentados entre ambas, evidenciando a influência da cobertura vegetal nos processos que resultam na instabilidade do sistema.

Quadro 17– Valores para avaliação da fragilidade emergente do sistema hidrográfico do rio Arauá

Grade de Fragilidade Emergente	Área (km ²)	Percentual (%)
1 – Muito baixa	7,4	1,0
2 – Baixa	165,9	24
3 – Média	264,8	38
4 – Forte	201,8	29
5 – Muito Forte	47,9	6,9

Elaboração: Bruna Santana, 2018

A classe de muito baixa fragilidade se restringiu a 1% das subunidades de Paisagem Superfície Pediplanada e Superfície Residual, especificamente nos solos ocupados por vegetação original. Estas pequenas áreas estão comprometidas pela contínua expansão das atividades produtivas, com destaque para a extração mineral destinada a produção de cerâmica vermelha, que pode gerar redução dos fragmentos pela ampliação nas áreas de lavras e pelo uso de lenha, principal recurso energético.

As subunidades com baixa fragilidade potencial mantiveram esta condição quanto à fragilidade emergente, com 24% da área total, esta classe tem como principais características baixas declividades e composição vegetal constituída por pastagens. É importante salientar

que existem particularidades quanto aos processos morfodinâmicos que podem se manifestar, pois o manejo e o tipo de gramínea utilizada na cobertura dos solos é muito diversa no sistema.

A média fragilidade emergente teve um aumento de 4% em relação à fragilidade potencial. A subunidade de Paisagem Dissecada em Vertentes foi a responsável por esta alteração. Uma considerável parcela das vertentes com declividade elevada, classificadas anteriormente com muito forte fragilidade, após o cruzamento com a cobertura vegetal passa a compor áreas com média fragilidade. Neste sentido, torna-se evidente que os solos que compõem esta subunidade estão mais vulneráveis aos efeitos morfodinâmicos impulsionados pela degradação da vegetação.

Na subunidade de Paisagem Superfície Residual a média fragilidade emergente (Figura 87) também se ampliou, no entanto, a declividade e as características da cobertura pedogenética são mais sensíveis aos processos de instabilidade geomorfológica se comparado à subunidade de Paisagem Dissecada em Vertentes. Assim, as duas subunidades apresentam a mesma classe de fragilidade emergente, mas seus atributos intrínsecos regem dinâmicas distintas.

A forte fragilidade emergente abrange 22% das unidades de paisagem. Na fragilidade potencial esta classe predominava na subunidade de Paisagem Dissecada em Vertentes. Com a combinação do uso atual das terras representado por cultivos permanentes e temporários, a subunidade de Paisagem Superfície Subhorizontal Degradada tem sua área dominada pela forte fragilidade emergente, ainda que os solos e a declividade sejam favoráveis a estabilidade geomorfológica.

A classe de muito forte fragilidade emergente se desvela em três subunidades em razão de fatores diferentes. Na subunidade de Paisagem Superfície Residual deve-se à conjunção da declividade elevada e dos solos sensíveis a erosão. Na subunidade de Paisagem Superfície Pediplanada observou-se que a extração mineral é o fator de maior influência para a classificação, pois é a atividade com proeminente poder de degradação dos solos e da cobertura vegetal.

Figura 86 – Mapa da Fragilidade Potencial do sistema hidrográfico do rio Arauá

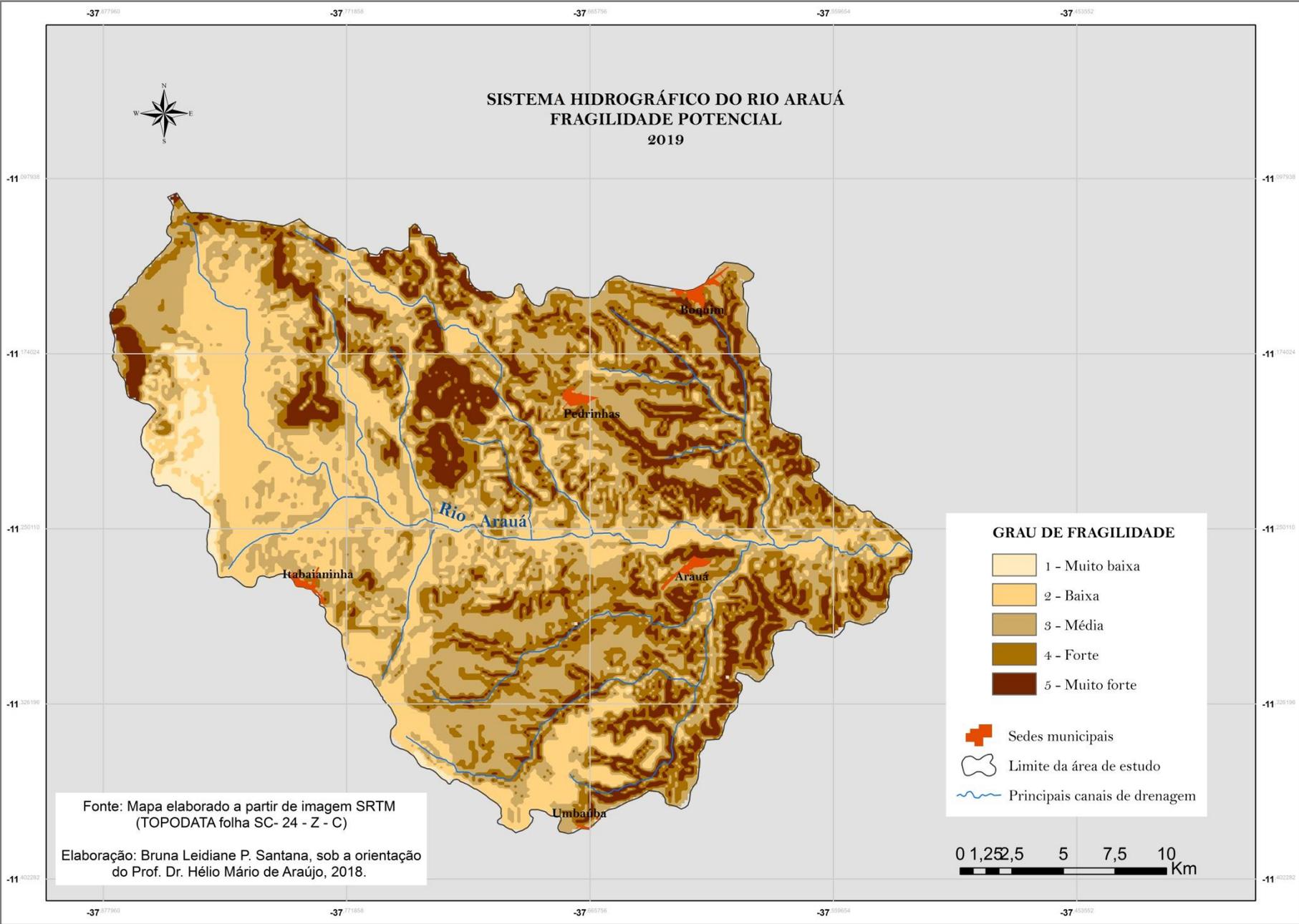
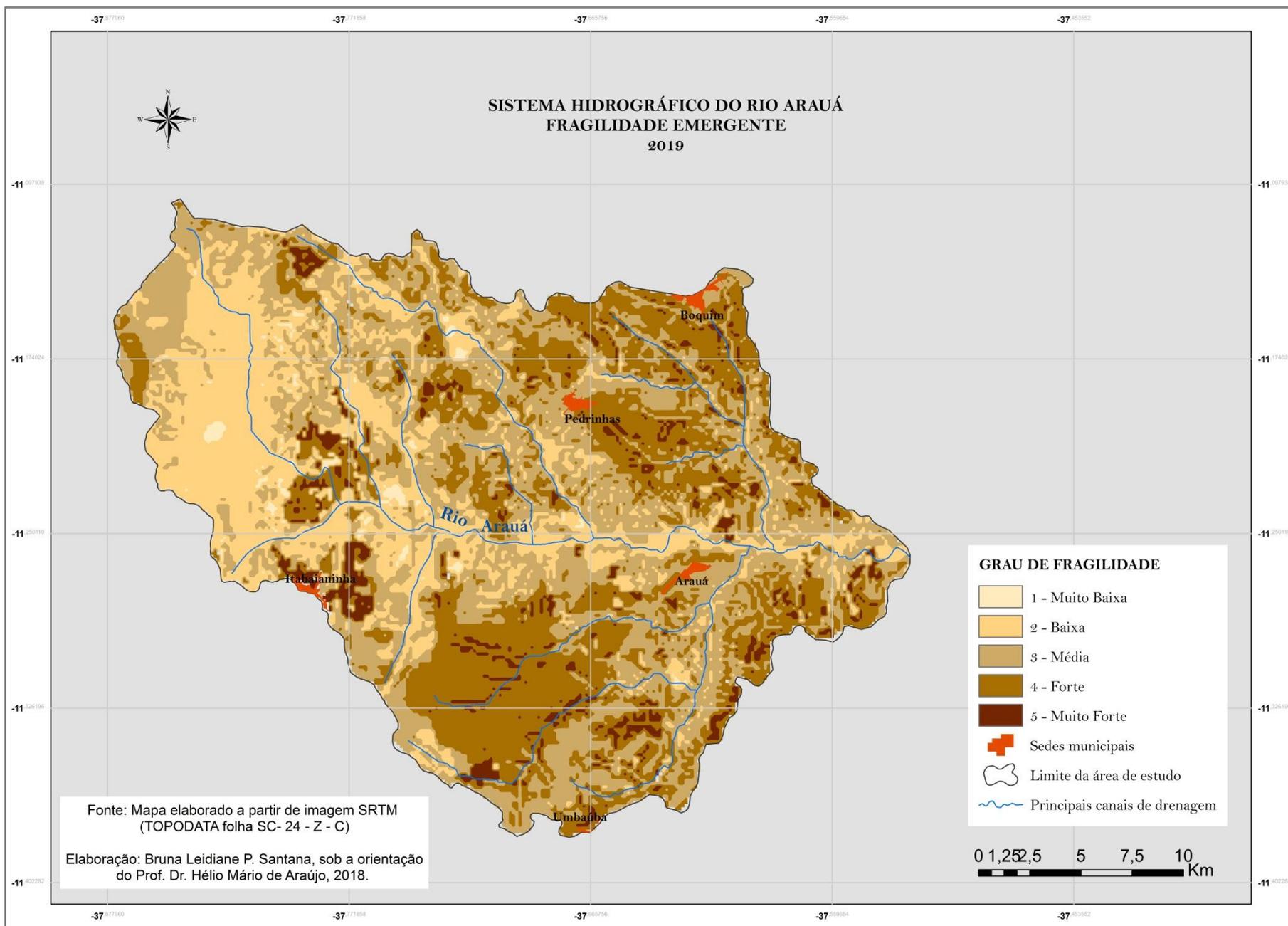


Figura 87– Mapa da Fragilidade Emergente do sistema hidrográfico do rio Arauá



5.7 Repercussões da fragilidade potencial e emergente nos recursos hídricos

O rio Arauá é o principal afluente do rio Piauí pela margem direita, apresentando na sua foz uma vazão hídrica de 1,86 m³ /s. Este quantitativo retrata a importância do sistema hidrográfico do rio Arauá na dinâmica de um sistema de maior complexidade como a bacia hidrográfica do rio Piauí. A integração entre sistemas também pode ser elucidada com a contribuição dos afluentes do rio Arauá na sua expressividade hídrica.

Entretanto, segundo o Plano Estadual de Recursos Hídricos PERH – SE (2010), o sistema hidrográfico do rio Arauá apresentava um déficit de 185 l/s, caracterizado-a como uma área crítica, onde a demanda é maior que a disponibilidade hídrica. Com base nos dados disponibilizados pela Projotec (2010), o déficit verificado está associado a demanda atual. O volume hídrico disponível somando as águas superficiais e subterrânea efetiva é de 970.720 m³/ano, enquanto sua demanda é cinco vezes maior, 6.815.289 m³/ano, gerando um saldo negativo de 5.844.569 m³/ano (Tabela 13).

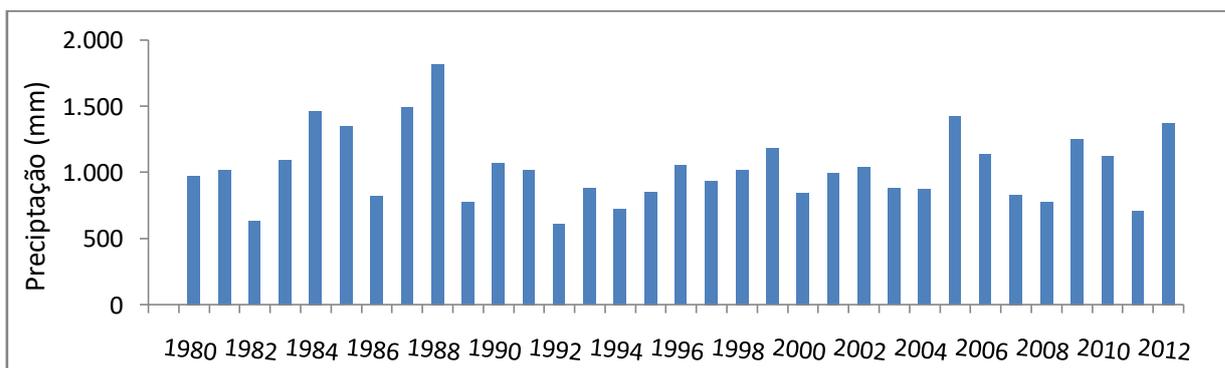
Tabela 13 – Disponibilidades, saldos atual e futuro dos recursos hídricos do sistema hidrográfico do rio Arauá/SE

DISPONIBILIDADES (m ³ /ano)					DISPONIBILIDADES				
Superficial (A)	Transposição (B)	Subterrânea efetiva (C)	Total D = A+B+C	Total (D) por bacia	Demanda Atual (E)	Saldo Atual F = D - E	Subterrânea sustentável (G)	Saldo Futuro H = G - F	
630.720	----	340.000	970.720	1.310.720	6.815.289	-5.844.569	19.850.000	25.694.569	

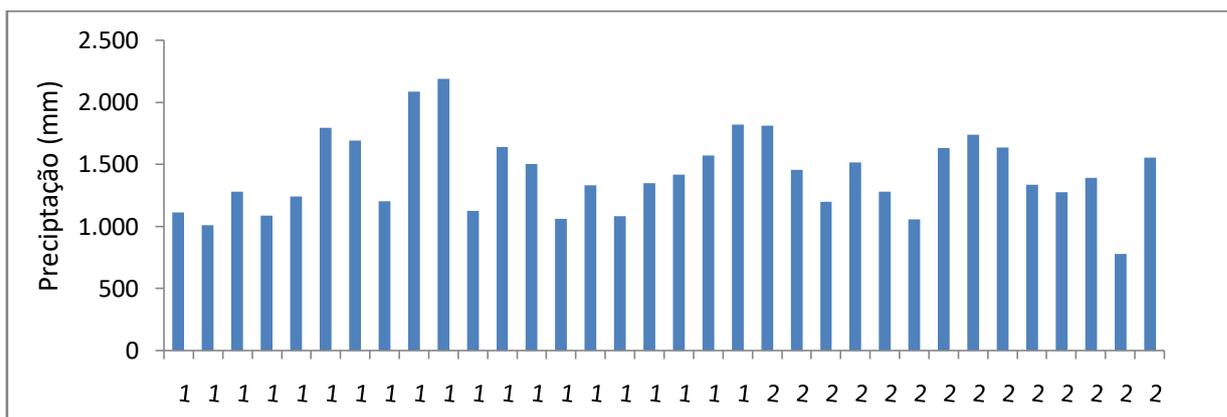
Fonte: Projotec (2010)

De acordo com os índices pluviométricos dos municípios de Itabaianinha e Umbaúba, nos últimos trinta e dois anos (1980-2012), a média acumulada das chuvas segue um padrão de ocorrência que não justifica o déficit identificado em 2010, muito embora, esses dados não sejam suficientes para representar toda área de estudo (Figuras 88 e 89).

Figura 88 – Itabaianinha/SE, média acumulada das chuvas em 1980-2012



Fonte: CEMESE, 2018

Figura 89 – Umbaúba/SE, média acumulada das chuvas em 1980-2012

Fonte: CEMESE, 2018

De acordo com as outorgas aprovadas pelo SEMARH/SRH, as maiores demandas pelos recursos hídricos referem-se ao abastecimento da área urbana, abastecimento da área rural e da pecuária, respectivamente (Tabela 14).

Como não existe outorgas para demanda da irrigação, não foi realizar a quantificação para o setor industrial, contudo deve-se ressaltar que as atividades agrícolas é umas das principais forma de uso das terras na área e que a utilização de água na manutenção das lavouras, principalmente as temporárias é indispensável.

Tabela 14 – Sistema hidrográfico do rio Arauá/SE, demandas dos diferentes tipos de uso da água

Demanda hídrica m ³ /s				
Demanda Irrigação	Demanda pecuária	Demanda Industrial	Demanda Abastecimento humano Área urbana	Demanda Abastecimento humano Área rural
0,0	0,022793	0,0	0,033330	0,022989

Fonte: COHIDRO, 2015

Para além do contexto da demanda, as atividades produtivas em interação com as características da geologia, geomorfologia e cobertura vegetal interferem no comportamento do fluxo fluvial, na recarga do lençol freático e nos processos de degradação dos corpos de água, por esta razão a fragilidade ambiental tem uma estreita relação com os recursos hídricos.

A dinâmica das águas pluviais no solo é definida pela declividade, cobertura vegetal e textura dos solos. No sistema hidrográfico do rio Arauá, o período de estiagem se prolonga de três a quatro meses, neste intervalo boa parte dos canais fluviais têm seu fluxo de água

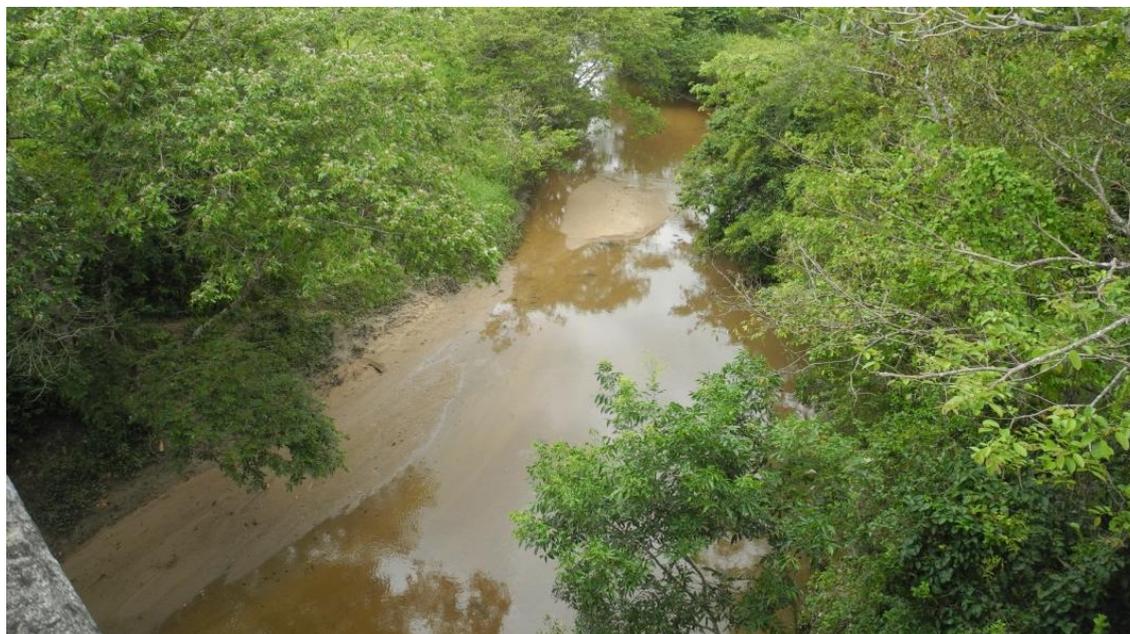
mantido pelo lençol freático. Na unidade dos Tabuleiros Costeiros as condições de armazenamento e fornecimento de água do aquífero granular são mais favoráveis em função da permeabilidade dos sedimentos inconsolidados do Grupo Barreiras. Nas superfícies subhorizontais o lençol freático aflora em suas bordas através de fluxos hídricos laterais.

Nestas áreas de forte fragilidade, o fator de maior influência sobre a infiltração é o relevo de baixa declividade. A cobertura vegetal representada por cultivos permanentes da citricultura reduz sua capacidade de infiltração, pois o emprego de técnicas de manejo com máquinas pesadas promove a destruição dos agregados que atribui aos solos sua porosidade.

Nas vertentes dos interflúvios, o principal agravante na possível diminuição na capacidade de percolação da água é a declividade acentuada e as áreas que se encontram com pastagem degradada, que possibilita a intensificação do escoamento superficial. Para Castro et al., (1991), a floresta é componente estabilizador das vertentes formadoras de nascentes, já que viabiliza o aumento da infiltração da água no solo evitando a erosão. A cobertura dos solos por vegetação original nas vertentes dos Tabuleiros Costeiros é quase nula, os pequenos fragmentos presentes ocorrem intercalados com pastagem e lavouras permanentes.

Como resultado da instabilidade proporcionada pelos tipos de uso e cobertura do solo pelas atividades produtivas, observa-se que o material sedimentar erodido nas vertentes são depositados no leito e margens dos rios. No médio e baixo curso do rio Arauá existem trechos assoreados. O assoreamento fluvial é evidenciado pela presença de bancos de areia que diminuem a profundidade do canal fluvial e a vazão de água (Figura 90).

Figura 90 – Trecho do rio Arauá assoreado, Arauá/SE



Crédito: Bruna Santana, 2018

O processo de degradação dos corpos hídricos também acontecem em áreas de forte e muito forte fragilidade associadas as atividades de extração mineral presente na unidade de paisagem do Tabuleiro do Rio Real. As indústrias de cerâmicas estão situadas nas proximidades das áreas fonte de matéria-prima e água. Além disso, a maioria dos pontos de extração da argila ocupam as planícies de inundação ou adjacência da rede drenagem (Figura 91). A falta de cobertura vegetal nas lavras de argila potencializa o efeitos erosivos sobre os sedimentos expostos. A tendência é que os materiais desagregados no processo de extração se desloquem pelas vertentes coletoras e alcancem o leito dos rios causando assoreamento.

Figura 91 – Área de extração de argila nas proximidades de canal fluvial, Itabaianinha/SE



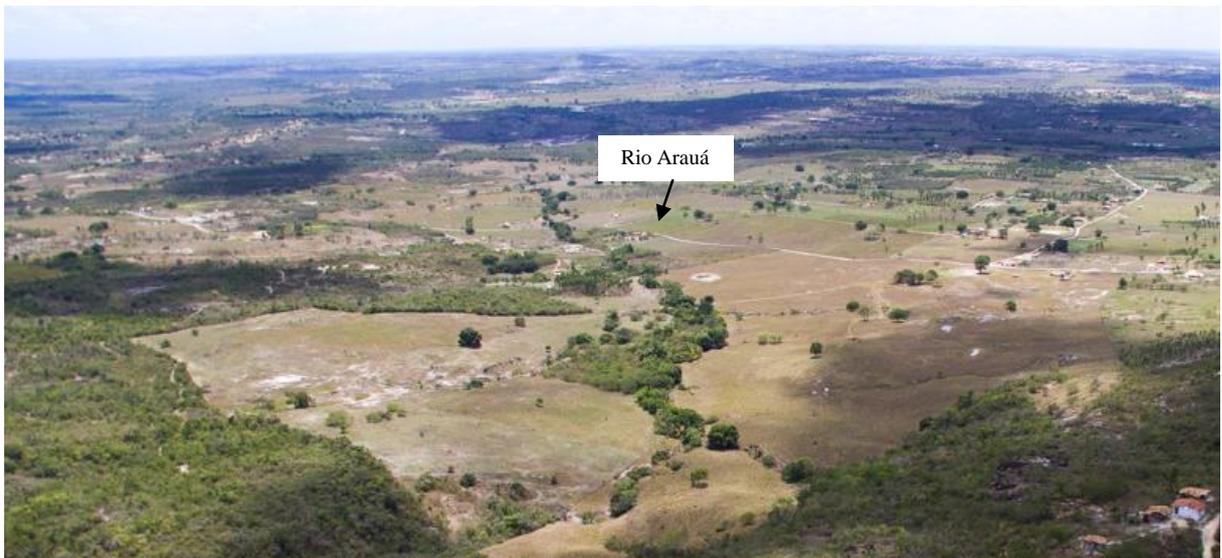
Crédito: Almir Brito, 2018

Deste modo, a descaracterização da paisagem ocasionada pelo desmonte de feições morfológicas e destruição de perfis de solos, alcança os canais fluviais. A descaracterização da paisagem se materializa com a abertura da frente de lavra considerado impacto de monta, que gera mudanças de ordem geomorfológica expressa por modificações na morfologia e nos fluxos de matéria e energia.

Na unidade de paisagem Tabuleiro do Rio Real o comportamento nos processos de infiltração e escoamento se diferenciam em relação aos Tabuleiros Costeiros. Nas superfícies pediplanadas a recarga hídrica do aquífero fissural com reservatórios descontínuos, aleatórios e de pequenas extensões presente na área é favorecida pela baixa declividade, responsável também pela ocorrência de lençol freático suspenso.

Quanto as águas superficiais, a baixa densidade da vegetação original é o fator que mais compromete a estabilidade dos rios. O ciclo hidrológico muda de comportamento, pois a vegetação não pode assegurar os serviços ecossistêmicos. Até mesmo margens dos corpos de água são desprovidas de mata ciliar ou possuem pequenos trechos vegetados. As margens do rio Arauá em seu alto curso são ocupados predominantemente por pastagens (Figura 92).

Figura 92 – Panorama da ocupação nas margens do rio Arauá em seu alto curso, Itabaianinha/SE



Crédito: Almir Brito, 2018

O sistema hidrográfico do rio Arauá comporta atividades produtivas que implica na instabilidade do sistema, com reflexos negativos nos recursos hídricos. Entretanto, os componentes da paisagem são resistentes aos processos de degradação, pois verifica-se que com o gerenciamento adequado destes recursos naturais pode-se reverter e minimizar o aceleramento dos processos erosivos, o assoreamento e contaminação dos cursos de água.

6 CONCLUSÃO

A análise da fragilidade ambiental das unidades de paisagem do sistema hidrográfico do rio Arauá se concretizou através da integração de metodologias que permitiram alcançar os objetivos propostos para o trabalho, bem como responder as questões de pesquisa. Os pressupostos teórico-metodológicos da Teoria Geral dos Sistemas e da Ecodinâmica foram satisfatórios na avaliação do estado morfodinâmico das unidades de paisagem. A aplicação da metodologia de Ross (1994) – Análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais e antropizados e a Vulnerabilidade Natural à perda de solo de Crepani et al. (1996; 2001) com os ajustes necessários possibilitou definir os diferentes graus de instabilidade potencial e emergente dos ambientes.

Com os resultados obtidos a partir da análise da fragilidade ambiental para a área de estudo conclui-se que os componentes da paisagem apresentam diferentes graus de fragilidade potencial e emergente evidenciados pela atuação de processos morfodinâmicos potencializados pelas características das atividades produtivas. Além disso, a partir da fragilidade ambiental identificar-se limitações e potencialidades das unidades de paisagem quanto ao uso e ocupação das terras.

Nos Tabuleiros Costeiros as limitações referem-se aos solos distróficos e a superfícies com declividade favorável a intensificação de processos erosivos, enquanto as potencialidades são atribuídas ao predomínio de relevo plano utilizado para o cultivo permanente e temporário, solos profundos e processo de infiltração que viabiliza a pedogênese. Nestas áreas recomenda-se a recuperação e preservação da vegetação nativa nas encostas íngremes e cabeceiras de drenagem.

Nos Tabuleiros do Rio Real vertentes com declividades moderada, solos com baixa evolução pedogenética são as principais limitações de uso e potencializadores dos processos morfodinâmicos. Entretanto, as áreas de baixa declividade e solos com textura média/argilosa são características favorecem a implantação de pastagem extensiva que empregue técnicas conservacionistas de manejo.

Assim, verifica-se que o uso e ocupação das terras pelas atividades agrícolas e agropecuárias desconsideram as limitações e fragilidades pertinentes aos componentes ambientais resultando em um cenário atual de drástica redução da vegetação nativa, perda de solos através de processos erosivos e assoreamento de canais fluviais que compromete o volume hídrico utilizado, sobretudo no desenvolvimento da agricultura e agropecuária. Ainda

que ocorra a manifestação destes indicadores de degradação, o quadro biofísico das unidades de paisagem apresentam resistência aos processos que propiciam sua instabilidade.

Diante disso, é necessário que sejam adotadas intervenções mitigadoras dos problemas destacados, como técnicas de manejo que priorizem a estabilidade dos solos nas vertentes e encostas, que permitam a regeneração da vegetação nativa nas margens dos cursos de água, nas áreas no entorno das nascentes e dos olhos d'água perenes e bordas dos tabuleiros que constituem área de preservação permanente determinada pela lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. O cumprimento das alternativas propostas contribui para equilíbrio dinâmico das áreas de maior fragilidade ambiental, visto que as relações estabelecidas entre componentes naturais da paisagem e a ação antrópica são responsáveis pela instabilidade dos ambientes. Ações de revitalização nos corpos hídricos hídricos que apresentam problemas.

A manutenção dos recursos naturais é fundamental para a qualidade de vida da população que ocupa o sistema hidrográfico do rio Arauá. Os aspectos sociais e econômicos demonstram a latente vulnerabilidade e a insuficiência de serviços básicos como a educação, saúde e saneamento básico.

Por fim, o conhecimento referente a fragilidade ambiental dos ambientes torna-se uma importante ferramenta que auxilia na tomada de decisões visando a gestão racional e consciente dos recursos naturais presentes no território que garantem a sobrevivência da sociedade por meio das atividades produtivas.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, F. F. M. O Cráton do São Francisco. **Revista Brasileira de Geociências**, 1977, p.349-364.

ALBUQUERQUE, J. A.; SANGOI, L.; ENDER, M. Efeitos da integração lavoura-pecuária nas propriedades físicas do solo e características da cultura do milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 25, n. 3, 2001.

ALBUQUERQUE, J. A. A. et al. Cultivo de mandioca e feijão em sistemas consorciados realizado em Coimbra, Minas Gerais, Brasil. **Revista Ciência Agronômica**, v. 43, n. 3, p. 532-538, 2012

ALVES, N. M. de S. **Análise geoambiental e socioeconômicas dos municípios costeiros do litoral norte do estado de Sergipe – diagnóstico como subsídio ao ordenamento e gestão do território**. Tese de doutorado. São Cristóvão, 2010.

ATLAS DIGITAL DOS RECURSOS HÍDRICOS DE SERGIPE. Secretaria do Meio Ambiente e dos Recursos Hídrico. 2011. Disponível em DVD.

ARAÚJO, H. M. de. **A bacia hidrográfica como unidade geográfica de planejamento e gestão ambiental**. Temas de Geografia contemporânea. Edufs. São Cristóvão, 2010.

CRUZ, F. dos S. L. **Geografia de Sergipe**. Observatório de Sergipe, 2007.

BERTRAND, G. Paisagem e geografia física global: esboço metodológico. **Caderno de Ciências da Terra**, São Paulo, n. 13, p. 1-27, 1971.

BRASIL. Ministério das Minas e Energia. **Projeto RADAMBRASIL**: folha SC.24/25 Aracaju/Recife: geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação, uso potencial da terra. Rio de Janeiro, 1983. 851 p. (Levantamento de Recursos Naturais,30).

CARVALHO, A. G. B. M. **Análise em bacias hidrográficas: contribuição metodológica para o diagnóstico ambiental**. Tese de doutorado. Rio claro, 2013.

CASTRO, P. S. Bacias de cabeceira: **Verdadeiras caixa d'água da natureza**. Ação ambiental. Viçosa. V. 1. n. 3. p. 9-11. dez./jan. 1999.

CASSETI, V. Geomorfologia. Disponível em:<<http://www.funape.org.br/geomorfologia/>>. Acesso em: 14 mai, 2005.

CASSETI, V. **Elementos de geomorfologia**. Goiânia: UFG, 1994.

CEPLAN. (Consultoria Econômica de Planejamento). **Sergipe: Desempenho, Perspectivas Econômica e Evolução dos Indicadores Sociais 1970-2004**. (Aldemir do Vale Souza – coordenação). Recife, novembro, 2005.

CREPANI, E.;MEDEIROS, J. D.;AZEVEDO, L. D.; DUARTE, V.;HERNANDEZ, P.;FLORENZANO,T. **Curso de sensoriamento remoto aplicado ao zoneamento ecológico econômico**. São José dos Campos: INPE, 1996.

CREPANI, E.,MEDEIROS, J. D., AZEVEDO, L. D., DUARTE, V., HERNANDEZ, P., &FLORENZANO, T. **Curso de sensoriamento remoto aplicado ao zoneamento ecológico econômico**. São José dos Campos: INPE, 2001. 124 p.

CHRISTOFOLETTI, A. **Análise de sistemas em geografia: introdução**. Editora Hucitec, Editora da Universidade de São Paulo, 1979.

CHRISTOFOLETTI, A. **Modelagem de Sistemas Ambientais**. São Paulo, Ed. Edgard Blücher, 1999.

CHORLEY, R. J. **A Geomorfologia e a Teoria dos Sistemas Gerais**. Notícia Geomorfológica, Campinas, v. 11, n. 21, p. 3-22, 1971.

DINIZ, M. T. M. MEDEIROS, S. C. CUNHA, C. J. Sistemas atmosféricos atuantes e diversidade pluviométrica em Sergipe. *Boletim Goiano de Geografia (Online)*, v. 34, 2014 pg. 17-34.

CIDADES, IBGE. Disponível em: [http://www. ibge. gov. br/cidadesat/topwindow. htm](http://www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm)? 1. Acesso em: 10. jul, 2010.

DA SILVA, M. B.; GOMES, L. J.; HOLANDA, F. S. R. Seleção de indicadores de sustentabilidade no pólo citrícola do Estado de Sergipe. **Informações econômicas**, São Paulo, 2008.

DOS ANJOS, M. R., FAQUIM, E., DE ANDRADE, F. A., & VENTURI, J. L. Inovações tecnológicas aplicadas a recuperação de áreas degradadas pela extração de argila através da instalação da atividade piscícola na região da sub bacia do Alto rio machado Rondônia–Brasil.

FREIRE, F. **História de Sergipe,(1575-1855)**. Typographia Perseverauza, 1891.

IBGE. **Manual técnico de uso da terra**. IBGE, 2006.

IBGE. **Censo demográfico**. Rio de Janeiro, 2010

IBGE. **Censo AGROPECUÁRIO**. Disponível em:< [http://www. sidra. ibge. gov. br](http://www.sidra.ibge.gov.br)>. Acesso em: 02, ago,. 2010, 2006.

JACOMINE, P. K. T., MONTENEGRO, J. O.,RIBEIRO, M. R., &FORMIGA, R. A.. Levantamento exploratório-reconhecimento de solos do Estado de Sergipe. **Embrapa Solos-Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento (INFOTECA-E)**, 1975.

LIMA, N. S. **Classificação Ecodinâmica das unidades de paisagem na área de preservação ambiental das onças, no município de São João do Tigre/PB**. Dissertação de mestrado. João Pessoa, 2013.

NUNES, B. de A. **Manual técnico de geomorfologia**. IBGE, 1995.

MATTOS, S. H. V. L.; PEREZ FILHO, A. **Complexidade e Estabilidade em Sistemas Geomorfológicos: uma introdução ao tema**. Revista Brasileira de Geomorfologia. Campinas, 2004.

MEDEIROS, C. N. de. **Vulnerabilidade socioambiental do município de Caucaia (ce): Subsídios ao ordenamento territorial**. Tese de doutorado. Fortaleza, 2014.

MELO, R.; SUBRINHO, J. M. P.; FEITOSA, C. O. Indústria e desenvolvimento em Sergipe. **MELO, ROL Economia Sergipana Contemporânea (1970/2010)**. Aracaju: Editora Diário Oficial, Editora UFS, 2012.

MENEZES, W. O. Do gado à cana: a cultura açucareira na capitania de Sergipe d'El Rei (século XVIII). **Revista do Instituto Histórico e Geográfico de Sergipe**, n. 45.2, 2015.

MOLION, L.C.B; BERNARDO, S. O. **Dinâmica das chuvas sobre o Nordeste do Brasil**. In: Congresso Brasileiro de Meteorologia, 2000.

MONTEIRO, C. A. F. **Geossistemas: a história de uma procura**. São Paulo: Contexto, p. 127, 2000.

MORIN, E. **O método: a natureza da natureza**. Lisboa. Publicações Europa-América, 1977. (Coleção Biblioteca Universitária).

MOURA FÉ, M. M. **A análise ambiental integrada e sua construção teórica na geografia física**. Revista OKARA: Geografia em debate, p. 294-307, 2014.

NASCIMENTO, F. R. de; SAMPAIO. J. L. F. **Geografia Física, geossistemas e estudos integrados da paisagem**. Revista da Casa da Geografia de Sobral, Sobral, v.6/7, n.1, 2005.

NEVES, C. E. das; MACHADO, G.; HIRATA, C. A.; STIPP, N. A. F. **A importância dos geossistemas na pesquisa geográfica: uma análise a partir da correlação com o ecossistema**. Soc. & Nat., p. 271-285. Uberlândia, 2014. J

PISSINATI, M. C.; ARCHELA, R. S. **Geossistema território e paisagem rural sob a ótica Bertrandiana**. Geografia - v. 18, n. 1, jan./jun. 2009 – Universidade Estadual de Londrina, Departamento de Geociências.

OLIVEIRA, É. D.; É. D. OLIVEIRA, FERNANDES, F. **Breve debate sobre a questão ambiental e a teoria sistêmica na geografia física**. Revista Formação, n.17, volume 1 – ap.03-12.

OLIVEIRA, V.D. As tecnologias e suas interfaces no campo como estratégia de controle do capital. 2007.

PASSOS, M. M. **O modelo GTP (Geossistema – Território – Paisagem): Como trabalhar?** Revista Equador Vol. 5, Nº 1, Edição Especial 1, p. 1 - 179. UFPI, 2016.

POLETTE, M. **Paisagem: uma reflexão sobre um amplo conceito landscape: a reflection on a wide concept.** Turismo - Visão e Ação - ano 2 - n.3 - p.83-94. Universidade do Vale do Itajaí, 1999.

PRATA, A. P. do N., AMARAL, M. do C. E.; FARIAS, M. C. V.; ALVES, M. V. **Flora de Sergipe.** Gráfica e Editora Triunfo. Aracaju, 2013

RODRIGUEZ, J. M. M.; SILVA, E. V.; CAVALCANTI, A. P. B. **Geocologia das Paisagens: uma visão geossistêmica da análise ambiental.** Fortaleza: Editora UFC, 2004.

RODRIGUEZ, J. M. M.; SILVA, E. V. da. **Planejamento e gestão ambiental: subsídios da geocologia das paisagens e da teoria geossistêmica.** Fortaleza: Edições UFC, 2013.

ROSS, J. L. S. **Análise Empírica da Fragilidade dos Ambientes Naturais e Antropizados.** In: Revista do Departamento de Geografia, São Paulo: FFLCH-USP, n. 8, p. 63-74, 1994.

ROSS, J. L.S. **O registro cartográfico dos fatos geomorfológicos e a questão da taxonomia do relevo.** Revista do Departamento de Geografia, São Paulo, v.6, p.17-29. 1992.

ROSS, J. L.S. **Análise e síntese na abordagem geográfica da pesquisa para o planejamento ambiental.** Revista do Departamento de Geografia, v.9, p.64-75, 1995.

ROSS, J. L.S. **Ecogeografia do Brasil: subsídios para planejamento ambiental.** São Paulo: Oficina de Textos, 2009.

ROSS, J. L.S. **Geomorfologia aplicada aos EIAs-RIMAs.** In: GUERRA, Antônio José Teixeira; CUNHA, Sandra Baptista da. Geomorfologia e meio ambiente. 3 ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2000.

ROSS, J. L.S. **Geomorfologia: ambiente e planejamento.** 9. ed. São Paulo: Contexto, 2012

RUHOFF, A. L. **Gerenciamento de recursos hídricos em bacias hidrográficas: Modelagem ambiental com a simulação de cenários preservacionistas.** Dissertação de Mestrado. Santa Maria, 2004.

SALGUEIRO, T. B. **Paisagem e Geografia.** Finisterra, p. 37-53, 2001.

SANTOS, H. G. dos; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C. dos; OLIVEIRA, V. A. de; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A. de; ARAUJO FILHO, J. C. de; OLIVEIRA, J. B. de; CUNHA, T. J. F. **Sistema Brasileiro de classificação de solos.** 5 Ed Brasília, DF: Embrapa, 2018.

SILVA, J. M. O. **Análise integrada na bacia hidrográfica do rio Pirangi – CE: subsídios para o planejamento ambiental**. Tese de doutorado. Fortaleza, 2012.

SERGIPE. Secretaria do Estado do meio ambiente e dos recursos hídricos. **Centro de meteorologia de Sergipe**. Dados diários de precipitação 1980 - 2013.

SPÖRL C. **Metodologia para elaboração de modelos de fragilidade ambiental utilizando redes neurais** [tese]. São Paulo: Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo; 2007.

SOUZA, C. G.. **Manual técnico de pedologia**. IBGE, 1995.

SOUZA, R. J. **O sistema GTP (geossistema-território-paisagem) como novo projeto geográfico para a análise da interface sociedade-natureza**. Revista Formação, n.16, volume 2 – p. 89-106, 2011.

SOUZA, M. J. N. de. **Bases Naturais e Esboço do Zoneamento Geoambiental do Estado do Ceará**. In: LIMA,

SOUZA, M. L. de. **Os conceitos fundamentais da pesquisa sócio-espacial**. Rio de Janeiro (RJ): Bertrand Brasil, 2013.

SOUZA, R. J. **Sistema GTP (geossistema-território-paisagem) como novo projeto geográfico para a análise da interface sociedade-natureza**. Revista Formação, p.89-106, 2010.

SOUZA, R. J. **O Sistema GTP (Geossistema – Território – Paisagem) aplicado ao estudo sobre as dinâmicas sócio-ambientais em Mirante do Paranapanema – SP**. Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Estadual Paulista Júlio de mesquita Filho - UNESP, Faculdade de Ciência e Tecnologia, Presidente Prudente, 2010.

SOTCHAVA, V. B. **O estudo de geossistemas**. São Paulo: IGEOG/USP, 1977. 49p. (Métodos em questão, 16)

STRAHLER, A. N. Hypsometric (area-altitude) analysis of erosional topography. **Geological Society of America Bulletin**, v. 63, n. 11, p. 1117-1142, 1952.

TOPODATA, INPE. Banco de dados geomorfométricos do Brasil. 2014. Acessado em: 20 mar, 2018.

TROPPEMAIR, H.; GALINA, M. H. **Geossistemas**. Mercator – Revista de Geografia da UFC, Fortaleza, ano 5, n. 10, 2006.

TRICART, J. **Ecodinâmica**. Rio de Janeiro: IBGE, 1977. 91 p. (Recursos naturais e meio ambiente).

VICENTE, L. E.; PEREZ FILHO, A. **Abordagem sistêmica e geografia**. GEOGRAFIA, Rio Claro, p. 323-344, 2003.

UHLEIN, A.;CAXITO, F.;SANGLARD, J. C. D.;UHLEIN, G. J.; SUCKAU, G. L. **Estratigrafia e tectônica das faixas neoproterozóicas da porção norte do Cráton do São Francisco**. Revista Geonomos, v. 19, n. 2, 2013.