



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO

Centro de Filosofia e Ciências Humanas

Programa de Pós-Graduação em Geografia

CARLA SUELANIA DA SILVA

**AVALIAÇÃO DAS CONDIÇÕES HIDROGEOMORFOLÓGICAS DA BACIA
HIDROGRÁFICA DO RIO JABOATÃO**



Recife

2018

CARLA SUELANIA DA SILVA

**AVALIAÇÃO DAS CONDIÇÕES HIDROGEOMORFOLÓGICAS DA BACIA
HIDROGRÁFICA DO RIO JABOATÃO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal de Pernambuco, como Requisito parcial para obtenção do título de Mestra em Geografia.

Linha de Pesquisa: Dinâmica superficial e climática das paisagens naturais tropicais úmidas e semiáridas.

Orientador: Prof. Dr. Osvaldo Girão da Silva

Recife

2018

Catálogo na fonte
Bibliotecária Maria do Carmo de Paiva, CRB4-1291

S586a Silva, Carla Suelania da.
Avaliação das condições hidrogeomorfológicas da bacia hidrográfica do Rio
Jaboatão / Carla Suelania da Silva. – 2018.
136 f. : il. ; 30 cm.

Orientador: Prof. Dr. Osvaldo Girão da Silva.
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Pernambuco, CFCH.
Programa de Pós-graduação em Geografia, Recife, 2018.
Inclui referências.

1. Geografia. 2. Recursos naturais. 3. Bacias hidrográficas. 4. Rios. 5.
Paisagens. 6. Jaboaão, Rio (PE). I. Silva, Osvaldo Girão da (Orientador). II.
Título.

910 CDD (22. ed.)

UFPE (BCFCH2019-016)

**AVALIAÇÃO DAS CONDIÇÕES HIDROGEOMORFOLÓGICAS DA BACIA
HIDROGRÁFICA DO RIO JABOATÃO.**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestra em Geografia.

Aprovada em: 28/02/2018.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Osvaldo Girão da Silva (Orientador – Examinador Interno)
Universidade Federal de Pernambuco

Prof. Dr. Antonio Carlos de Barros Corrêa (Examinador Interno)
Universidade Federal de Pernambuco

Prof. Dr. Daniel Rodrigues de Lira (Examinador Externo)
Universidade Federal de Sergipe

À Deus,

Ao meu pai, José Carlos da Silva

(In Memoriam),

A minha avó, Ivete Soares da hora

(In Memoriam).

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, em primeiro lugar, pela sua infinita graça, por ter me concedido força e determinação ao longo dessa caminhada.

À minha mãe, Sueli maria da silva pelo seu amor incondicional, pelas palavras de incentivo e por acreditar no meu potencial.

Ao meu orientador professor Dr. Osvaldo Girão, por toda ajuda, disponibilidade, pela paciência, pelas orientações e correções que me ajudaram a chegar até aqui, como também foram de extrema relevância no meu aprendizado, minha sincera gratidão.

Ao professor Dr. Antonio Carlos de Barros Correa e ao professor Dr. Daniel Rodrigues de Lira, pelo aceite e gentileza em participar da minha defesa de qualificação e de mestrado, agradeço também por todas as contribuições para o desenvolvimento da minha pesquisa.

Um agradecimento especial a Wemerson Flávio da Silva e Leandro Diomério J. dos Santos, companheiros de discussões e das atividades de campo, obrigada pela ajuda, pelos conselhos e pela amizade nos momentos tristes, sem vocês a caminhada teria sido bem difícil.

A todos os meus amigos do GEQUA, em especial: Rhandysson Barbosa, Sergio Bernardes, Drielly Fonseca, Joana Matias, Ana Clara Magalhães, pela colaboração, pelos momentos de descontração, como também por todo apoio e palavras de motivação.

Aos amigos que a vida me presenteou: Guilherme Antônio e Josenice Maria,

À Jonatas Ferreira pela ajuda na dissertação, pelo companheirismo nos momentos de descontração e nas horas difíceis e pelas palavras de motivação.

Ao programa de pós-graduação em Geografia da UFPE, especialmente a Eduardo Veras por toda ajuda e gentileza.

À Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco – FACEPE, pela concessão da bolsa de mestrado, sendo de vital importância para o financiamento e viabilização da pesquisa.

Gratidão a todos que de uma certa forma contribuíram na realização desse trabalho!!

RESUMO

O aumento e a multiplicidade nas atividades relacionadas ao uso e ocupação da terra promoveram maior utilização dos elementos naturais, principalmente dos recursos hídricos. Esse processo impulsionou alterações no comportamento dos cursos d'água, afetando tanto o domínio fluvial quanto o interfluvial das bacias hidrográficas. As atividades antropogênicas configuram-se como um importante agente modificador de espaços fluviais, pois as transformações impostas por usos e ocupações derivadas de demandas socioeconômicas interferem sobre a dinâmica natural dos rios. Fundamentado nessa discussão a presente pesquisa teve por objetivo avaliar as condições hidrogeomorfológicas da bacia hidrográfica do rio Jaboaão, correlacionando-as com os usos e ocupações da terra presentes na mesma. Para tanto utilizou-se dos seguintes procedimentos técnicos de investigação: ferramentas de geoprocessamento para realização dos mapeamentos, atividades de campo e a proposta metodológica de classificação de tipologias para canais fluviais, intitulada de estilos fluviais (BRIERLEY e FRYIRS, 2005). Os resultados obtidos foram: uma caracterização geoambiental da bacia, a partir de informações morfométricas e geomorfológicas, a elaboração de um mapa composto por cinco unidades de paisagem e a delimitação de sete estilos fluviais para o rio Jaboaão, como forma de analisar as diferentes paisagens presentes durante o percurso fluvial, sendo, ainda, caracterizadas as principais atividades antrópicas existentes em cada estilo fluvial. Estes resultados possibilitam uma discussão avaliativa das condições geomorfológicas da bacia estudada, visando contribuir para o planejamento e gestão deste ambiente fluvial.

Palavras-chave: Hidrogeomorfologia. Unidades de paisagem. Estilos fluviais. Rio Jaboaão.

ABSTRACT

The increase and multiplicity of activities related to the use and occupation of land promoted greater use of the natural elements, especially of water resources. This process led to changes in the behavior of the water courses, affecting both the fluvial and interfluvial domain of the river basins. Anthropogenic activities constitute an important agent modifying river spaces, because the transformations imposed by uses and occupations derived from socioeconomic demands interfere with the natural dynamics of the rivers. Based on this discussion, the present research aimed to evaluate the hydrogeomorphological conditions of the Jabotão river basin, correlating them with the uses and occupations of the earth present in it. For this purpose, the following technical research procedures were used: geoprocessing tools for mapping, field activities and the methodological proposal for classification of typologies for fluvial channels, called river styles (BRIERLEY and FRYIRS, 2005). The results were: a geoenvironmental characterization of the basin, based on morphometric and geomorphological information, the elaboration of a map composed of five landscape units and the delimitation of seven river styles for the Jabotão River, as a way of analyzing the different landscapes present during the fluvial route, being also characterized the main anthropic activities existing in each fluvial style. These results allow an evaluative discussion of the geomorphological conditions of the studied basin, aiming to contribute to the planning and management of this fluvial environment.

Keywords: Hydrogeomorphology. Landscape units. River Styles. Jabotão river.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 –	O sistema fluvial subdividido a partir de 3 zonas: 1 – produção de sedimentos, 2 – transferência de sedimentos e 3 – zona de deposição de sedimentos	18
Figura 2 –	Tipos básicos de vales	24
Figura 3 –	Padrões dos canais fluviais	26
Figura 4 –	Configuração de vale: A: exemplo de vale confinado; B: exemplo de vale parcialmente confinado e C: exemplo de vale lateralmente não confinado	29
Figura 5 –	Impactos de uso da terra urbano nos recursos hídricos	36
Figura 6 –	Localização da Bacia Hidrográfica do rio Jaboatão	38
Figura 7 –	Série histórica da precipitação de Jaboatão dos Guararapes/PE	45
Figura 8 –	Atuação da DOLs sobre o centro-leste de PE	46
Figura 9 –	Principais tipos de padrão de drenagem	50
Figura 10 –	Esquemas para hierarquias de bacias: Método de Horton (A) e Stralher (B)	52
Figura 11 –	Índice de Sinuosidade	53
Figura 12 –	Identificação dos estilos fluviais	55
Figura 13 –	Mapa da direção de fluxo	61
Figura 14 –	Hipsometria da bacia do rio Jaboatão	62
Figura 15 –	Declividade da bacia do rio Jaboatão	63
Figura 16 –	Rede de drenagem principal da bacia do rio Jaboatão	65
Figura 17 –	Hierarquização dos canais da bacia do rio Jaboatão	66
Figura 18 –	Unidades geológicas da bacia do rio Jaboatão	68
Figura 19 –	Unidades morfoestruturais da bacia do rio Jaboatão	70
Figura 20 –	Perfis longitudinais das unidades morfoestruturais	71
Figura 21 –	Perfil longitudinal A-B, Piemonte Cristalino da Borborema.....	72
Figura 22 –	Perfil longitudinal E-F, Planalto Sedimentar Litorâneo	72
Figura 23 –	Perfil longitudinal C-D, Planície flúvio-marinha	73
Figura 24 –	Perfil longitudinais das unidades geomorfológicas	74
Figura 25 –	Unidades Geomorfológicas da bacia do rio Jaboatão	75
Figura 26 –	Perfil longitudinal A-B, Morros em maciço estrutural	76

Figura 27 –	Perfil longitudinal C-D, Colinas de topos convexos e vales fechados	77
Figura 28 –	Perfil longitudinal E-F, Colinas de topos convexos e vales abertos	78
Figura 29 –	Perfil longitudinal G-H, Tabuleiro sedimentar dissecado	79
Figura 30 –	Perfil longitudinal I-J, Planície	80
Figura 31 –	Classes de solo da bacia do rio Jaboatão	81
Figura 32 –	Cobertura de uso da terra na bacia do rio Jaboatão	83
Figura 33 –	Unidades de Paisagem da bacia do rio Jaboatão	85
Figura 34 –	A-Área de pastagem capim elefante. B-plantação de hortaliças ..	88
Figura 35 –	A- Fazenda de criação de gado em Moreno. B-Plantação de eucalipto e de plantio de cana-de-açúcar	90
Figura 36 –	Comercio de Jaboatão, ponte sobre o rio Jaboatão	91
Figura 37 –	Formação arbórea ciliar do rio Jaboatão	93
Figura 38 –	Área urbana/litoral de Jaboatão dos Guararapes	96
Figura 39 –	Configuração do vale do rio Jaboatão	99
Figura 40 –	Perfil longitudinal e lateral dos padrões do confinamento	99
Figura 41 –	Trecho do vale confinado do rio Jaboatão	100
Figura 42 –	Trecho do vale parcialmente confinado do rio Jaboatão	101
Figura 43 –	Trecho lateralmente não confinado e direção de fluxo	102
Figura 44 –	Estilos fluviais do rio Jaboatão	104
Figura 45 –	Característica do vale do estilo fluvial Garganta	105
Figura 46 –	A: Estilo garganta do rio Jaboatão, com margens rochosas e vegetação arbórea-arbustiva nas encostas; B: Knickpoint com leito rochoso	106
Figura 47 –	Mapa de detalhe representativo do estilo em Garganta e usos da terra no rio Jaboatão	107
Figura 48 –	Característica do vale do estilo fluvial leito rochoso de média sinuosidade	108
Figura 49 –	Ruptura de declive (queda d’água) – trecho confinado	108
Figura 50 –	A - Cachoeira na parte superior do declive. B - Morfologia de cascata e piscina ao longo da descida	109

Figura 51 –	Mapeamento de detalhe representativo do estilo fluvial leito rochoso de média sinuosidade	110
Figura 52 –	Crescimento de bambus nas margens do rio Jaboaão	110
Figura 53 –	Característica do vale do estilo fluvial Meandrante, controlado por planícies de inundaçãõ descontínuas	111
Figura 54 –	Trecho sinuoso, parcialmente confinado com cana-de-açúcar	112
Figura 55 –	Mapeamento de detalhe representativo do estilo fluvial Meandrante, controlado por planícies descontínuas	112
Figura 56 –	Característica do vale do estilo moderada sinuosidade em ambiente urbano	113
Figura 57 –	Leito fluvial no estilo moderada sinuosidade em ambiente urbano	113
Figura 58 –	Mapeamento de detalhe representativo do estilo fluvial baixa sinuosidade em ambiente urbano	114
Figura 59 –	Característica do vale do estilo retificado controlado por atividades antrópicas	115
Figura 60 –	Mapeamento de detalhe representativo do estilo fluvial baixa sinuosidade controlado por atividades antrópicas	116
Figura 61 –	Canal retificado e ocupado nas margens nesse estilo fluvial	116
Figura 62 –	Características do vale do estilo fluvial meandrante com deposiçãõ	117
Figura 63 –	Mapeamento de detalhe representativo do estilo fluvial meandrante com deposiçãõ	118
Figura 64 –	Ocupações antrópicas e vegetaçãõ arbórea nas margens do trecho sinuoso	119
Figura 65 –	Característica do vale do estilo retificado com deposiçãõ	119
Figura 66 –	Característica do leito do estilo retificado com deposiçãõ	120
Figura 67 –	Mapeamento de detalhe representativo do estilo fluvial retificado com deposiçãõ	121
Figura 68 –	Cacimbas e criaçãõ de peixes próximos a nascente	124
Figura 69 –	A: Balneário, ambiente de lazer; B: Barragem de contençãõ Jaboaõzinho	125
Figura 70 –	Obras de contençãõ a erosãõ da margem esquerda do rio	126

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 –	Aspectos demográficos e territoriais	39
Tabela 2 –	Informações econômicas	41
Tabela 3 –	Classes de declividade em porcentagem	51
Tabela 4 –	Sistema de classificação de uso e cobertura da terra	57
Tabela 5 –	Morfometria da bacia hidrográfica do rio Jaboatão	59
Tabela 6 –	Afluentes principais da bacia do rio Jaboatão	64
Tabela 7 –	Área territorial das unidades geológicas bacia do rio Jaboatão	67
Tabela 8 –	Área territorial das morfoestruturas da bacia do rio Jaboatão	69
Tabela 9 –	Área territorial das unidades geomorfológicas bacia do rio Jaboatão	74
Tabela 10 –	Área territorial das unidades de cobertura e uso da terra na bacia do rio Jaboatão	82
Tabela 11 –	Síntese dos aspectos das unidades de paisagem	97
Tabela 12 –	Atributos métricos dos estilos fluviais	103
Tabela 13 –	Síntese dos estilos fluviais do rio Jaboatão	122

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	17
2.1	PAISAGEM FLUVIAL NA PERSPECTIVA SISTÊMICA.....	17
2.2	ANÁLISE GEOMORFOLÓGICA DE AMBIENTES FLUVIAIS.....	19
2.2.1	Bacia hidrográfica como sistema geomorfológico	20
2.2.2	Vale fluvial	23
2.2.3	Os canais fluviais	25
2.3	CLASSIFICAÇÃO DE ESTILOS FLUVIAIS.....	28
2.4	ATIVIDADE ANTROPOGÊNICA SOBRE O SISTEMA FLUVIAL.....	32
2.4.1	Impactos das atividades agrícolas no sistema fluvial	34
2.4.2	Impactos do uso da terra urbano sobre o sistema fluvial	35
3	CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	38
3.1	CONTEXTO POPULACIONAL E SOCIOECONÔMICO.....	39
3.2	DINÂMICA CLIMÁTICA.....	42
4	MATERIAL E MÉTODOS	47
4.1	BASE CARTOGRÁFICA.....	47
4.2	ÍNDICES MORFOMÉTRICOS.....	48
4.2.1	Características geométricas	48
4.2.1.1	<i>Área da bacia de drenagem</i>	49
4.2.1.2	<i>Perímetro da bacia de drenagem</i>	49
4.2.1.3	<i>Padrões de drenagem</i>	49
4.2.2	Características do relevo	50
4.2.2.1	<i>Altitude – máxima e mínima</i>	50
4.2.2.2	<i>Declividade</i>	50
4.2.3	Características da rede de drenagem	51
4.2.3.1	<i>Comprimento do canal principal</i>	51
4.2.3.2	<i>Hierarquia fluvial</i>	51
4.2.3.3	<i>Densidade da drenagem</i>	52
4.2.3.4	<i>Sinuosidade do canal principal</i>	53
4.3	TRABALHO DE CAMPO.....	53
4.4	MAPEAMENTO MORFOESTRUTURAL E GEOMORFOLÓGICO.....	54
4.5	MAPEAMENTO DAS TIPOLOGIAS FLUVIAIS.....	54

4.6	MAPEAMENTO DA DINÂMICA DO USO E COBERTURA DA TERRA.....	57
5	RESULTADOS.....	58
5.1	CARACTERIZAÇÃO GEOAMBIENTAL DA BACIA DO RIO JABOATÃO.....	58
5.1.1	Análise morfométrica da bacia hidrográfica do rio Jaboaão.....	58
5.1.1.1	<i>Características geométricas.....</i>	59
5.1.1.2	<i>Características do relevo.....</i>	62
5.1.1.3	<i>Características da rede de drenagem.....</i>	64
5.1.2	Unidades geológicas da bacia hidrográfica do rio Jaboaão.....	66
5.1.3	Domínios morfoestruturais da bacia hidrográfica do rio Jaboaão.....	69
5.1.3.1	<i>Piemonte Cristalino da Borborema.....</i>	71
5.1.3.2	<i>Planalto Sedimentar Litorâneo.....</i>	72
5.1.3.3	<i>Planície Flúvio-marinha.....</i>	73
5.1.4	Unidades geomorfológicas da bacia hidrográfica do rio Jaboaão.....	73
5.1.4.1	<i>Morros em maciço estrutural.....</i>	76
5.1.4.2	<i>Colinas.....</i>	76
5.1.4.3	<i>Colinas de topos convexos e vales fechados.....</i>	77
5.1.4.4	<i>Colinas de topos convexos e vales abertos.....</i>	78
5.1.4.5	<i>Tabuleiro sedimentar dissecado.....</i>	78
5.1.4.6	<i>Planícies.....</i>	79
5.1.5	Classes de solos da bacia hidrográfica do rio Jaboaão.....	80
5.1.6	Cobertura e uso da terra na bacia hidrográfica do rio Jaboaão.....	82
5.1.7	Unidades de paisagem da bacia hidrográfica do rio Jaboaão.....	84
5.1.7.1	<i>Morros com Agropecuária.....</i>	86
5.1.7.2	<i>Colinas com agropecuária.....</i>	88
5.1.7.3	<i>Tabuleiros com áreas urbanizadas.....</i>	91
5.1.7.4	<i>Planície com vegetação arbórea.....</i>	92
5.1.7.5	<i>Planície com intensa urbanização.....</i>	94
5.2	PAISAGEM FLUVIAL DO RIO JABOATÃO.....	98
5.2.1	Características do vale do rio Jaboaão.....	98
5.2.2	Estilos Fluviais do rio Jaboaão.....	102
5.2.2.1	<i>Garganta.....</i>	105
5.2.2.2	<i>Leito rochoso de média sinuosidade.....</i>	107
5.2.2.3	<i>Meandrante, controlado por planícies de inundação descontínuas.....</i>	111
5.2.2.4	<i>Baixa sinuosidade em ambiente urbano.....</i>	113

5.2.2.5	<i>Retificado, controlado por atividades antrópicas</i>	114
5.2.2.6	<i>Meandrante com deposição</i>	117
5.2.2.7	<i>Retificado com deposição</i>	119
5.2.3	Avaliação das condições hidrogeomorfológicas da bacia do rio Jaboatão	123
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	127
	REFERÊNCIAS	128

1 INTRODUÇÃO

O uso e ocupação da terra, a partir do crescimento das cidades, acarretou maior utilização dos elementos naturais, principalmente dos recursos hídricos. Como consequência deste processo aconteceram intensas alterações na dinâmica dos cursos d'água, seja afetado o domínio fluvial quanto o interfluvial.

As atividades antropogênicas configuram-se como um importante agente modificador de espaços fluviais, pois as transformações impostas por usos e ocupações derivadas de demandas socioeconômicas interferem sobre a dinâmica natural dos rios (CUNHA, 2012).

O rio desempenha uma função natural, como também existe uma dinâmica própria de trabalho através dos mecanismos de erosão, transporte e sedimentação, a qual vai modificando o relevo terrestre e criando diferentes tipologias na paisagem fluvial. Porém, a partir das interferências à morfodinâmica decorrentes das formas de usos e ocupações, quais as implicações advindas das práticas antrópicas na performance natural dos rios? Como eles adéquam-se a um ambiente modificado pelos humanos?

A pesquisa em questão parte destes questionamentos iniciais para desenvolver maiores discussões sobre o âmbito fluvial, na intenção de compreender o comportamento, a morfologia, a capacidade de ajustamento frente a modificações e as diferentes feições decorrentes de reajustes evidenciados na paisagem fluvial.

Para o desenvolvimento desse debate utilizou-se como área de estudo a bacia hidrográfica do rio Jaboatão, localizado no estado de Pernambuco, caracterizando-o como um importante exemplo dessa relação entre crescimento populacional, formas de usos e ocupações da terra em ambientes fluviais e transformações na geomorfologia fluvial e consequentemente na paisagem em questão.

Partindo dessa discussão, a pesquisa apresenta como objetivo geral avaliar as condições hidrogeomorfológicas da bacia hidrográfica do rio Jaboatão (BHRJ) correlacionando com o uso e ocupação da terra.

Como objetivos específicos:

1. Definir e analisar os parâmetros morfométricos e geomorfológicos da bacia hidrográfica do rio Jaboatão.
2. Caracterizar e mapear as unidades de paisagem da bacia hidrográfica do rio Jaboatão
3. Classificar os estilos fluviais presentes ao longo do canal do rio Jaboatão/PE;
4. Analisar as condições hidrogeomorfológicas da bacia hidrográfica do rio Jaboatão/PE.

A pesquisa visa contribuir como instrumento de planejamento e gestão ambiental e territorial para os municípios pertencentes à bacia hidrográfica do rio Jaboatão, como também propagar maiores discussões no âmbito acadêmico a respeito do comportamento, morfologia e paisagem fluvial, além de debates relacionados a influência humana sobre ambientes de cursos D'água. O estudo das condições geomorfológicas de um ambiente fluvial, ou bacia hidrográfica, possibilita uma visão integradora e dialética da relação entre os seres humanos e a natureza, sendo possível avaliar as modificações ocorridas no espaço natural e os principais problemas advindos destes, levando em consideração que o conhecimento geomorfológico contribui para um melhor uso e ocupação da terra.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Para as linhas teóricas de investigação, será apresentada a partir de tópicos: inicialmente procura-se abordar a paisagem fluvial na perspectiva sistêmica (BERTRAND, 2004; CHRISTOFOLETTI, 1999; SAUER, 1925; TRICART, 1977). Em seguida foi realizada uma discussão sobre a análise geomorfológica de ambientes fluviais, buscando compreender os elementos que compõem esse sistema e seu funcionamento (BIGARELLA, 2003; BRIERLEY e FRYIRS, 2013; CHARLTON, 2008; CHRISTOFOLETTI, 1981; CUNHA, 2012, SOUZA, *et al.*, 2013). Partindo para o terceiro tópico procurou compreender e dialogar com os referidos autores sobre a proposta de estilos fluviais e sua base metodológica (BRIERLEY e FRYIRS, 2005; 2013). Por fim o tópico que aborda as atividades antropogênicas sobre o sistema fluvial e os impactos relacionados a essas atividades (BOTELHO, 2011; DREW, 2005; GREGORY, 2006; KNIGHTON, 1984; PARK, 1981).

2.1 PAISAGEM FLUVIAL NA PERSPECTIVA SISTÊMICA

No contexto do estudo dos sistemas e da complexidade na Geografia, sobretudo na geografia física, o conceito de paisagem torna-se relevante, por que está inserido no debate integrado entre a natureza e as relações sociais, remete a discussão sobre o olhar geográfico, onde o ator social transforma culturalmente a natureza, cabendo à geografia uma análise a partir da paisagem integrada e dinâmica (VITTE, 2007).

Para os geógrafos a paisagem resulta da relação dinâmica de elementos físicos, biológicos e também incluindo o fator antrópico nessa organização, acreditando que a paisagem na geografia não é composta apenas dos elementos naturais (MAXIMIANO, 2004). O conceito de Paisagem ainda apresenta bastante complexo e, segundo Bertrand (2004).

Segundo Bertrand (2004), estudar a paisagem permeia o problema do método, pois se torna necessário associar a paisagem com o método utilizado. Dessa forma, foi bastante relevante o direcionamento do conceito de paisagem aos estudos da abordagem sistêmica, onde todos os elementos compõem a natureza, passando a trabalhar as trocas de matéria e energia dentro do sistema, compondo assim as diferentes tipologias da paisagem por meio dos seus próprios elementos (GUERRA; MARÇAL, 2010).

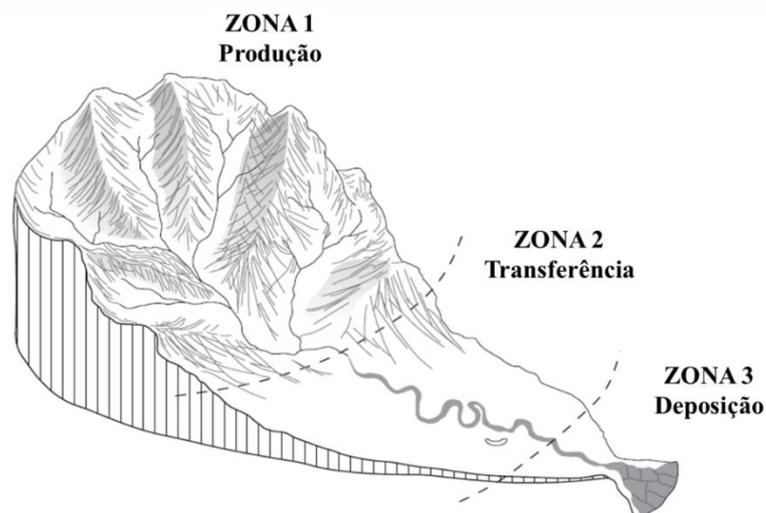
A paisagem apresenta-se com um caráter dinâmico e integrado. Para Bertrand (2004) a paisagem é considerada uma entidade global, em que seus elementos participam de uma

dinâmica comum a todos, os elementos se relacionam em ambientes ordenados e hierarquizados, sendo as relações determinadas de forma dinâmica e equilibrada.

Partindo desses pressupostos, é de vital importância relacionar o sistema fluvial com o conceito de paisagem, uma vez que o ambiente fluvial apresenta características sistêmicas, possuindo uma dinâmica própria, manifestando atributos relacionados à paisagem.

Para Schumm (1977) o sistema fluvial pode ser compreendido como a zona fonte de sedimentos, a rede de transporte e os sítios de deposição (Figura 01), que eles interagem entre si a partir de diferentes escalas. Para entender esse sistema é importante relacioná-lo com uma série de fatores e variáveis, como: o comportamento dos rios, a contribuição de água, o tipo e quantidade de sedimentos, os aspectos climáticos e geológicos e também o uso da terra e a cobertura vegetal, esses fatores agem diretamente na dinâmica fluvial (SOUZA, 2013).

Figura 01 - O sistema fluvial subdividido a partir de 3 zonas: 1 – produção de sedimentos, 2 – transferência de sedimentos e 3 – zona de deposição de sedimentos



Fonte: Charlton (2008) adaptado de Schumm, (1977).

Na paisagem fluvial o rio é caracterizado como o principal elemento, incluindo não apenas o canal, como também a planície de inundação, ou seja, caracterizando o vale fluvial. A paisagem desse ambiente manifesta um caráter misto, composto por elementos naturais, com toda sua funcionalidade e organização, mais também constituída por elementos antrópicos, que compõem a paisagem cultural dos ambientes fluviais, que por sua vez, evidenciam uma nova configuração da paisagem fluvial com base nas suas ações no sistema (PRICHOA *et al.*, 2015; RIBAS, 2007).

A morfologia dos rios é expressa pelo funcionamento e equilíbrio dos elementos pertencentes a esse sistema. A capacidade de realizar o trabalho fluvial está relacionada com as forças impulsionadoras desse exercício. Segundo Brierley e Fryirs (2005) o volume de água

atua sobre determinada inclinação, a energia é capaz de erodir, arrastar, transportar e depositar o material, esse processo depende da intensidade, do volume e do calibre da carga a ser transportada e depositada.

Para Dupuis Tate (1998) o ambiente de rios é caracterizado como um sistema complexo, atrelando-se bem a paisagem, visto que ela também é marcada pela complexidade em sua formação. Prichoa *et al.* (2015) caracteriza a paisagem fluvial baseada nas características próprias e nos valores específicos que esse sistema possui, que exhibe a água como fator importante na determinação do processo de ocupação antrópica nesses ambientes e que, devido a ela (água), a paisagem fluvial sempre foi vítima das imposições antropogênicas ao longo da história da humanidade.

A paisagem fluvial é marcada por sua heterogeneidade, evidenciadas principalmente nas diferentes morfologias presentes no canal e nas planícies de inundação, sendo a presença de água e sedimentos os principais “motores” para as transformações na paisagem e para sua diversidade fluvial.

As modificações antrópicas, por sua vez, alteram diretamente o contexto dessa paisagem, sendo interessante ressaltar que são necessárias políticas que visem ações de planejamento, gestão e conservação desses ambientes, buscando respeitar a dinâmica natural que gerou tais paisagens, e que os efeitos ligados às interferências podem ser negativos ao contexto natural, como também para a sociedade (PRICHOA *et al.*, 2015).

O tempo é um elemento a se considerar em qualquer sistema, visto que as transformações no sistema fluvial ocorrem por meio de um processo histórico de acontecimentos. Após uma perturbação, no qual gerou-se mudanças, o sistema pode apresentar *feedbacks* que são classificados como ações que são aplicadas para neutralizar ou potencializar determinada mudança, podendo ser *feedbacks* negativos, relacionados a efeitos que podem contrariar a mudança, e *feedbacks* positivos, que contribuem para melhorá-lo. Estas respostas apresentam-se complexas, uma vez que alterando-se uma parte do sistema, podem ocorrer modificações no sistema como um todo (CHARLTON, 2008).

2.2 ANÁLISE GEOMORFOLÓGICA DE AMBIENTES FLUVIAIS

A geomorfologia fluvial é uma importante subárea da geomorfologia, pois sua finalidade é o estudo dos rios e das bacias hidrográficas, caracterizando como uma das seções mais dinâmicas dos estudos geomorfológicos. Com o desenvolvimento da geomorfologia surgiu também o interesse pelos cursos d'água e padrões de drenagem, devido a importante

influência sobre os processos geomorfológicos e como elemento fundamental para a vida humana (BIGARELLA, 2003; CHRISTOFOLETTI, 1981). A geomorfologia fluvial preocupa-se no entendimento dos processos e formas concebidas a partir do escoamento dos canais, e também processos que ocorrem no domínio interfluvial de uma bacia hidrográfica (SOUZA *et al.*, 2013).

O entendimento do sistema fluvial será elencando nesse estudo a partir de uma hierarquização de conceitos, que remetem diferentes escalas de observação e interpretação do ambiente pesquisado. Nesse sentido, o tópico foi organizado a partir da compreensão da escala da bacia hidrográfica, do vale fluvial, do canal fluvial e, pôr fim, das tipologias referentes ao trecho de canal, onde é possível observar os processos e as formas atuantes e presentes, respectivamente. Importante ressaltar que mesmo em diferentes escalas os elementos não serão avaliados separadamente, uma vez que as transformações que ocorrem em diferentes níveis desse ambiente interferem no todo de um sistema fluvial. (CHARLTON, 2008; SOUZA *et al.*, 2013).

2.2.1 Bacia hidrográfica como sistema geomorfológico

Uma bacia hidrográfica pode ser entendida de forma diferenciada entre algumas áreas do conhecimento. Atualmente, seus estudos estão relacionados à gestão da paisagem e ao planejamento territorial e ambiental. Para os estudos hidrológicos a bacia hidrográfica é uma área de captação de água e sedimentos, que apresenta um curso d'água principal e seus afluentes, que pós-junções, convergem para um único ponto, seu exultório (PIRES *et al.*, 2002; TUCCI, 2009). Ainda segundo Pires *et al.* (2002) e Lima (2008), é possível associar o conceito de bacia hidrográfica com o conceito de ecossistema, principalmente pela finalidade nos estudos e no gerenciamento ambiental.

Foi em 1945 que o estudo e análise das bacias hidrográficas apresentou um caráter mais objetivo, principalmente após os trabalhos do engenheiro hidráulico Robert E. Horton. Suas ideias trouxeram contribuições metodológicas por propor critérios iniciais para ordenação dos cursos de d'água, incluindo a questão de hierarquia fluvial, caracterizado como um parâmetro relevante para uma análise física de uma bacia hidrográfica (HORTON, 1945; CHRISTOFOLETTI, 1980;).

No Brasil, Christofolletti (1980) propôs metodologias para análise de bacias hidrográficas, dividido os parâmetros físicos a partir dos seguintes itens de investigação: hierarquia fluvial, análise areal, linear e hipsométrica, permitiriam um entendimento abrangente

e aprofundado dos ambientes hidrográficos, com ênfase para os domínios interfluviais e fluviais.

Em relação à análise morfométrica de uma bacia hidrográfica, Tonello (2005) subdivide tal análise considerando: características geométricas, características do relevo e características da rede de drenagem, considerando que a metodologia colabora para a realização de uma análise sobre os aspectos hidrogeomorfológicos. Para Teodoro *et al.* (2007) o estudo desses parâmetros físicos é um dos principais procedimentos para análise de bacias hidrográficas, pois apresenta como objetivo esclarecer a dinâmica ambiental local e regional dentro do perímetro de uma bacia hidrográfica.

O comportamento hidrológico de uma bacia hidrográfica é determinado por meio de suas características morfológicas como: área, forma, topografia, solo, clima, geologia e cobertura vegetal. A relação destes processos no ambiente são fatores determinantes para a formação do perfil de uma bacia hidrográfica, que influenciam no processo de entrada (precipitação) e saída (escoamento) do volume hidrológico no decorrer do tempo, caracterizando as bacias de drenagem, a partir de um padrão de escoamento global. (CUNHA, 2012).

As bacias hidrográficas estão presentes nos diversos tipos de zonalidades e ambientes terrestres, sofrendo, assim, interferências sazonais e possuindo características diversas. A bacia hidrográfica, como um sistema aberto, onde os agentes do ambiente se inter-relacionam no espaço e no tempo, contribuem para a modificações da paisagem, moldando as diferentes formas presentes nas mesmas a partir de *inputs* endógenos e exógenos que repercutem sobre processos morfogenéticos e morfodinâmicos (SILVA *et al.*, 2016).

Nesse espaço dinâmico, é possível delimitá-lo, segundo Hollanda *et al.* (2012) através de quatro componentes formadores:

- O físico, constituído pelo solo, subsolo, geologia, recursos hídricos e clima;
- O biológico, formado pela fauna e flora do lugar;
- O econômico compõe todas as atividades produtivas no qual a sociedade realiza, como a agricultura, pecuária, indústria, infraestrutura e serviços;
- O social, composto por elementos demográficos, habitacional, saúde, educação, organizações, cultura, propriedades de terras.

Podendo tais elementos variar de acordo com o tamanho da bacia e da localização geográfica desta.

As bacias hidrográficas podem também ser divididas, a partir de uma análise física do ambiente. Segundo Souza e Fernandes (2000) a paisagem de uma bacia hidrográfica por zonas hidrogeodinâmicas, onde existem:

- Zonas de recarga são áreas com solos profundos e permeáveis, relevo suave, que abastecem os lençóis freáticos e exercem a função de redistribuição das águas da chuva, podendo tais zonas estar localizadas nos topos de colinas, tabuleiros e chapadas;
- Zonas de erosão se encontra abaixo da zona de recarga, em áreas de fácil declive e que contribuem para a ocorrência de processos erosivos, nessa zona predomina o escoamento superficial, que é responsável pelo carreamento dos sedimentos;
- Zonas de sedimentação são áreas da planície fluvial, consistindo na mais rebaixada, onde são depositados os sedimentos e ocorre o contato mais próximo com o lençol freático.

Para Brierley e Fryirs (2013) existem zonas processuais em uma bacia hidrográfica, sendo a zona de origem as áreas mais elevadas com cabeceiras de drenagem onde predomina o processo de erosão; a zona de transferência, áreas intermediárias, que ocorrem nas partes médias da bacia, onde o advém um equilíbrio entre o fornecimento de sedimentos e o transporte de material; a zona de acumulação, que ocorre em regiões mais baixas da bacia, sendo marcada por processos de acumulação de sedimentos.

Estas zonas processuais exercem uma relação direta com as diferentes paisagens que compõem a bacia, como também influenciam nas características dos vales fluviais, sendo que a observação e interpretação dessas zonas permite uma análise eficiente das bacias hidrográficas e, por conseguinte, uma avaliação competente do sistema fluvial (BRIERLEY e FRYIRS, 2013).

Os caminhos para uma melhor investigação sobre bacias hidrográficas perpassam, inicialmente, em entender o seu conceito, os elementos que compõem esse ambiente, suas interrelações e as diferentes formas de analisar uma bacia hidrográfica. Sob a ótica sistêmica é um importante momento para avaliar o funcionamento de uma bacia como um todo.

Para Lima (2008) a bacia hidrográfica é um bom exemplo de um sistema geomorfológico, no qual recebe energia do clima e dispensa energia através do deflúvio. A estrutura geológica influencia diretamente as características físicas da bacia, como sua área, forma e a extensão dos canais. O relevo, sobretudo, atua sobre a taxa e do regime de produção de água e sedimentos. Além dos aspectos físicos-naturais, uma bacia hidrográfica também recebe influências diretas do ambiente antrópico, principalmente no relativo às atividades antrópicas que, por vezes, geram modificações na organização paisagística; se estas

perturbações são capazes de gerar alterações na recepção e na liberação de energia, ou também na forma, é necessário que aconteça uma alteração que pretenda minimizar os efeitos dessa perturbação, na intenção de restaurar o estado de equilíbrio (resiliência) desse sistema (LIMA, 2008).

A bacia hidrográfica surge nessa pesquisa como forma de aplicabilidade da análise sistêmica, como também uma forma de delimitação da área de estudo, onde utilizou-se critérios não apenas sistêmicos, mais também relacionados ao planejamento e gestão ambiental e territorial dos domínios fluviais.

Ao utilizar a bacia hidrográfica como um objeto de gestão, é possível elaborar um estudo multidisciplinar, não apenas na intenção de desenvolvimento econômico, mais também social, pensando na qualidade de vida sustentável e buscando diminuir os impactos causados a estes ambientes. Essa gestão tem como objetivo proporcionar a utilização consciente, controle e proteção da água, buscando através de um planejamento seu melhor aproveitamento.

Para tanto, após a análise da bacia hidrográfica como um recorte sistêmico, realizou-se um estudo do vale fluvial, na intenção contribuir para entender as formas e os processos referentes ao sistema fluvial de forma mais detalhada, onde esses elementos contribuem diretamente na compreensão da paisagem fluvial.

2.2.2 Vale fluvial

Entende-se por vale fluvial as formas de relevo esculpidas como corredores ou depressões longitudinais, que são ocupadas por cursos d'água; representa uma forma topográfica que abrange o talvegue e duas vertentes. O vale não é apenas uma forma criada a partir da dissecação gerada por cursos fluviais, mais também mantém e refletem relações diretas com os processos atuantes nas vertentes interfluviais e curso fluvial, agentes internos como a dinâmica tectônica e a litologia, e dinâmica exógena relativa ao clima, cobertura vegetal e formas de uso da terra, ambos exercendo influências diretas na formação e morfodinâmica dos vales fluviais (GUERRA e GUERRA, 1997; CHRISTOFOLETTI, 1981).

Especificamente para os vales fluviais, segundo Christofolletti (1981), é importante a análise de três formas de evolução:

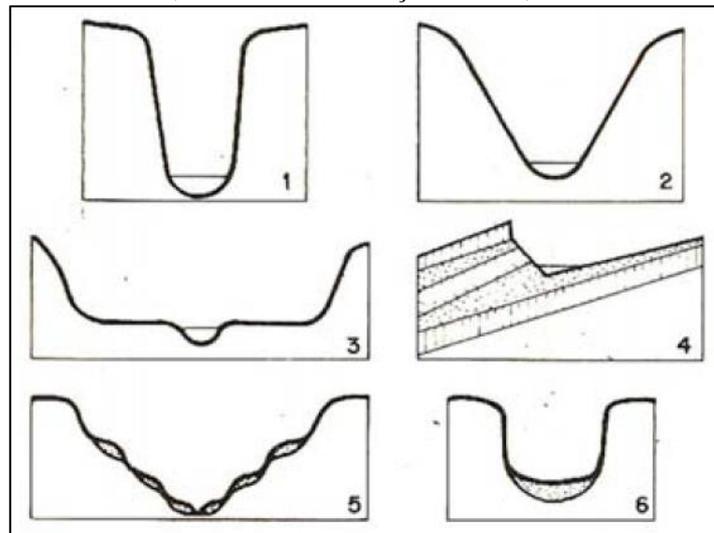
- 1 - Escavação do leito ou aprofundamento do talvegue, relacionado com a dinâmica do canal fluvial, do fluxo e da carga existente, além dos processos de erosão, transporte e sedimentação;

2 - Alargamento das vertentes, derivado da atuação dos processos morfogenéticos como: erosão lateral, escoamento pluvial e formação de ravinas e voçorocas, processos esses que influenciam na relação encosta-canal;

3- Aumento da extensão ou extensionamento do vale, decorrente da erosão regressiva, do aumento das curvas dos meandros e pelo prolongamento das suas desembocaduras devido por exemplo a movimentos eustáticos do mar e a formação de deltas.

De acordo com Christofolletti (1981) é possível definir alguns tipos básicos de vales como: o vale em Garganta, vale em V, vale em mangedoura, vale assimétrico, vale com terraços fluviais e vale em U (Figura 02). No perfil transversal dos vales é possível observar os diversos tipos, podendo variar sua localização ao longo do canal fluvial, devido aos processos atuantes tanto no canal quanto na vertente ao longo do seu percurso.

Figura 02 - Tipos básicos de vales: 1- vale em Garganta, 2 – Vale em V, 3 – Vale em mangedoura, 4 – Vale Assimétrico, 5 – Vale com Terraços Fluviais, 6 – Vale em U



Fonte: Christofolletti, 1981.

1. Vale em Garganta: vale estreito e entalhe profundo, específicos de rochas resistentes e podendo desenvolver-se em altitudes elevadas;
2. Vale em V: são vales que exibem vertentes simétricas, ocorrendo um equilíbrio entre o alargamento o entalhamento;
3. Vale em Mangedoura: expõe planície de inundação ampla e sua relação com a vertente por meio das rupturas de declive, que são acentuadas;
4. Vales em terraços fluviais: representam sucessões de ambientes deposicionais, causando vários degraus a partir da resistência do material depositado;
5. Vales assimétricos: são característicos de ambientes com superfícies inclinadas e mostra diferenças nas vertentes, habitual em estruturas monoclinais e dobradas;

6. Vales em U: típico em rochas resistentes, em ambientes fluviais e glaciais, onde apresentam fundo amplo e plano, com paredes íngremes.

As formas do vale indicam os processos operantes e o ambiente comum a determinado tipo de vale. Os principais critérios para classificar os vales são: o comando estrutural e o perfil transversal, onde é possível visualizar a sua morfologia (CHRISTOFOLETTI, 1981). O desempenho do rio pode ser modificado a partir das diferentes configurações do vale, pois em ambientes de vale confinado, por exemplo, o rio exhibe contato direto com as margens rochosas e vales estreitos, possibilitando o aumento na produção de sedimentos. Essas características atribuídas aos vales fluviais são determinantes na morfologia e no comportamento do canal fluvial.

2.2.3 Os canais fluviais

Os canais fluviais são um importante elemento presente nas bacias hidrográficas, entende-se por rio um corpo de água em movimento, reconhecido como o principal tronco de um sistema de drenagem (BIGARELLA, 2003; CUNHA, 2012). Para Bigarella (2003) na geomorfologia o termo rio, designa a corrente canalizada, no geral seria um corpo de água corrente confinada em um canal, podendo se referir também aos canais sem água das regiões mais secas, segundo Christofolletti (1980) rio é uma corrente de água, mais ou menos caudalosa, que desagua noutra no mar, lago ou em outro rio, esse termo aplica-se exclusivamente a qualquer fluxo canalizado e por vezes destituído de água, sua funcionalidade é para escoamento, componente importante do ciclo hidrológico.

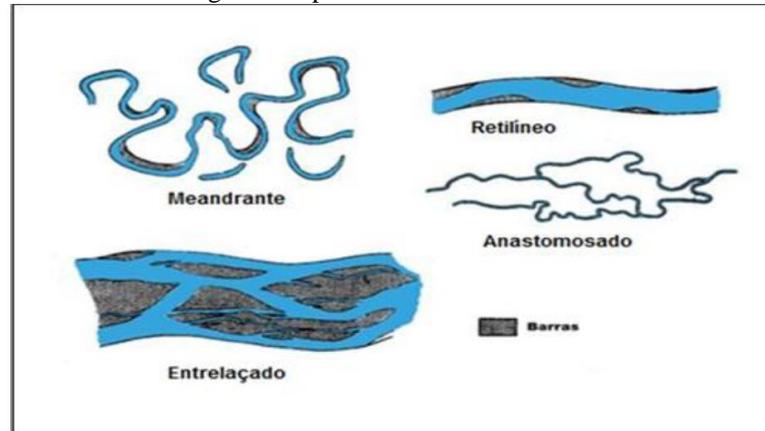
A água é o principal elemento desse sistema, sendo com base no fornecimento de água é possível classificar os rios em efêmeros que são aqueles rios que só possuem água após as chuvas, por um curto período de tempo; os intermitentes apresentam água em algumas épocas do ano e secam em outras, recebendo temporariamente fluxo de água do lençol freático; e os perenes apresentam água permanente em seus canais (BIGARELLA, 2003; CUNHA, 2012).

Para Leopold e Wolman (1957) os canais apresentam trechos em padrões meandranes, retilíneos, anastomosados e entrelaçados, esses padrões são determinados a partir da fisiologia que o rio exhibe (Figura 3).

No padrão retilíneo, o canal expõe uma linearidade, não apresentado desvios. O padrão meandrante manifesta-se a partir das curvas sinuosas. Os canais entrelaçados são classificados a partir dos inúmeros canais formados, e da alta carga de sedimentos. O padrão anastomosado,

são ramificações que ocorrem ao longo de um canal único, também apresenta alta carga de sedimentos, em locais de baixo gradiente.

Figura 03 - padrões dos canais fluviais



Fonte: Christofolletti (1981) apud Silva e Girão (2016).

O volume de água em um determinado canal é influenciado por alguns fatores que exercem influência direta no regime fluvial, esses fatores são: precipitação, infiltração e vegetação, que variam a partir da localização geográfica, como também do tempo. Para as características hidrológicas, estas são influenciadas pela topografia e geologia de uma bacia, sendo que as condições topográficas, como altitude e orientação da bacia, exercem uma relação direta com os aspectos climáticos (BIGARELLA, 2003).

O rio é um importante elemento transformador do relevo terrestre, isto por que a partir da atividade fluvial, desempenhada ao longo do canal, é possível evidenciar na paisagem as diversas feições geomorfológicas originadas desse exercício. Para compreender a dinâmica geomorfológica fluvial é importante conhecer os processos de erosão, transporte e deposição de sedimentos, entender esses processos significa reconhecer a formação e evolução das superfícies que abarcam o domínio fluvial (BIGARELLA, 2003; CUNHA, 2012).

A capacidade de realizar os trabalhos fluviais de erosão, transporte e sedimentação está diretamente relacionada com alguns elementos que precisam ser levados em consideração, como: a energia do rio, seja ela potencial ou cinética, e a velocidade do fluxo, que depende de fatores como declividade, volume de água e forma da seção. O fluxo da água aumenta em direção a jusante, onde duas forças atuam sobre ele: a gravidade relacionada ao peso das partículas, atuando verticalmente sobre elas, e a fricção, força que promove o retardamento, ou seja, sua direção é contrária à do fluxo, sendo o trabalho fluvial inversamente proporcional a força de fricção, isto é, ele aumenta quando a fricção diminui. A carga também aumenta em

direção a jusante e se por algum motivo o fluxo é diminuído, ocorrerá, assim o processo de deposição (BIGARELLA, 2003; CUNHA, 2012; CHRISTOFOLETTI, 1980).

Para Bigarella (2003) a erosão, transporte e deposição são processos que não podem atuar separadamente, eles são interdependentes que atuam no espaço e no tempo. A capacidade de erosão depende das partículas que são transportadas, os movimentos influem nos processos erosivos nas rochas, como também ao atingir um nível de base o fluxo é reduzido, ocorrendo deposição de sedimentos. Importante ressaltar que os níveis de base são elementos controladores de um rio, garantindo o seu perfil de equilíbrio.

O perfil longitudinal de um rio expressa claramente a ideia de um equilíbrio dinâmico. Esse perfil mostra a declividade, ou gradiente de um rio, que expõe à relação entre a altimetria e comprimento do canal, da nascente até a sua foz, ou seja, a variação da elevação que gera mudanças de declive, sendo considerado um perfil típico côncavo e com declividades diminuindo em direção a jusante (BIGARELLA, 2003; BRIERLEY; FRYIRS, 2013; CHRISTOFOLETTI, 1980).

Ainda segundo Brierley e Fryirs (2013) a forma como é apresentado o perfil longitudinal expressa às alterações ambientais em diferentes escalas e intervalos de tempo sobre as bacias hidrográficas. Bigarella (2003) enfatiza que o perfil longitudinal é o resultado do trabalho fluvial estabelecendo uma relação de equilíbrio entre capacidade e competência, em um sentido, e quantidade e granulometria da carga detrítica, em outro sentido. Esta relação inversa pode indicar mudanças tanto na morfologia quanto na declividade ao longo do canal.

Segundo Cunha (2012) uma das formas que o rio encontra para retomar ao seu estágio de equilíbrio é a partir da erosão das margens e também nas mudanças na própria geometria do leito. As formas do leito do canal são criadas a partir da relação entre a descarga e os sedimentos transportados, pois para Christofolletti (1981) as formas originadas de ambientes fluviais estão relacionadas com aos processos de erosão e sedimentação. Os processos erosivos ocasionam formas topográficas relacionadas às forças erosivas exercidas pelo fluxo nas formações rochosas presentes no leito e nas margens, os processos de deposição originam formas de acumulação de sedimentos, a partir da diminuição da energia e também da topografia, relacionado com o nível de base.

O comportamento fluvial segundo Brierley e Fryirs (2013) é determinado pela relação entre o fornecimento de sedimentos e a energia relativa disponível para transportar ou depositar esse material. O comportamento fluvial e as suas formas de relevo refletem correlações com acontecimentos ambientais, seja em uma escala local ou regional. Entender o sistema fluvial

significa que essas formas são originárias a partir de diferentes respostas exercidas nesse ambiente, dependendo da intensidade das perturbações e da resistência desse ambiente.

2.3 CLASSIFICAÇÃO DE ESTILOS FLUVIAIS

Os estilos fluviais (*river styles*) é uma classificação geomorfológica de trechos de canais proposta por Brierley e Fryirs (2000; 2005). Segundo os autores supracitados esta classificação reuni um conjunto de características geomorfológicas e hidrodinâmicas, sendo marcadas a partir de segmentos de rio, ou seja, os estilos fluviais são especificados a partir de delimitações de seções, isto por que esses ambientes apresentam uma ampla diversidade fluvial, considerando que os elementos do meio influenciam diretamente nos atributos de trechos de um rio. Esta classificação observa e analisa, em uma escala de trecho de canal, para posteriormente delimitar diferentes tipologias para cada segmento considerado.

A investigação estabelece uma relação espacial e temporal avaliando a morfologia do rio, seus processos formativos e as principais mudanças do canal, com a finalidade de interpretar esse ambiente e também o potencial de recuperação dos domínios fluviais (BRIERLEY e FRYIRS, 2005). Os estilos fluviais propiciam a compreensão do comportamento e da evolução do sistema fluvial, sendo os trechos/segmentos de canal analisados a partir de três principais elementos norteadores desta classificação: pela planta do canal, pelas unidades geomórficas da bacia e pela textura do leito (BRIERLEY e FRYIRS, 2005; SOUZA, 2014).

Para Lima e Marçal (2013) a utilização dos estilos fluviais permite identificar a relação entre os processos e as formas, observando que o rio é um sistema físico com um contexto evolutivo e como elemento formador da paisagem. Segundo Brierley e Fryirs, 2005 essa classificação fornece informações em diferentes níveis de detalhe, apresentando um modelo físico da bacia, permitindo realizar uma avaliação do comportamento e evolução do rio, interpretando a relação forma-processo e propiciando estratégias de planejamento e gestão ambiental e mesmo territorial a nível de bacia hidrográfica.

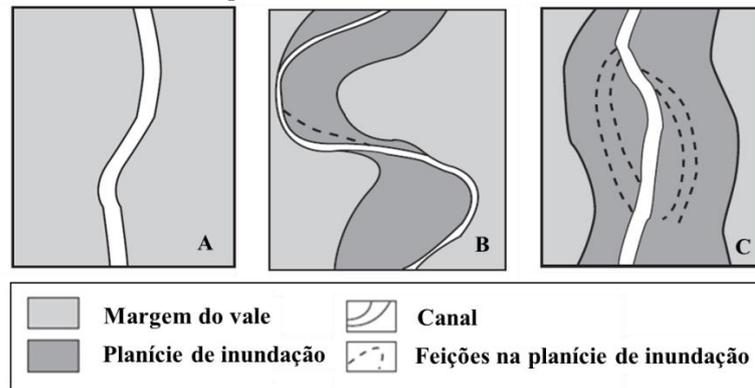
A classificação de estilos fluviais pode ser aplicada em qualquer ambiente, sendo importante destacar algumas características: o tipo de confinamento do vale, a planta do canal, as unidades geomórficas e a textura do material de leito.

Salienta-se que o confinamento do canal é um elemento determinante nessa proposta, estando diretamente ligado às formas e processos de um determinado trecho. Determinar o tipo de confinamento do vale tem como finalidade indicar a ocorrência, ou não, do extravasamento do fluxo além do canal, reconhecendo se em período de alta vazão o fluxo permanece dentro

do canal ou extravasa para as margens produzindo sedimentação (BRIERLEY e FRYIRS, 2005; SOUZA, 2012).

As tipologias de confinamento do vale, que é determinado pela presença/ausência e distribuição das planícies de inundações, são (Figura 4) (BRIERLEY e FRYIRS, 2005; 2013):

Figura 04: Configuração de vale - A: exemplo de vale confinado; B: exemplo de vale parcialmente confinado e C: exemplo de vale lateralmente não confinado.



Fonte: Brierley e Fryirs, 2005 (Adaptado)

- Vale confinado, ocorre quando menos de 10% de planície de inundação e esse trecho é praticamente todo contido dentro do canal;
- Vale parcialmente confinado reflete a presença de 10 a 90% da planície de inundação de forma descontínua, com a presença de materiais antigos e coesos, e também formação de várzeas;
- Vale lateralmente não confinado apresenta mais de 90% de planícies de inundação contínuas, permitindo a função dos canais retrabalhar os seus limites.

A forma em planta do canal é determinada pelas relações morfométricas e padrões de drenagem, podendo ser aplicadas para essa proposta o número de canais, podendo ser identificados com base em canais únicos, até três canais ou mais de três canais; a sinuosidade, estabelecendo a relação entre canais com baixa, alta e moderada sinuosidade e a estabilidade lateral indicam a capacidade do canal de se ajustar a sua posição.

As unidades geomórficas são relevantes na interpretação do comportamento do rio, sendo um parâmetro importante para definição dos estilos, que podem ocorrer em qualquer configuração de vale. A textura do material de leito pode ser evidenciada com base no calibre do material encontrado ao longo do canal, este calibre do material reflete a geologia (litologia), a energia de fluxo e o transporte de sedimentos (BRIERLEY e FRYIRS, 2005; 2013).

Essa proposta de classificação é dividida, segundo os referidos autores, em quatro fases ou estágios de desenvolvimento: primeiro estágio consiste na levantamento geral das

características e do comportamento do rio, como também na definição e interpretação dos estilos fluviais; segundo estágio: avaliação da evolução do rio, das condições geomórficas e da capacidade de ajuste dos estilos; estágio três: Previsão da provável condição futura do rio baseando-se na análise do potencial de recuperação e no estágio quatro aborda as implicações para a gestão dos rios.

Na presente pesquisa, apenas os estágios um e dois serão utilizados, isto por que no primeiro estágio é realizado um estudo prévio do rio, seu comportamento e identificação das unidades geomórficas presentes no canal, determinando, assim os estilos fluviais e, no estágio dois, é realizado uma avaliação das condições geomorfológicas do rio, como também uma apreciação da evolução deste ambiente e da dinâmica fluvial da bacia como um todo.

A não realização dos estágios seguintes dessa proposta de tipificação de trecho de canais é devido ao tamanho da área de estudo e a necessidade de uma temporalidade maior para sua aplicação, deixando os estágios três e quatro para um momento de pesquisa *a posteriori*.

Os trabalhos realizados pelos idealizadores dessa proposta, Brierley e Fryirs, (2000; 2005), contribuíram para o entendimento da árvore processual dos estilos fluviais, para a definição das diferentes tipologias, como também para a compreensão de cada passo da metodologia. Sua principal obra *Geomorphology and river management: applications of the river styles framework* utiliza a bacia do rio Bega na Austrália, e apresenta como finalidade o manejo fluvial a partir da aplicação dos estilos fluviais. Estes autores contribuíram no sentido de entender a aplicabilidade dos estilos fluviais em diferentes ambientes, e na definição das tipologias, assim como também realizar adaptações à proposta inicial, visto que existe uma diversidade de ambientes fluviais, e cada ambiente é regido por características próprias, sendo necessárias adaptações.

O estudo também foi fundamentado em autores que trabalharam os estágios iniciais da proposta de estilos em diferentes ambientes como Lima e Marçal (2013), que pesquisou os estilos fluviais para a bacia do rio Macaé/RJ, dentro de um contexto de ambiente úmido, com intensa interferência antrópica devido ao processo de urbanização. Nesta pesquisa foi realizada a identificação dos estilos fluviais, a capacidade de ajuste de cada canal e as influências antrópicas em cada estilo, além da confecção de um mapa sobre a conectividade da paisagem do ambiente fluvial estudado.

Também dentro da perspectiva de ambientes úmidos, na dissertação de Kleina (2016) foi trabalhada a sensibilidade fluvial na bacia do riacho Sagrado/PR, utilizando estilos fluviais sob a ótica de análise da evolução do sistema fluvial, como também os ajustes fluviais e sensibilidade do ambiente fluvial a partir dessa avaliação.

As pesquisas de Souza (2014) e Almeida (2017) trabalharam estilos fluviais sobre a perspectiva do semiárido brasileiro, o primeiro consistiu na elaboração de um modelo de evolução da dinâmica fluvial da bacia do riacho do Saco/PE, onde a aplicação da metodologia de estilos foi direcionada a observar como se comporta o ambiente fluvial a possíveis mudanças. O segundo autor trabalhou a desconectividade da paisagem e compartimentação fluvial na bacia do riacho Grande/PE utilizando os estilos fluviais com intuito de compreender o comportamento e evolução fluvial, além de contribuir para o planejamento gestão ambiental.

Diante disso, o presente trabalho trará um enfoque da utilização de estilos fluviais em ambientes urbanos, tornando-se necessário acrescentar fatores antrópicos nas modificações dos canais, onde as ações de retirada de vegetação e uso e ocupação da terra precisam ser incorporadas nesta proposta. Na primeira fase da metodologia outras informações podem ser incorporadas ao quadro de estilos, principalmente ao que se refere as modificações urbanas, buscando analisá-las de uma forma significativa nesta proposta (FRYIRS e MCNAB, 2015).

O quadro de estilos fluviais deve ser aplicado segundo a metodologia do Brierley e Fryirs (2005), utilizando algumas modificações para aplicação de estilos fluviais em ambientes urbanos como caracteriza Fryirs e McNab (2015), conforme os autores os estilos fluviais identificados como não contendo modificações urbanas diretas, são chamados de convencionais, já os estilos que apresentarem modificações urbanas pontuais ou ao longo do trecho serão chamados de modificados, contendo um (M) ao final do nome.

Pode ocorrer em ambiente urbano que os estilos não sejam facilmente reconhecidos, neste caso será relacionado apenas a forma em planta do canal, seguido do (M) de modificado, isso pode ocorrer quando não é possível descrever as unidades geomórficas e também a textura do material de leito. Importante considerar que se não é possível identificar essas características para a definição dos estilos, significa que essa modificação é significativa no trecho, refletindo na extensão dessa modificação e no ajuste do canal (FRYIRS e MCNAB, 2015).

A capacidade de ajuste de um canal está relacionada à propensão a mudanças, uma predisposição a adaptações na morfologia, seja de forma equilibrada ou não. A identificação dos ajustes de um canal está diretamente elencada com a evolução dos ambientes fluviais, como também uma apreciação a partir de um sistema dinâmico, quando as mudanças do canal fluvial foram geradas mediante diferentes perturbações exercidas neste sistema, no qual suplantaram as forças resistentes e os limiares de equilíbrio (BRIERLEY e FRYIRS, 2005; KLEINA, 2016; LIMA e MARÇAL, 2013).

É importante ressaltar a correlação de três conceitos: o comportamento do rio, o ajuste fluvial e as mudanças, uma vez que, o comportamento do rio está relacionando com os

mecanismos de erosão e/ou deposição, esses fatores determinam na morfologia, isso na escala do canal, quando vai propiciar os ajustes, essa capacidade de ajuste desse ambiente pode determinar se ocorrerá mudanças ou não nesse sistema, podendo, assim, avaliar seu processo evolutivo e se essa relação existe de forma harmônica e equilibrada. As análises destes elementos dentro do contexto de uma bacia hidrográfica tornam-se significativos para gestão dos rios (LIMA e MARÇAL, 2013).

Os ajustes podem ser: vertical, que ocorre mediante modificações no leito do canal, como soerguimentos e incisões no leito; lateral, relacionado a modificações nas margens dos canais, seja alargamento ou estreitamento; ajuste de estilos, referentes a mudanças no estilo do rio, ocorrendo devido a processos como, por exemplo, climáticos, o qual causaram mudanças bruscas nos estilos fluviais (SOUZA, 2014).

Essa capacidade de ajustamento representa o limiar para ocorrência de alterações, pois cada estilo fluvial tem propensão diferente para ajustar sua morfologia, isto por que cada seção do rio apresenta condições uniformes, mas diferenciadas de outras seções, isso devido, principalmente, as distintas formas de comportamento que o rio pode apresentar ao longo do seu percurso. Para um estilo fluvial este ajustamento representa o limite do desempenho destas formas; as repostas potenciais as perturbações e as mudanças processuais e comportamentais poderão gerar um novo estilo (FRYIRS, 2003).

Como processo natural, o rio constantemente ajusta sua morfologia a partir das forças de perturbação e a propensão a mudanças, que são partes integrantes deste sistema aberto, além de importante elemento da dinâmica evolutiva da paisagem. É significativo relacionar esses processos na avaliação das condições geomorfológicas do rio, uma vez que estão diretamente relacionadas com o estado de equilíbrio destes ambientes (BRIERLEY e FRYIRS, 2005; FRYIRS, 2003).

2.4 ATIVIDADE ANTROPOGÊNICA SOBRE O SISTEMA FLUVIAL

A água é um importante recurso para o ser humano. Historicamente os rios sempre mantiveram uma relação direta com a humanidade, pois o crescimento de grandes civilizações sobreveio a partir de rios próximos a lócus ocupacionais, estando as atividades destas civilizações ligadas a sistemas fluviais.

Porém, nos últimos séculos, a utilização dos recursos hídricos tem crescido significativamente em decorrência da gradativa demanda por água, ampliada em diversos setores da economia, incluindo também o aumento populacional e o desenvolvimento de

equipamentos urbanos e tecnológicos. Esta intensificação da procura e utilização dos cursos d'água acarretaram impactos que conseqüentemente produzem mudanças nos ambientes fluviais (BRIERLEY e FRYIRS, 2013; BOTELHO, 2011; STEVAUX, 2017).

Em diferentes escalas os seres humanos desenvolveram/desenvolvem atividades sobre as bacias hidrográficas que acabaram/acabam promovendo alterações nos cursos fluviais naturais, principalmente pelo manejo inadequado da terra. O ser humano, que era considerado apenas um componente do ecossistema, passou a dominar o meio físico e a controlar a matéria e a energia necessária para suas próprias pretensões (BOTELHO, 2011; SILVA e RODRIGUES, 2006; DREW, 2005).

Rodrigues (2010) apresenta em seus estudos algumas preocupações a respeito da ação dos seres humanos sobre o contexto geomorfológico, onde a mesma apresenta propostas para os estudos referentes a esta temática, na intenção de contribuir para uma análise satisfatória de problemáticas, como: observar que as ações antrópicas são também geomorfológicas na superfície terrestre; observar a dinâmica, bem como a história evolutiva destas intervenções, uma vez que é importante verificar o estágio antes e depois destas perturbações; aplicação dos estudos em diversas escalas temporais e espaciais, assim como, baseado na cartografia de detalhe e utilizando-se da abordagem sistêmica, considerar um sistema geomorfológico em que os seres humanos podem modificar e criar subsídios para formação de outros sistemas (FAGUNDES, 2012).

As atividades antropogênicas que geram mudanças nos sistemas fluviais podem ser diferenciadas a partir dos impactos que acarretam nestes ambientes. Assim, formas de perturbações podem ser classificadas em diretas e indiretas.

As modificações diretas são consideradas intencionais, ou seja, são atividades exercidas diretamente nos canais fluviais, com o objetivo de controlar as vazões, abastecimento de água e geração de energia, estabilizar as margens e trabalhos de engenharia estrutural na intenção de atenuar as enchentes. Estas ações modificam propositalmente o caráter e comportamento dos canais fluviais (BRIERLEY e FRYIRS, 2013; BOTELHO, 2011; GREGORY, 2006; KNIGHTON, 1984; PARK, 1981).

As obras de engenharia, como canalização, alargamento e aprofundamento dos canais, construções de pontes e diques artificiais, podendo ser agravados em função da intensidade e da dimensão das obras e técnicas utilizadas, podem desencadear o aumento da erosão nas margens e o assoreamento, além de mudanças em toda geometria do canal, alterando o perfil longitudinal e o padrão do canal, gerando mudanças na dinâmica natural, obrigando o sistema a procurar novas formas de ajustes (CUNHA, 2012; STEVAUX, 2017).

Os impactos indiretos são gerados a partir de atividades secundárias, ou seja, são realizadas fora do canal, porém dentro do contexto da bacia hidrográfica, em domínios interfluviais, como: desmatamento, construções inadequadas, atividade agrícola, urbanização e alterações no uso e cobertura da terra. Essas modificações afetam a produção, descarga e equilíbrio dos fluxos de sedimentos, aumentando a erosão e deposição de sedimentos dentro do canal, comprometendo também equilíbrio dinâmico do ambiente fluvial (BRIERLEY e FRYIRS, 2013; BOTELHO, 2011; KNIGHTON, 1984; PARK, 1981).

A ocupação humana modifica a natureza, substituindo matas ciliares por terras cultivadas ou promovendo o avanço na urbanização. A mata ciliar desempenha função de proteger contra o aumento da erosão, influenciar no manejo da água, evitando/minimizando o assoreamento, além de preservar a fauna e flora local (CUNHA, 2012, NIR, 1983). Os desmatamentos gerados pela construção indevida, visando entre outros aspectos o crescimento de áreas urbanas, sem o planejamento necessário e sem condições de saneamento contribuem na intensificação dos processos erosivos trazendo problemas para os canais fluviais.

A erosão superficial é causada, principalmente, pela retirada da cobertura vegetal nas margens e interflúvios, que permite ao solo exposto o impacto direto com a água da chuva, deixando o material, geralmente rico em nutrientes e matéria orgânica, inconsolidado, sendo removido do local para algum nível de base, causando o empobrecimento do solo. A preservação das bacias hidrográficas está diretamente relacionada com a utilização do solo em sua área, logo a qualidade da água depende das atividades desenvolvidas na bacia, onde cada ação estabelece uma influência nos cursos d'água (CUNHA, 2012).

2.4.1 impactos das atividades agrícolas no sistema fluvial

A agricultura é um dos ramos da economia onde mais utiliza-se recursos hídricos, sobretudo para irrigação. Deve-se ressaltar que muitas vezes as práticas agrícolas são realizadas de forma incorreta, instalando-se em ambientes inapropriados, seja quanto ao tipo de solo, ou em relação ao relevo, como em áreas declivosas, que dificultam o abastecimento de água (LUNARDI e RABAIOLLI 2013).

As atividades agrícolas apresentam-se como impactos indiretos sobre os canais fluviais, sobretudo pelo manejo inadequado do uso da terra e pela substituição das matas ciliares para utilização como áreas cultivadas (STEVAUX, 2017). Embora as ações urbanas venham ganhando destaque em relação aos problemas relativos aos canais fluviais, as atividades agrícolas trazem consideráveis mudanças, sobretudo na qualidade da água, no aumento do

escoamento superficial e no assoreamento dos canais (CUNHA, 2012; SCHNEIDER, *et al.*, 2012).

A utilização de produtos químicos como fertilizantes, herbicidas e inseticidas, acarretam o empobrecimento do solo e contaminação dos cursos d'água, a partir do escoamento superficial esses produtos são carregados e chegam aos canais fluviais. A presença de substâncias como nitrato e fosfato derivado dos agrotóxicos, indica que a qualidade da água foi afetada pelas atividades agrícolas (RIBEIRO *et al.*, 2006).

Para produção em áreas agrícolas são necessárias modificações no solo, para poder receber as diferentes culturas, no geral esse processo ocasiona modificação na rugosidade do solo, retirando a vegetação natural, por vezes, deixando o solo exposto, aumentando o escoamento superficial e nos eventos intensos de chuvas a velocidade da água também se intensifica, contribuindo para a intensificação da erosão, sobretudo linear (SCHNEIDER *et al.*, 2012; STEVAUX, 2017)).

Esse tipo de atividade não altera apenas a qualidade da água, como também intensifica os processos erosivos, gerando maior produção de sedimentos que são depositados dentro do canal, contribuindo para o assoreamento.

As margens fluviais são utilizadas como áreas cultivadas a partir da erradicação da mata ciliar, que leva a intensificação de processos erosivos nas margens dos canais, deixando as margens erodidas e solapadas, contribuindo para alargamento do canal com deposição de sedimentos no leito e mudanças no processo de transporte de sedimentos.

Vale destacar que as matas ciliares exercem a função de proteção, diminui a erosão marginal, possibilita a infiltração, controla o assoreamento e reduz a chegada dos produtos químicos dentro do canal. Essa situação torna-se preocupante, necessitando de medidas eficazes de monitoramento e técnicas de manejo correto do uso da terra, visando atenuar as interferências antrópicas (CUNHA, 2012; RIBEIRO *et al.*, 2006).

2.4.2 Impactos do uso da terra urbano sobre o sistema fluvial

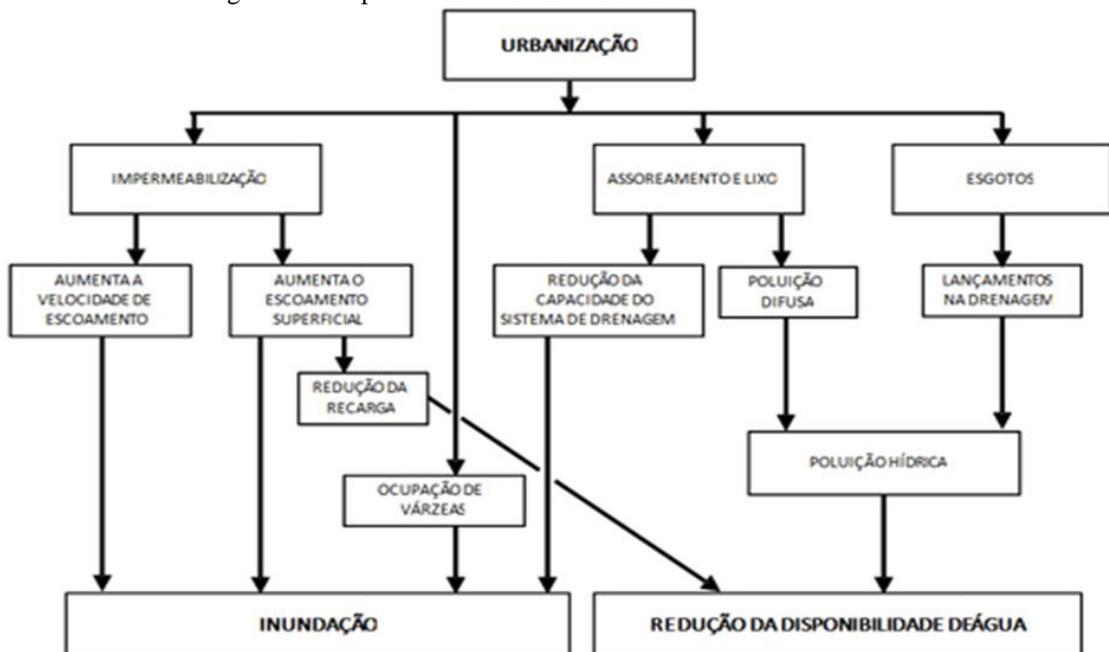
O processo de urbanização mundial foi intensificado na Europa desde a revolução industrial na Inglaterra, a partir do último quartel do século XVIII, só foi intensificado no Brasil a partir da segunda metade do século XX, trazendo consigo diferentes formas de uso e ocupação do espaço, modificando o cenário das cidades através, inicialmente, da expansão horizontal do desenvolvimento de equipamentos urbanos. Como consequência desse crescimento urbano houve também um aumento populacional urbano a partir da década de 1950, em decorrência

do processo migratório intensificado pelo êxodo rural, na pretensão por trabalho e melhores condições de vida nos centros urbanos em crescimento (LOPES e MENDONÇA, 2010).

A urbanização ocasionou profundas transformações na paisagem, onde as ações não planejadas promoveram respostas negativas dos aspectos físicos-naturais, sobretudo do sistema hidrológico (CARVALHO *et al.*, 2010;). Estes agravos decorreram das atividades de uso da terra para construções de edifícios, residências, ruas, calçadas, dentre outros aparatos estruturais.

Na figura 05 é possível observar as principais ações e os problemas relacionados à urbanização, sobretudo relativos à drenagem em ambiente urbano. Atenta-se que a expansão da estrutura modifica o equilíbrio fluvial, no qual os canais fluviais apresentam capacidades superiores de ajustes e maior necessidade de encontrar formas de resiliência (LOPES e MENDONÇA, 2010).

Figura 05 - Impactos do uso da terra urbano nos recursos hídricos.



Fonte: <http://www.abap.org.br> ano.

No ambiente urbano o equilíbrio ambiental vem sendo modificado, não apenas por alterações nos processos naturais, como também pela expansividade e intensificação dos processos antrópicos. Devido a redução das áreas vegetadas e do acréscimo na impermeabilização o processo de infiltração é reduzido, ocasionado modificações no fluxo e na produção de sedimentos, além do aumento da erosão linear (BOTELHO, 2011).

Segundo Cunha (2012), as intervenções antrópicas nos cursos d'água que se processaram a partir de então, especialmente nas grandes cidades brasileiras, geraram um novo quadro urbano, uma nova paisagem urbana, com novos elementos e uma nova dinâmica.

Devido à nova dinâmica fluvial, em que o rio necessita ajustar-se ao espaço urbano, e as atividades em sua volta, principalmente por causa das ações de canalização, diminuição do seu leito, obras de drenagem e retificação, estas acabaram por modificar a paisagem natural, colocando o ser urbano como uma das principais forças de perturbações e impulsionador de mudanças sobre um sistema fluvial (STEVAUX, 2017).

O fluxo e a produção de sedimentos são diretamente induzidos pelas questões urbanas, pois os fluxos são determinados a partir de fatores como regime de escoamento, taxa de água propagada no sistema e porcentagem de áreas impermeáveis, eles influenciam na carga, no controle e na instabilidade do fluxo no canal (LEOPOLD, 1968).

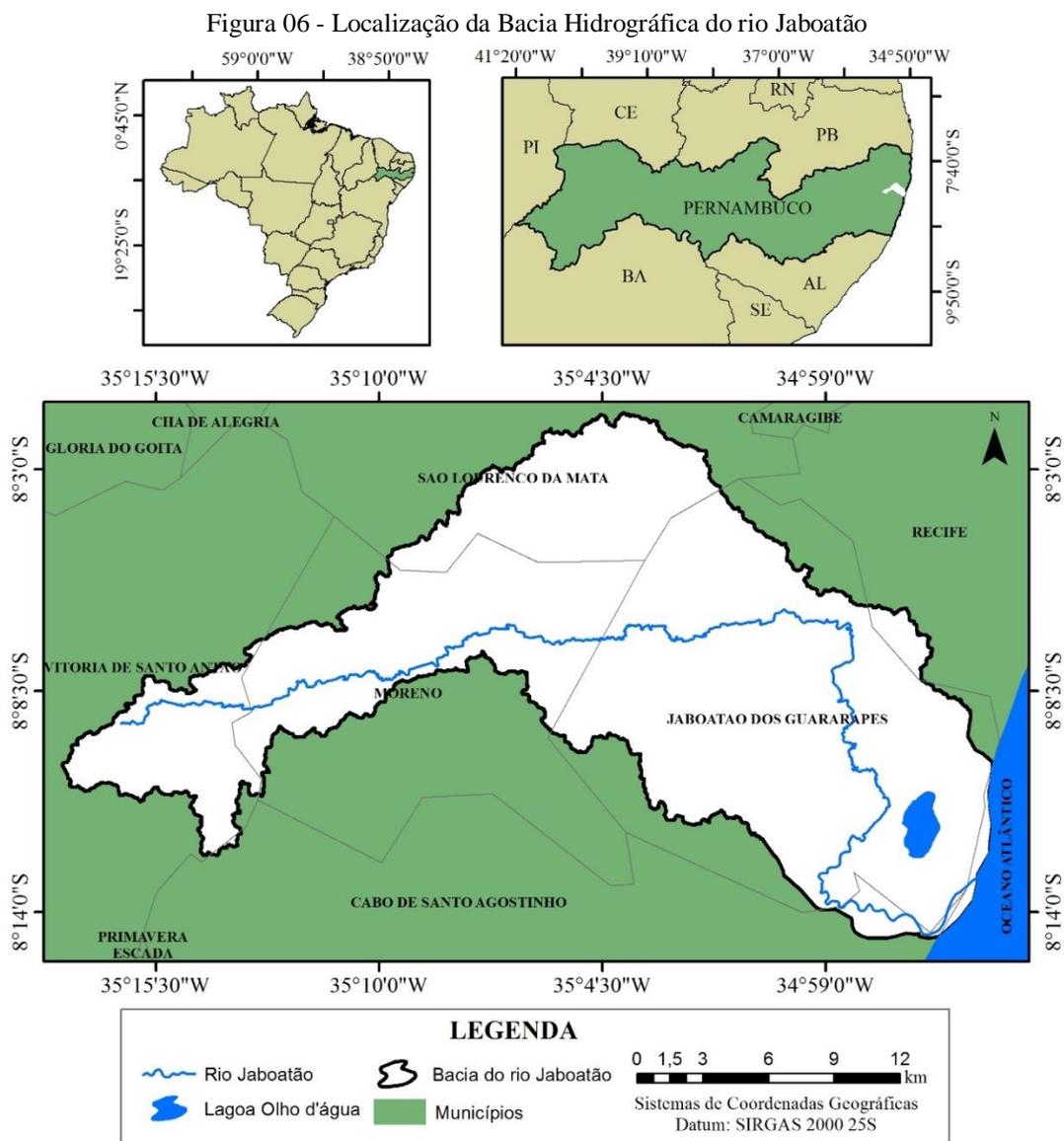
Em algumas áreas urbanas os canais fluviais apresentam uma redução de tamanho, devido as construções antrópicas, processo de aterramento e deposição de material tecnogênico nos canais urbanos, sendo necessário várias décadas para um ajuste na ampliação dos canais e uma nova configuração no seu estado de equilíbrio (CHIN, 2006).

A retirada dos meandros para a retificação e canalização de rios, podem trazer efeitos contrários, uma vez que a sinuosidade dos canais contribui para dissipar a energia acumulada nos trechos de maior declividade, pois quando o fluxo chega em áreas de baixa declividade, o canal meandra, onde o processo de deposição torna-se predominante. Essa retificação acarreta aumento da velocidade das águas, maior transporte de sedimentos e, conseqüentemente, assoreamento das áreas à jusante, intensificando os processos de enchentes e inundações (BOTELHO, 2011).

Para Gregory (2006) alguns desafios persistem na consideração do papel da sociedade humana contemporânea nas mudanças nos canais fluviais, sobretudo urbanos. Para o autor supracitado previsões de determinadas mudanças em um determinado local ainda são incertas. Outro ponto é a questão da temporalidade das mudanças, onde os efeitos de *feedback* podem ter ocorridos por meio de influências não apenas de um evento individual, mas a partir de respostas a eventos de décadas ou séculos passados, a depender do período de retorno. Essas variáveis, sobretudo o papel antrópico, precisam ser consideradas na análise e compreensão de ambientes fluviais.

3 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A Bacia Hidrográfica do Rio Jaboatão (BHRJ) está localizada na Mata Sul do estado de Pernambuco (Figura 06), entre as coordenadas $08^{\circ} 03' 0''$ e $08^{\circ} 14' 0''$ de latitudes sul e $34^{\circ} 59' 0''$ e $35^{\circ} 15' 30''$ de longitude oeste. A BHRJ está incluída no grupo de pequenas bacias litorâneas do estado de Pernambuco, abrangendo seis municípios: Vitória de Santo Antão, Moreno, Jaboatão dos Guararapes, São Lourenço da Mata, Cabo de Santo Agostinho e Recife. Apresenta uma área territorial de cerca de 420 km^2 , dispendo ao rio Jaboatão uma extensão de 75 quilômetros.



Fonte: Autora, 2018

O mapa da Figura 06 apresenta os limites da BHRJ. Com exceção do município de Vitória de Santo Antão, os outros cinco municípios que compõem a bacia pertencem a Região Metropolitana do Recife.

A nascente está localizada no município de Vitória de Santo Antão em terras a montante do Engenho Pereira (MOREIRA, 2007), estando sua foz localizada em Barra de Jangada, bairro do município de Jaboatão dos Guararapes. Limita-se ao leste com o oceano atlântico, ao sul com a bacia do rio Pirapama, ao norte com a bacia do rio Tejipió e ao oeste com a bacia do rio Capibaribe.

A bacia apresenta um contexto natural e social diversificado, comportando áreas urbanas, como também áreas de proteção ambiental e reservas ecológicas, como as matas dos engenhos Jardim, Jangadinha, Salgadinho e as matas de Mussaíba e do Manassu, localizadas em Jaboatão dos Guararapes, e o engenho Moreninha, localizado em Moreno (MOREIRA, 2007). Comporta, ainda, centros industriais e também uma vasta monocultura, sobretudo da cana de açúcar.

3.1 CONTEXTO POPULACIONAL E SOCIOECONÔMICO

A bacia hidrográfica em questão é composta por municípios importantes da Zona da Mata e Região Metropolitana do Recife, uma vez que exercem influência significativa, sobretudo na economia e na demografia da porção leste do estado (Tabela 01).

O município de Jaboatão dos Guararapes abrange maior parte da bacia (51,40 %), exercendo maior atuação no comitê de gestão, seguido do município de Moreno com 22,20 % da área, em seguida do município de São Lourenço da Mata com 13,13% e de Vitória de Santo Antão que contempla 9,12 %, o restante da área está incluída em Recife com 1,22% e o Cabo de Santo Agostinho com 2,15%, de menores proporções.

Tabela 01 - Aspectos demográficos e territoriais.

MUNICÍPIOS	POPULAÇÃO TOTAL	DENSIDADE (hab/km ²)	ÁREA (Km ²)	ÁREA NA BHRJ (Km ²)
Vitória de Santo Antão	129.974	348,8	335,941	38,34
Moreno	56.696	289,16	196,072	93,25
Jaboatão dos Guararapes	644.620	2.491,82	258,694	215,91
São Lourenço da Mata	102.895	392,57	262,106	55,18
Recife	1.537.704	7.039,64	218,435	5,06
Cabo de S. Agostinho	185.025	412,33	448,735	8,93

Fonte: IBGE, Censo Demográfico (2010).

O quantitativo populacional dos municípios que compõem a bacia é expressivo, apresentando as maiores taxas do estado. Aproximadamente 600 mil habitantes habitam na BHRJ. Na tabela 01 é possível observar que a cidade do Recife apresenta o maior número de habitantes, porém sua área pertencente à bacia é relativamente inferior, apenas 5,06 km², ou seja, sua atuação sobre a dinâmica dessa área é inexpressiva, enquanto o município de Jaboatão dos Guararapes ocupa 215,91 km² da área pertencente a BHRJ.

O município de Jaboatão dos Guararapes localiza-se ao sul da RMR, apresenta-se como o segundo município com maior número de habitantes do estado de Pernambuco, com uma densidade demográfica de 2.491,82 hab/km², sendo considerado um município populoso e também povoado. Segundo o último Censo Demográfico do IBGE (2010) o município apresenta 97,82% da população residindo em áreas urbanas. Este “inchaço” populacional nas áreas urbanas vem provocando problemas, sobretudo para o rio Jaboatão, visto que no seu percurso ele perpassa por todo o ambiente urbano, presente não apenas em Jaboatão dos Guararapes, como também na cidade de Moreno.

Já o município de Moreno, o segundo mais importante para a BHRJ, apresenta uma área territorial de 196,07 km², pequena em relação aos municípios vizinhos, mas abrange metade do seu território dentro da bacia, sendo este dividido por dois distritos: Bonança e o distrito-sede; sua densidade demográfica é de 289,16 hab/km², configura-se como menos populoso do que os outros municípios da BHRJ, porém povoado devido à relação da população com seu território. Possui 88,54% da população residente nas áreas urbanas (CONDEPE/FIDEM, 2011).

As atividades econômicas existentes no ambiente que compõem a bacia são variadas, com Vitória de Santo Antão sendo um município reconhecido pelos seus engenhos, plantio de cana de açúcar e principalmente pela produção de água ardente; Moreno é conhecido a partir dos seus engenhos, a agropecuária e o comércio; enquanto Jaboatão dos Guararapes o setor de serviços é o que mais movimentava a economia, seguido do setor industrial e da agricultura; São Lourenço da Mata possui 60% da sua economia voltada para o setor de serviços; em Recife aproximadamente dois terços do PIB é proveniente do comércio e serviços; e no Cabo de Santo Agostinho o setor industrial é o mais importante, seguido do setor de serviços.

O Produto Interno Bruto (PIB) *per capita*, divisão do produto Interno Bruto pelos habitantes de um determinado lugar, apresenta o Cabo de Santo Agostinho como o que possui o PIB maior em relação aos municípios presentes na bacia (Tabela 02), como também o maior do estado. Os municípios de Moreno e Jaboatão dos Guararapes, mais abrangentes em área da bacia, ocupam o 4º e 5º lugar em relação aos demais.

Tabela 02 - Informações econômicas

MUNICÍPIOS	PIB (Per capita)	IDH	SALÁRIO MÉDIO MENSAL (S/M)	ÍNDICE DE GINI
Vitória de Santo Antão	R\$ 21.570,45	0,64	1,9	0,42
Moreno	R\$ 9.282,63	0,652	2,1	0,39
Jaboatão dos Guararapes	R\$ 19.410,36	0,717	2,2	0,45
São Lourenço da Mata	R\$ 8.295,91	0,653	2,1	0,4
Recife	R\$ 31.513,07	0,772	3,2	0,49
Cabo de S. Agostinho	R\$ 42.655,36	0,686	2,1	0,41

Fonte: IBGE, 2010; 2014

O Índice de Desenvolvimento Humano (IDH), segundo o IBGE (2010), é um cálculo utilizando alguns critérios como: fonte de renda, índice da educação e expectativa de vida, com a finalidade de analisar o grau de desenvolvimento de um grupo. Para o valor de 0 significa nenhum desenvolvimento humano e até o 1 que indica total desenvolvimento humano. Para os municípios desse estudo, como é possível observar na tabela 02 a média dos valores foi 0,68, apresentando um IDH mediano, Recife apresenta o IDH mais alto em relação aos outros municípios da bacia e também do estado de Pernambuco.

A média do índice de Gini para a BHRJ é de 0,43, por meio dele é possível avaliar o grau de concentração de renda de um determinado grupo, onde o (0) significa que existe uma igualdade de renda, e o (1) indica que a renda está nas mãos de apenas uma pessoa. Importante relacionar o índice de Gini, com outros indicadores, principalmente com o PIB Per capita e com o IDH, para a área de estudo em questão o índice de Gini demonstra que existe desigualdade de renda, indica que a concentração de renda está nas mãos de uma pequena parcela da sociedade, e não distribuída igualmente como mostra o PIB Per capita.

Essa relação entre o índice de Gini e o PIB Per Capita é refletida e visualizada na forma de ocupação do espaço na bacia, a população menos favorecida financeiramente constroem suas casas em pequenos ambientes, por vezes insalubres, em áreas que até pouco tempo não apresentava valor para o mercado imobiliário, áreas essas que geralmente exibem algum tipo de risco como deslizamento e inundações. Isso ocorre devido ao inchaço populacional nas cidades e aos altos preços dos imóveis nos centros urbanos, onde apenas uma parcela da sociedade pode pagar, ou seja, aqueles que concentram grande parte da renda, enviando a maioria do segmento da população desprovida para as áreas de periferia, como as margens de rios, sem as devidas condições de bem-estar social.

3.2 DINÂMICA CLIMÁTICA

No cenário da região Nordeste do Brasil os principais sistemas atmosféricos de grande e mesoescala, provocadores de chuvas, que atuam sobre o litoral oriental da região são: Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), Vórtices Ciclones de Altos Níveis (VCAN), Frentes Frias, Distúrbios Ondulatórios de Leste (DOL), Linhas de Instabilidade (LI) e os Sistemas de Brisas Marítimas-Terrestres.

Estes sistemas agem em diferentes sazonalidades e, neste sentido, a escala temporal é um relevante fator de análise e observação da atuação dos mesmos que, eventualmente, podem estar associados a eventos extremos de precipitação, variando, por vezes, a sua intensidade, duração e época de atuação (COSTA *et al.*, 2004; FERREIRA e MELO, 2005).

A ZCIT é uma região de convergência dos ventos alísios, formada em baixos níveis a partir da confluência dos ventos alísios do hemisfério norte e hemisfério sul. Caracteriza-se por áreas de baixa pressão, com atividade convectiva e chuvas em sentido Leste-Oeste, sendo o principal sistema responsável pelas chuvas no centro-norte do Nordeste do Brasil.

Entre os meses de fevereiro a maio a ZCIT migra de sua posição mais ao sul cerca de 4° nos meses de março e abril. Em anos em que os sistemas frontais chegam com mais intensidade nas áreas equatoriais a ZCIT aumenta sua atuação; tal sistema está relacionada também com os eventos de La Niña, e apresenta importante ligação com as anomalias relacionadas a TSM das águas do Atlântico (FERREIRA e MELO, 2005; MOLION e BERNARDO, 2002).

Os VCANs, segundo Molion e Bernardo (2002) e Girão *et al.* (2006), ocorrem durante o final da primavera e ao longo do verão austral, entre novembro e março, sendo janeiro o mês de maior frequência. Para Ferreira e Melo (2005) os VCANs configuram-se como um conjunto de nuvens em formato de um círculo girando em sentido horário, com a presença de nuvens densas em suas bordas, enquanto no centro é criada uma região de subsidência do ar devido ao aumento da pressão, com a consequente inibição para a formação de nuvens, resultando em céu claro e límpido. Porém, nas regiões periféricas do vórtice, estas apresentam altos índices pluviométricos resultantes da baixa pressão que potencializa a gênese de chuvas. Este sistema quando associado a sistemas frontais, como a Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), podem produzir chuvas moderadas a intensas no Nordeste.

As Frentes Frias formam-se nas áreas de confluência entre as bandas de ar fria com as bandas de ar quente, quando o ar frio, mais denso, encontra-se por baixo do ar quente, menos denso, fazendo com que ele suba, contribuindo na formação de nuvens e, consequente

precipitação (FERREIRA e MELO, 2005; SILVA, 2015). Segundo Girão *et al.*, (2006) os meses de junho e julho são caracterizados como os de maior precipitação na faixa oriental do estado de Pernambuco, estando estes associados aos avanços de frentes frias, além da junção com outros sistemas geradores de chuvas durante este período do ano.

Os Sistemas Ondulatórios de Leste (DOLs), ou Ondas de Leste, formam-se na faixa tropical do globo terrestre, sendo perturbações atmosféricas derivadas do conjunto de células convectivas sobre os oceanos tropicais, provocando chuvas moderadas a intensas na região do litoral e Zona da Mata pernambucana, excepcionalmente também no Agreste. Tal sistema pode está associado a eventos extremos de precipitação, causando grande volume de chuvas em poucas horas. Segundo Silva (2015), a previsão das Ondas de Leste é um problema para os meteorologistas estando ligadas à sua quantidade de precipitação, e a dificuldade de detectar com uma relativa antecedência a sua ocorrência e intensidade.

As Linhas de Instabilidade organizada em forma de linhas, é gerada devido ao fato da grande quantidade de radiação solar incidente sobre a região tropical, contribuindo na formação de nuvens Cumulus, ocorrendo mais no período da tarde e da noite quando a convecção é máxima e ocorre conseqüentemente as chuvas. Se desenvolvem sobre a costa norte-nordeste da América do Sul e apresenta uma forte relação com a ZCIT, que possibilita o aumento da atuação das Lis (FERREIRA e MELO, 2005).

E as brisas marítimas-terrestres são formadas a partir do aquecimento e resfriamento que é estabelecido entre o ambiente terrestre e o marítimo, durante o dia o continente aquece mais rapidamente que o oceano, possibilitando que a pressão sobre o continente seja mais baixa, durante a noite o processo torna-se o contrário, ocorrendo durante o dia o oceano com baixa pressão sopra o vento para o continente, no período da noite, o continente com áreas de alta pressão, dispersa os ventos para o oceano. As brisas nem sempre são percebidas, é possível constatar melhor nas regiões próximas ao mar, no Nordeste onde os ventos alísios são persistentes durante todo ano, as brisas contribuem um pouco na mudança de direção e velocidade desses ventos (FERREIRA e MELO, 2005).

Além dos sistemas atmosféricos de grande e média escala espacial atuantes sobre o Nordeste brasileiro, a região é exposta a eventuais irregularidades dos índices médios de chuvas, apresentando períodos de estiagens prolongadas ou chuvas intensas; estes fenômenos, muitas vezes, são associados as anomalias evidenciadas nos oceanos tropicais do Pacífico e do Atlântico.

O El Niño-Oscilação Sul (ENOS), por exemplo, está relacionado com o aquecimento na temperatura superficial do mar no oceano Pacífico, quando nos anos de ocorrência desta

anomalia positiva, são evidenciados efeitos sobre o clima do globo, ocorrendo o deslocamento da célula de Walker para o Pacífico leste, ocasionado a subsidência do ar sobre a bacia centro-oeste e sobre o Atlântico Equatorial, incluindo a Amazônia Oriental e o Nordeste do Brasil (NÓBREGA e SANTIAGO, 2014).

Em períodos de El Niño os ventos Alísios, que sopram de SE são enfraquecidos, levando a redução dos índices de umidade sobre o Nordeste brasileiro, sendo tal fenômeno associado a eventos de estiagens prolongadas sobre o centro-norte da macrorregião.

O padrão de Dipolo do Atlântico é outro fenômeno que influencia sobre os padrões de chuvas do Nordeste do Brasil, estando este relacionado às anomalias na Temperatura Superficial do Mar (TSM) evidenciadas no oceano Atlântico tropical.

O Dipolo do Atlântico apresenta-se em sua fase positiva, quando a TSM sobre as águas do Atlântico Norte está mais quente que as águas do Atlântico Sul, enquanto que na fase negativa ocorre o inverso, as águas do Atlântico Norte estão mais frias que as do Atlântico Sul.

Na fase positiva do dipolo, os movimentos que transportam o ar frio e seco dos altos níveis, descendem atingindo áreas do Nordeste, sobretudo do sertão, inibindo a evolução de sistemas produtores de chuvas sobre a região; já na fase negativa do dipolo os movimentos que ascendem nestas áreas contribuem para a formação de nuvens e, conseqüentemente, a gênese de chuvas sobre o Nordeste (FERREIRA e MELO, 2005; NÓBREGA e SANTIAGO, 2014).

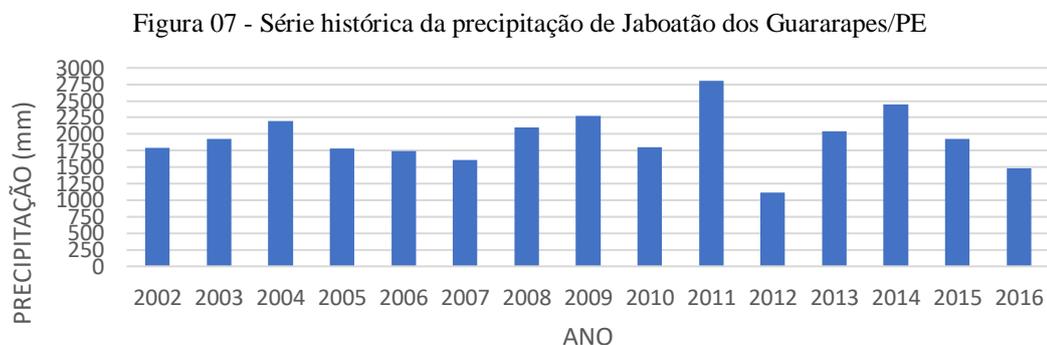
Considerando a área de estudo (BHRJ), no litoral pernambucano, esta está sobre a influência da massa Tropical Atlântica (mTA), que caracteriza-se por ser uma massa quente e úmida, configurando-se como a de maior influência durante praticamente todo ano sobre esta porção do estado. Segundo Girão, *et al.* (2006) a mTA sofre perturbações advindas da circulação atmosférica secundária, relacionadas aos deslocamentos da ZCIT para o sul, ocorrência de VCANs e chegada de fluxos da Frente Polar Atlântica, como também dos DOLs, caracterizados como sistemas de forte influência para a geração de chuvas na RMR, assim como abarcando a área de estudo.

A dinâmica de precipitação em Jaboatão dos Guararapes, principal município da BHRJ, demonstra que o período de maior precipitação concentra-se entre os meses de abril a julho, atentando-se especificamente aos meses de junho e julho, a média mensal pode chegar a aproximadamente a 400 mm.

Segundo Girão *et al.* (2006), a faixa oriental de Pernambuco nos meses chuvosos recebe incursões da FPA, assim como dos DOLs, o que reflete em temperaturas reduzidas nos períodos chuvosos, chegando a atingir médias mensais em torno dos 23° a 24° C.

O início do inverno austral é caracterizado como crítico para a população que reside em áreas de riscos, deixando-as sempre em alerta; já o período seco, caracterizado por baixas pluviosidades, ocorre nos meses de setembro a novembro, quando também ocorre um aumento relativo da temperatura.

Na Figura 07 observa-se a precipitação anual do município de Jaboatão dos Guararapes, para o período histórico mais recente em um intervalo de 15 anos, tendo os dados sido coletados da Agência Pernambucana de Águas e Clima (APAC) e as análises do Infoclima do CPTEC/INPE. Foram escolhidos os anos de precipitações significativas que no gráfico se apresentam como os anos de 2004, 2010 e 2011. Também foi indicado um ano de baixa pluviosidade usando como exemplo o ano de 2012.



Fonte: APAC

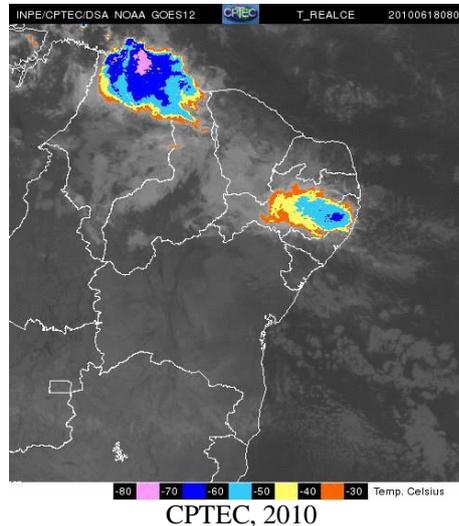
No ano de 2004, segundo o Infoclima (2004), houveram precipitações acima da média sobre o leste da Região Nordeste, sobretudo no litoral de Pernambuco e Alagoas. Tais médias elevadas ocorreram devido à ação da TSM sobre o Atlântico Tropical Sul, que estavam mais aquecidas em adjacências à costa leste do Brasil. Portanto, com a TSM alterada negativamente (mais aquecida ao sul) proporcionou o favorecimento da posição da ZCIT para as latitudes que correspondem ao estado de Pernambuco, o que possibilitou chuvas acima da média nos meses de janeiro, fevereiro e março, assim como a manutenção de chuvas moderadas a intensas sobre a área de estudo nos meses de maior precipitação (junho, julho e agosto).

Em 2010, no período do inverno, houve expressivas precipitações sobre o leste da Região Nordeste, com destaque para Mata Sul e RMR. De acordo com Infoclima (2010) o aquecimento das águas no Atlântico Tropical Sul, atrelado a um DOL, foram os responsáveis por volumosos quantitativos pluviométricos, especialmente em meados do mês de junho.

Estas chuvas levaram a grandes impactos sobre as áreas citadas acima, quando segundo os dados de precipitação diária da APAC e imagem GOES 12 realçada do CPTEC/INPE do dia

18/06/2010 às 8h, percebe-se a ação espacial da DOL sobre a porção centro-leste de Pernambuco (Figura 08) e, por conseguinte, das influências de ajustes sobre o vale fluvial que este evento promoveu.

Figura 08 - Atuação da DOLs sobre o centro-leste de Pernambuco em 18/06/2010.



No ano de 2011 também ocorreram precipitações acima da média para essa região, devido a atuação da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), que se encontrava localizada mais ao sul, associada com DOLs, a temperatura superficial do mar indicou período de La Niña, neste ano os meses mais chuvosos foram abril e maio. Como é possível observar na figura 02, o ano de 2011 foi o mais chuvoso dessa série histórica de 15 anos considerada.

Para o ano de 2012, ocorreu o processo contrário aos outros anos, pois segundo o infoclima (2012) houve uma situação desfavorável durante o ano em relação às chuvas para parte leste do Nordeste, situação está relacionada com o aquecimento das águas superficiais do mar no Atlântico Norte, que favoreceu que a ZCIT atuasse mais ao norte de sua posição tradicional para o Nordeste, inibindo as chuvas em parte da região. Segundo a APAC os meses de menos chuvas em 2012 foram de setembro a dezembro, essa escassez de chuvas resultou em temperaturas elevadas, variando acima da sua normal climatológica.

O estudo da dinâmica climática contribui para uma visão integradora do ambiente. A variabilidade nas precipitações e nas temperaturas em diferentes escalas do globo, assim como a atuação dos sistemas atmosféricos e das anomalias presentes nos oceanos, contribuem para a formação de distintas paisagens. Nessa perspectiva acredita-se que o clima é o principal impulsionador para as diversas paisagens, esse elemento, associado com outros indicadores como geologia, solo e uso da terra, vão possibilitar a caracterização de inúmeras unidades de paisagem.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 BASE CARTOGRÁFICA

As bases cartográficas aplicadas nessa pesquisa, apresentaram um relevante significado para o desenvolvimento desse trabalho, contribuindo como norteadores dessa investigação, uma vez que, a partir delas é possível obter subsídio para um melhor conhecimento e representação da área de estudo.

Inicialmente foram utilizadas as imagens do projeto *Shuttle Radar Topography Mission* – SRTM, oferecidos pela *National Aeronautics and Space Administration* (NASA), que apresenta um conjunto das elevações da Terra coletadas a partir dos dados de Radar com pontos postados a cada um segundo de arco, possuindo uma resolução espacial de 30 metros. Esse material é oferecido a partir da *Earth Explorer da USGS*. A SRTM é baixada em formato raster GeoTIFF, com projeção geográfica e Datum WGS84.

Após o *download* da SRTM, fez-se necessário a realização de um mosaico de imagens, visando compreender a área de estudo dessa pesquisa, por meio das ferramentas presentes no ArcMap 10.1. Em seguida foi realizado uma reprojeção do Datum WGS84 para SIRGAS 2000, esse sistema de referência será utilizado em todos as bases e mapas dessa pesquisa. Para esse processo foi executado, a partir das ferramentas disponíveis do ArcToolbox. Todo processamento da base cartográfica foi realizado no *software* ArcGis 10.1

A delimitação da bacia hidrográfica do rio Jaboatão foi realizada a partir do modelo digital de elevação, de forma automática utilizando-se das ferramentas do ArcHydro, sendo corrigidas posteriormente no *software* Google Earth Pro, embasando-se na delimitação de bacias hidrográficas disponibilizado pelo governo do estado de Pernambuco, a partir do plano estadual de recursos hídricos. Nesse processo de delimitação, inicialmente, foi extraída a configuração da drenagem, o produto final é um arquivo em formato *shapefile*, que representa a área de drenagem da bacia. Após esse processo procedeu-se a realização do recorte do Modelo Digital de Elevação (MDE), com objetivo de criar os mapas básicos já com a área delimitada.

Posteriormente foi realizada a confecção das curvas de nível, que são linhas traçadas e apresentam uma separação constante por meio da altitude, sendo, também, uma forma de representação da altimetria, sobretudo para áreas menores, analisadas em uma escala maior de detalhe. Tais curvas são retiradas a partir do modelo digital de elevação no ArcGis 10.1, sendo extraídas, neste procedimento as curvas de nível de 10 em 10 metros.

Para a confecção do detalhamento geológico da área de estudo, foi utilizado a base cartográfica da Companhia de Pesquisas em Recursos Minerais (CPRM, 2005). Para a representação pedológica utilizou-se a base de dados do Zoneamento Agroecológico de Pernambuco (ZAPE – EMBRAPA, 2006); para a definição das classes de solo seguiu-se o Sistema Brasileiro de Classificação dos Solos (EMBRAPA, 2013), e para as convenções de cores no sistema RGB utilizou-se o Manual Técnico de Pedologia (IBGE, 2015). Para a confecção do mapa de unidades de paisagem, utilizou-se a junção dos elementos pedológicos, geológicos, geomorfológicos, para elementos da vegetação e do uso da terra, utilizou-se o manual técnico de uso da terra, (IBGE, 2013).

4.2 ÍNDICES MORFOMÉTRICOS

O estudo dos índices morfométricos é relevante no sentido de contribuir como mais uma ferramenta para o conhecimento da dinâmica fluvial e avaliação das condições destes ambientes. Diante disto, o presente trabalho baseou-se na organização dos índices proposto por Tonello (2005), onde a autora divide a morfometria em diferentes escalas de análise; a bacia hidrográfica, onde define características geométricas da bacia, como: área, perímetro e padrões de drenagem.

Na escala do relevo determina os parâmetros de declividade (mínima, média e máxima), altitude (máxima e mínima - amplitude altimétrica) e declividade média do canal principal. A morfometria da rede de drenagem é definida por índices de comprimento total dos canais, comprimento do canal principal, hierarquia fluvial, densidade da drenagem, sinuosidade do canal principal, relação declividade e extensão e relação fundo e altura do vale. Para a obtenção desses produtos fez-se necessário à utilização de fórmulas matemáticas que serão descritas posteriormente. Para isso a pesquisa em questão apoia-se nos trabalhos de Christofolletti, (1980), Horton (1945), Souza, (2016), Strahler (1952) e Tonello (2005) para a produção destes índices.

4.2.2 Características geométricas

Análise geométrica consiste em definir uma análise de bacias a partir da sua geometria e da sua forma plana, alguns índices são incorporados nessa etapa como: área, perímetro da bacia de drenagem e padrão de drenagem, conforme especificado abaixo.

4.2.2.1 Área da bacia de drenagem

Área da bacia: é o total que compreende toda área que compõem o sistema de drenagem de uma bacia hidrográfica, projetada em um plano horizontal (CHRISTOFOLETTI, 1980), sendo definida por meio do processo de delimitação de bacia, no ArcMap 10.1, através da ferramenta *Calculate Geometry*.

4.2.1.2 Perímetro da bacia de drenagem

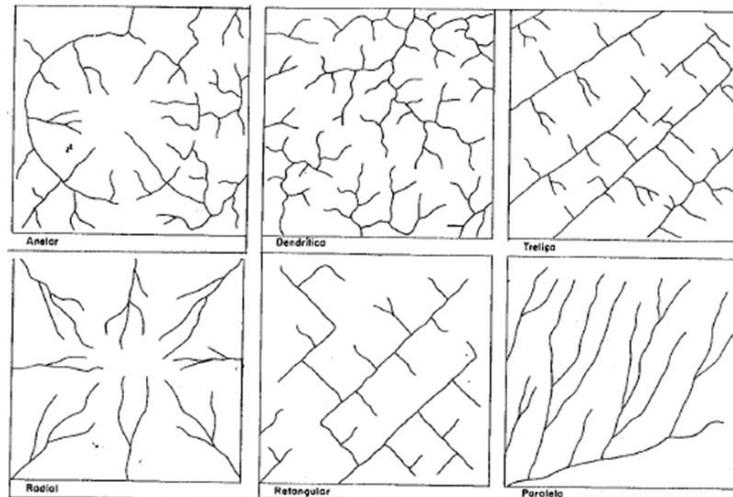
Constitui-se na maior distância em linha reta da foz a um determinado ponto do perímetro, e também o comprimento da linha imaginária ao longo do divisor de água (TONELLO, 2005). Aqui obtido o valor pela ferramenta *Calculate Geometry*.

4.2.1.3 Padrões de drenagem

Segundo Christofolletti (1980) o padrão de drenagem é a organização espacial dos cursos fluviais. Um padrão pode ser formado por uma ou mais bacias de drenagem, sendo este padrão é determinado a partir do critério geométrico, um importante elemento para classificação de bacias hidrográficas. Esses padrões podem ser (Figura 09):

- Dendrítico: assemelha-se a configuração de uma copa de árvore;
- Treliça: caracterizado pela formação de ângulos retos nas suas confluências;
- Retangular: sofre influências das falhas ou sistemas de juntas ou diaclases;
- Paralela: acontece quando os cursos de uma determinada bacia correm quase que paralelamente uns aos outros;
- Radial: as correntes fluviais estão dispostas como se fossem os raios de uma roda;
- Anelar: tem a assimilação de anéis, esse rio principal tem padrões circulares, e os seus canais com ângulos retos.

Figura 09 - Principais tipos de padrão de drenagem



Fonte: Christofolletti, 1980

4.2.2 Características do relevo

A pesquisa em questão utilizou-se de alguns elementos que servirão de base para a confecção de mapas temáticos, sobretudo relacionados ao relevo, sendo estes elementos a representação hipsométrica e as curvas de nível e declividade, utilizando como base o modelo de elevação SRTM. Importante ressaltar que o MDE é um *raster* que permite a geração de vários produtos que contribuem no estudo dos padrões de relevo e da rede drenagem, todos gerados no ArcGis 10.

4.2.2.1 Altitude – máxima e mínima

A representação da hipsometria é definida, no ArcGis 10.1, a partir do próprio modelo de elevação (MDE), sendo confeccionada uma classe de cores que representam a variação altimétrica da bacia hidrográfica do rio Jaboatão, indicando as medições de altitudes em um

4.2.2.2 Declividade

A declividade é expressa pela inclinação da superfície do terreno em comparação a horizontal, expõe a relação da diferença de altitude entre dois pontos e a distância horizontal desses mesmos pontos (IBGE, 2017). A confecção da declividade é realizada a partir do MDE, imagem SRTM, utilizando a ferramenta *Slope*, presente no Arctoolbox, do ArcGis 10.1. Após a extração da declividade é importante determinar as classes que serão utilizadas. Para essa pesquisa a declividade foi reproduzida em Graus, utilizando-se as classes de declividade

proposta pela EMBRAPA (2006), que relaciona a declividade em porcentagem com o relevo a partir das classes de:

Tabela 03 - classes de declividade em porcentagem

DECLIVIDADE (%)	CLASSIFICAÇÃO
0 – 3%	Plano
3 – 8%	Suave-ondulado
8 – 20%	Ondulado
20 – 45%	Forte-ondulado
45 – 75%	Montanhoso
> 75%	Escarpado

Fonte: Embrapa, 2006

4.2.3 Características da rede de drenagem

A drenagem foi extraída a partir do modelo digital de elevação, utilizando as ferramentas do *ArcHydro*, obedecendo os seguintes processos: *Fill Sinks – Flow Direction – Flow Accumulation – Stream Definition – Stream Segmentation – stream to feature*, para a definição na quantidade de canais de drenagem foi utilizado o número 1000 para a células, isto por que quanto menor o valor atribuído maior o nível de detalhe da drenagem, diante disto foi utilizado o valor mais adequado para a pesquisa.

4.2.3.1 Comprimento do canal principal

Após a extração da drenagem da bacia foi possível delimitar o comprimento de todos os canais, como também apenas do canal principal, essa medição foi feita a partir da ferramenta *Calculate Geometry* e o somatório total dos canais a partir da ferramenta *Statistics*.

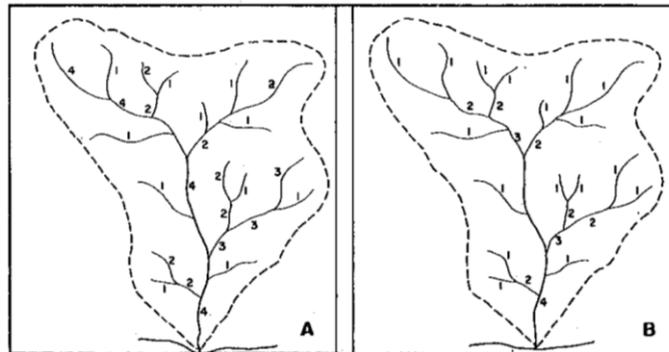
4.2.3.2 Hierarquia fluvial

A hierarquia fluvial consiste na classificação de um curso d'água, que determina a ordem e grau dos canais fluviais que estão presentes em uma bacia hidrográfica. Segundo Horton (1945) canais de primeira ordem não possuem nenhum afluente, canais de segunda ordem só recebem tributários de primeira ordem, os canais de terceira ordem recebem afluentes de segunda ordem e também de primeira e os canais de quarta ordem recebem tributários de ordens menores.

Strahler (1952) propôs outra classificação, em que os canais de primeira ordem são os menores e não recebem tributários, canais de segunda ordem ocorrem da junção de dois canais de primeira ordem, os canais de terceira ordem surgem da confluência de dois canais de segunda

ordem e assim sucessivamente, podendo eles receberem afluentes de menor ordem (Figura 10) (CHRISTOFOLETTI, 1980).

Figura 10 - Esquemas para hierarquias de bacias: Método de Horton (A) e Stralher (B).



Fonte: Christofoletti, 1980.

Os dois autores confirmam que se um canal entrar em confluência com outro aumenta a ordem. Em ambos os modelos é possível observar uma ordenação dos segmentos da rede fluvial, a junção desses segmentos e a sua forma de organização origina uma bacia de drenagem, contribuindo para o agrupamento desta rede de canais, como também para um melhor estudo e interpretação destes ambientes (CHRISTOFOLETTI, 1980; LASZLO e ROCHA, 2014). No caso do método de Strahler, este pode ser obtido através da ferramenta *Stream Order* disponíveis no *software* Arcgis.

4.2.3.3 Densidade da drenagem

A densidade de drenagem é um parâmetro morfométrico importante na análise das condições de drenagem de uma bacia hidrográfica, ou seja, avalia-se o quanto essa drenagem é eficiente em relação a capacidade de escoamento. Ela é expressão a partir da relação entre o comprimento total dos canais com a área total da bacia de drenagem (CHRISTOFOLETTI, 1980; STEVAUX, 2017). Para estabelecer essa densidade é utilizado a fórmula, proposta por Horton (1945).

$$Dd = \frac{Lt}{A}$$

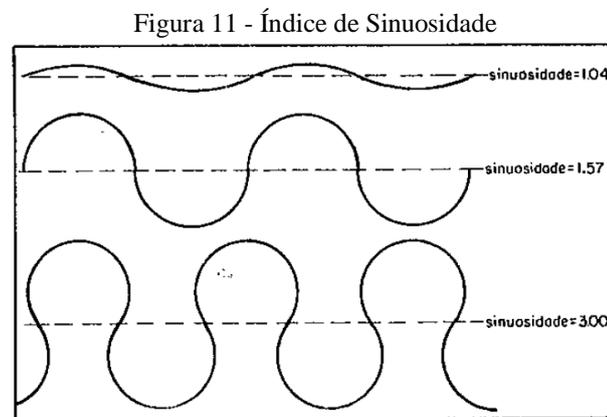
Onde lê-se Dd é a densidade da drenagem, Lt comprimento total de rios e A é a área da bacia.

4.2.3.4 Sinuosidade do canal principal (SI)

Segundo Chistofolletti (1980) o índice de sinuosidade do canal é expresso pela relação entre o comprimento do canal e a distância do eixo do vale. Expressa pela fórmula:

$$I_s = \frac{L}{Dv}$$

Onde lê-se I_s é o índice de sinuosidade, L é o comprimento do canal principal e Dv é a distância vetorial entre os pontos extremos do canal principal (comprimento em linha reta). (Schumm, 1963). Para a classificação (Figura 11) considera-se que valores acima de 1,5 os canais são sinuosos (meândrico) e abaixo desse valor eles tendem a serem mais retilíneos.



Fonte: Dury, 1969 apud Christofolletti, 1980

4.3 TRABALHO DE CAMPO

O estudo da paisagem fluvial é evidenciado e comprovado a partir das observações e análise dos processos e formas observados em campo. Os trabalhos de campo realizados nesta pesquisa foram dois, nos meses de março e novembro de 2017. A logística das atividades de campos foi dividida a partir da configuração do vale, quando em março foi possível realizar o reconhecimento das áreas de padrão confinado, na cabeceira de drenagem, além de coleta de material para textura do leito.

No campo realizado em novembro foi feito o reconhecimento da área pertencente ao padrão parcialmente confinado e o lateralmente não-confinado, assim como realizou-se a coleta de sedimentos. Também efetivou-se registros fotográficos das formas fluviais dos diversos ambientes presentes ao longo do canal principal, e as principais formas geomorfológicas evidenciadas *in loco*, sendo também realizado o preenchimento de uma matriz, por meio da observação, que contribui na identificação dos estilos fluviais e do uso e ocupação da terra,

adicionando-se, ainda, a demarcação de pontos com o uso do GPSmap 60CSx (Garmin), para contribuir com no mapeamento destas áreas.

4.4 MAPEAMENTO MORFOESTRUTURAL E GEOMORFOLÓGICO

A definição das morfoestruturas e das unidades geomorfológicas tem como objetivo a representação do relevo em diferentes escalas e a compreensão da dinâmica da paisagem. Este estudo busca o conhecimento dos processos formadores e das formas geradas, como também da sua dinâmica evolutiva (SILVA, 2016).

Segundo Saadi (1991) os domínios morfoestruturais caracterizados como compartimentos geomorfológicos recebem influência direta da litológica e da estrutura geológica, portanto é relevante relacionar esses elementos na construção desses domínios morfoestruturais para as unidades do relevo é possível analisar, em uma escala de maior detalhe, os agentes externos como principais elementos norteadores desses compartimentos.

Os mapeamentos foram realizados com base no Modelo Digital de Elevação (MDE), a partir de uma análise conjunta com outros mapeamentos-bases como: declividade, curvas de nível e geologia, os mapeamentos foram realizados no *software* ArcGis 10.1.

Para definição das morfoestruturas utilizou-se como embasamento metodológico o trabalho de Fonsêca *et al.*, (2016), que realizou uma análise morfoestrutural da Região Metropolitana do Recife-PE. Para o mapeamento geomorfológico foram utilizados os trabalhos de Fonsêca (2012) e Silva (2016), isto por que as pesquisas realizadas por esses autores são localizadas em áreas próximas a bacia do rio Jaboatão, com características geomorfológicas semelhantes, sendo possível associar esses estudos na definição das nomenclaturas das unidades de relevo. A metodologia utilizada para o mapeamento geomorfológico foi a proposta da União Geográfica Internacional (UGI), descrita por Demek (1972), na escala de 1:100.000.

4.5 MAPEAMENTO DAS TIPOLOGIAS FLUVIAIS

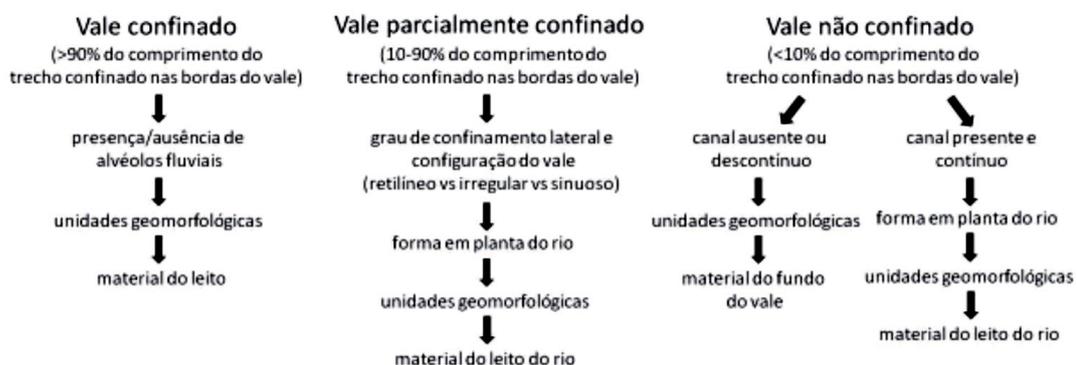
A metodologia para classificação dos estilos fluviais é proposta por Brierley e Fryirs (2005). Nesta abordagem evidencia-se como principal objetivo uma análise integrada do domínio fluvial para fins de planejamento ambiental e territorial. Segundo Brierley e Fryirs (2005) a primeira etapa consiste no levantamento das informações pertinentes ao ambiente fluvial estudado, como também as características e o comportamento do rio em questão,

utilizando-se diferentes escalas de observação: Bacia hidrográfica, unidade de paisagem, estilos fluviais e unidades geomórficas do canal. Para a realização desta etapa será utilizado: literatura acadêmica relativa à teses e dissertações, dados governamentais do governo do estado de Pernambuco, banco de dados em SIG, (geologia, solo e uso da terra) e Modelo de Digital de Elevação, além de atividades de campo.

Esse atributo de informações possibilitou a realização da segunda etapa que se constitui na delimitação dos estilos fluviais. Nesta etapa é necessária a análise de quatro parâmetros-chave: a configuração do vale, as unidades geomórficas, a planta do canal e a textura do leito (Figura 12), a junção destas informações possibilita a determinação das tipologias, considerando que essa análise é determinada a partir de segmentos de rio, devido à diversidade morfológica que esses ambientes exibem (BRIERLEY; FRYIRS, 2005).

Na figura 18 é apresentado o fluxograma dos procedimentos utilizados para identificar dos estilos fluviais a partir da configuração do vale. O primeiro processo consiste em determinar se o vale é confinado, parcialmente confinado ou lateralmente não-confinado, sendo definido a partir da presença ou ausência de planícies de inundação, para o vale confinado a presença de planície de inundação é menor que 10% ou ausentes, no vale parcialmente confinado essa presença está entre 10 – 90% de planície de inundação descontínuas e os vales lateralmente não confinado mais de 90% da presença de planície de inundações contínuas (BRIERLEY; FRYIRS, 2005). Para a identificação da configuração do vale utilizou-se mapas-base de relevo sombreado, declividade, curvas de nível e imagens do *Google Earth Pro*, sendo as informações geradas em gabinete constatadas em campo.

Figura 12 - identificação dos estilos fluviais.



Fonte: BRIERLEY e FRYIRS, 2005

As unidades geomórficas são elementos importantes para conhecimento do comportamento do rio, sua associação com a geometria do canal define a tipologia dos estilos. Para sua identificação foi utilizado imagens do *Google Earth Pro* e atividades de campo.

Para a caracterização da forma em planta do canal, os referidos autores determinaram os seguintes critérios: número de canais até três canais ou mais de três, se são canais ausentes, contínuos ou descontínuos e a sinuosidade do canal. Esses elementos são definidos com o auxílio do ambiente SIG, dos índices morfométricos e das atividades de campo (BRIERLEY; FRYIRS, 2005).

A textura do leito é determinada a partir do calibre do material encontrado ao longo do canal, o tamanho desses materiais reflete a geologia, a velocidade e energia do fluxo. Para determinar esse arranjo são utilizadas cinco classes-chave: rocha ($> 256\text{mm}$), cascalho ($2-256\text{mm}$), areia ($0,0625-2\text{ mm}$) e silte/argila (denominada de grão fino) ($<0,0625\text{ mm}$) (BRIERLEY; FRYIRS, 2005). Para realização desse procedimento, será realizado a coleta de sedimentos em campo e posteriormente a análise laboratorial, apoiando-se nas técnicas de granulometria e morfoscopia.

A associação desses fatores são os principais critérios para definição dos estilos fluviais. Cada estilo possui um conjunto de atribuições, que podem ser únicos, como também apresentar-se em outro estilo (BRIERLEY; FRYIRS, 2005).

Na terceira etapa é realizada uma avaliação dos controles e comportamento do rio. A presente pesquisa apresentará uma matriz de cada estilo encontrado no canal principal, contendo as informações relevantes de cada trecho do canal, como também um mapeamento de detalhe, utilizando trechos representativos de cada estilo, a partir do software ArcGis 10, utilizando imagens RapidEye e do Google Earth Pro.

A capacidade de ajustamento dos estilos fluviais consiste na primeira etapa do estágio dois da metodologia proposta por Brierley e Fryirs (2005). Nessa fase foi avaliado como cada estilo pode se ajustar sobre determinadas condições, buscando entender se essa capacidade de ajustamento faz parte do comportamento do rio ou se está ocorrendo interferências na relação processo-forma, que está ocasionando mudanças no domínio fluvial. Esse procedimento será realizado a partir da observação, registro fotográfico e preenchimento dos indicadores de ajuste evidenciados em atividades de campo. Para essa análise será produzido uma tabela, segundo os referidos autores, analisando cada estilo fluvial a partir dos atributos do canal, da forma em planta do canal e do caráter do leito.

Para os atributos do canal serão avaliados: o tamanho, a forma do canal e estrutura da vegetação; a forma em planta do canal é avaliada a partir do número de canais, da sinuosidade e das unidades geomórficas nas planícies de inundação. Para o caráter do leito será analisado o tamanho e classificação dos grãos, estabilidade do canal e regime de sedimentos, observando em que zona processual atua esse trecho. A configuração do vale é um fator importante na

definição do ajustamento, uma vez que ela tem influência direta na morfologia do canal (BRIERLEY; FRYIRS, 2005, STEVAUX, 2017).

4.6 MAPEAMENTO DA COBERTURA E USO DA TERRA

Entende-se por mapeamento do uso e cobertura da terra a produção de um mapa temático onde é possível observar a distribuição geográfica das diferentes tipologias de uso e a identificação da cobertura da terra. O uso da terra é compreendido baseado nas atividades antrópicas desenvolvidas sobre a superfície terrestre, a cobertura da terra está relacionada com o tipo de vegetação presente nesse espaço. Esses dois conceitos apresentam uma relação particular, onde as atividades antropogênicas geralmente são desenvolvidas sobre alguma cobertura da terra (IBGE, 2013).

Para a realização deste mapeamento baseou-se no manual técnico de uso e cobertura da terra fornecido pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (2013). Em uma escala de 1:100.000, utilizando a classificação a partir do nível I, que determina as classes e o nível II, que enfatiza as subclasses (Tabela 04). As classes são classificadas por meio de cinco itens, indicando as categorias fundamentais da cobertura da terra. As subclasses são representadas por 12 itens contemplando o uso e a cobertura em escala regional.

Nessa etapa será utilizada as imagens de satélites do *Google Earth Pro*, além de atividades de campo. Para o processamento desse mapeamento evolutivo será utilizado o *software* ArcGis 10.1.

Tabela 04 - Sistema de classificação de uso e cobertura da terra.

Nível I Classes	Nível II Subclasses
	Áreas Urbanizadas
1 - Áreas Antrópicas Não agrícolas	Áreas de Mineração
2 - Áreas Antrópicas Agrícolas	Culturas - Temporárias Culturas - Permanentes Pastagens Silvicultura Uso não identificado
3 - Áreas de Vegetação Natural	Área Florestal Área Campestre
4 - Água	Águas Continentais Águas Costeiras
5 - Outras Áreas	Áreas Descobertas

Fonte: IBGE, 2013

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados e a discussão foram estruturados a partir de dois tópicos principais, no primeiro tópico foi realizado uma análise física da bacia hidrográfica do rio Jaboaão e o segundo tópico foi feito um estudo da paisagem fluvial do rio Jaboaão, ao final foi realizado um subitem de avaliação das condições geomorfológicas da bacia, com perspectiva no canal principal.

5.1 CARACTERIZAÇÃO GEOAMBIENTAL DA BACIA DO RIO JABOATÃO

A caracterização geoambiental da bacia hidrográfica do rio Jaboaão, consiste em um estudo dos elementos naturais e antrópicos, para isso foi realizado: análise morfométrica, utilizando atributos matemáticos, análise da rede de drenagem, da geologia e da geomorfologia, também foi estabelecido as unidades de paisagem, como forma de representação sistêmica da bacia.

5.1.1 Análise morfométrica da bacia hidrográfica do rio Jaboaão

O delineamento e caracterização morfométrica de uma bacia hidrográfica é um elemento fundamental de análise da dinâmica desses ambientes, possibilitando contribuições no gerenciamento dos recursos hídricos a partir dos dados fornecidos para construção do conhecimento hidrogeomofológico e para análise integrada.

O comportamento de uma bacia hidrográfica está diretamente relacionado com os atributos geométricos, do relevo, da geologia e da rede de drenagem, pois estes fatores interferem diretamente no ciclo hidrológico, seja na infiltração, na evapotranspiração e ou no escoamento superficial. Ademais, é importante ressaltar que a bacia hidrográfica recebe interferências de ações antrópicas, que podem alterar os processos hidrosedimentológicos e geomorfológicos. Diante disto, foi estabelecido os índices morfométricos (Tabela 05), como forma de análise dos parâmetros físicos e hidrológicos da bacia do rio Jaboaão, que serão descritos nos próximos tópicos.

Tabela 05 - Morfometria da bacia hidrográfica do rio Jaboatão.

CARACTERÍSTICAS	ÍNDICES MORFOMÉTRICOS	RESULTADOS
Geométricas	Área da Bacia	420 km ²
	Perímetro da Bacia	190,34 km
	Padrão de drenagem	Dendrítico
	Coefficiente de capacidade	2.6
Relevo	Declividade mínima	0
	Declividade máxima	1,2555
	Altitude mínima	0 m
	Altitude máxima	445 m
Rede de drenagem	Ordem dos Canais	5° ordem
	Densidade de drenagem	1,62 Km/km ²
	Índice de sinuosidade do canal principal	1,99 (Canal sinuoso)
	Comprimento do canal principal	75 km
	Comprimento de todos os canais	678,78 km

Fonte: Autora, 2018.

5.1.1.1 Características geométricas

A bacia hidrográfica do rio Jaboatão possui uma área de drenagem de 420 km² e um perímetro de 190,34 km, os dados de área representa todo o conjunto do sistema fluvial do rio Jaboatão, sendo também um importante elemento para o cálculo de outros índices, tais como densidade de drenagem e coeficiente de capacidade.

O escoamento fluvial da bacia é do tipo exorréico, onde sua foz encontra-se diretamente com o oceano Atlântico; expõe o padrão de drenagem dendrítico em que o canal principal representa o tronco e os afluentes aos ramos de uma árvore, sobretudo à homogeneidade litológica e de declividade entre os divisores. (CHRISTOFOLETTI, 1980).

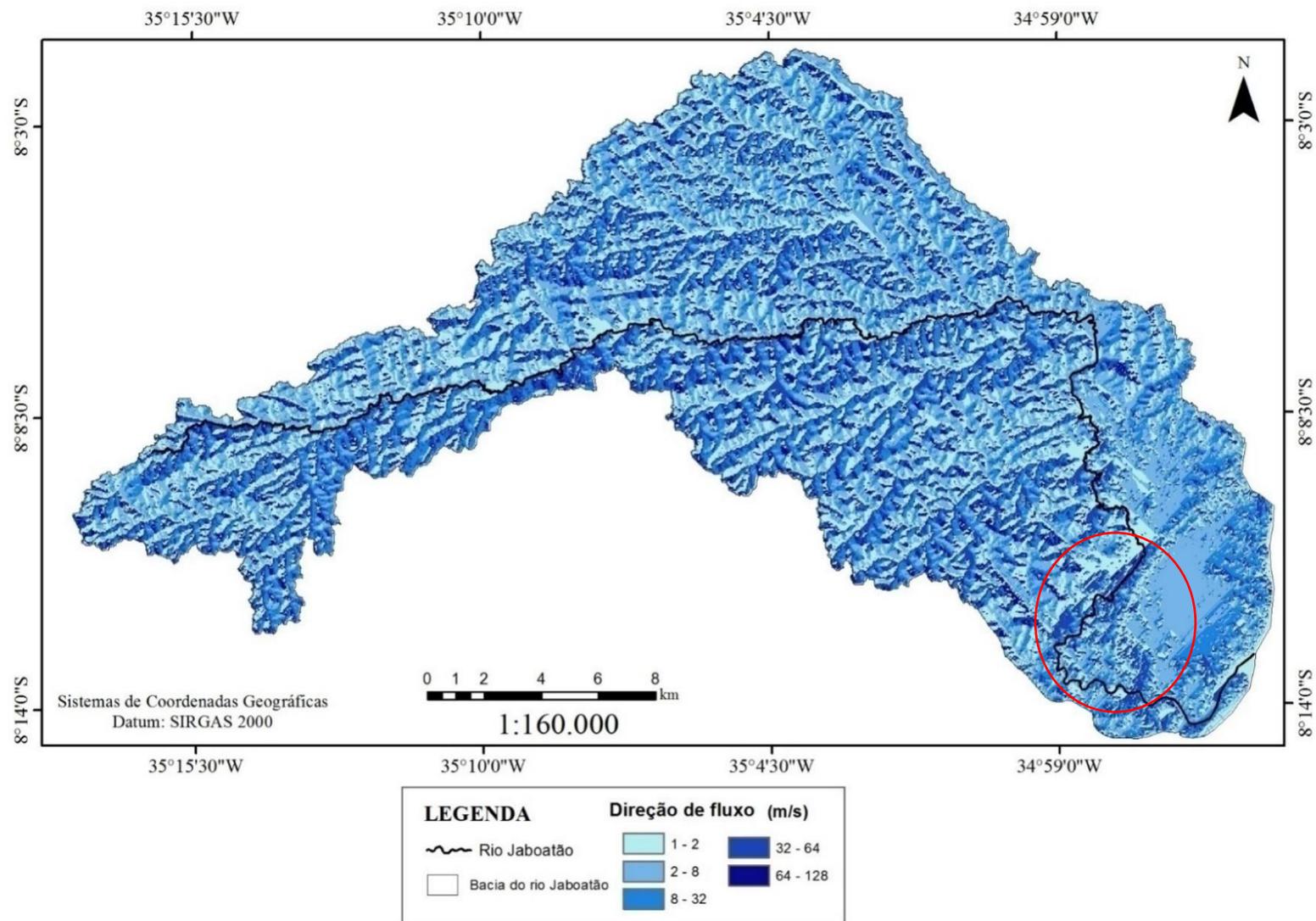
O coeficiente de capacidade da bacia do rio Jaboatão foi de 2,6, isso expressa que a bacia não é sujeita a grandes enchentes, esse índice está diretamente ligado a forma da bacia, nesse caso, a bacia estudada apresenta uma configuração alongada, para as bacias com coeficiente próximo de 1, seu formato é mais circular, contribuindo para o escoamento superficial convergir para um único ponto, o que caracteriza bacia hidrográficas com alta propensão as enchentes, não sendo o caso da bacia hidrográfica em questão (VILLELA; MATTOS, 1975).

No mapa de direção de fluxo da bacia (Figura 13) é possível observar os fluxos acumulados em diferentes áreas, sobretudo coincidindo com o percurso do canal principal, variando de até 128 m/s de fluxo, confirmando, assim, juntamente com o coeficiente de

capacidade, que a forma alongada da bacia contribui para determinar vários pontos de concentração de fluxo.

Importante ressaltar que mesmo a bacia do rio Jaboaão não estando sujeita a enchentes recorrentemente, a ocorrência de picos de enchentes e inundação em algumas áreas da bacia precisam ser analisados juntamente com outros fatores, sobretudo as formas de uso e ocupação da terra, uma vez que na área demarcada em vermelho no mapa da figura 13, por exemplo, denota alguns aspectos como: maior concentração de fluxo, intensa ocupação urbana, o rio apresenta um trecho retificado, indica adaptação da drenagem à estrutura, no caso a rede de fraturas, contribuindo para aumento da velocidade de escoamento, índices acentuados de precipitação, impermeabilização do solo e ocupação nas áreas marginais, características que contribuem para a ocorrência de eventuais enchentes e inundações, isso significa que além dos fatores naturais o uso e ocupação da terra propicia, em alguns trechos, extravasamentos do leito em grandes proporções, mesmo a bacia exibindo uma forma que a caracteriza como não sujeita a grandes enchentes.

Figura 13 - mapa da direção de fluxo da bacia do rio Jaboatão; círculo vermelho: exemplo de área com maior concentração de fluxo e recorrentes inundações

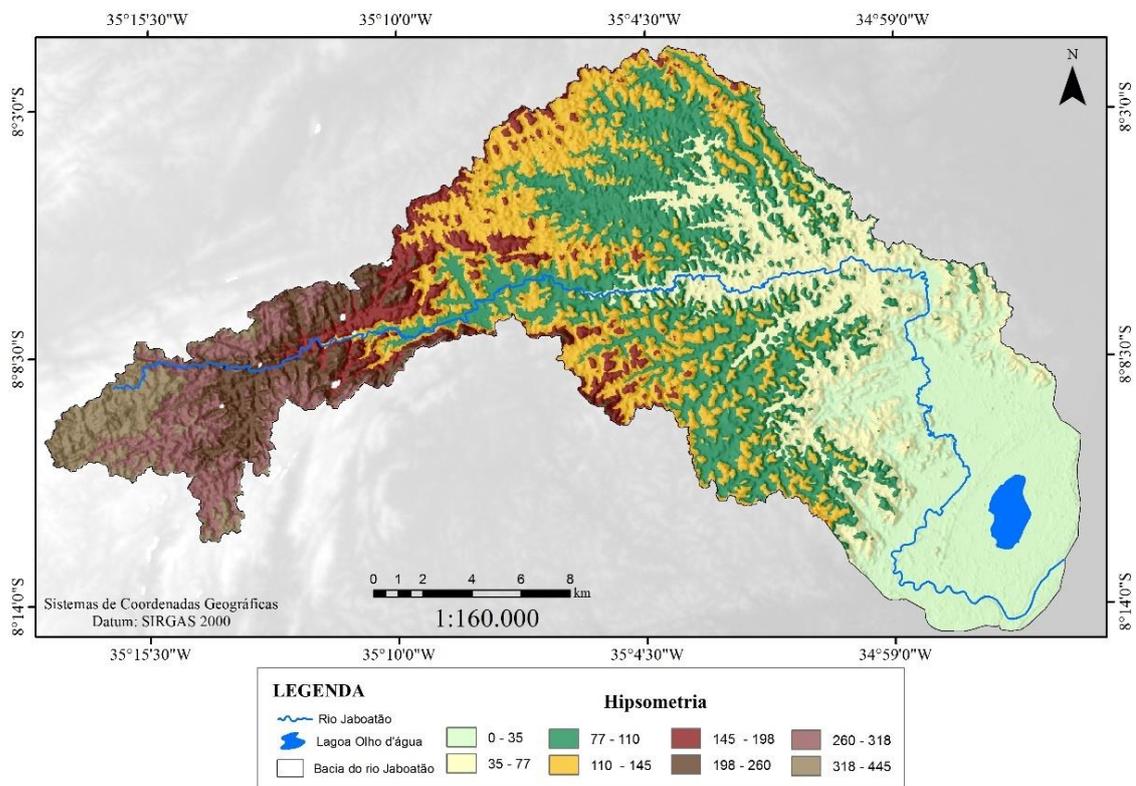


Fonte: Autora, 2018

5.1.1.2 Características do relevo

A bacia apresenta altitude de 0 até 445 metros (Figura 14), sendo mais elevadas nas áreas de cabeceiras de drenagem, reduzindo em direção a foz, as altitudes médias ficam em torno dos 35 a 110 metros, os diferentes valores de altitude expressam as formas de relevo observadas na superfície. Para a bacia em questão as cotas altimétricas expressam um relevo de baixa altitude, caracterizando em sua maioria, formas colinosas e de planícies.

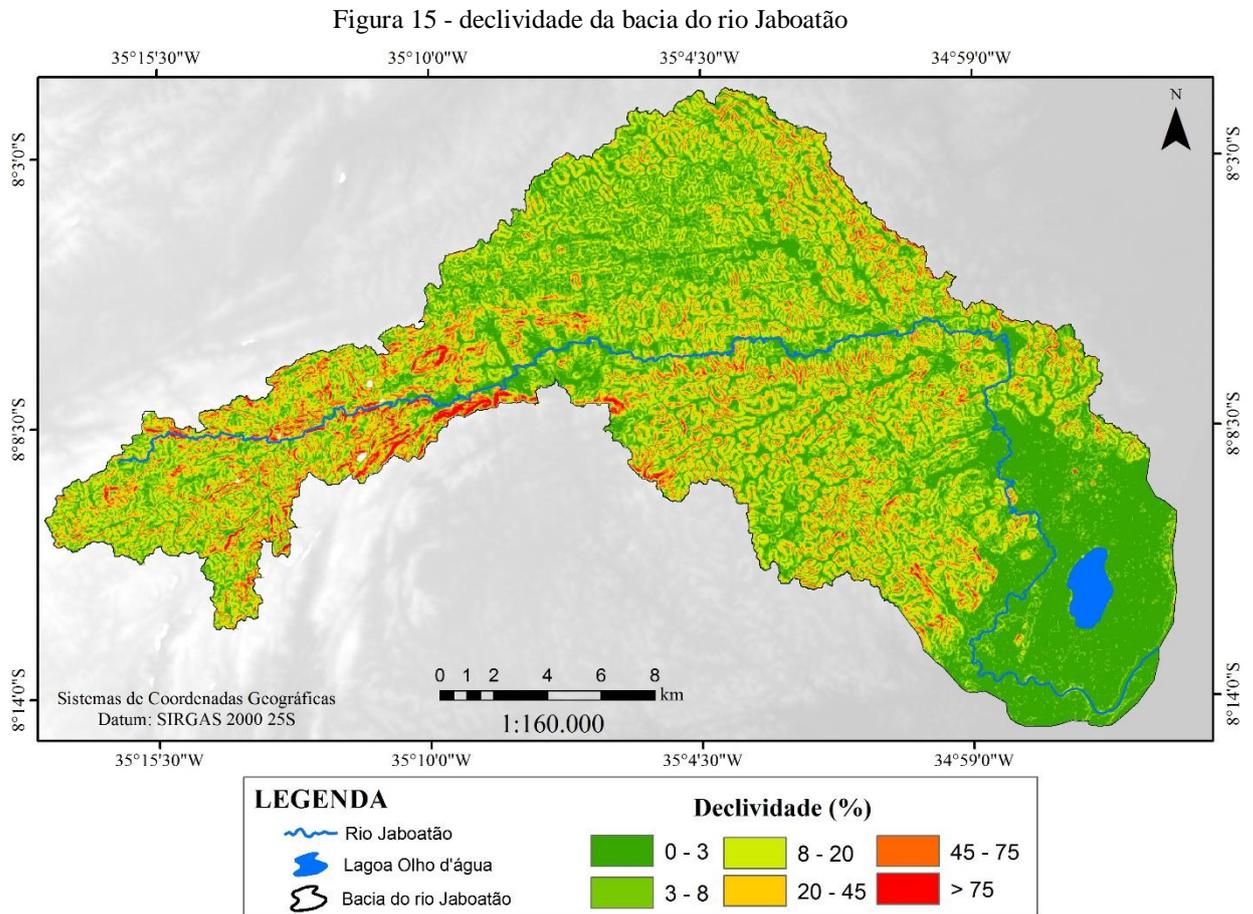
Figura 14 - hipsometria da bacia do rio Jaboatão.



Fonte: Autora, 2018

A declividade apresenta-se acentuada nas áreas de alto e médio curso da bacia, com valores entre 20 a 75% (Figura 15), sendo reduzida nas áreas de baixa curso com característica do relevo de planície, entre 0 a 8%. Segundo a EMBRAPA (2006), a partir dos valores percentuais dos desníveis expressos no terreno, é possível classificar o relevo dessa bacia, em sua maioria, de ondulado a forte ondulado. A declividade é um importante fator na velocidade do escoamento superficial, como também do tempo em que a água e os sedimentos chegam ao canal fluvial (VILLELA; MATTOS, 1975), nas áreas de alto e médio curso, devido a maior declividade, estas apresentam canais confinados, onde a relação encosta-canal é mais expressiva e com ausência de planície de inundação, ou seja, nessas áreas o escoamento

superficial é rápido em detrimento da infiltração, ocasionando a incidência de processos erosivos e movimentos de massa.



Fonte: Autora, 2018.

A declividade é um importante fator na análise das encostas, uma vez que, além de influenciar na ativação de processos erosivos e movimentos de massa, também influencia nas formas de uso e ocupação da terra (PEREIRA; THOMAZ, 2013). O uso da terra no alto e médio curso da bacia do rio Jaboatão, áreas de maior declividade, apresenta-se com o plantio de cana-de-açúcar, pastagem e áreas urbanas, principalmente destinadas as moradias residências. Nos períodos de corte da cana-de-açúcar (setembro a março) o solo fica desprotegido facilitando a ocorrência de processos erosivos lineares quando da ocorrência de eventos chuvosos.

Nas áreas destinadas a moradia, os elementos do relevo (altitude e declividade) além de fatores climáticos, com ênfase para as precipitações, contribuem para a susceptibilidade da aceleração e intensificação de eventos relacionados à dinâmica superficial de encostas, juntando-se a estes as forma de ocupação, que colaboram para que alguns bairros pertencentes a bacia, sobretudo nas cidades de Jaboatão dos Guararapes e Moreno, apresentem áreas de risco,

onde anualmente, nos meses de maio a julho, são verificados a gênese de feições erosivas e ocorrência de movimentos de massa, sobretudo escorregamentos.

5.1.1.3 Características da rede de drenagem

A bacia do rio Jaboatão é constituída do canal principal, o rio Jaboatão com 75 km de extensão e pelos seus afluentes (Figura 04), sendo os principais: o rio Duas Unas, na margem esquerda, com 29 km, tendo sua desembocadura localizada no centro urbano de Jaboatão dos Guararapes, o trecho do rio nessa área apresenta-se canalizado e tem seu leito obstaculado pela represa Duas Unas, com 75 km², a 4º maior da Região Metropolitana do Recife com capacidade máxima de 24.199.000 m³; na mesma margem estão os rios Mussaíba com 13,5 km, rio Macaco com 9,2 km e o rio Pixaó com 11,6 km. Na margem direita encontra-se os rios Mangaré com 14,9 km e o riacho do Arroz com 11,5 km (Tabela 06).

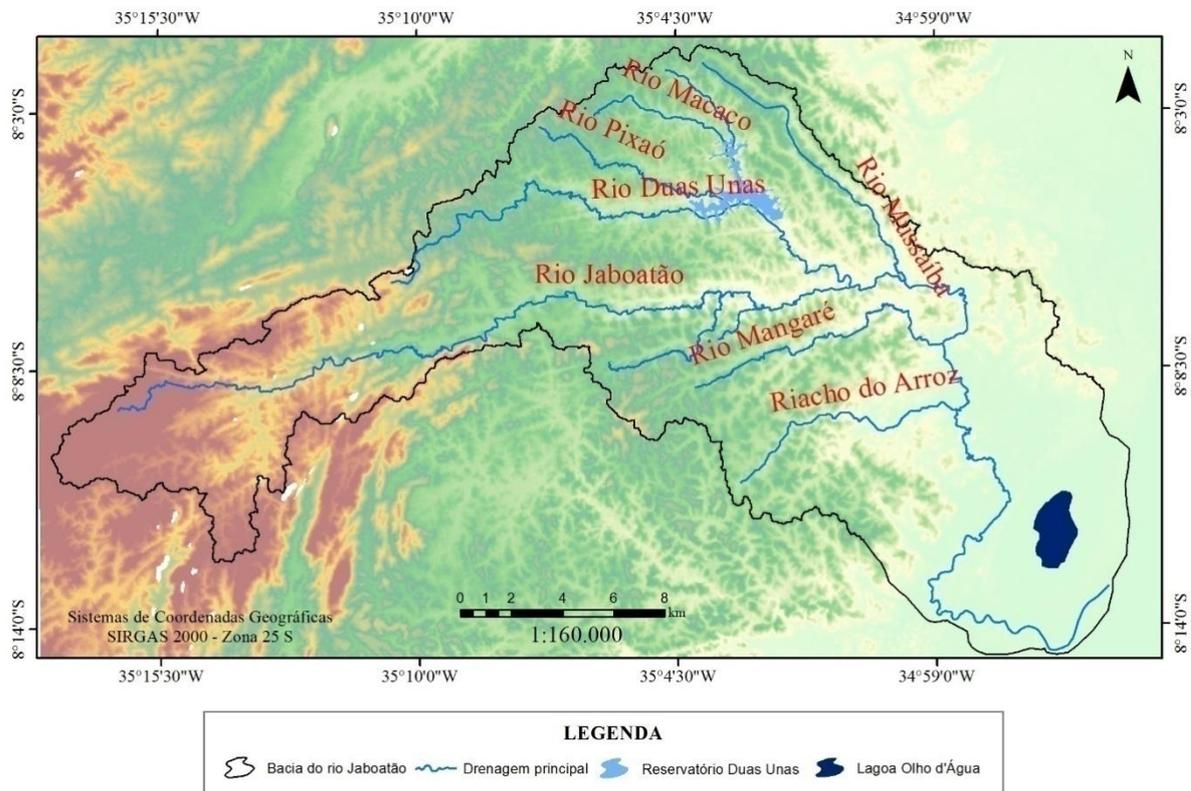
Tabela 06 - afluentes principais da Bacia do rio Jaboatão

CANAIS SECUNDÁRIOS	CUMPRIMENTOS
Rio Mussaíba	13,5 km
Rio Maninimbu	5,2 km
Rio Macaco	9,2 km
Rio Duas Unas	29 km
Riacho do Arroz	11,5 km
Rio Pixaó	11,6 km
Rio Mangaré	14,9 km
Rio Zumbi	2,5 km
Rio Canijó	9,0 km

Fonte: autora, 2018

A bacia do rio Jaboatão possui uma área drenada pela Lagoa Olho d'Água (Figura 16), um sistema lagunar com 3,7 km² de área, que apresenta ligação com dois canais; o canal de Setúbal ao norte e o canal Olho d'Água ao sul que é um afluente do rio Jaboatão e desagua na lagoa (CPRM, 1997). A lagoa Olho d'Água está inserida no contexto urbano da bacia do rio Jaboatão, com intensa ocupação de baixa renda nas margens, intensificando o lançamento de águas servidas diretamente na lagoa, contribuindo para contaminação e para o desenvolvimento de plantas macrófitas flutuantes.

Figura 16 - rede de drenagem principal da bacia do rio Jaboatão



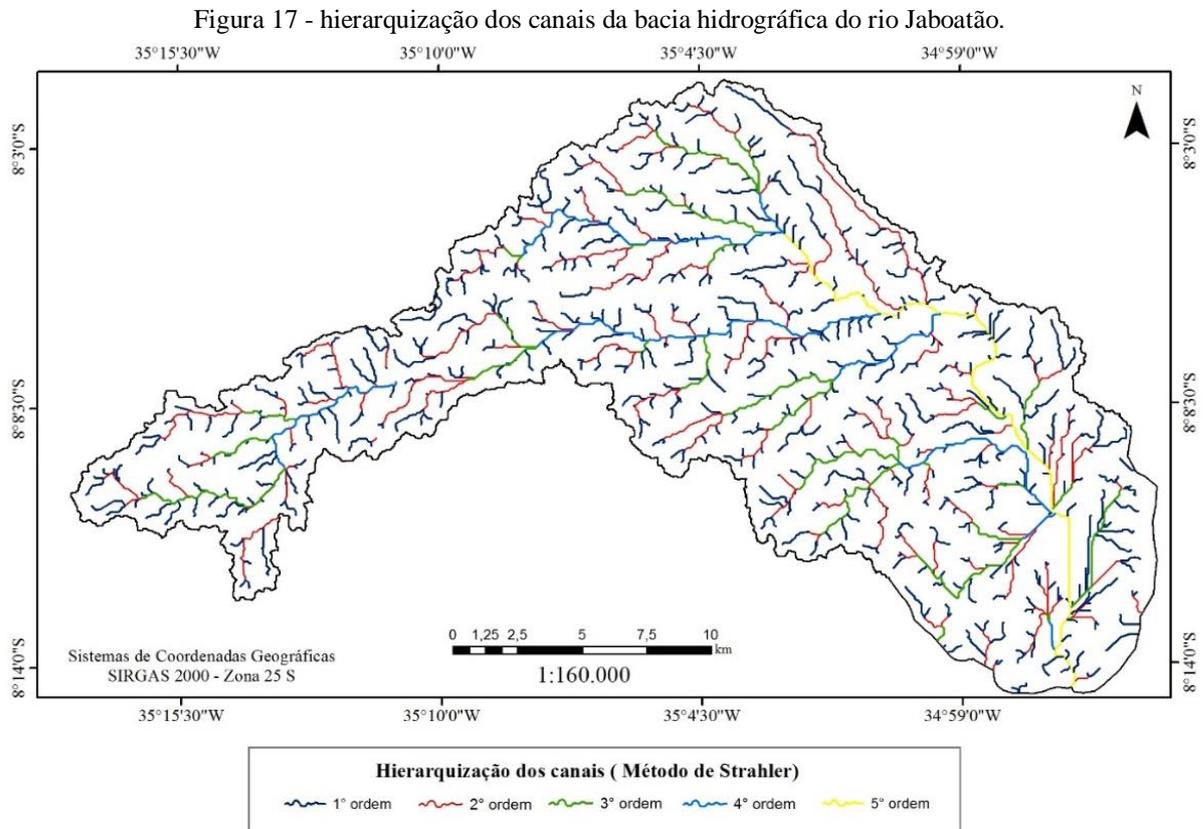
Fonte: autora, 2018

A densidade de drenagem da bacia em questão é de $1,62 \text{ km/km}^2$. Segundo Villela e Mattos (1975), os valores de densidade de drenagem indicam o grau de desenvolvimento de um sistema fluvial, devido à relação entre a extensão de todos os canais com a área total da bacia, os valores podem variar entre $0,5 \text{ km/km}^2$ com drenagem pobre, a valores maiores que $3,5$ para áreas bem drenadas.

Considerando o valor da densidade de drenagem para esta bacia a drenagem é caracterizada como boa ou mediana, características como: litologia de rochas resistentes, juntamente com os controles pedológicos e cobertura vegetal influenciam diretamente em uma boa drenagem e no padrão de escoamento da área.

A bacia do rio Jaboatão apresenta uma hierarquização de 5º ordem, uma vez que o rio Jaboatão e o rio Duas Unas configuram-se como rios de 5º ordem, essa ordenação dos canais demonstra a extensão da ramificação na bacia (Figura 17), esse processo contribui na classificação da mesma, como também para associar-se ao processo modificação do relevo, uma vez que, segundo Christofletti (1980), quanto maiores os percentuais de canais de primeira ordem, maior também será a dissecação do relevo. A bacia do rio Jaboatão apresenta em sua maioria canais de primeira e segunda ordem, sobretudo nas áreas de alto e médio curso,

principalmente por ser um ambiente colinoso, configurando-se em áreas de cabeceiras de drenagem, o que contribui também no maior processo erosivo nestes ambientes.



Fonte: autora, 2018

5.1.2 Unidades geológicas da bacia hidrográfica do rio Jaboatão

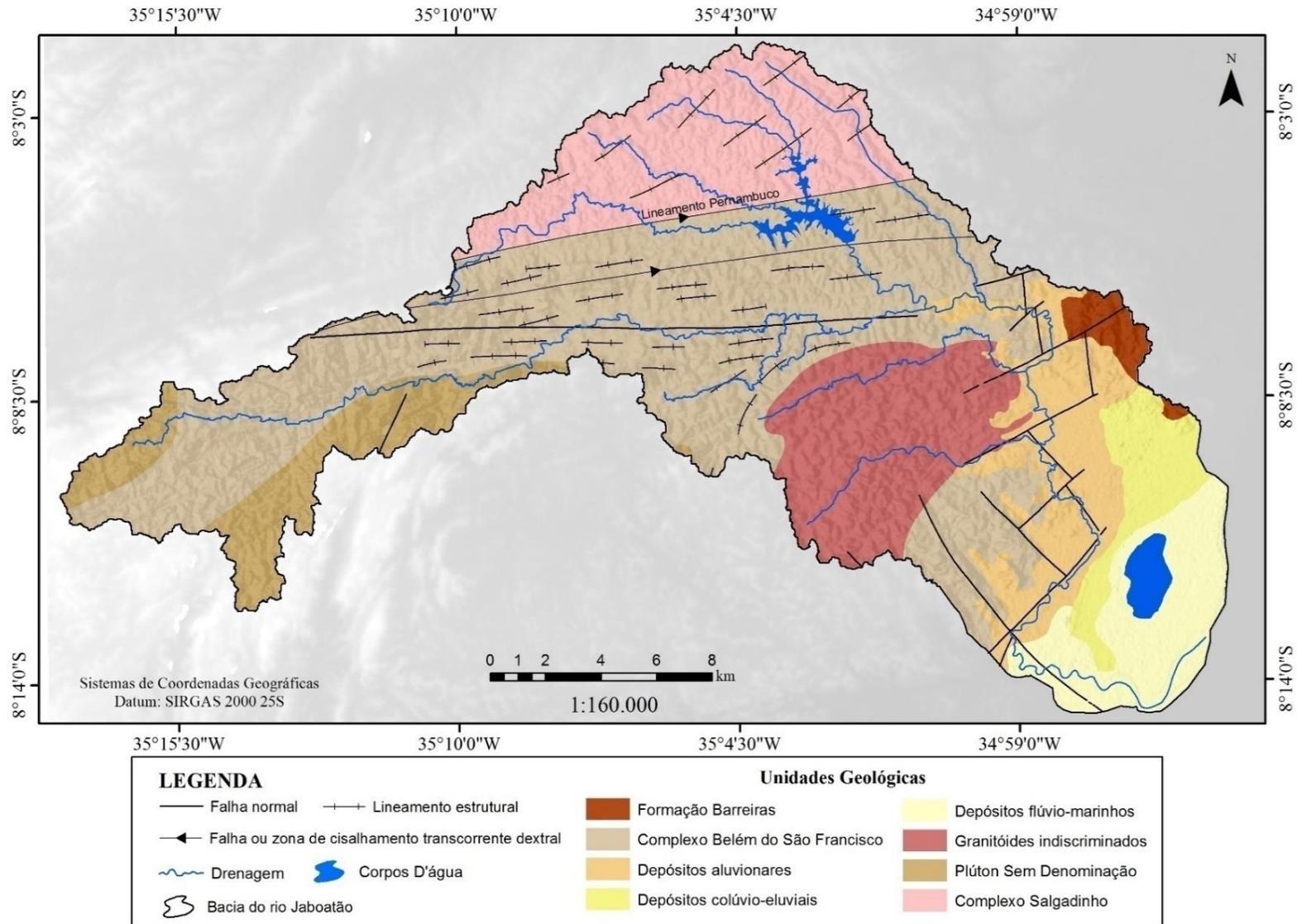
A bacia do rio Jaboatão é composta por 8 unidades geológicas, sendo “cortada”, ao norte, pela Zona de Cisalhamento Pernambuco, também denominada Lineamento Pernambuco, e composta pelo Complexo Belém de São Francisco, que abrange a maior parte da bacia hidrográfica, com 45,45%, seguido pelo Complexo Salgadinho, com 15,67% da área, os Granitoides Indiscriminados, terceira maior unidade com 12,80%, em seguida os Depósitos Aluvionares com 10,70%, os Depósitos Flúvio-marinhos com 7,88%, os Depósitos Colúvio-aluviais com 4,20%, o Plúton sem denominação com 1,78% e a Formação Barreiras com 1,50% (Tabela 07). A descrição de cada unidade geológica da bacia (Figura 18) será apresentada no tópico das unidades de paisagem, buscando correlacionar de forma sistêmica os elementos físicos e antrópicos destes ambientes geológicos.

Tabela 07 - área territorial das unidades geológicas da bacia do rio Jaboatão

Unidades geológicas	Área territorial (km²)	(%) na bacia do rio Jaboatão
Formação Barreiras	5,88	1,5
Complexo Belém de São Francisco	177,15	45,45
Complexo Salgadinho	61,08	15,67
Depósitos Aluvionares	41,69	10,7
Depósitos Colúvio-eluviais	16,37	4,2
Depósitos flúvio-marinho	30,74	7,88
Plúton Sem Denominação	6,95	1,78
Granitóides indiscriminados	49,9	12,8

Fonte: autora, 2018.

Figura 18 - unidades geológicas da bacia do rio Jaboatão.



Fonte: autora, 2018

5.1.3 Domínios Morfoestruturais da bacia hidrográfica do rio Jaboatão

O termo morfoestrutura indica os compartimentos geomorfológicos que são nitidamente controlados pelo arcabouço litológico e estrutural. Constituídos das tipologias relacionadas ao relevo de forma hierárquica, onde são compostas por conjuntos regionais de primeira ordem, até os de menores grandezas. Para as morfoestruturas é importante observa-las e defini-las a partir da análise regional da paisagem, relacionando as estruturas geológicas e as feições morfológicas de primeira ordem de grandeza presentes na superfície (CORRÊA *et al.*, 2010; FONSÊCA *et al.*, 2016; SAADI, 1991).

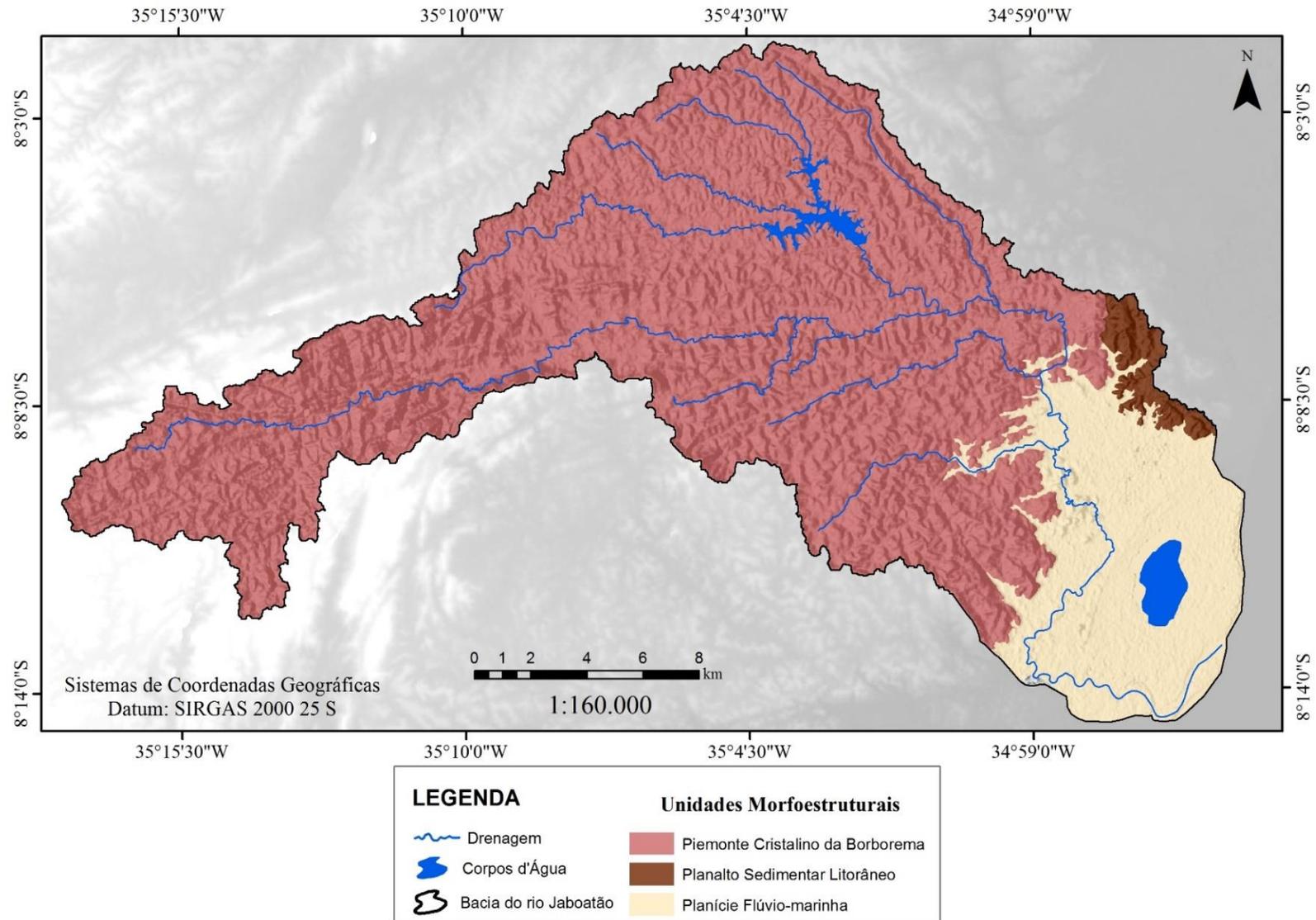
Diante disso, buscou-se realizar o mapeamento das feições morfoestruturais presentes na bacia hidrográfica do rio Jaboatão dentro de uma escala regional. Realizou-se a definição das morfoestruturas a partir da análise das estruturas geológicas, da litologia e da rede de drenagem. Para a bacia hidrográfica do rio Jaboatão as unidades morfoestruturais, de acordo com a figura 19: O Piemonte Cristalino da Borborema, correspondendo uma área na BHRJ de 328 km², o que significa 78% da área territorial, localizado nas áreas de cabeceira de drenagem até as partes do médio curso da bacia; o planalto sedimentar litorâneo, que compreende uma pequena área da bacia de 7,8 km², refletindo apenas 2% da área total, está localizado a NE da BHRJ e a planície Flúvio-marinha, compondo 19% da área, onde apresenta 80km², localizada a SE da bacia (Tabela 08).

Tabela 08 - área territorial das Morfoestruturas na bacia do rio Jaboatão

Morfoestruturas	Área territorial (km²)	(%) na bacia do rio Jaboatão
Piemonte Cristalino da Borborema	328,72	78,9
Planalto sedimentar litorâneo	7,83	1,88
Planície Flúvio-marinha	80,06	19,21

Fonte: autora, 2018

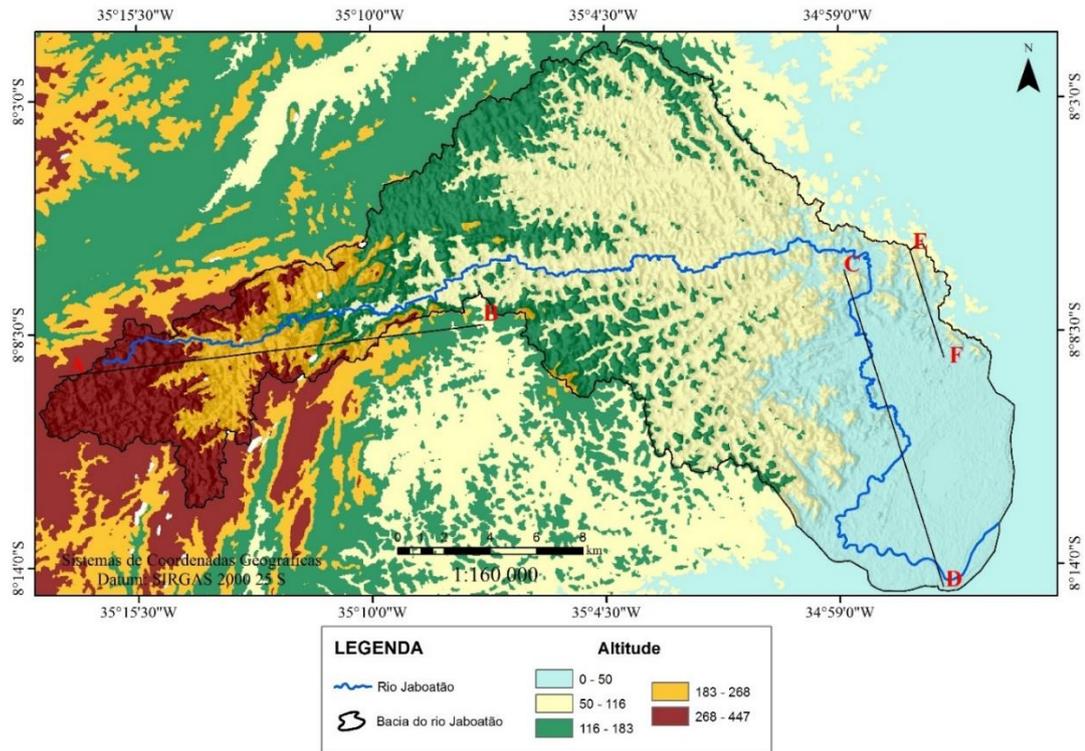
Figura 19 - unidades morfoestruturais da bacia do rio Jaboatão.



Fonte: autora, 2018

Foram demarcados os perfis longitudinais nos três compartimentos morfoestruturais para a área de estudo, o perfil A-B relativo ao Piemonte Cristalino da Borborema, o perfil E-F relacionado ao Planalto Sedimentar Litorâneo e o perfil C-D correspondente a planície Flúvio-marinha, na figura 20 é possível observar a distribuição dos perfis longitudinais de cada unidade morfoestrutural.

Figura 20 - perfis longitudinais das unidades morfoestruturais da bacia do rio Jaboatão.



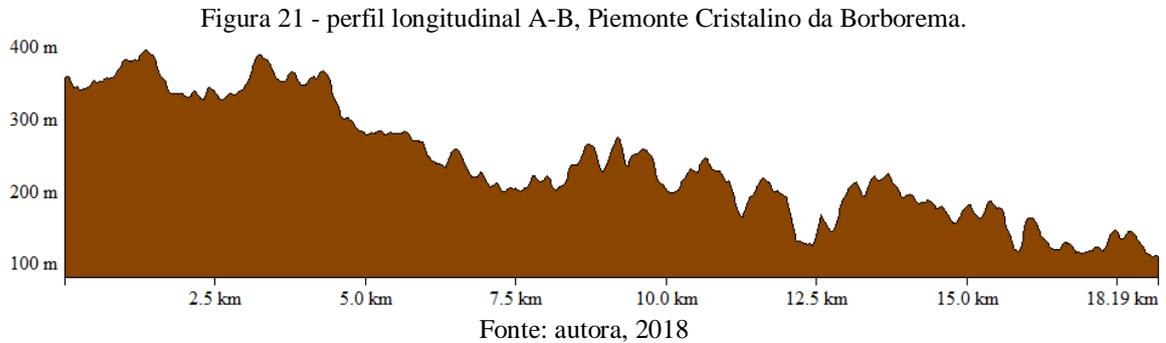
Fonte: autora, 2018

5.1.3.1 Piemonte Cristalino da Borborema

Essa compartimentação morfoestrutural é caracterizada por ter sofrido processos mais intensos de denudação, pois apresenta uma drenagem dentrítica, exibindo trechos de rios retilíneos que foram condicionados pelas estruturas lineares subjacentes, sendo composto, atualmente, por uma litologia mais profunda do complexo cristalino, com um relevo rebaixado, constituído por estruturas deixadas pelas rochas (MONTEIRO, 2010; SILVA, 2010; FONSECA, *et al.*, 2016).

O Piemonte Cristalino da Borborema na bacia do rio Jaboatão (Figura 21) está entre as cotas de 100 a 450 metros, classificado pela presença de uma morfologia pluriconvexas, nas altitudes acima dos 300 metros, nos municípios de Vitória de Santo Antão e Moreno. As formas apresentam topos mais aguçados com vales fechados em formato “V”, nas cotas mais

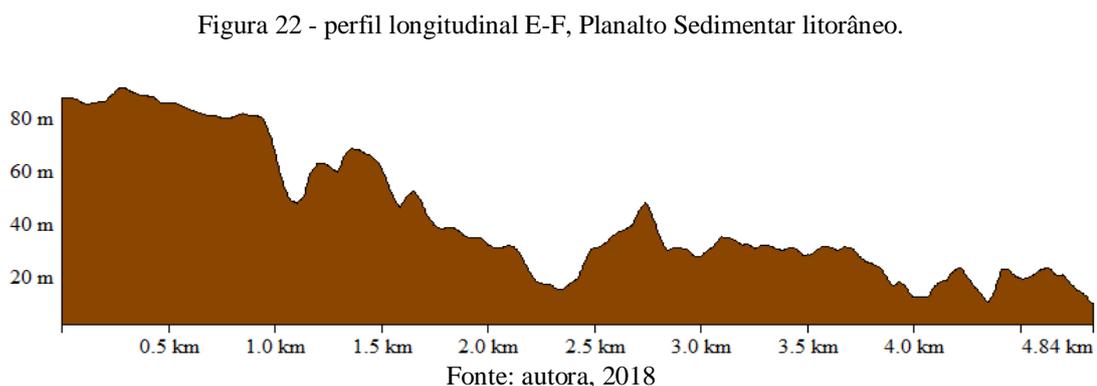
rebaixadas em direção ao litoral, principalmente nos municípios de São Lourenço da Mata e Jaboatão dos Guararapes, as formas são mais arredondadas e com vales mais abertos, sofrendo maior processo de dissecação.



5.1.3.2 Planalto Sedimentar Litorâneo

O Planalto Sedimentar Litorâneo ocorre principalmente ao norte do Lineamento Pernambuco, porém existe alguns fragmentos ao sul do lineamento, como acontece em uma pequena porção da bacia do rio Jaboatão, estando relacionado aos sedimentos da Formação Barreiras. Nestas unidades o grau de dissecação aumenta em direção à costa, e expõem uma morfologia de topo amplo e tabular, com vales profundos abertos.

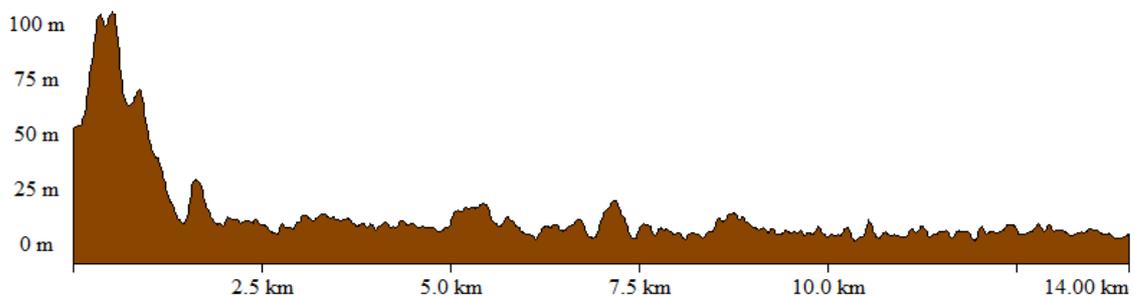
Analisando o transecto desta unidade (Figura 22), a amplitude altimétrica está entre 20 a 100 metros, sendo esta unidade caracterizada por uma morfologia do tipo tabular, nas altitudes ente 60 a 100 metros apresenta-se mais conservado e nas altitudes inferiores ocorre um maior processo de dissecação, isso é possível evidenciar também em relação aos tabuleiros localizados ao norte do lineamento, que são menos dissecados, devido também por que na porção ao sul do lineamento a densidade de drenagem é mais expressiva do que ao norte do lineamento Pernambuco.



5.1.3.3 Planície Flúvio-marinha

A unidade morfoestrutural da planície Flúvio-marinha (figura 23), foi gerada pelo processo de deposição de sedimentos fluvial do rio Jaboatão e de sedimentos do cordão litorâneo. Nesta unidade também encontram-se os sedimentos de baixios de maré e os lagunares; esse domínio determina uma morfologia plana, em torno dos 10 metros de altitude, como ocorre no baixo curso da bacia do rio Jaboatão, onde a amplitude altimétrica não ultrapassa os 20 metros de altitude.

Figura 23 - perfil longitudinal C-D, planície flúvio-marinha.



Fonte: autora, 2018.

5.1.4 Unidades geomorfológicas da bacia hidrográfica do rio Jaboatão

O mapeamento geomorfológico é um importante instrumento na representação das formas da superfície terrestre. Os mapas geomorfológicos apresentam, através de metodologias apropriadas, a configuração da crosta terrestre, ressaltam com destaque as unidades de relevo e constituem, com frequência, a base de várias outras classes de mapas (GUERRA e MARÇAL, 2010, p. 129). Dentro deste contexto, mapear e compreender as unidades geomorfológicas presentes na bacia hidrográfica em questão trouxeram contribuições para uma análise e avaliação mais eficiente das condições geomorfológicas, relacionando para tanto com os aspectos geológicos, hipsométricos, climáticos e com declividade, dentro de uma escala de 1:50.000.

Para a bacia em questão as unidades geomorfológicas encontradas foram: morros, compreendendo 9,56%, colinas com 67,63%, sendo subdividas em duas a partir das formas de dissecação atrelados a resistência do material, diferenciando-as pelo topo, vale, e pela altitude; a unidade das planícies, compondo 19,92% da área, subdividas em três, sendo diferenciadas a

partir do seu ambiente de deposição, e o tabuleiro sedimentar dissecado com 3,56% da área da bacia do rio Jaboatão, (Tabela 09).

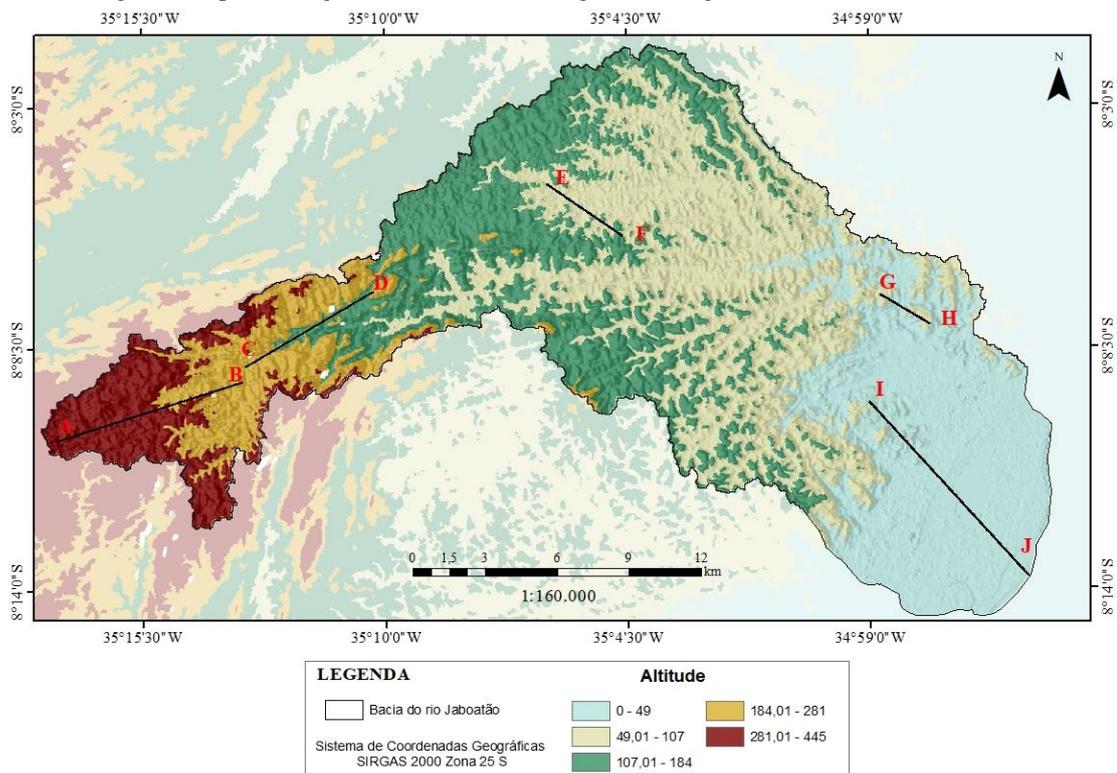
Tabela 09 - área territorial das unidades geomorfológicas na bacia do rio Jaboatão.

Unidade geomorfológicas	Área territorial (km ²)	(%) na bacia do rio Jaboatão
Morros em maciço estrutural	39,87	9,56
Colinas de topos convexos e vales fechados	84,48	20,26
Colinas de topos convexos e vales abertos	197,50	47,37
Planície Aluvial	31,35	7,52
Planície Flúvio-marinha	40,74	9,77
Planície Costeira	8,07	1,93
Tabuleiro sedimentar dissecado	14,84	3,56

Fonte: autora, 2018

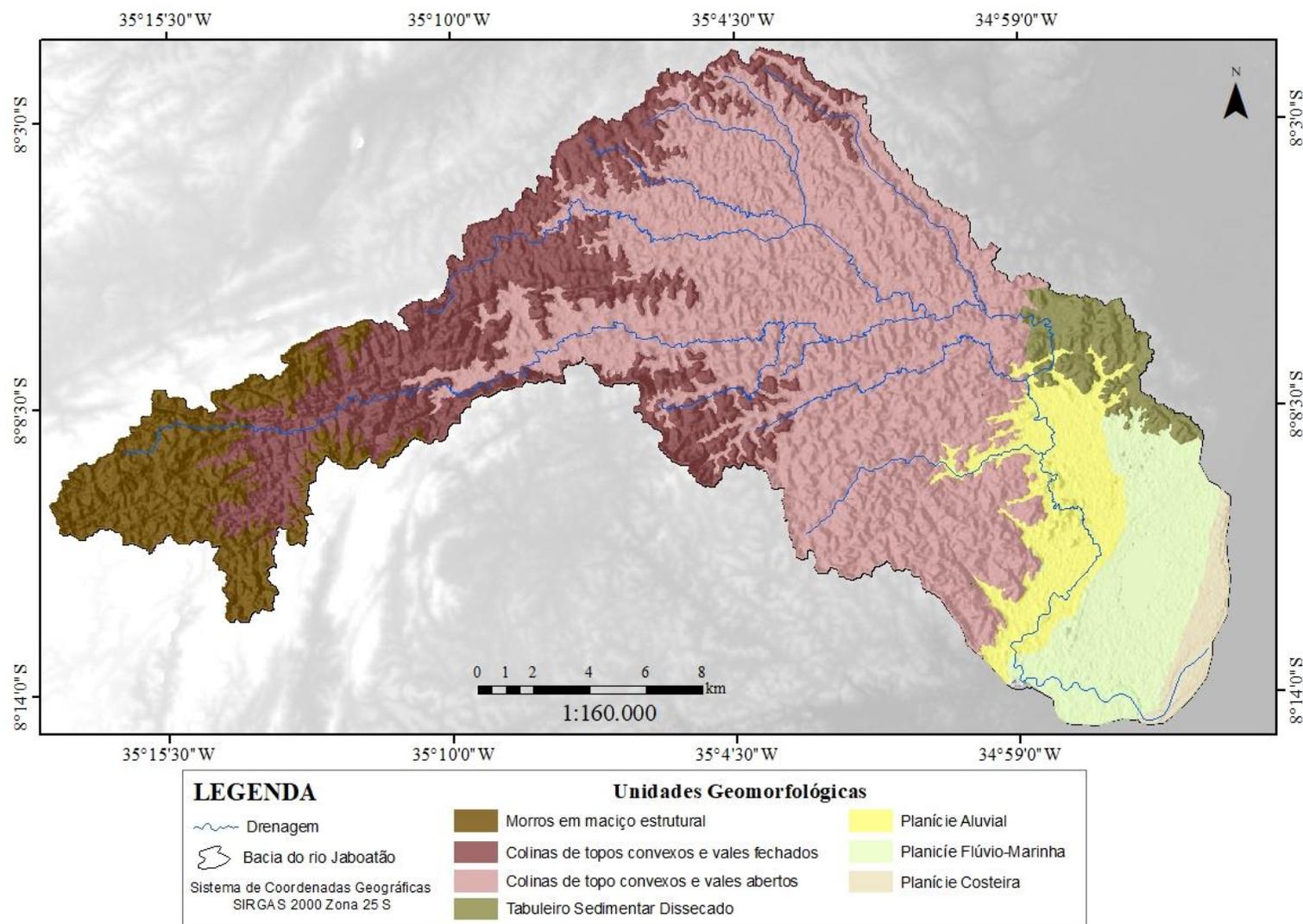
Foram traçados os perfis longitudinais (Figura 24) para cada unidade geomorfológica (Figura 25) como forma de representação dessas unidades, contribuindo para melhor visualização destas formas na paisagem. O perfil A-B representa os morros em maciço estrutural, o perfil C-D mostra a unidade das colinas com topos convexos e vales fechados, o perfil E-F retrata a unidade das colinas com topos convexos e vales abertos, o perfil G-H, descreve os tabuleiros e as unidades das planícies são representadas pelo perfil I-J.

Figura 24 - perfis longitudinais das unidades geomorfológicas da bacia do rio Jaboatão.



Fonte: autora, 2018

Figura 25 - unidades geomorfológicas da bacia hidrográfica do rio Jaboatão.

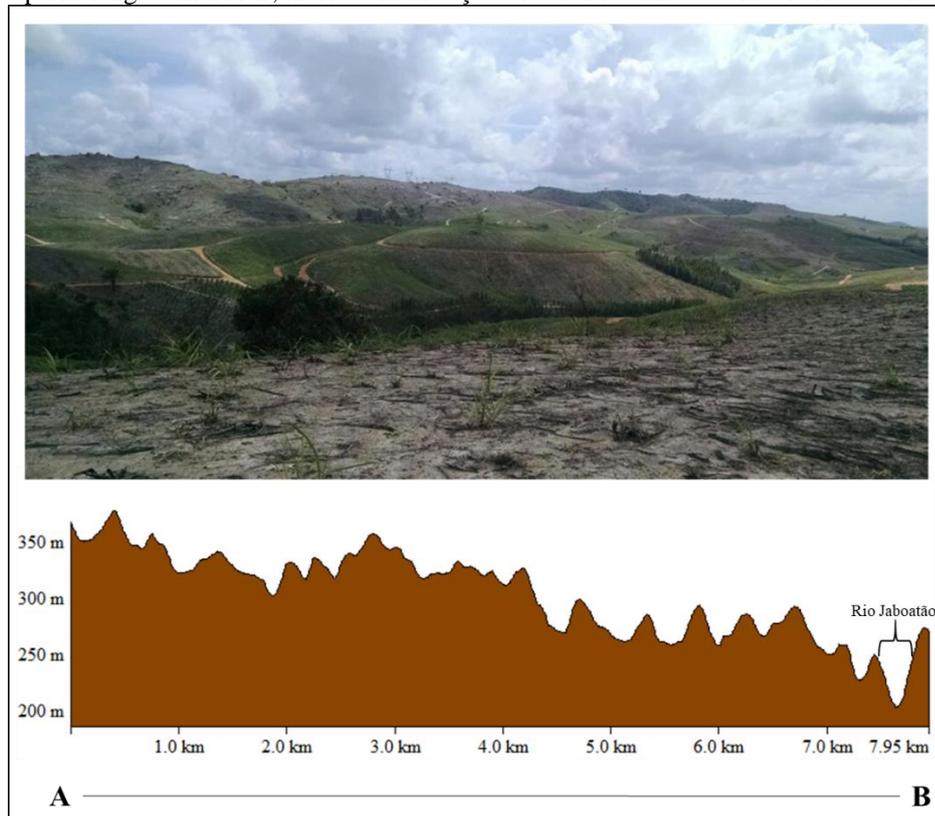


Fonte: autora, 2018

5.1.4.1 Morros em maciço estrutural

Os morros estão localizados a oeste e sudoeste da bacia, na área de cabeceira de drenagem do rio Jaboatão. Esta unidade apresenta uma geologia composta por rochas do embasamento cristalino do Proterozóico, como o granito, diorito e migmatito, compreendido nas unidades do complexo Belém de São Francisco e do plúton sem denominação. Apresentam altitudes entre 260 a 446 metros, a declividade varia entre 20 a 45%, caracterizando o relevo como forte-ondulado, a morfologia desta unidade é identificada por formas policonvexas, com vales menos profundos (Figura 26), áreas que são mais resistentes em relação as outras unidades da bacia aos processos de dessecação do relevo.

Figura 26 - perfil longitudinal A-B, morros em maciço estrutural localizados em Vitória de Santo Antão/PE.



Fonte: Autora, 2018.

5.1.4.2 Colinas

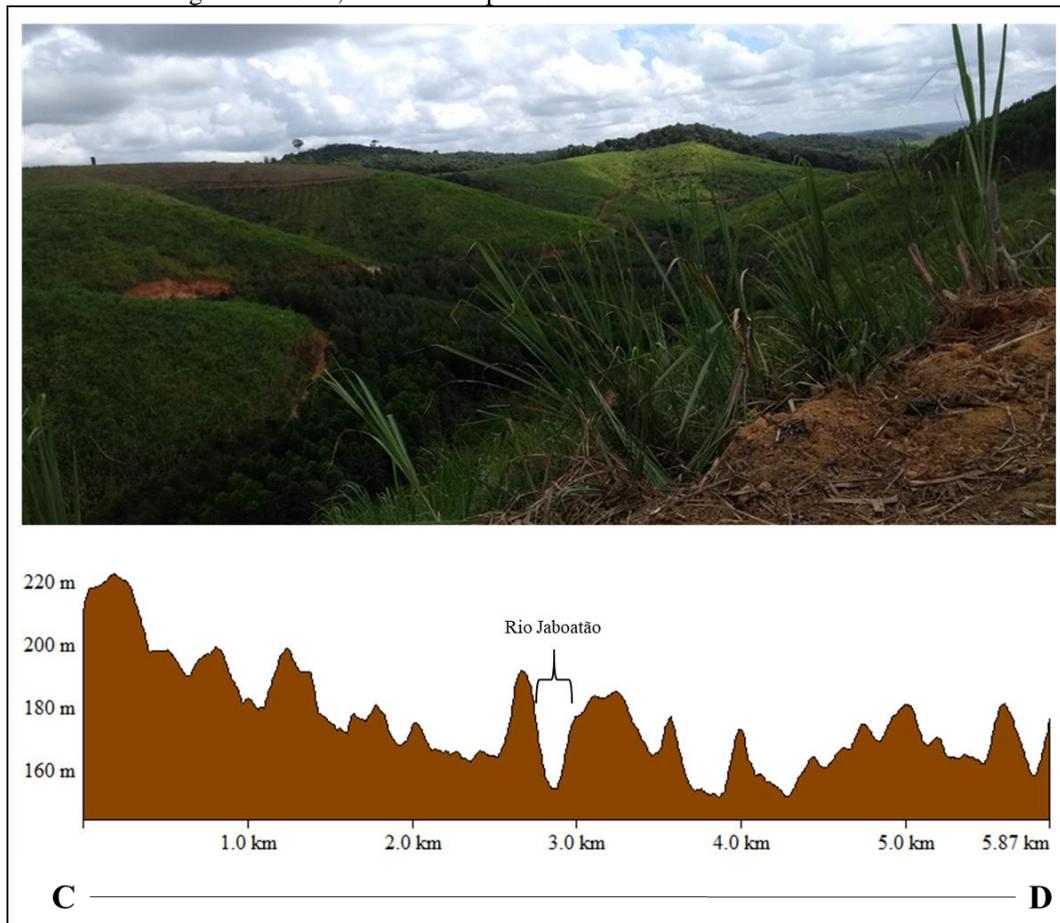
Maior parte da bacia é composta pela unidade das colinas, estando compreendido sobre uma geologia datada do Proterozóico, com rochas metamórficas e ígneas, presentes em sua maioria nos complexos Salgadinho e Belém de São Francisco. Estão localizadas principalmente na parte central da bacia, nas regiões de alto e médio curso. As colinas possuem uma morfologia

pluri-convexa e o processo de erosão fluvial é intenso, possuem altitudes entre os 65 a 260 metros. Foram subdividas em três unidades, para melhor compreensão do processo de dissecação do relevo, relacionada tal subdivisão, principalmente, com a altitude e declividade destas feições. Importante ressaltar que o processo de denudação vai tornando-se maior nesta unidade em direção a linha de costa devido ao aumento das médias pluviais.

5.1.4.3 Colinas de topos convexos e vales fechados

São encontradas principalmente no município de Moreno e em parte dos outros municípios pertencentes a bacia, possuem altitudes que variam de 140 a 250 metros, expõem uma morfologia de colinas com topos aguçados convexos e os vales são fechados em formato de “V”, com profundidade acentuada em áreas de cabeceiras de drenagem (Figura 27).

Figura 27 - Perfil longitudinal C-D, colinas de topos convexos e vales fechados localizados em Moreno/PE.

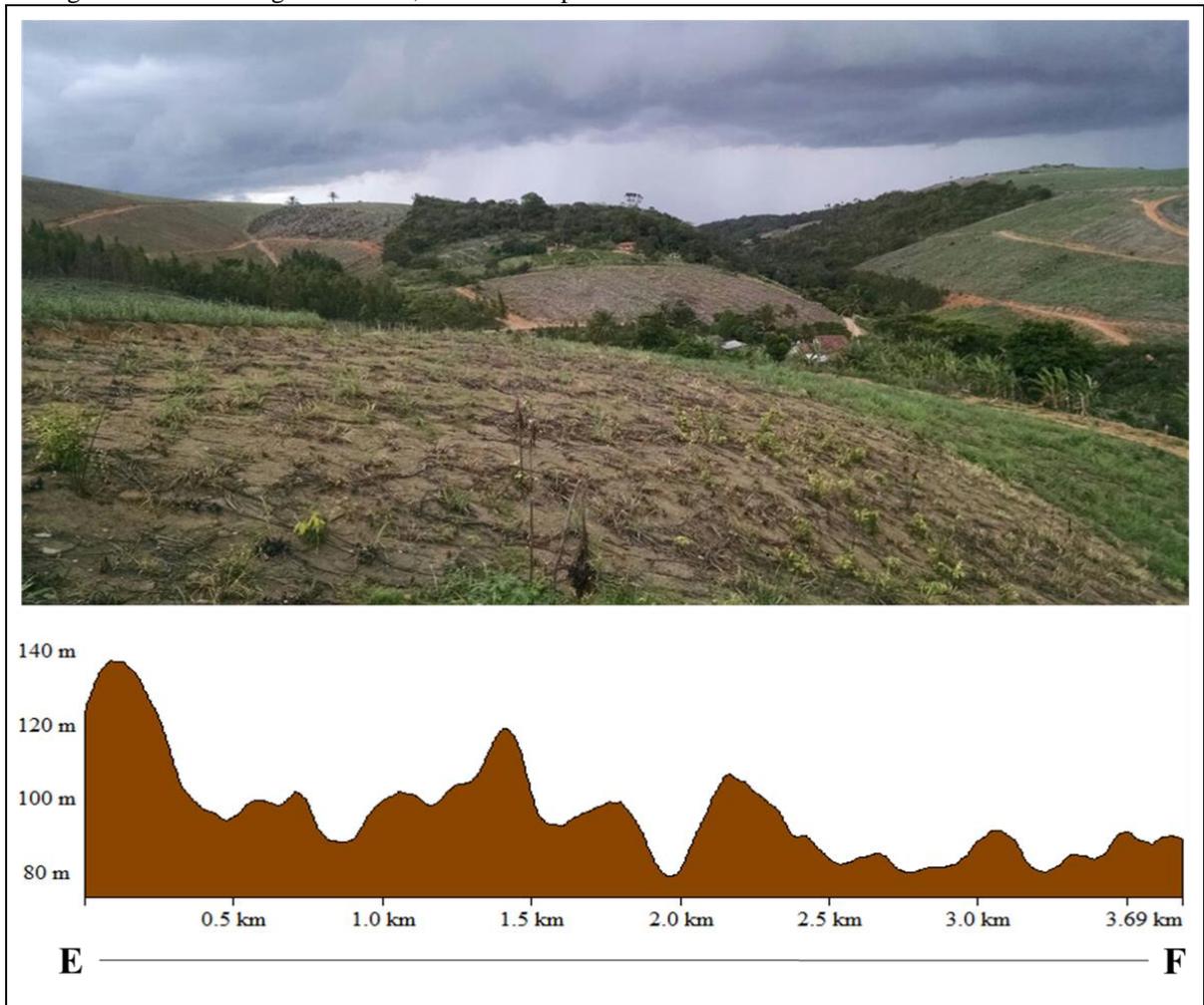


Fonte: Autora, 2018.

5.1.4.4 Colinas de topos convexos e vales abertos

Essa unidade está inserida nos municípios de Moreno, Jaboatão dos Guararapes e São Lourenço da Mata. Apresentam cotas altimétricas de 80 a 140 metros, são individualizadas pela altitude, como também pelos vales que são mais abertos, esta subunidade sofre maior processo de dessecação fluvial do que as unidades anteriores (Figura 28).

Figura 28 - Perfil longitudinal E-F, colinas de topos convexos e vales abertos localizadas em Moreno/PE.



Fonte: Autora, 2018.

5.1.4.5 Tabuleiro sedimentar dissecado

Os tabuleiros estão localizados entre Recife e Jaboatão dos Guararapes, sendo feições constituídas de material inconsolidado da Formação Barreiras, apresentando dissecação fluvial e altitudes médias entre 60 a 80 metros, estando presente em áreas próximas ao litoral. A

morfologia destas feições é de topos planos em formato tabular, caracterizando-se por apresentarem um modelado tabular dissecado (Figura 30).

Figura 29 - Perfil longitudinal G-H, tabuleiro sedimentar dissecado localizado em Jaboatão dos Guararapes/PE.

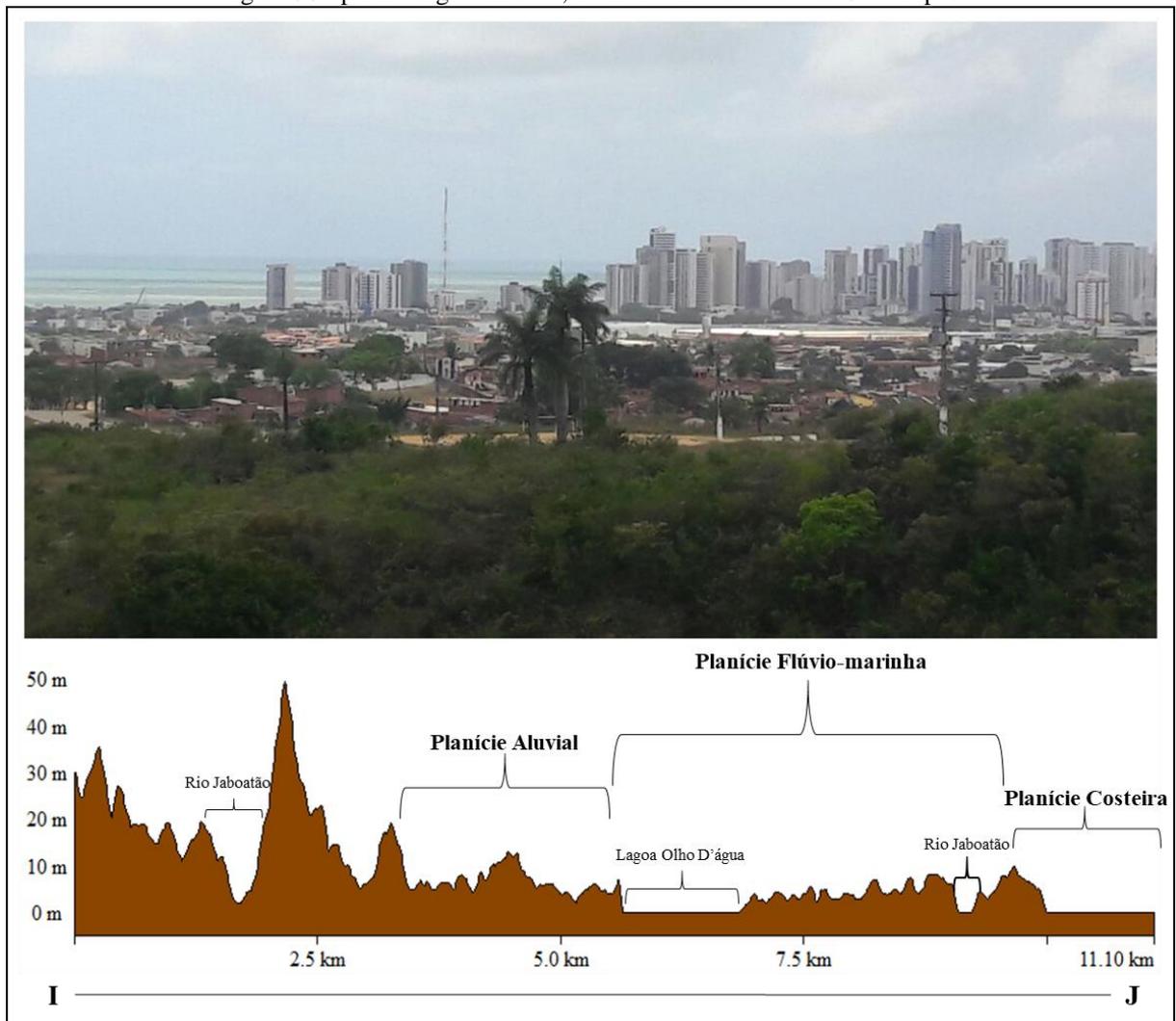


Fonte: autora, 2018

5.1.4.6 Planícies

As planícies estão localizadas no baixo curso do rio Jaboatão (Figura 31), caracterizadas por superfícies planas e rebaixadas, com altitudes de até 20 metros. Os depósitos são datados do fanerozóico, com material superficial de sedimentos inconsolidados. Este tipo de feição foi subdividida em três unidades de planícies, a saber: a planície aluvial, composta por depósitos aluvionares referentes ao rio Jaboatão; a planície flúvio-marinha, constituída por depósito colúvio-eluvionares e depósitos flúvio-marinho, e a planície costeira, formada por depósitos de sedimentos marinho.

Figura 30 - perfil longitudinal I-J, Planície em Jabotão dos Guararapes.

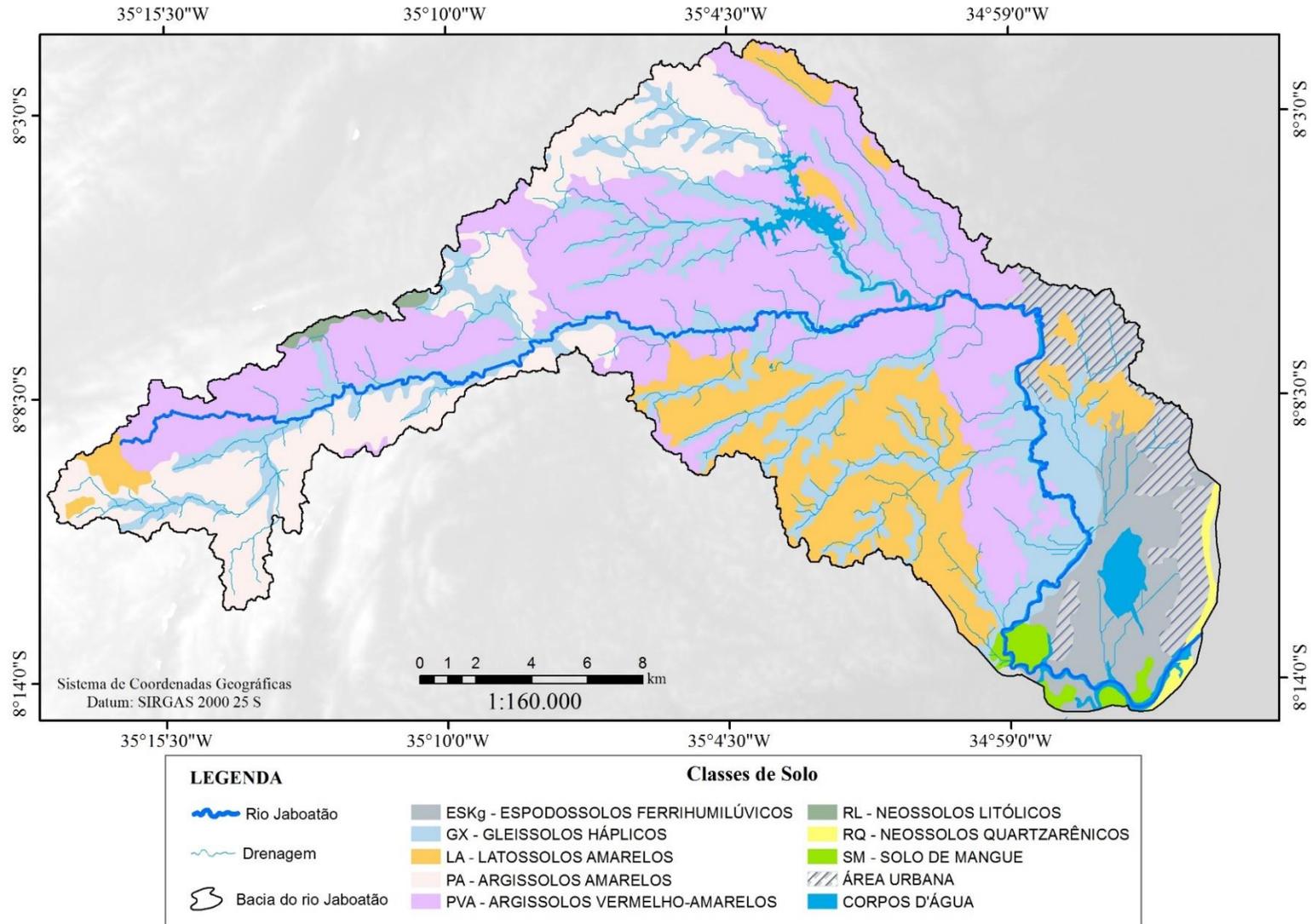


Fonte: autora, 2018

5.1.5 Classes de solos da bacia hidrográfica do rio Jabotão

Solos é o material inconsolidado presente na superfície terrestre, sendo composto de material mineral e/ou orgânico, sendo um importante recurso para o desenvolvimento das formações vegetais, como também para determinadas atividades antrópicas (IBGE, 2015). Para a bacia do rio Jabotão, foram identificadas oito classes de solos, sendo mapeada, também a área urbana, devido ao intenso processo de impermeabilização do solo (Figura 32). Os Argissolos Vermelho-amarelo compreende grande parte da bacia, sobretudo nas áreas de alto e médio curso. A descrição e discussão das classes de solo serão apresentadas no tópico de unidades de paisagem.

Figura 31 - Classe de solo da bacia hidrográfica do rio Jaboatão.



Fonte: autora, 2018

5.1.6 Cobertura e uso da terra na bacia hidrográfica do rio Jaboatão

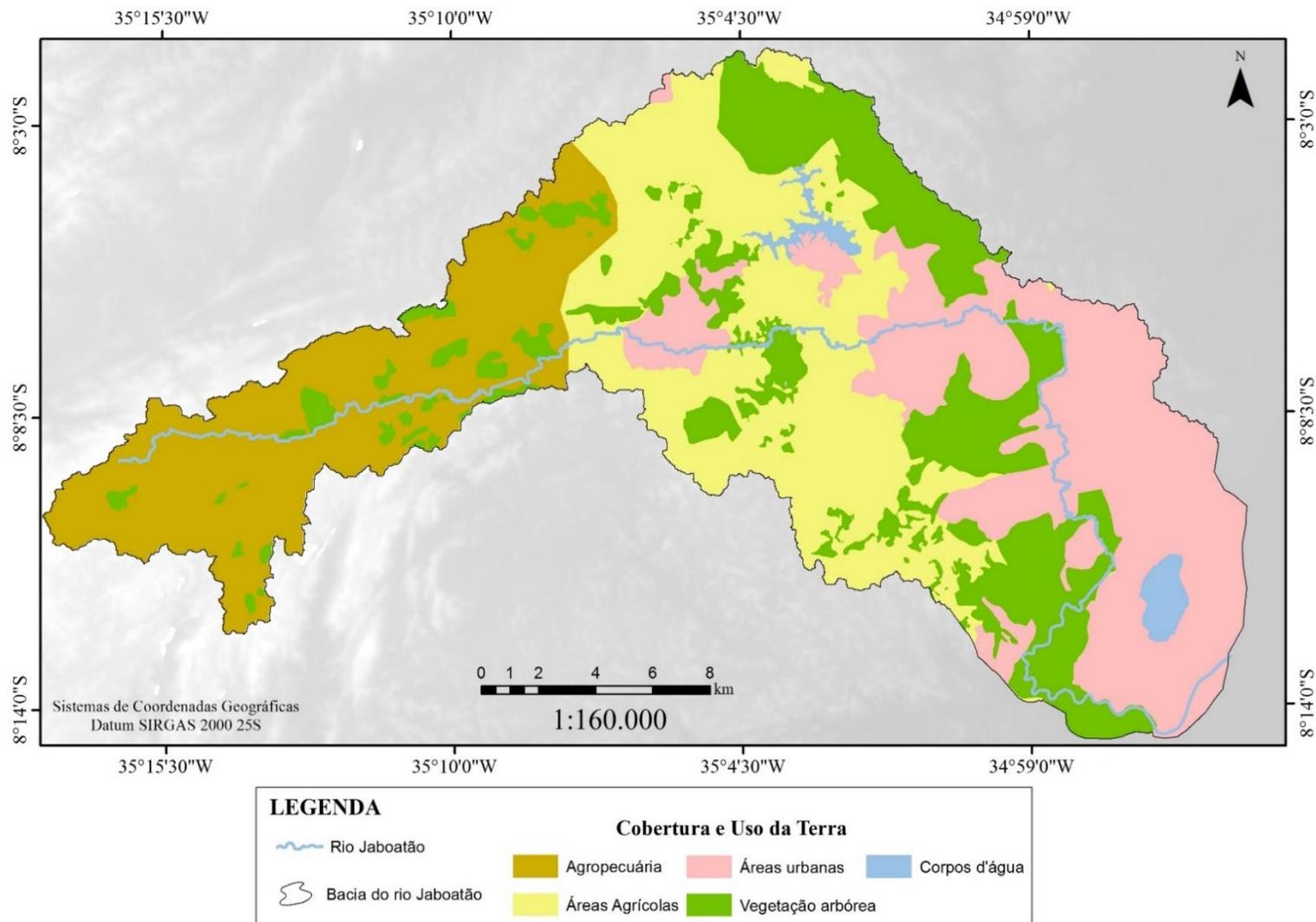
Para a bacia do rio Jaboatão foram identificados cinco principais tipos de cobertura e uso da terra (Figura 33), uma vez que foram determinadas apenas o nível I (Classes) e o nível II (Subclasses) baseando-se na proposta metodológica do IBGE (2013). As classes e subclasses estão descritas na tabela 10, os usos da terra estão distribuídos quase uniformemente na bacia, as áreas urbanas apresentam um percentual um pouco maior que os demais, eles serão melhor compreendidos no tópico de unidades de paisagem.

Tabela 10 - área territorial das unidades de cobertura e uso da terra na bacia do rio Jaboatão.

Nível I (classes)	Nível II (Subclasses)	Área territorial (km²)	(%) na bacia do rio Jaboatão
Áreas antrópicas não agrícolas	Áreas urbanas	115,24	27,39
Áreas antrópicas agrícolas	Agropecuária	91,19	21,67
	Áreas agrícolas	110,64	26,29
Áreas de vegetação natural	Vegetação Arbórea	97,38	23,14
Água	(Águas continentais) Corpos d'Água	6,28	1,5

Fonte: Autora, 2018.

Figura 32 - Cobertura de uso da terra na bacia do rio Jaboatão



Fonte: autora, 2018

5.1.7 Unidades de Paisagem da bacia hidrográfica do rio Jaboatão

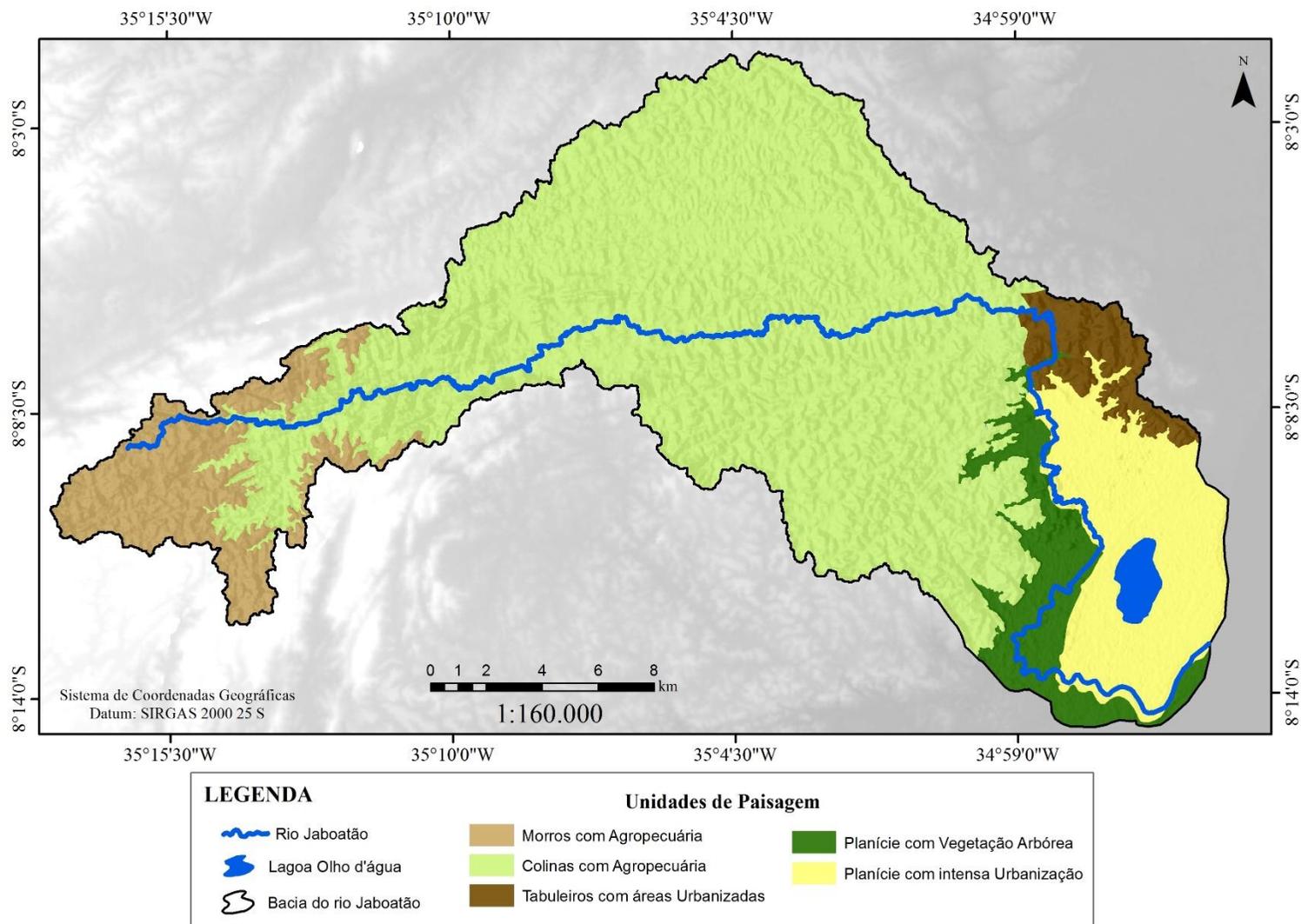
As Unidades de Paisagem representam áreas com características ambientais semelhantes quanto aos elementos físicos-naturais e antrópicos que se inter-relacionam no espaço e no tempo, possuindo atributos diferentes de outras áreas. A separação de um determinado ambiente em unidades de paisagem contribui para o melhor entendimento da dinâmica processual local, como também para a compreensão do todo, a partir da análise de todos os elementos relacionados com a paisagem (BERTRAND, 2004; VASCONCELOS e SOUZA, 2016).

Para a bacia do rio Jaboatão foram estabelecidas cinco unidades de paisagem (Figura 34):

1. Morros com Agropecuária, abrangendo 39,84 km² de área total, o que representa 9,53% da bacia, localizadas entre os municípios de Vitória de Santo Antão e Moreno;
2. Colinas com áreas agrícolas, abrange a maior parte da bacia, com 283,13 km², ou 67,78% da sua área total, presente nos municípios de Vitória de Santo Antão, Moreno, São Lourenço da Mata e Jaboatão dos Guararapes;
3. Tabuleiros com áreas urbanizadas, representa a menor unidade de paisagem da bacia, correspondendo a 14,98 km², equivalente a 3,58% da área, presente na região limite entre os municípios de Jaboatão dos Guararapes e Recife;
4. Planície com vegetação arbórea, abarcando uma área de 25,90 km², compondo 6,2 % da bacia, estando presente nos municípios de Jaboatão dos Guararapes e Cabo de Santo Agostinho;
5. Planície com intensa urbanização, correspondente a 53,82 km², representando 12,88% da área total da bacia, localizada no município de Jaboatão dos Guararapes.

Partindo da abordagem sistêmica, a delimitação das unidades de paisagem da bacia, procurou reunir os elementos naturais e antrópicos que mantêm uma relação integrada e dinâmica. As variáveis utilizadas nessa análise foram: geologia, relevo, solos, vegetação e uso da terra, uma vez que se configuram importantes indicadores ambientais.

Figura 33 - unidades de paisagem da bacia do rio Jaboatão.



Fonte: autora, 2018

5.1.7.1 Morros com Agropecuária

A unidade de paisagem denominada de Morros com agropecuária apresenta as altitudes mais elevadas da bacia, podendo chegar, em alguns pontos, até A 445 metros, que dispõem de uma declividade acentuada, caracterizando o relevo como ondulado a fortemente-ondulado, exibindo colinas com topos convexos e vales profundos, atingindo cerca de 100 metros de profundidade, expondo, ainda, uma morfologia pluri-convexas de vales em formato garganta ou em V. A rede de drenagem apresenta-se encaixada nesta unidade, configurando um padrão confinado, onde a relação encosta-canal é muito mais atuante, indicando características de áreas fontes de sedimento.

Esta Unidade de Paisagem encontra-se inserida, geologicamente, na Província da Borborema, sobre o domínio morfoestrutural do Piemonte cristalino da Borborema, sendo composta por formações do Proterozóico, especificamente do Paleoproterozóico e Neoproterozóico, constituídas pelas seguintes unidades estruturais:

- ❖ Complexo Belém de São Francisco, composto pela associação granítica-migmatítica que apresenta biotita ortognaisses tonalíticos a granodioríticos, leucocráticos de cor cinza, migmatitizados e migmatitos com mesossoma quartzo diorítico/tonalítico a anfibólio e/ou biotita, além de porções anfibolíticas (CARMONA, 2002; CPRM, 2005);
- ❖ Plúton sem denominação, constituído por granito, granodiorito, monzogranito e sienogranito equigranulares médios a grossos à inequigranulares porfíricos, estão associados à diorito e a fases intermediárias de mistura, com ou sem epidotoMagmático (SILVA, 2016).

Apresenta áreas de litologia resistente, composta do embasamento cristalino, com a presença de rochas ígneas plutônicas e metamórficas, geradas a partir do metamorfismo regional; estas rochas cristalinas presentes na unidade de paisagem antecedem o Planalto da Borborema.

Quanto aos aspectos pedológicos, nesta unidade, a partir da associação dos litotipos presentes, sobressaindo-se a rocha granítica, dominam os Argissolos Amarelos e Vermelho-Amarelos. Os Argissolos são caracterizados pelo aumento de argila do horizonte superficial, para o horizonte B subsuperficial, tipo de solo muito expressivo nesta unidade comumente encontrado em um relevo ondulado e acidentado, apresentando profundidade variável (EMBRAPA, 2006; IBGE, 2015).

A diferença textural entre os horizontes superficiais e subsuperficiais, atrelado a declividade, as condições climáticas, com eventos de pluviosidade intensa, e as atividades

antrópicas, sobretudo de desmatamento e práticas agrícolas indevidas, podem ocasionar riscos de erosão e movimentos de massa.

Esta unidade constitui-se na menos úmidas da bacia, devido a diminuição da pluviométrica, quando comparado as outras unidades da BHRJ, aspecto relacionado ao distanciamento das áreas costeiras, recebendo assim menor influência da umidade que chega do oceano e da influência de sistemas atmosféricos que alcancem tal unidade (EMBRAPA, 2017). A média da precipitação anual dessa área é de 940 mm de chuva (APAC, 2018).

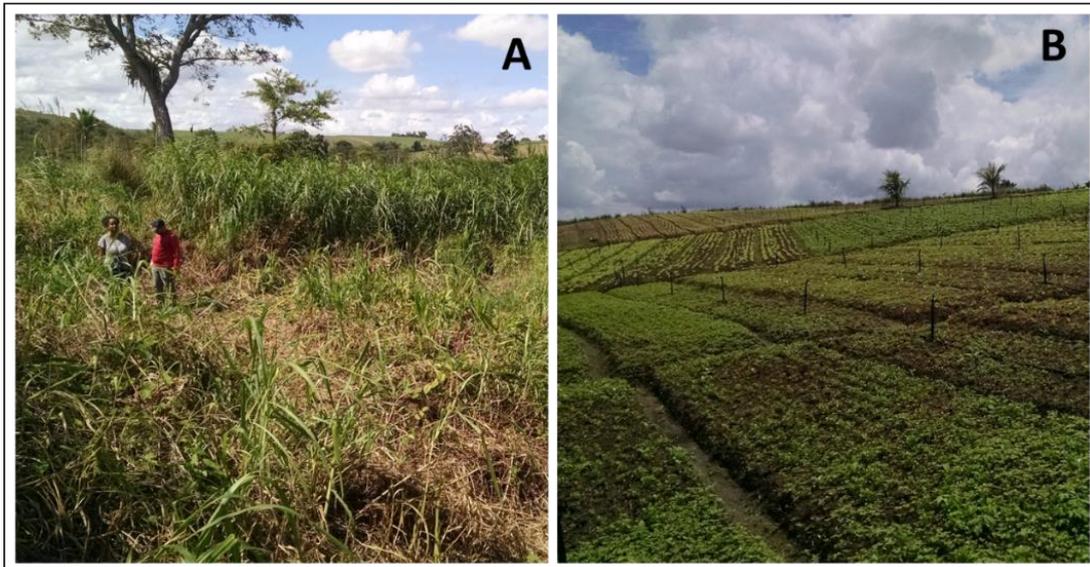
De modo geral, os Argissolos reúnem condições para a proliferação de uma cobertura vegetal florestal, apresentando características como reserva de minerais e textura argilosa, indicando fatores favoráveis para a fixação de vegetação de porte, assim como exploração agrícola. Esses solos são de baixa fertilidade, com um uso da terra predominante voltado para a produção de cana de açúcar, além do cultivo, em menor escala, da fruticultura de manga, côco e banana, e a criação de gado e de aves, restando poucas áreas de vegetação secundária (EMBRAPA, 2017).

Nas áreas de nascente do rio Jaboatão ocorre a pastagem, sobretudo do capim elefante (*Pennisetum purpureum*) (Figura 35A), e nos lugares onde a declividade é suave evidencia-se a ocorrência de algumas áreas de plantio de hortaliças, como coentro (*Coriandrum sativum L.*) e alface (*Lactuca sativa L.*) (Figura 35B), destinados a subsistência e ao comércio local.

Ainda nesta Unidade de Paisagem é possível evidenciar, em menores proporções, os Gleissolos Háplicos, que ocorrem nas áreas mais baixas, atrelado aos ambientes hidromórficos, e os Latossolos Amarelos, que serão abordados nas unidades seguintes, devido a sua maior recorrência em outras unidades da bacia hidrográfica em questão.

Nessa unidade de paisagem os processos superficiais são: erosão linear e movimentos de massa, sobretudo os escorregamentos em áreas de exposição dos solos, após o corte da cana-de-açúcar

Figura 34 - A - áreas de pastagem: capim elefante. B - Plantação de hortaliças.



Fonte: autora, 2018

5.1.7.2 Colinas com agropecuária

Essa Unidade de Paisagem é a mais expressiva em termo de abrangência territorial, isto por que boa parte do relevo da bacia é formado por colinas, como também a utilização de usos voltados para práticas agrícolas, sobretudo de culturas permanentes que mantem um domínio sobre os usos presentes na BHRJ. Segundo a APAC (2018), a média de precipitação anual de chuvas nesta unidade é de 1.600 mm, sobretudo no município de Moreno.

Localizada nas regiões centrais da bacia, esta unidade de paisagem atinge as cotas de até 150 metros de altitude, sua declividade apresenta um padrão de relevo suavemente ondulado a ondulado, denotando um padrão de colinas mais dissecadas, se comparada com a unidade anterior, sobretudo pela ação fluvial, apresentando topos arredondados, rebaixados e vales abertos.

Em sua maioria, os vales fluviais nesta unidade alteram o seu padrão, ora apresentando perfil mais fechado, ora mais aberto, com presença de planícies de inundação descontínuas, configurando tipos de canais parcialmente confinados. Logo, os canais fluviais vão ajustando a sua morfologia a partir do padrão que se encontra o vale.

A dinâmica processual predominante é o transporte de sedimentos, por estarem localizadas a médio curso da bacia drenagem. Não obstante, há produção de sedimentos, como também acumulação a partir das planícies aluviais encontradas na unidade.

Sua geologia apresenta-se organizada a partir de três unidades estruturais, onde o complexo Belém de São Francisco, assemelham-se com a unidade anteriormente abordada. Já

o Complexo Salgadinho é composto por hornblenda-biotita, ortognaisses migmatíticos de composição sienogranítica a granodiorítica e alguns termos tonalíticos, com textura equigranular, granulação média a grossa e coloração variando de cinza esbranquiçada a rósea (BRASILINO & MIRANDA, 2011); a terceira unidade estrutural são os Granitóides indiscriminados, de idade do neoproterozóico, apresentando composição de rochas ígneas e metamórficas como: Biotita granito, Tonalito, Sienogranito, Granito pórfiro, Granodiorito, Quartzo monzonito, Quartzo diorito, Monzogranito, Metagranito. Essas estruturas foram deformadas e dobradas em zonas transtativas brasileiras, de coloração rósea estrutura orientada bandada de granulação média a fina com grãos maiores que 4mm (SILVA, 2012; SILVA, 2016).

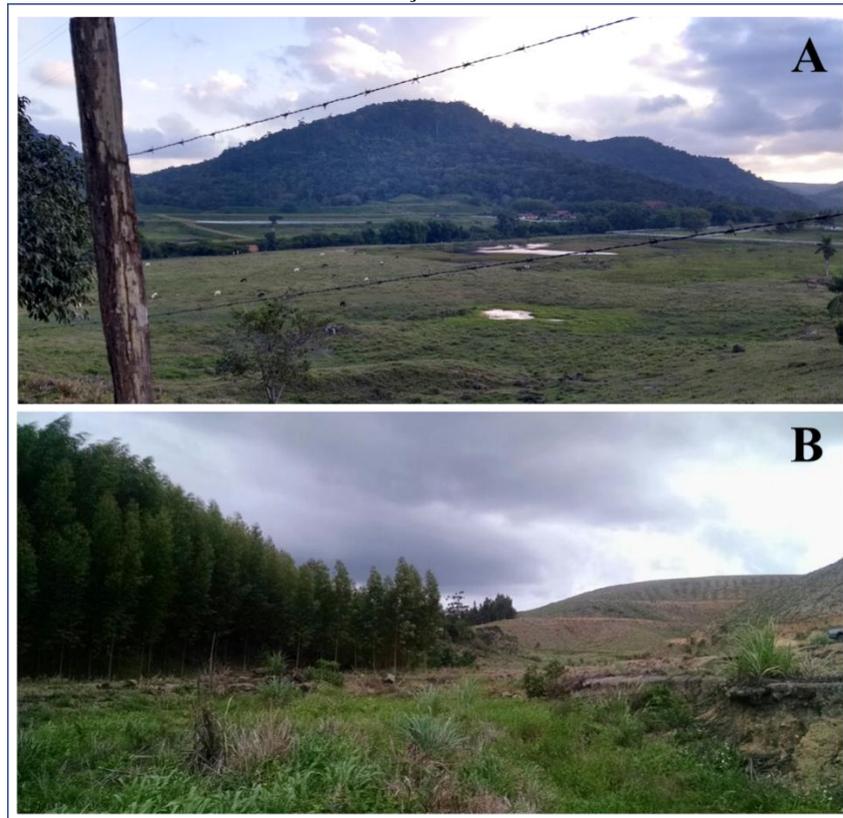
Os solos associados a esta unidade são os Argissolos, que assemelham-se com os presentes na unidade dos morros com agropecuária, indicando processos de formação do solo semelhantes. Porém, nesta unidade é possível observar também a presença expressiva dos Latossolos amarelos, caracterizados como solos profundos, coesos, de coloração amarelada, homogêneo e com boa drenagem, possuindo, majoritariamente, uma baixa fertilidade e textura argilosa a muito argilosa. Os Latossolos amarelos exibem, ainda, baixos teores de $Fe_2 O_3$, e apresentam baixa saturação e soma de bases e alto teor de saturação por alumínio (EMBRAPA, 2017; IBGE, 2015).

Os Latossolos podem estar presentes em um relevo ondulado, geralmente nas encostas acidentadas e nos topos das colinas, onde, em sua maioria, são utilizados para as práticas agrícolas, sobretudo da cana de açúcar; porém este tipo de solo necessita de uma boa adubação e correção da sua acidez para que possa produzir boas colheitas, após tal correção, e devido ao clima úmido, os Latossolos apresentam um bom potencial também para a fruticultura (EMBRAPA, 2017).

Predominantemente o uso da terra nesta unidade de paisagem é para fins agropecuários, áreas de criação de animais (Figura 36A) e, em alguns fundos de vale, é recorrente o reflorestamento com eucalipto, sendo o cultivo da cana de açúcar o principalmente desencadeador da erradicação de resquícios de Mata Atlântica secundária (Figura 36B), restando poucas áreas de vegetação do tipo capoeira; com gramíneas, arbustos esparsos e florestas perenifólias, com destaque para algumas reservas ecológicas como as Reservas das Matas do Manassu e da Mussaíba, áreas onde perpassam os afluentes do rio Jaboaão que recebem o mesmo nome das áreas de proteção.

Nos processos superficiais ocorrem erosão - voçorocamentos e os movimentos de massa - escorregamentos estando associados ao plantio da cana-de-açúcar e as ocupações nas encostas.

Figura 35 - A - fazenda de criação de gado em Moreno. B - plantação de eucalipto e de plantio de cana-de-açúcar.



Fonte: Autora, 2018.

Nesta unidade também pertencem às zonas urbanas do distrito-sede do município de Moreno e parte do distrito-sede de Jaboatão dos Guararapes, onde encontram-se bairros populares zonas comerciais e de serviços (Figura 37), é um importante centro para viajantes que se dirigem em direção ao interior do estado de Pernambuco via BR-101, na intenção de atender as necessidades básicas como: instituições bancárias, supermercados e restaurantes.

Nestas áreas urbanas de Moreno e Jaboatão dos Guararapes ocorrem muitas ocupações nas margens do rio Jaboatão e na planície aluvial, atrelado a elevada precipitação, juntamente com o assoreamento do rio devido a atividades antrópicas. A população sofre recorrentemente com enchentes e inundações. A magnitude da última enchente de forte impacto, em 2010, atingiu todas as comunidades nas margens do rio Jaboatão, como também as feiras livres e ultrapassou o nível das pontes como a da figura 27, deixando esta área submersa e dificultando o tráfego de veículos e pessoas.

Figura 36 – comercio de Jaboatão, ponte sobre o rio Jaboatão encoberta pelas águas do rio quando da enchente de 2010.



Fonte: Autora, 2018.

5.1.7.3 Tabuleiros com áreas urbanizadas

O arcabouço geológico evidenciado na composição dos tabuleiros é a formação barreiras que compõem a cobertura superficial inconsolidada atrelado a bacia Pernambuco. Esta unidade estrutural se estende desde o estado do Amapá até o Rio de Janeiro, sendo uma formação de idade cenozóica, que representou neste período uma fase mais úmida sobre a faixa costeira e continental, podendo ser reconhecida por suas características megascópicas, ou seja, má seleção, estratificação irregular e tendência a intemperismo em manchas de cores variadas, é constituída por uma litologia de Arenito conglomerático e Argilito arenoso (BRITO NEVES *et al.*, 2006; CPRM, 2005; SILVA, 2012).

Os tabuleiros costeiros compõem a paisagem de praticamente toda faixa do litoral do Nordeste brasileiro. Para a área de estudo, os tabuleiros integram 2,8% da área da bacia. Apresentam áreas com altitudes de até 100 metros, com variação em torno dos 50 a 80 metros de altitude, apresentando declividades de relevo ondulado, dissecado, com topo plano/tabular e vales profundos.

Os solos que constituem essa unidade são, predominantemente, os Latossolos Amarelos que, neste caso, são desenvolvidos sobre os sedimentos da Formação Barreiras. Nesta unidade os solos estão, majoritariamente, impermeabilizados devido a formas de usos e ocupações urbanas, com a vegetação natural praticamente inexistente devido ao adensamento urbano e ao

intenso processo de ocupação nestas áreas, tanto na cidade do Recife, quanto em Jaboatão dos Guararapes.

A principal finalidade desta unidade de paisagem é a concentração urbana destinada, nos topos e encostas, a moradias populares, enquanto nas áreas de fundo de vale predominam atividades voltadas para o comércio e serviços, que caracterizam tais topografias como zonas preferenciais para centros comerciais urbanos dos bairros pertencentes a esta unidade como: Zumbi do Pacheco, Ibura e Jardim Jordão, todos na cidade do Recife.

Esta unidade de tabuleiros apresenta, segundo o IBGE (2010), um quantitativo populacional considerável, com aproximadamente 106 mil habitantes, com parte destes vivendo sobre áreas de risco de deslizamento de encostas, devido ao processo de ocupação não planejada, principalmente por famílias com baixo poder aquisitivo que necessita recorrer a áreas “menos atrativas” ao setor imobiliário.

Os eventos de escorregamentos são mais incidentes nessa unidade, associados aos cortes de talude feito pelas ocupações nas encostas, as voçorocas também são recorrentes nessas áreas, indicando áreas risco para a população residente.

5.1.7.4 Planície com vegetação arbórea

Esta Unidade de Paisagem está localizada nas áreas mais próximas ao rio Jaboatão, especificamente margeando o seu baixo curso. Comparando com as outras unidades é a que, em sua área total, mais apresenta vegetação preservada. Encontra-se na superfície de planície, com declividade suave e um relevo predominantemente plano, com cotas de até 30 metros de altitude. Classificado como áreas de deposição, apresenta um padrão de vale não confinado, com presença de planícies de inundações contínuas.

A geologia é caracterizada por depósitos aluvionares de idade cenozóica localizados nas áreas baixas dos vales, próximo ao leito do rio. Na área em questão estes depósitos são encontrados na planície de inundação do rio Jaboatão, sendo formados pelo material superficial de sedimentos inconsolidados, principalmente areia.

Nesta unidade é possível evidenciar a presença dos Gleissolos Háplicos, que ocorre geralmente em áreas baixas, na planície aluvial, ambiente onde ocorre o acumulo de água, podendo ocorrer nas cabeceiras e ao longo do rio, sendo solos relacionados a áreas de inundação. No caso do rio Jaboatão e dos seus afluentes, observa-se a presença deste tipo de solo em todo o seu percurso (EMBRAPA, 2017; SILVA, 2012).

Nas áreas de Gleissolos Háplicos a vegetação representa um importante fator de conservação, isto por que estes solos estão presentes nas áreas de corpos d'água, onde a vegetação deve ser preservada com objetivo de proteger os ambientes aquáticos de processos erosivos.

Também nesta unidade os solos de mangue compõem uma pequena faixa, especificamente próxima à desembocadura do rio Jaboatão. Esses solos são lamacentos, escuros e com alto teor de sais minerais devido à proximidade da água do mar, sendo originários em zonas de mangues, sob os sedimentos flúvio-marinhos e influência de marés, sendo um ambiente apropriado para o desenvolvimento da flora e fauna típica, devido a rápida e constate decomposição de plantas e animais, caracterizando também como um ambiente de preservação ambiental (EMBRAPA, 2017; IBGE, 2015).

É possível também destacar a vegetação ombrófila densa, caracterizada por uma vegetação subperenifólia densa e arbustiva. Esta formação vegetal está associada aos climas tropicais e equatoriais úmidos, com altas precipitações (superiores a 2.000 mm anuais) e bem distribuídas ao longo do ano (EMBRAPA, 2017). A vegetação Ombrófila densa específica dessa unidade é a do tipo aluvial, uma vez que, são formações vegetais que ocorrem ao longo dos cursos fluviais e ocupam terraços antigos, ou seja, é uma formação ribeirinha ou “floresta ciliar” (Figura 38).

Figura 37 - formação arbórea ciliar do rio Jaboatão.



Fonte: Autora, 2018.

Nesta unidade o adensamento populacional é relativamente menor que nas outras unidades, porém com a presença de construções de moradias insalubres, como as palafitas, atrelado a população de baixo poder aquisitivo com atividade econômica voltada para a extração de recursos do estuário, como crustáceos em geral.

Os processos superficiais nessa unidade, estão relacionados a erosão laminar, as enchentes e inundações associadas ao rio Jaboatão, classificando como áreas de risco a população que reside nas margens fluviais.

Importante salientar a necessidade de preservação destas áreas, visto que apresentam ambientes de proteção dos rios, como também de várias espécies da fauna e flora local, estando muito próximas de áreas densamente povoadas e de intensa urbanização, recebendo impactos diretos das atividades antrópicas causadoras de mudanças sobre a morfodinâmica desta unidade.

5.1.7.5 Planície com intensa urbanização

A Unidade de Planície com intensa urbanização está localizada na área de exutório do rio Jaboatão, sendo a unidade mais próxima do oceano Atlântico, recebendo, assim, maiores interferências da umidade que vem do oceano e adentra ao continente.

Os aspectos da geologia desta unidade a definem a partir de três unidades: Depósitos Aluvionares, semelhantes a unidade de paisagem das planícies com vegetação arbórea, os Depósitos Flúvio-marinhos ocorrem nas áreas de estuário, nos ambientes de transição e mistura das influências fluviais e marinhas, na área de estudo em questão ocorre nas proximidades da Lagoa Olho d'Água e na foz do rio Jaboatão, composta pelos sedimentos inconsolidados com presença de areia, argila e silte; (SILVA, 2012).

Os Depósitos Colúvio-eluviais são formados dos sedimentos trazidos pela rede drenagem que depositam nas vertentes ou nas planícies eluviais, nessa área de estudo esses sedimentos podem estar relacionados com as unidades dos tabuleiros, devido à proximidade e também por essa unidade pode produzir sedimento que são carreados pela drenagem para as planícies. Formados também pelo material inconsolidado, com presença de areia, argila e cascalho. (MABESOONE, 1982; SILVA, 2012).

Esta unidade de paisagem expõe superfícies rebaixadas, formadas pelas planícies flúvio-marinha e costeira, atingindo cotas de até 15 metros de altitude, retratando valores baixos de declividade, classificando o relevo como plano. No contexto da bacia de drenagem, as características desta unidade quanto ao relevo, altitude e declividade determinam uma zonal processual de deposição de sedimentos.

Os solos estão associados às estruturas geológicas que os compõem, destacando o Neossolos Quartzarênicos, como solos derivados dos sedimentos dos depósitos marinhos do holocênicos essencialmente areno-quartzosos, com textura arenosa e baixa fertilidade natural

que ocorrem em terrenos rebaixados, estando associados a depósitos flúvio-marinhos, sobre a planície costeira.

Ademais, são encontrados ainda nesta unidade de paisagem Espodosolos ferri-humilúvicos originados de materiais areno-quartzosos característico de um relevo plano a suavemente ondulado, em locais de umidade elevada. Esse tipo de solo está associado aos depósitos flúvio-marinhos e colúvio-eluviais sobre a superfície da planície flúvio-marinha. Os solos de mangue, já anteriormente abordados, compõem também compõe o cenário pedológico desta unidade, e estão associados aos depósitos aluvionares da planície flúvio-marinha (EMBRAPA, 2006; 2017; IBGE, 2015).

Em geral a vegetação associada aos Neossolos Quartzarênicos e aos Espodosolos ferri-humilúvicos é escassa, sendo possível encontrar alguns resquícios de coqueirais cultivados e da vegetação de capoeira. O desmatamento destinado ao crescimento dos equipamentos urbanos é a principal causa da ausência de vegetação primária na unidade em questão. No contexto da BHRJ esta unidade de paisagem exhibe o setor mais urbanizado, como também, sobressaindo-se no distrito-sede de Jaboatão dos Guararapes (CPRM, 1997; EMBRAPA, 2017).

Para a unidade se destacam os seguintes usos urbanos: residencial, desde casas populares a grandes edifícios, sobretudo na orla marítima, comercial, empresarial de grande e médio porte e algumas áreas urbano-industriais (Figura 39). Importante destacar que essa unidade concentra a maior parte da população total da BHRJ, que gerou a ocupação de áreas indevidas como as margens do rio Jaboatão, dos seus afluentes e da lagoa Olho d'água, retirando a vegetação ciliar e o manguezal, representando riscos à população devido à susceptibilidade da área a inundações atrelado as ocupações indevidas nas planícies de inundações.

Figura 38 - área urbana/litoral de Jaboatão dos Guararapes.



Fonte: Antônio Monte

Neste ambiente predominantemente urbano há representativas modificações na rede de drenagem, como canalizações dos rios principais e impermeabilização de áreas interfluviais e marginais, contribuindo para o aumento do escoamento superficial em detrimento da infiltração. Como exemplo, a lagoa Olho d'Água, está inserida em um contexto total de urbanização, devido as intensas atividades poluentes, construções indevidas e a retira da vegetação marginal, que vem causando desequilíbrios e fragilizando este ambiente flúvio-lagunar.

Abaixo, apresentamos um tabela-síntese (Tabela 11) dos aspectos que compõem as cinco Unidades de Paisagem da BHRJ, analisadas anteriormente.

Tabela 11 - síntese dos aspectos das unidades de paisagem da bacia hidrográfica do rio Jaboatão

Unidade de paisagem	Geologia	Relevo	Solo	Vegetação	Uso da terra	Processos superficiais
Morros com Agropecuária	Complexo Belém de São Francisco e Plúton sem denominação.	Morros localizados a W e SO da bacia, com cotas de até 445 m	Argissolos Amarelos, Argissolos Vermelho-Amarelos, Gleissolos Háplicos e Latossolos Amarelos	Vegetação secundária, resquícios de mata úmida perenifólia	Agricultura Monocultura da cana de Açúcar, pastagem	Movimentos de massas e processos erosivos (erosão linear)
Colinas com Agropecuária	Complexo Belém de São Francisco, Complexo Salgadinho e Granitóides indiscriminados	Colinas com modelado convexo e vales ora fechados e abertos, localizadas ao N e S, área central da bacia, com cotas de até 250m	Argissolos Vermelhos-Amarelos, Gleissolos Háplicos e Latossolos Amarelos	Resquícios de Mata Atlântica; florestas e capoeira	Cana de açúcar, agricultura de subsistência, centro urbano, bairros populares e Áreas de reserva ecológica	Movimentos de massa (escorregamentos) e processos erosivos (voçorocamento – erosão linear)
Tabuleiros com áreas urbanizadas	Formação Barreiras	Áreas com topos tabulares e vales profundos, localizados a NE da bacia, com cotas de até 100 m	Influência urbana e Latossolos amarelos	Vegetação escassa, solos impermeados	Zona urbana com ocupação não planejada, áreas impermeabilizadas	Movimentos de massa e processos erosivos nas encostas
Planície com vegetação Arbórea	Depósitos aluvionares	Planície aluvial do rio Jaboatão, localizadas a SE e S da bacia, com cotas de até 20 m	Gleissolos Háplicos Latossolos Amarelos, solos de Mangue	Vegetação perenifólia densa arbustiva, mata ciliar e manguezal.	Vegetação de Mata Atlântica e manguezal, áreas com ocupação irregular como palafitas	Erosão laminar, enchentes e inundações
Planície com intensa urbanização	Depósitos aluvionares, Depósitos colúvio-eluviais e Depósitos flúvio-marinhos	Áreas rebaixadas, formadas pela planície flúvio-marinha e planície costeira, localizadas a E e SE da bacia, com cotas de até 15 m	Espodossolos Ferri-humilúvicos, Neossolos Quartzarênicos e solos de Mangue e influência urbana	Resquícios de formações litorâneas, áreas de vegetação escassa.	Zona urbana com áreas industriais, predomínio de terrenos impermeáveis e ocupações residenciais	Escoamento superficial, enchentes e inundações

Fonte: Autora 2018.

5.2 A PAISAGEM FLUVIAL DO RIO JABOATÃO

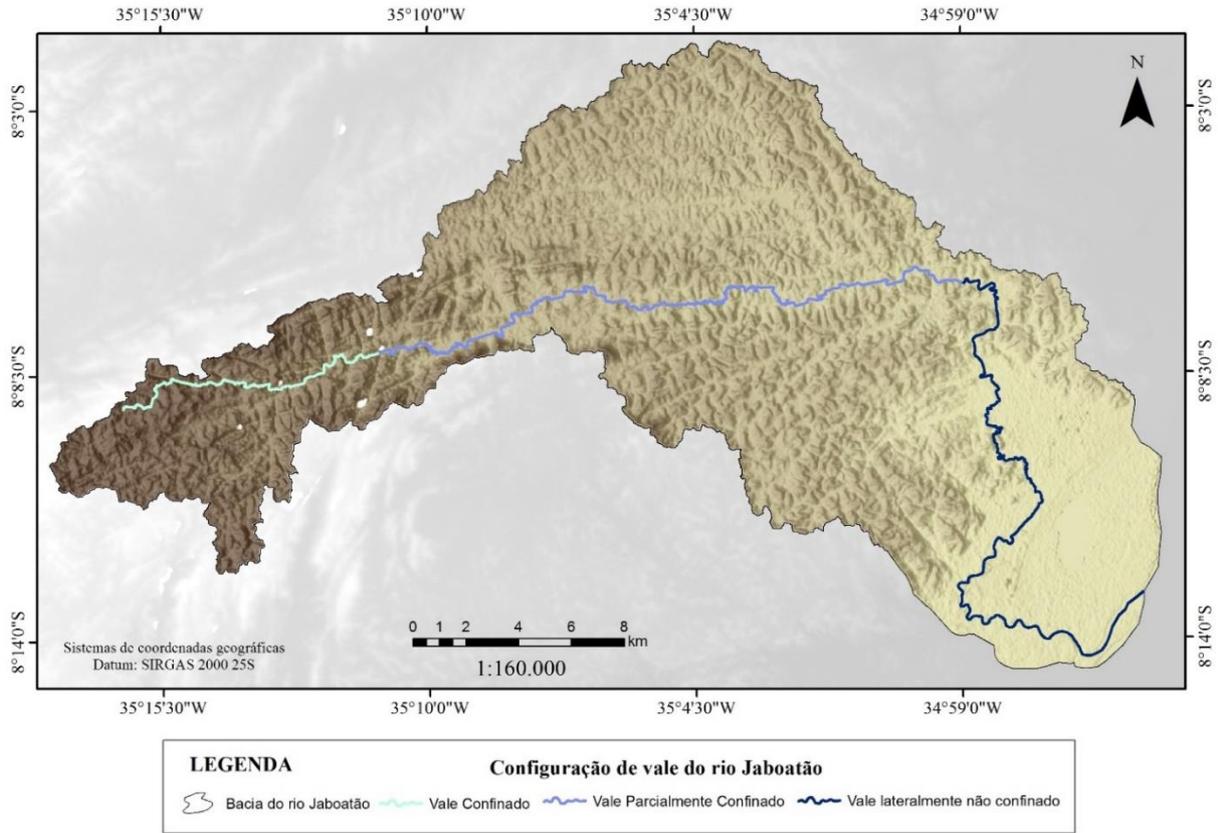
A paisagem fluvial do rio Jaboaão é expressa, a partir de uma diversidade de elementos que interagem no espaço e no tempo, formando uma dinâmica própria para o rio em questão, nesse sentido, utiliza-se dos estilos fluviais como forma de representação desses ambientes, correlacionando várias características pertencentes ao vale fluvial, ao canal, a planície de inundação e as atividades antrópicas realizadas nos domínios fluviais e interfluviais, para obter uma composição dessa paisagem e entender o trabalho fluvial.

5.2.1 Características do vale do rio Jaboaão

O Estudo dos vales fluviais é o processo que envolve não apenas o curso de água, como também os processos atuantes nas vertentes, sendo um importante fator primário para determinar os processos e a morfologia dos canais fluviais. Portanto, o comportamento do rio pode ser modificado a partir das diferentes características de um vale (BRIERLEY e FRYIRS, 2005; CHRISTOFOLETTI, 1980).

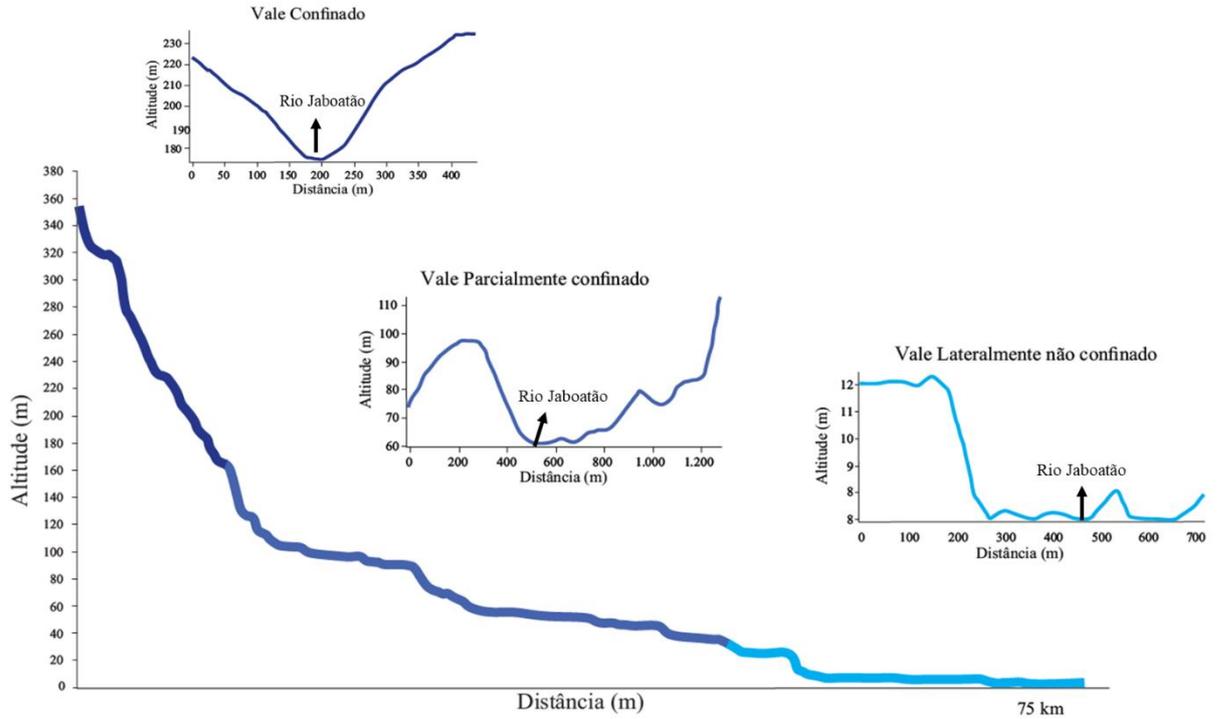
Para o vale do rio Jaboaão encontraram-se três padrões de confinamento, conforme proposta definida por Brierley e Fryirs (2005), que são os tipos: confinados, parcialmente confinados e lateralmente não-confinados (Figura 40). Ressalta-se que a configuração do vale é o primeiro passo para determinar os estilos fluviais. Na figura 41 observa-se a distribuição dos padrões de vale ao decorrer do perfil longitudinal, como também nota-se o perfil lateral de cada configuração de vale existente no rio Jaboaão.

Figura 39 - configuração do vale do rio Jaboatão.



Fonte: Autora, 2018.

Figura 40 - perfil longitudinal e perfil lateral dos padrões do confinamento do rio Jaboatão.



Fonte: Autora, 2018.

Nos ambientes de vales confinados, que corresponde a 13,5km do percurso do canal principal, o rio exhibe contato direto com as margens rochosas apresentando vales estreitos, possibilitando o aumento na produção de sedimentos derivado da relação encosta-canal, tendo o canal, nestes ambientes, o leito rochoso (Figura 42). Nessas áreas ocorrem processos e formas no canal fluvial que promovem o predomínio de ações erosivas e aprofundamento do talvegue, devido os vales serem estreitos, maior fluxo de corrente e maior pressão do cisalhamento.

Figura 41 - trecho do vale confinado do rio Jaboatão



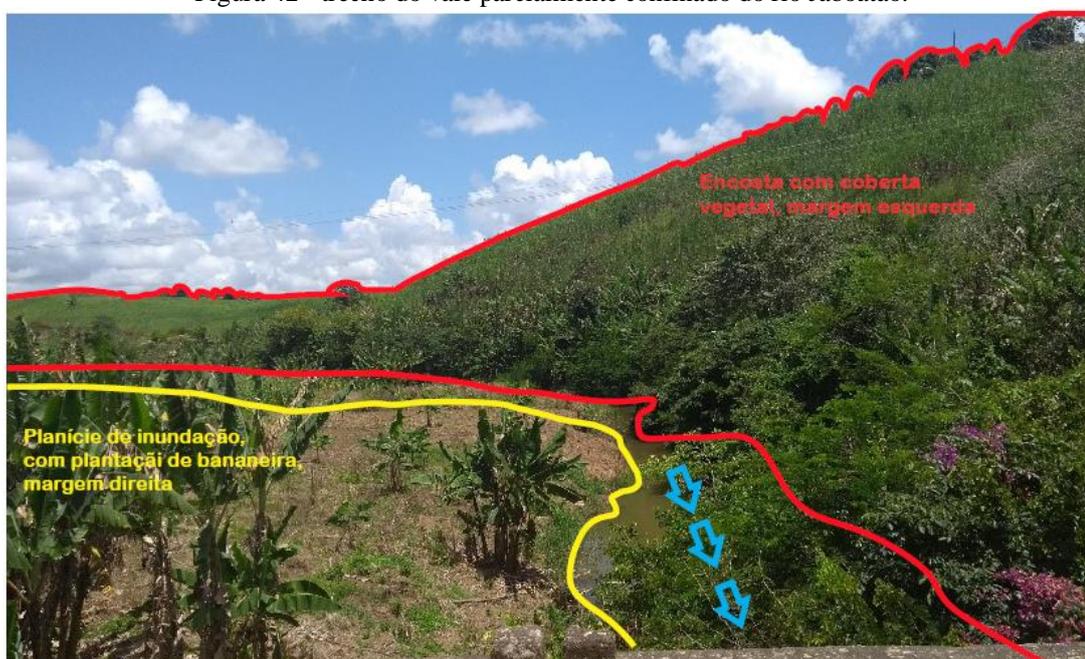
Fonte: Carlos Bispo, 2017.

Esse padrão apresenta menos de 10% de planícies de inundação, podendo encontrar nestas áreas apenas alguns bolsões de sedimentos que se formaram logo após algumas rupturas de declives, associados a eventos chuvosos que ocasionaram picos de descarga e, conseqüentemente, transbordamento do fluxo presente no canal. As formas principais desse padrão de confinamento são os vales em Garganta e os vales em “V”, estes últimos atrelados a resistência do material rochoso, com entalhes profundos, e vertentes simétricas.

Para os vales parcialmente confinados, que compreende 31,22km de extensão, a planície de inundação apresenta-se descontínuas ao longo do trecho. Nestes ambientes o canal pode demonstrar-se atrelado a planície de inundação, podendo está envolto por encostas (Figura 43). Nesta configuração de vale é possível verificar mudanças na sua morfologia, a variação na distribuição de fluxos e de energia, que exerces influências nos vales parcialmente confinados (BRIERLEY e FRYIRS, 2005).

Os vales neste padrão não apresentam características simétricas entre as margens fluviais, podendo ocorrer terraços em uma de suas margens e em outra está envolto sobre uma encosta, diferenciando assim a capacidade de ajuste lateral, e a diferença de resistência de suas margens. Nos trechos em que os vales são estreitos ocorrem as zonas de cisalhamento, devido o maior fluxo, elas contribuem na formação das planícies de inundação a jusante destes trechos. São também observáveis transições entre a largura do vale, influenciando na distribuição de energia e fluxo, tal característica do vale depende da posição do canal fluvial em relação à margem do vale, e se existe espaço para a formação de planícies de inundação.

Figura 42 - trecho do vale parcialmente confinado do rio Jaboatão.



Fonte: Autora, 2018.

Os vales lateralmente não-confinados correspondem a 31,63km de extensão do canal, caracterizados por planícies de inundação contínuas na paisagem (Figura 44), localizadas, principalmente, nas áreas do baixo curso do rio, onde ocorre a diminuição do gradiente da bacia, que propicia a ocorrência de processos de deposição, promovendo a gênese de diferentes formas de acumulação neste segmento.

Nessa configuração os canais apresentam alta sinuosidade, decorrente da diminuição da energia do fluxo, prevalecendo processos deposicionais. Onde a morfologia do vale no baixo curso do rio Jaboatão apresenta estas características de vales em manjedoura com planícies amplas e vertentes bastantes rebaixadas, a passagem do canal para planície é suave, quase não conseguindo observar a diferença de altitude. Os vales possuem características de planícies de

inundações amplas, com largura acentuada dos canais, sem uma visível simetria das margens do vale, que depende do material litológico, da resistência dos sedimentos e da posição do rio em relação as encostas.

Figura 43 - trecho lateralmente não confinado e direção do fluxo no rio Jaboatão.



Fonte: Autora, 2018.

5.2.2 Estilos fluviais do rio Jaboatão

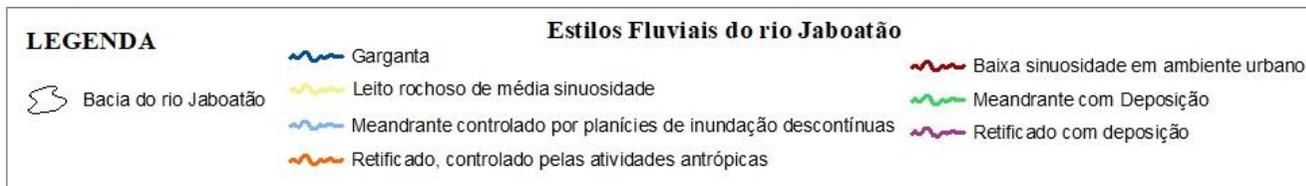
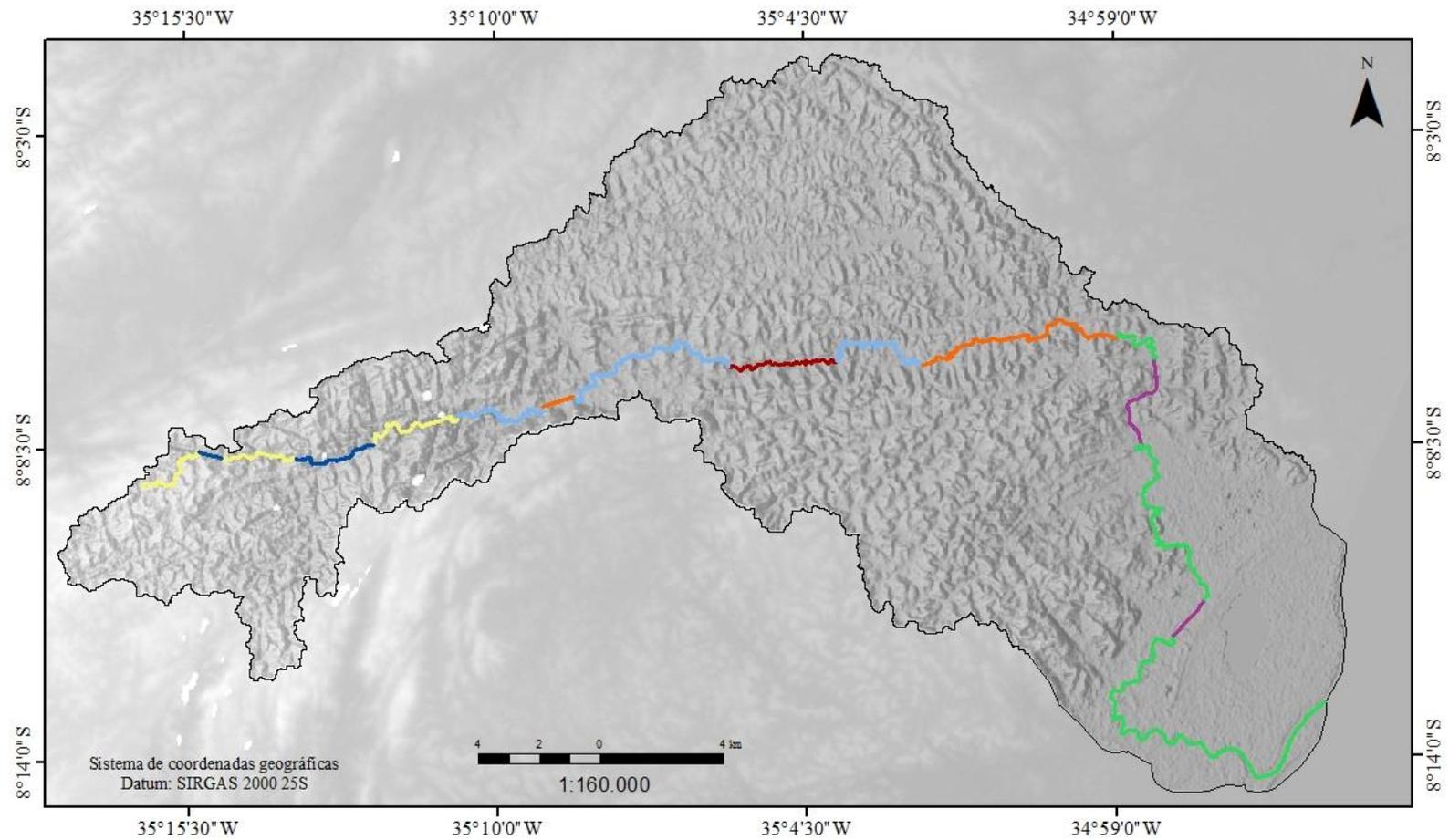
Para o rio Jaboatão foram identificados sete estilos fluviais (Figura 45), com base na proposta metodológica do Brierley e Fryirs (2005), utilizando diferentes contextos presentes na paisagem dessa bacia, as tipologias foram individualizadas a partir das características do vale fluvial, do comportamento do canal, da textura do material de leito e também do uso e ocupação antrópica. Na tabela 12 é possível observar os diferentes atributos métricos de cada estilo fluvial, os quais serão abordados nos tópicos individualizados de cada estilo. Ao final será apresentado uma tabela-síntese das características dos estilos fluviais presentes no rio Jaboatão.

Tabela 12 - atributos métricos dos estilos fluviais da bacia do rio Jaboatão.

Estilo Fluvial	Comprimento do trecho (km)	Elevação (m)		Declividade média	Largura do vale (m)	Largura média do canal (m)	Índice de sinuosidade do trecho
		Máxima	Mínima				
Garganta	3,91	270	170	48 – 65%	7,83	7,83	1,16
Leito rochoso de média sinuosidade	10,53	350	120	65 – 32%	12	12	1,40
Meandrante, controlado por planícies de inundação descontínuas	17,57	100	50	4 – 10%	200	16	1,63
Baixa sinuosidade em ambiente urbano	4,57	80	60	4 – 15%	421	9,12	1,28
Retificado, controlado por atividades antrópicas	9,14	110	30	4 – 21%	350	15	1,23
Meandrante com deposição	27,40	30	0	0 – 4%	4000	50	2,24
Retificado com deposição	5,22	30	10	0 – 4%	257	24	1,17

Fonte: autora, 2018

Figura 44 - estilos fluviais do rio Jaboatão.



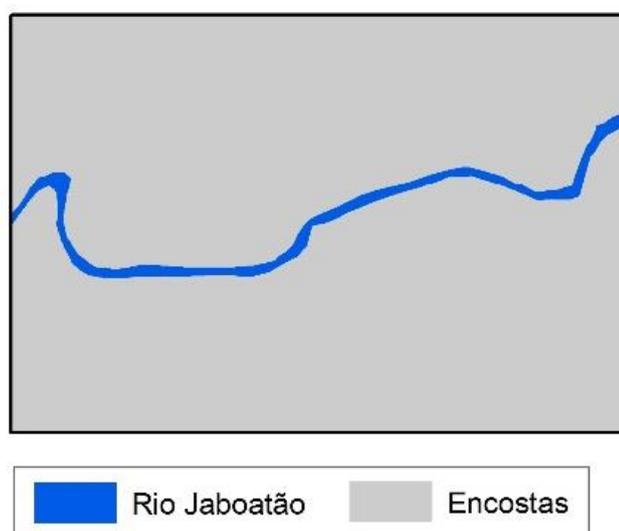
Fonte: autora, 2018

5.2.2.1 Garganta

O estilo fluvial Garganta ocorre na área de cabeceiras de drenagem, compreendendo as maiores declividades. Este estilo está inserido em duas unidades de paisagem: os morros com agropecuária nas altitudes superiores a 400 metros e as colinas com agropecuária nas áreas posteriores de 300 a 100 metros de altitude.

Este estilo é caracterizado por não apresentar planície de inundação, o espaço que o canal ocupa também é o limite do vale fluvial, ou seja, o trecho do rio Jaboatão neste estilo indica maior conectividade com as encostas (Figura 46), evidenciando um sistema em cascata.

Figura 45 - característica do vale e perfil lateral do estilo fluvial Garganta.



Fonte: Autora, 2018.

O canal fluvial apresenta-se contínuo, com baixa sinuosidade, predomínio da forma retilínea e presença de encostas íngremes, como é possível observar no perfil lateral da figura 01, apresentando leito e margens rochosas (Figura 47A), além da existência de cascalho e material mais arenoso, no leito fluvial. Essas áreas são caracterizadas por alta capacidade e competência com relação ao transporte de sedimento. Nos períodos de maior vazão encontra-se corredeiras, onde os materiais mais grosseiros são remobilizados. Este estilo contribui como fonte de sedimentos para os trechos a jusante do mesmo no canal.

As rochas presentes no leito servem de obstáculo para ação das águas, colaborando para uma maior resistência do canal, diminuindo, assim, a capacidade de ajuste do leito e das margens nesse estilo, ou seja, torna-se necessário eventos de maior magnitude e duração de precipitação para que ocorra mudanças significativas nesse padrão fluvial (Figura 47B).

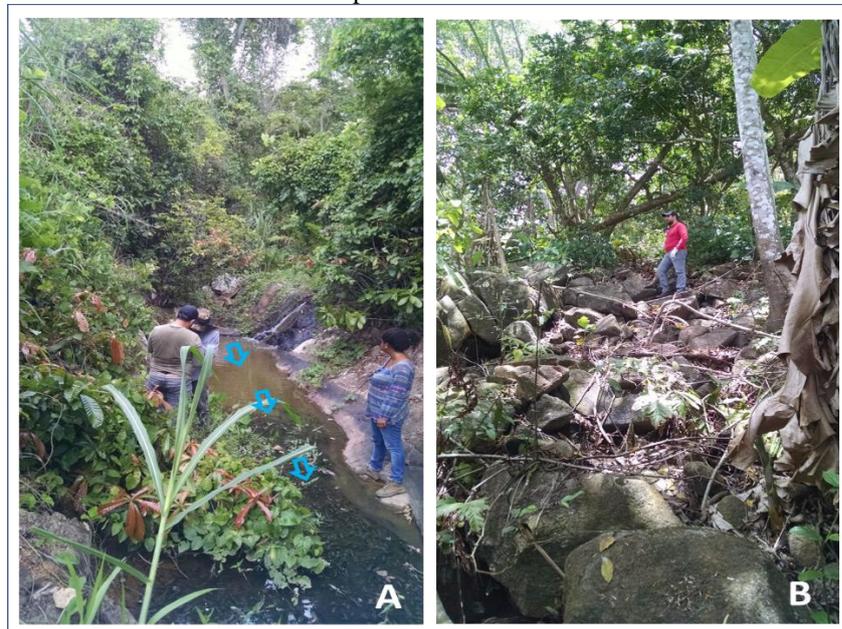
Portando, as formas nesse trecho permanecem na paisagem até que ocorra um ciclo sinótico capaz de remobilizar esse material e transformar esse ambiente.

O leito apresenta rochas com formatos irregulares, o que reflete um processo lento de erosão ocasionados, principalmente, nos períodos de alta vazão. Embora não ocorra um significativo ajuste do leito, o desempenho da água sobre as rochas presentes no canal fluvial ocasiona a modelagem de algumas formas evidenciadas nesse trecho como: o padrão cascata e piscina.

Nesse estilo a vegetação ciliar e ripária é de porte arbóreo-arbustivo, sobre as margens e encostas do vale confinado, já nas áreas interfluviais há um predomínio da cana-de-açúcar (Figura 48), pastagens e plantações de hortaliças, para estes usos as áreas não apresentam intensa ocupação por moradias devido a declividade do terreno, observando apenas pequenas propriedades com baixo quantitativo populacional, o que assegura uma pequena influência antrópica sobre este estilo fluvial, contribuindo com uma baixa incidência dos processos erosivos de encosta que alimenta o canal com sedimentos.

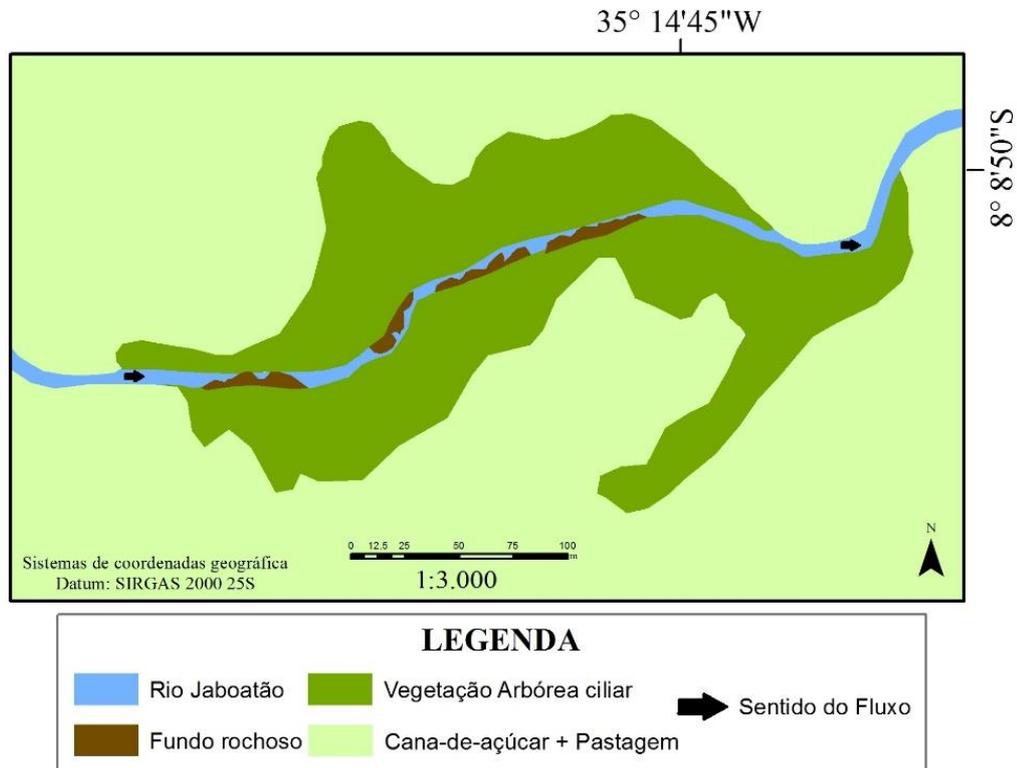
Figura 46 - A - estilo garganta do rio Jaboaão, com margens rochosas e vegetação arbóreo-arbustiva nas encostas.

B - Knickpoint com leito rochoso.



Fonte: Autora, 2018.

Figura 47 - mapa de detalhe representativo do estilo em Garganta e usos da terra no rio Jaboatão.



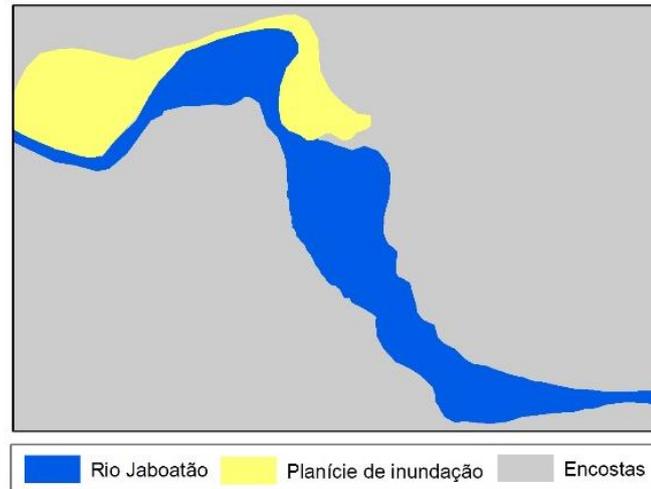
Fonte: Autora, 2018.

5.2.2.2 Leito rochoso de média sinuosidade

Esse estilo fluvial está localizado no alto curso da bacia do rio Jaboatão, compreende áreas da nascente do rio acima dos 400 metros de altitude, alternando com o estilo fluvial em garganta até 170 metros de altitude em direção à foz, sendo um ambiente com declividades acentuadas de vales confinados abertos, com presença de planícies ocasionais (Figura 49), compreendido entre as unidades de paisagem dos morros e das colinas com agropecuária. Este estilo fluvial corresponde a 10,53 km do percurso do rio Jaboatão.

Quanto ao canal fluvial nestes trechos ele apresenta uma sinuosidade média de acordo com o índice de sinuosidade ser 1,40, com moderada energia para o transporte de sedimentos. O leito é formado por rochas, o que dificulta os processos erosivos fluviais, que ocorre lentamente, formando os padrões de cascata e piscina. Também é possível evidenciar a erosão diferencial de núcleos rochosos presentes no interior do canal. Nos espaços de acomodação que são formados entre as rochas do leito, ocorre à deposição de sedimentos que possibilitou a formação de barras fluviais, reflexo antigas deposições, necessitando de eventos de maior competência para remoção de material.

Figura 48 - característica do vale e perfil lateral do estilo fluvial leito rochoso de média sinuosidade.



Fonte: Autora, 2018.

Tal estilo fluvial é caracterizado pela presença de *knickpoints*, sendo o mais expressivo dessa área com 30 metros de altura. Este *knickpoint* está na região de contato entre as unidades geológicas do Complexo Belém de São Francisco e do Plúton sem denominação, evidenciando uma influência litológica dessas unidades. Os *knickpoint* são representados por rupturas de declive (Figura 50), ou seja, ambientes onde ocorre mudanças bruscas na declividade, sendo superfícies íngremes que possibilitam uma maior velocidade das águas. Tais rupturas de declive podem indicar processos de erosão diferencial e mudanças no nível de base local de trechos.

Figura 49 - ruptura de declive (queda d'água) no rio Jaboatão – trecho confinado.



Fonte: Leandro Diomério, 2018

No trecho mapeado, esta ruptura de declive é caracterizada por apresentar uma cachoeira (Figura 51A) como também nos períodos de baixa vazão é possível observar no leito uma fisionomia em “degraus” que alternam formas de cascata e piscina (Figura 51B), contribuindo

para redução da velocidade do fluxo e criação de espaços de acomodação de sedimentos na base do *knickpoint*, como também antes do declive.

Figura 50 – A - cachoeira na parte superior do declive. B - Morfologia de cascata e piscina ao longo da descida.

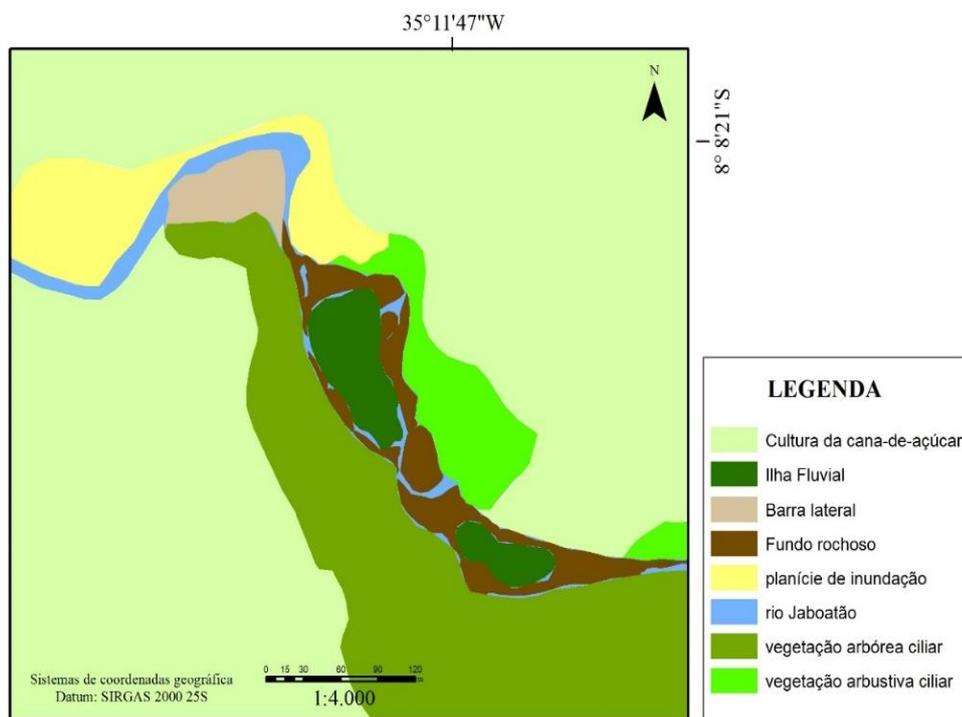


Fonte: Autora, 2018.

Nesse estilo fluvial o canal apresenta baixa capacidade de ajuste por conta da profundidade do vale, como também das margens estarem protegidas por vegetação arbustiva e arbórea (Figura 52). O leito também exibe baixa capacidade de ajuste devido a presença das rochas que criam resistência aos trabalhos hidrodinâmicos.

Quanto aos usos presentes neste estilo fluvial, há um predomínio do cultivo da cana-de-açúcar nos interflúvios e trechos crescimento espontâneo de bambus nos bolsões de sedimentos estocados no fundo dos vales abertos (figura 53).

Figura 51 - mapeamento de detalhe representativo do estilo fluvial leito rochoso de média sinuosidade.



Fonte: autora, 2018

Figura 52 - crescimento de bambus nas margens do rio Jabotão.



Fonte: autora, 2018

5.2.2.3 Meandrante, controlado por planícies de inundação descontínuas

Inserido no contexto de vale parcialmente confinado, expondo planícies de inundação descontínuas durante seu trecho (Figura 54), esse estilo fluvial está localizado no médio curso da bacia do rio Jaboaão, sobre o domínio da unidade de paisagem das colinas com agropecuária, apresentando um relevo mais rebaixado e declividades mais acentuadas entre 4 a 10%, em altitudes de até 100 metros. É o segundo em abrangência presente no rio Jaboaão, com 17,57 km de extensão.

Figura 53 - Característica do vale do estilo fluvial Meandrante, controlado por planícies de inundação descontínuas.



Fonte: Autora, 2018.

Nesse segmento encontra-se um canal único sinuoso, apresentando 1,63 de índice de sinuosidade, com rochas ocasionais presentes no leito e sem unidades geomórficas aparentes dentro do canal, sendo identificadas apenas algumas barras laterais (Figura 55). A textura do leito é composta por material arenoso, sendo identificado um processo maior de deposição, em detrimento do transporte e erosão, onde o rio apresenta-se com baixa competência para o transporte, devido a suavização do relevo, atrelado as curvas meândricas que contribuem para a redução da energia potencial do fluxo.

Neste perfil a capacidade de ajuste do canal é maior, devido ao processo de erosão e deposição marginal, nas curvas do meandro, contribuindo para migração dos canais, sobretudo em períodos de alta vazão, quando a capacidade de ajuste das margens é maior principalmente onde existe conectividade com a planície de inundação, obtendo menos ajustes nas margens confinadas pelas encostas.

Quanto à cobertura e uso da terra identifica-se, predominantemente, a cultura temporária da cana-de-açúcar, sendo composta também por pastagem e vegetação ciliar de porte arbóreo e

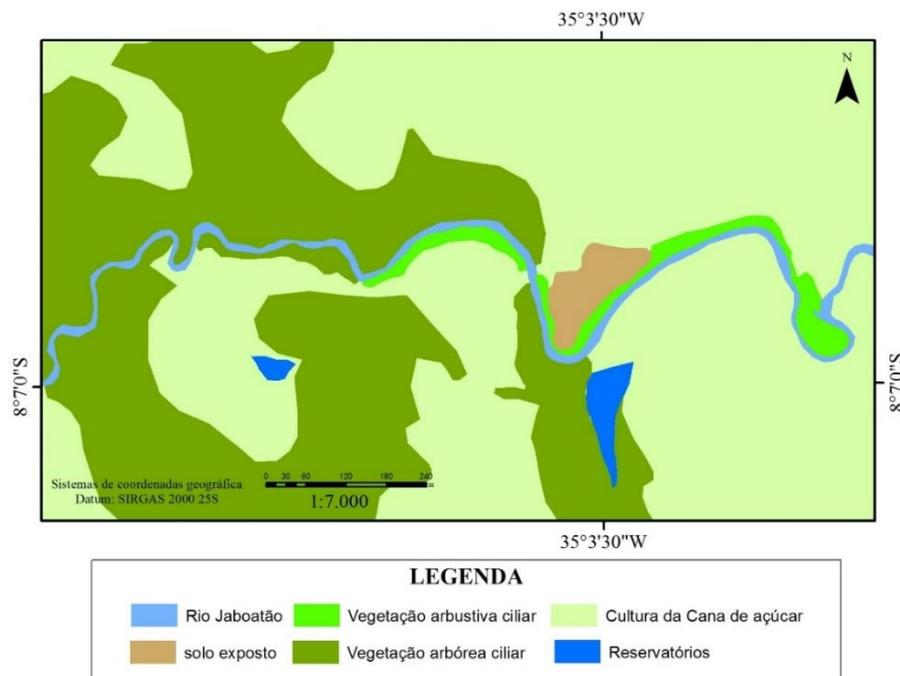
arbustivo. O controle exercido pelas planícies de inundação ocasionais contribui para a presença de diversos tipos de uso, sendo que nas áreas de maiores declividades, onde o rio tem maior relação com a encosta, a vegetação ainda encontra-se preservada, já nas áreas de planícies a cana-de-açúcar prevalece, apenas nas margens do rio evidencia-se uma vegetação de porte arbustivo (Figura 56).

Figura 54 - Trecho sinuoso, parcialmente confinado com cana-de-açúcar.



Fonte: Autora, 2018.

Figura 55 - Mapeamento de detalhe representativo do estilo fluvial Meandrante, controlado por planícies de inundação descontínuas.

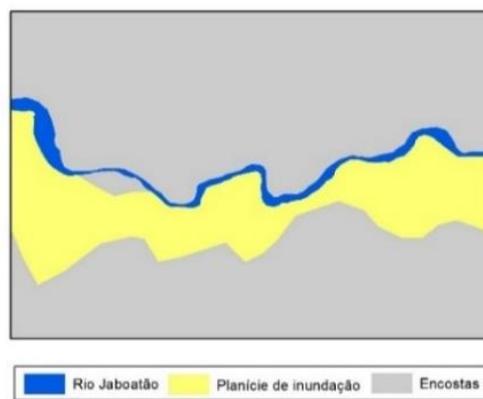


Fonte: Autora, 2018.

5.2.2.4 Baixa sinuosidade em ambiente urbano

Estilo fluvial localizado a médio curso da bacia do rio Jaboatão, com característica de vale parcialmente confinado e planícies de inundação descontínuas ao longo do trecho, principalmente na margem direita do rio, onde está compreendido na unidade de paisagem das colinas com agropecuária. Possui um relevo com declividade moderada e abaixo dos 80 metros de altitude, apresentando encostas mais suavizadas, possibilitando um processo de ocupação mais intenso.

Figura 56 - Característica do vale do estilo baixa sinuosidade em ambiente urbano.



Fonte: Autora, 2018.

O canal fluvial nesse trecho apresenta-se com sinuosidade moderada, apresentando 1,28 de índice de sinuosidade e estável, ou seja, ocupando o fundo do vale, trecho relacionado ao transporte de sedimentos, com material de cama mais arenoso e a presença de afloramentos rochosos (Figura 58), as curvas mais fechadas dos meandros nesse trecho propicia o acúmulo de sedimentos, formando as barras laterais que nesse trecho observar-se o crescimento da vegetação nessas barras.

Figura 57 - Leito fluvial no estilo baixa sinuosidade em ambiente urbano.

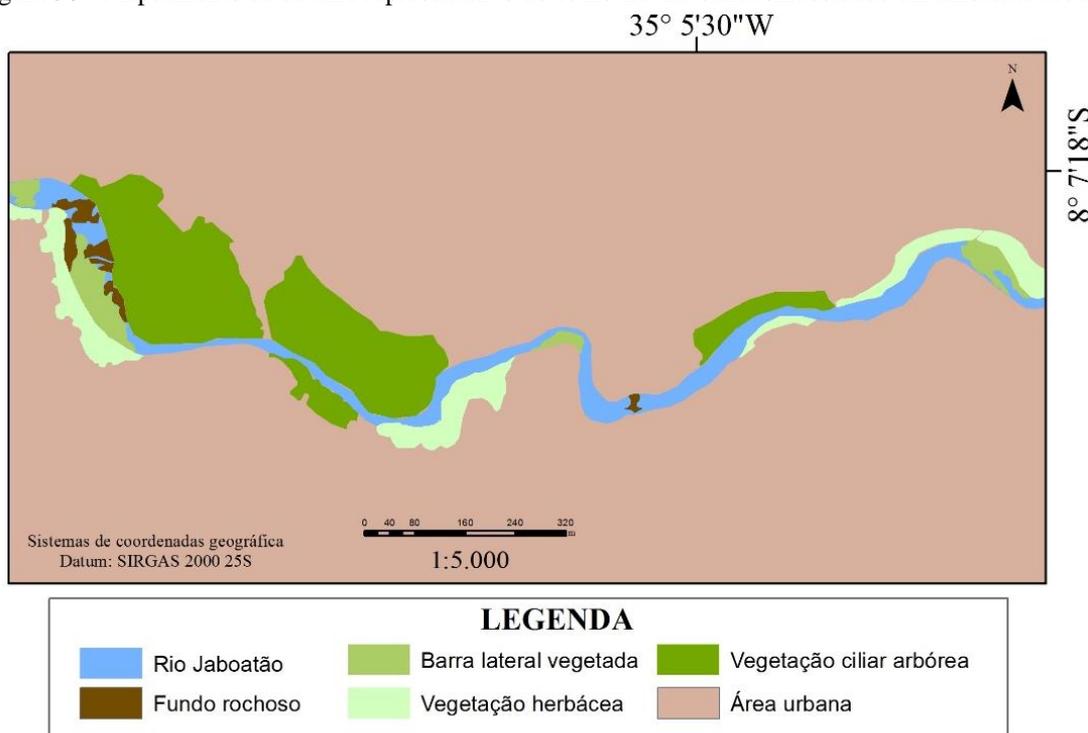


Fonte: Leandro Diomério, 2018.

Esse trecho apresenta uma influência significativa das atividades urbanas, pois o processo de ocupação, principalmente destinadas à moradia, é intenso próximo ao fundo de vale, assim como nos interflúvios. No trecho a vegetação ciliar praticamente não existe mais, visualizando-se o porte arbóreo nas encostas mais íngremes do vale, onde há pouca ocupação. Porém, na margem direita do rio, onde está à planície de inundação, a ocupação urbana localiza-se até as margens do rio (Figura 59).

Esse tipo de uso e ocupação interfere nos processos geomorfológicos, uma vez que observa-se material tecnogênico depositado no canal, contribuindo para o assoreamento e consequente enchentes e inundações nesse trecho quando de intensos eventos pluviais, favorecendo, ainda, para um maior ajuste lateral, além do recebimento de águas servidas e resíduos sólidos que comprometem a qualidade da água do canal.

Figura 58 - Mapeamento de detalhe representativo do estilo fluvial baixa sinuosidade em ambiente urbano.



Fonte: Autora, 2018.

5.2.2.5 Retificado, controlado por atividades antrópicas

Estilo fluvial no médio curso da bacia do rio Jabotão, compreende a unidade de paisagem das colinas com agropecuária, apresentando um relevo com suaves declividades e altitude em torno dos 100 metros. Apesar de estar em ambiente parcialmente confinado, as

colinas presentes nesse trecho apresentam topos mais convexos, facilitando o processo de ocupação; já na planície de inundação, em alguns pontos, estão presentes terraços (figura 60).

Figura 59 - Característica do vale do estilo retificado, controlado por atividades antrópicas.



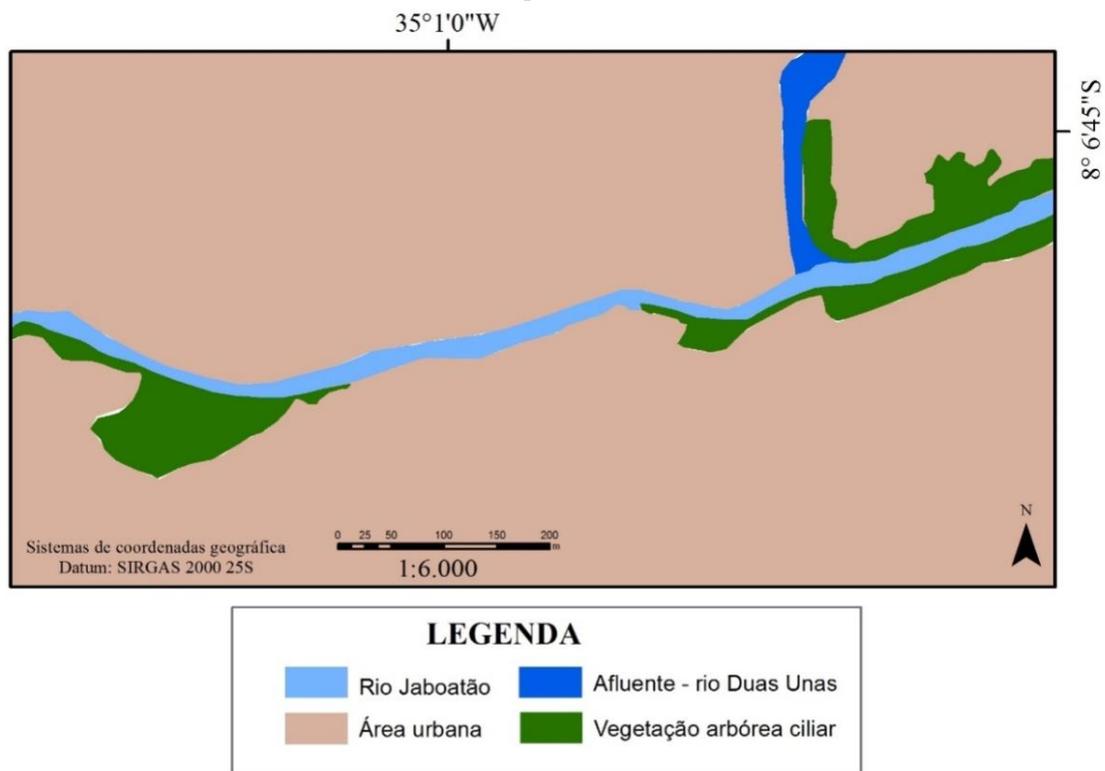
Fonte: Autora, 2018.

O canal nesse trecho é de baixa sinuosidade, com 1,23 de índice de sinuosidade, predominando segmentos retilíneos, com intenso processo de assoreamento, alargamento do canal e erosão marginal, com resquícios de vegetação ripária (Figura 61), ocasionando processos recorrentes de inundações, sendo um ambiente com alta capacidade de ajuste fluvial devido a interferência urbana, sobre o leito e margens do rio.

Quando a população passa a habitar as margens, conseqüentemente há a supressão da vegetação, erosão, por vezes impermeabilização das margens, poluição do rio causado por lançamentos de resíduos sólidos, sedimentos e esgotos, além do despejo de material tecnogênico diretamente no canal. (CUNHA, 2012)

Com o desmatamento e a ampliação na impermeabilização da terra nesse trecho, tem-se um aumento no escoamento superficial, acarretando, conseqüentemente, um crescimento na erosão das vertentes interfluviais, fator responsável pelo assoreamento dos canais fluviais e pela redução na inclinação das feições; tal assoreamento responde por uma maior deposição de sedimentos no canal, influenciando na vazão dos rios e, por conseguinte, nas enchentes e mudanças na forma do canal. O trecho está localizado na parte urbano de Jaboatão dos Guararapes e é caracterizado como de risco para a população que residem nas margens fluviais (Figura 62).

Figura 60 - Mapeamento de detalhe representativo do estilo fluvial retificado, controlado por atividades antrópicas.



Fonte: autora, 2018

Figura 61 - Canal retificado e ocupado nas margens nesse estilo fluvial.

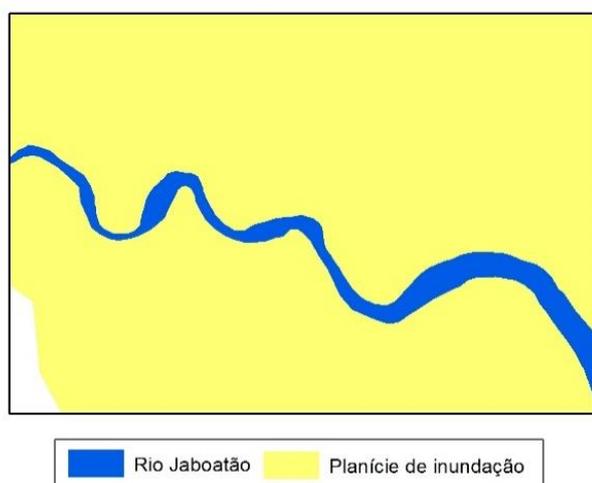


Fonte: Autora, 2018.

5.2.2.6 Meandrante com deposição

O estilo fluvial Meandrante com deposição é localizado no baixo curso da bacia do rio Jaboatão, sobre o domínio das unidades de paisagem planície com urbanização e planície com vegetação arbórea. Exibe as menores cotas altimétricas, próximo à foz do rio Jaboatão, áreas com relevo plano com as menores declividades, e apresenta planície de inundação contínua (Figura 63). Ao longo do trecho este estilo fluvial é o mais expressivo em termo de comprimento, indicando que a maior parte, sobretudo do baixo curso, com vales lateralmente não confinados, possui a característica de meandrante com processo de deposição.

Figura 62 - Características do vale do estilo fluvial meandrante com deposição.



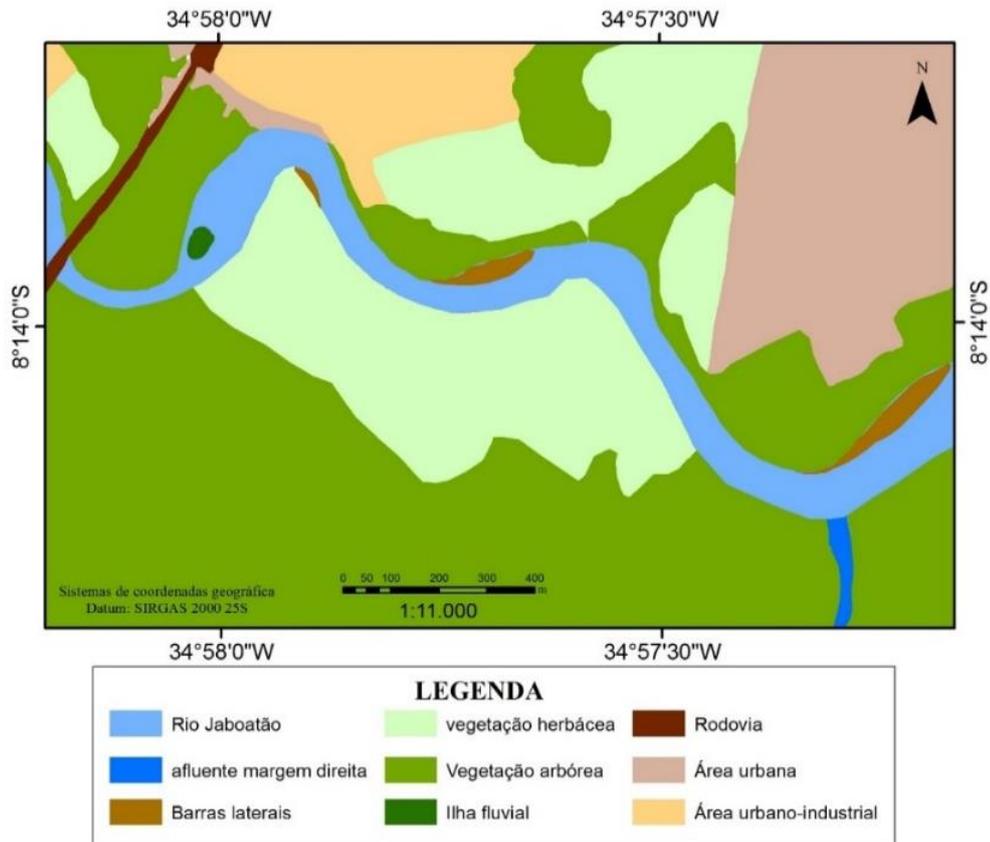
Fonte: Autora, 2018.

O canal fluvial nesse trecho apresenta-se bastante sinuoso, com 2,24 de índice de sinuosidade, baixa energia, com dominância dos processos de deposição refletidos nas barras laterais e longitudinais (Figura 64). Os canais meândricos revelam estágios da própria dinâmica fluvial. Segundo Christofolleti (1981), o equilíbrio fluvial ocorre da montante em direção a jusante, sendo comum encontrar meandros nos baixos cursos dos rios, ocorrendo uma estabilidade dos processos fluviais atrelados as variáveis de carga detrítica e litologia, como também a ocorrência de meandros denotam a diminuição da declividade, do cisalhamento e da fricção.

A paisagem desses ambientes expõe uma maior maturidade, ocorrendo menor esforço do trabalho fluvial, maior distribuição de energia e alargamento do canal e das planícies de inundação, também recebe influxo de maré e a estabilização dos depósitos lamosos se deve à ocorrência da vegetação de manguezal. A textura do material é predominantemente silte-

argilosa, ocorrendo o predomínio da carga em suspensão em detrimento de carga de fundo, estando atrelado a diminuição da competência do rio ao transporte de frações maiores.

Figura 63 - Mapeamento de detalhe representativo do estilo fluvial meandrante com deposição.



Fonte: Autora, 2018.

Nesse ambiente observa-se também a presença de material tecnogênico e resíduos sólidos no leito fluvial. Essas áreas passam por problemas da retirada da vegetação ciliar, o que contribui para a erosão marginal e assoreamento do canal. A urbanização é marcante nesse trecho, observando atividades industriais e para fins de moradia (presença de palafitas). São áreas de recorrentes inundações devido a maior relação do canal alargado e assoreado, com planície de inundação com quase o mesmo nível, contribuindo para o extravasamento lateral do leito e consequentemente classificando o trecho como áreas de risco para a população que lá residem quanto a este tipo de risco (Figura 65).

Figura 64 - Ocupações antrópicas e vegetação arbórea nas margens do trecho sinuoso.

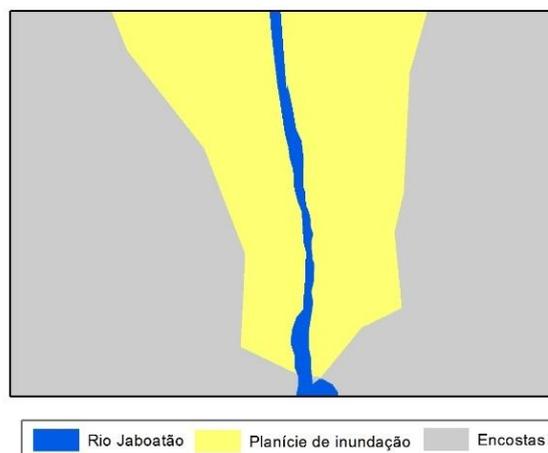


Fonte: Autora, 2018.

5.2.2.7 Retificado com deposição

O estilo fluvial retificado com deposição é encontrado no baixo curso da bacia do rio Jaboatão, ambiente de vales lateralmente não confinado, com planícies de inundação contínuas (Figura 66), apresentando, apenas, uma pequena área, menos de 10% do trecho, que não possui planície de inundação. Possui um relevo plano, com as menores altitudes para a bacia em pauta. Está inserido sobre a unidade de paisagem dos Tabuleiros com áreas urbanizadas, apresentando planícies com vegetação arbórea e também urbanização.

Figura 65 - Característica do vale do estilo fluvial retificado com deposição.

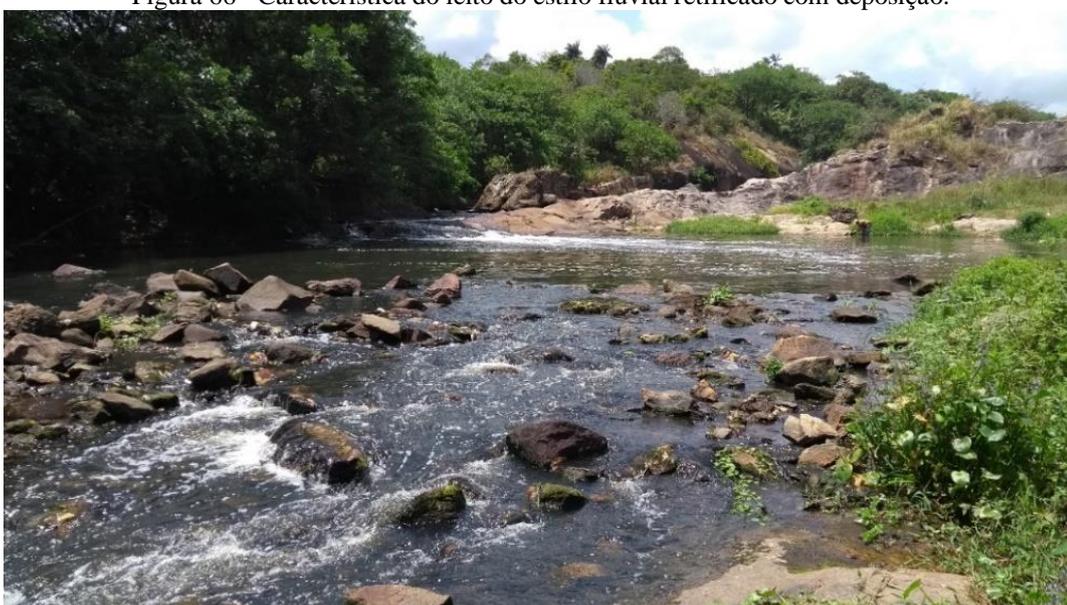


Fonte: Autora, 2018.

O canal apresenta uma configuração do canal retificada, com índice de sinuosidade próximo a 1. Esse trecho recebe influência de uma falha geológica normal, onde provavelmente, um bloco desceu em relação a uma superfície de falha, o que possibilitou o encaixe do rio sobre rochas mais resistentes e na conseqüente forma retificada desse trecho, o que diferencia dos trechos vizinhos que são mais sinuosos, devido as características de um ambiente de baixo curso. A partir dessa estrutura geológica é possível evidenciar a ausência de planícies de inundação em pequenos trechos.

O material do leito expõe uma variedade granulométrica, além da presença de silte-argila, que são características de baixo curso. Também se encontra areia, cascalho e blocos rochosos no interior do canal fluvial, com margens rochosas e mais elevadas. Mesmo em eventos intensos de precipitação o rio consegue extravasar para as planícies de inundação (Figura 67). É possível encontrar a presença de barras laterais e barras laterais vegetadas, identificando um processo mais antigo de deposição, que possibilitou a fixação da vegetação sobre esses pacotes sedimentares.

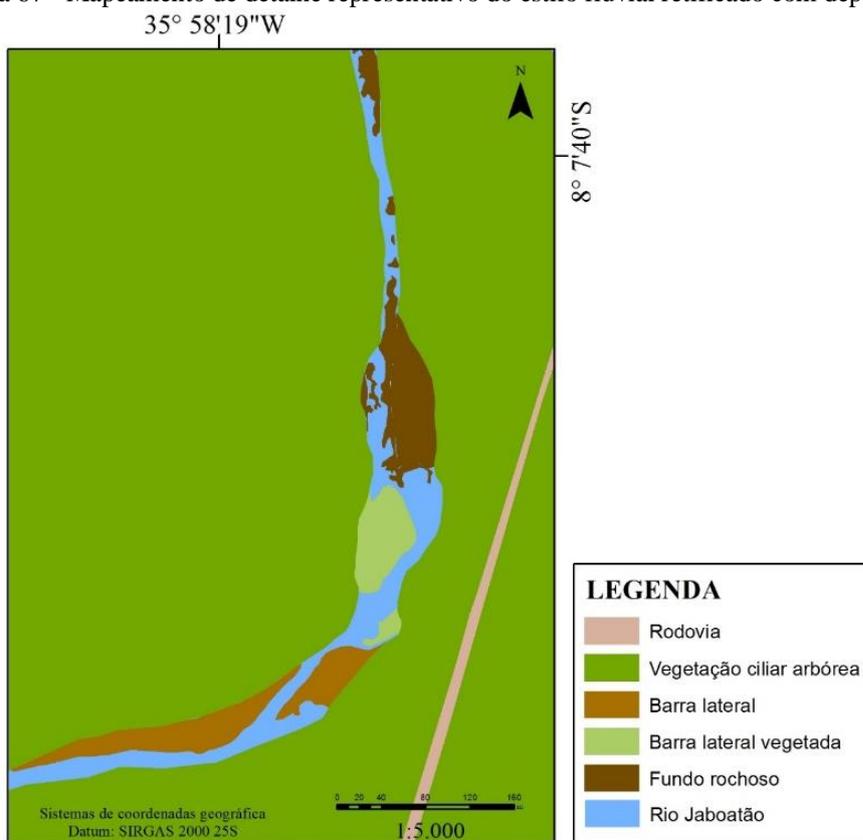
Figura 66 - Característica do leito do estilo fluvial retificado com deposição.



Fonte: Autora, 2018.

As atividades antrópicas nesse trecho resumem-se as construções de moradias de médio e baixo padrão aquisitivo e também a cobertura de vegetação de porte arbóreo, algumas partes possui baixa capacidade de ajuste, devido às margens rochosas e íngremes, como também a presença da vegetação densa (Figura 68). Por outro lado, em algumas áreas desse padrão de estilo a forma retificada contribui para o aumento da energia potencial e extravasamento do leito da jusante, e conseqüente migração dos canais e maior capacidade de ajuste fluvial.

Figura 67 - Mapeamento de detalhe representativo do estilo fluvial retificado com deposição.



Fonte: autora, 2018

Tabela 13 - síntese dos estilos fluviais do rio Jaboatão.

Estilo Fluvial	Configuração do vale	Unidade de Paisagem	Atividades antrópicas	Características do canal			Comportamento do rio
				Forma em planta	Unidades geomórficas	Textura do material de leito	
Garganta	Confinado	Morros e colinas com agropecuária	Cana-de-açúcar, pastagem, e plantações de hortaliças	Canal único, baixa sinuosidade, retilíneo	Cascata e piscina Sem planície de inundação	Leito rochoso, cascalho e material arenoso	Trecho de maior conectividade encosta-canal, com predomínio da erosão e transporte dos sedimentos, apresenta baixa capacidade de ajuste lateral.
Leito rochoso de média sinuosidade	Confinado	Morros e colinas com agropecuária	Cultivos da cana-de-açúcar, plantações de bananeira, eucalipto e bambus	Canal único, com múltiplos segmentos em alguns pontos por conta das ilhas fluviais e as rochas do leito, sinuosidade moderada	Cascata e piscina, planície de inundação ocasionais, ilha fluvial	Leito rochoso e material arenoso	Confinado, porém, com vales mais abertos, presença de um knickpoint expressivo e bolsões de sedimentos antes e após o desnível, competência para o transporte e deposição do material mais arenoso na base da ruptura de declive. Processos de erosão diferencial sobre as rochas no canal.
Meandrante, controlado por planícies de inundação descontínuas	Parcialmente confinado	Colinas com agropecuária	Cultivos da cana-de-açúcar, solo exposto e reservatórios para dessedentação dos animais	Canal único, alta sinuosidade	Planícies de inundação descontínuas, rochas presentes no leito, sem formas aparente	Rocha e areia	Trecho sinuoso, sem processo de deposição aparente no canal, margens íngremes, com planície de inundação em alguns pontos do trecho em outros ausentes ou ocasionais entre as margens, fluxo moderado, prevalecendo o transporte de material.
Baixa sinuosidade em ambiente urbano	Parcialmente confinado	Colinas com agropecuária	Área urbana: ocupações residenciais	Canal único, sinuosidade moderada	Barras laterais, planícies ocasionais	Rocha e areia	Trecho de canal em ambiente urbano, com ocupações antrópicas nas margens fluviais, canal assoreando com deposição de material tecnogênico e sedimentos nos meandros, enchentes e inundações são recorrentes.
Retificado, controlado por atividades antrópicas	Parcialmente confinado	Colinas com agropecuária	Área urbana: ocupações residenciais	Canais único, retificado	Sem formas aparente, planícies ocasionais	Material tecnogênico	Trecho retificado, canalizado em alguns pontos, sobretudo devido a ocupação nas margens, sem unidades geomórficas aparente, canal assoreado, receptor de águas servidas, ambiente recorrente de enchentes e inundações
Meandrante com deposição	Lateralmente não confinado	Planície com intensa urbanização e planícies com vegetação arbórea	Áreas urbanas para fins industriais e moradias	Canal único, alta sinuosidade	Barras laterais, ilha fluvial, planícies contínuas	Silte-argila, material tecnogênico	Trecho com alta sinuosidade, canal alargado, de baixa competência, áreas de maior equilíbrio fluvial, zonas de deposição
Retificado com deposição	Lateralmente não confinado	Tabuleiros com áreas urbanizadas e planícies com vegetação arbórea e com urbanização	Áreas urbanas para fins de moradia de pequeno e médio porte	Canal único, retificado por falhamento	Barras laterais e planícies contínuas	Silte, argila, cascalho, blocos rochosos e material tecnogênico	Trecho retificado, pela presença de uma falha geológica, o que contribui com diferentes capacidades de ajustamento em único trecho e na energia do fluxo, ambientes com característica diferentes de baixo curso, leito e margem com material rochoso.

5.2.3 Avaliação das condições hidrogeomorfológicas da bacia hidrográfica do rio Jaboatão

A bacia hidrográfica do rio Jaboatão exibe uma forma estreita na sua parte inicial, sendo alargada à medida que se direciona para sua foz. É considerada uma bacia urbana, pois 90% da sua área territorial encontra-se inserida na Região Metropolitana do Recife. Apenas 23,14% da bacia é compreendida com áreas de vegetação natural, que vem sendo atingida por recorrestes desmatamentos. Identificou-se que 75,35% da bacia expressa modificações ocasionadas pelas atividades antropogênicas nas áreas fluviais e interfluviais, seja através das práticas agrícolas ou das interferências urbanas.

O sistema hidrológico da bacia é mediano, sendo bem distribuído na sua área territorial, com um predomínio de canais de primeira ordem, atrelado a contribuição dos fatores climáticos e declividade. Uma vez que as áreas interfluviais possibilitam uma maior produção de sedimentos, o padrão de configuração de vale e as rupturas de declive condicionam processos de transporte e deposição dos sedimentos. As áreas de maior concentração de fluxo na bacia são os ambientes rebaixados e próximos a canal principal ou próximas das confluências com outros canais, contribuindo na ocorrência de extravasamento do fluxo presente no leito durante eventos intensos de precipitação.

Por encontrar-se amplamente modificada pelas atividades antrópicas que interfere nos processos hidrogeomorfológicos, a ação humana constitui-se em um importante agente modelador dos domínios fluvial e interfluvial da bacia em tela.

A paisagem exibe características dessas modificações, uma vez que existem poucas áreas com vegetação natural, os solos estão comprometidos com as práticas agrícolas, as encostas são modificadas pelos cortes destinados as construções, a impermeabilização dos solos influencia diretamente nos processos de infiltração e potencializam o escoamento superficial.

As construções urbanas, atrelado ao processo de verticalização, dominam a paisagem da bacia, principalmente em quase todo o baixo curso. Esse processo de crescimento urbano de forma desordenada é expressado na paisagem fluvial a partir da canalização, retificação, impermeabilização e aterramentos, fatores estes que modificam todo o equilíbrio fluvial e interfluvial da bacia.

Quanto ao rio Jaboatão, este apresenta um cenário de diversas apropriações humanas como: construções de prédios de pequeno e médio porte, aterramento, criação de viveiros, habitações tipo casebres e palafitas, além de ações de desmatamento do manguezal e da mata ciliar, alta teor de lançamento de resíduos sólidos e águas servidas direcionadas para o canal.

Essas atividades geraram no rio Jaboatão uma série de impactos visíveis para a população e que acarretam, principalmente no período chuvoso, inundações que destroem casas e por vezes, levando a morte de habitantes ribeirinhos.

A nascente do rio Jaboatão, localizada acima dos 400 metros de altitude, apresenta atualmente interferências antrópicas relacionadas à existência de cacimbas e viveiros para criação de peixe (Figura 69), além de pequenas canalizações redirecionando água da nascente para algumas propriedades na área. Tais ações estão diminuindo o fluxo de água da nascente e a sua capacidade de erodir e transportar material em seu alto curso, como consequência é observado áreas a jusante desse ponto onde o canal está sem água e preenchido por sedimentos.

Figura 68 - Cacimbas e criação de peixes próximos a nascente do rio Jaboatão.



Fonte: Autora, 2018.

Os estilos fluviais observados no rio Jaboatão evidenciam diferentes tipos de paisagem, a partir dos distintos atributos presentes no canal, no vale e na bacia de drenagem. Para as áreas de alto curso os vales são confinados, sendo caracterizados por dois estilos fluviais de zonas de produção de sedimentos, pela maior potência de erosão e aprofundamento do canal, como também pela maior conectividade encosta-canal, esses estilos são resilientes aos eventos de precipitação, apresentando baixo ajuste lateral.

Esses estilos de padrão confinado, sobretudo com os vales mais abertos, exibem expressivas rupturas de declive, que são utilizadas para atividades ligadas a lazer e abastecimento de água, como por exemplo um balneário, ambiente destinado a divertimento a partir do aproveitamento da queda d'água do rio Jaboatão, gerador de espaços de piscina para banho (Figura 70A). Em outro ponto identificou-se a presença de barragens de pequeno e médio porte, com objetivo de abastecimento de propriedades e comunidades locais e também de

retenção (Figura 70B). Essas atividades descaracterizam o ambiente fluvial e diminuem a competência do trabalho fluvial, assim como originam relativas desconectividades no canal.

Figura 69 - A: Balneário, ambiente de lazer; B: Barragem de retenção Jabotãozinho.



Fonte: Autora, 2018.

Os estilos de ambiente parcialmente confinados, no médio curso da bacia do rio Jabotão, apresentam zonas de transferência de sedimentos, nos quais o transporte ocorre gradualmente, indicando um grau de médio a alto em sua capacidade de ajuste lateral, além da presença de planícies ocasionais, além de atividades antrópicas, como: construções marginais, cortes de estradas, retirada da mata ciliar, no que contribui na erosão das margens e na migração lateral dos canais, em alguns trechos desses estilos.

Como é possível observar na figura 26, a rodovia está presente na margem do rio Jabotão, com trecho sinuoso e o vale apresenta uma configuração em terraços, devido ao solapamento de margem a estrada cedeu, ocorrendo um processo de alargamento do canal na margem esquerda e maior deposição dentro do próprio canal, trazendo também perigo para a população pelo estreitamento da rodovia e a delonga quanto às obras de retenção.

Figura 70 - Obras de contenção a erosão da margem esquerda do rio Jaboatão.



Fonte: Autora, 2018.

Para as áreas não confinadas, no baixo curso, os estílos apresentam características de zonas de deposição, onde a conectividade encosta-canal é comprometida pela planície de inundação contínua, ambiente com alta capacidade de ajuste lateral, no qual o rio periodicamente extravasa do seu leito devido à proximidade da planície de inundação com o canal, como também a baixa eficiência de erosão e aprofundamento do leito, correlacionados com assoreamento do canal. Ademais, deve-se considerar a presença de material tecnogênico que é depositado diretamente no rio Jaboatão, em áreas que são recorrentes os eventos de inundação potencializados por deposições antrópicas.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A pesquisa em questão buscou reunir os elementos naturais e antrópicos pertencentes ao sistema fluvial, com objetivo de avaliar a dinâmica dessa bacia, sobretudo do canal principal, evidenciando os diferentes contextos da paisagem, como também a multiplicidade em relação as atividades antropogênicas nesse ambiente.

A bacia hidrográfica do rio Jaboaão apresenta uma diversidade de características, ora na composição geológica, geomorfológica e pedológica, mas sobretudo quanto ao uso da terra, que resulta como um dos elementos principais desse sistema fluvial, isto por que estimula mudanças no equilíbrio dinâmico a partir da geração de novas formas de ajustes nos canais fluviais, ocasionando respostas como enchentes e inundações em alguns trechos da bacia.

Essas respostas, muitas vezes são ocasionadas a partir da influência antrópica nesses trechos, porém os próprios seres humanos são vítimas das respostas do sistema, uma vez que periodicamente, a população que reside em áreas de risco de inundações, perde seus bens materiais e são realocadas de suas casas.

Por meio dos estilos fluviais, foi possível evidenciar a heterogeneidade de ambientes presentes no rio Jaboaão, eles contribuem para a dinâmica e comportamento do rio. Durante a extensão do canal, foram encontrados sete estilos fluviais representativos, eles indicam mudanças no trabalho fluvial, principalmente relacionadas ao material sedimentar, expõem as diferenças na cobertura e uso da terra, como também na forma e nas unidades geomórficas do canal, essas mudanças vão moldando a paisagem fluvial do rio Jaboaão, como também atribuindo características relacionadas a capacidade de ajustamento e equilíbrio do rio.

Na análise da bacia hidrográfica do rio Jaboaão foi possível observar que os elementos naturais e antrópicos estão interligados, os ambientes fluviais apontam respostas aos desequilíbrios do sistema e buscam seus ajustes como forma de resiliência, os seres humanos denotam um papel preponderante nessas modificações. Sendo necessário a preservação desses ambientes, o planejamento em relação a ocupação de novas áreas e por fim a propagação de maiores estudos relacionados a dinâmica fluvial, sobretudo de ambientes fluviais com intensa ocupação antrópica.

REFERÊNCIAS

ALHEIROS, Margareth. Avaliação econômica de perdas ambientais na análise de riscos geológicos. In: 1º Encontro Nacional da ECOECO. Campinas, **Anais...** p. 01-03, 1996.

ALMEIDA, Helena Alves. **Diagnóstico da qualidade ambiental da bacia do rio Jaboatão sugestão de enquadramento preliminar**, 2007, 118f. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2007.

ALMEIDA, Joana D'arc Matias de. **Desconectividade da paisagem e compartimentação fluvial da bacia do Riacho Grande, Sertão Central pernambucano**, 2017, 135f. Dissertação de Mestrado apresentado ao Programa de Pós-graduação em Geografia da Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2017.

AUMOND, Juarês José; LOCH, Carlos; COMIN, Jucinei José. Abordagem sistêmica e o uso de modelos para recuperação de áreas degradadas. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.36, n° 6, p.1099-1118, 2012.

BANDEIRA, A. P.; COUTINHO, R. Q.; ALHEIROS, M. M. Importância da Caracterização Geológico-Geotécnica e da Chuva para Gerenciamento de Áreas de Riscos, In V COBRAE. **Anais**, São Paulo, edição em CD-ROM, 2010.

BERTALANFFY, L. V. **Teoria Geral dos Sistemas**. Petrópolis: Vozes, 1977. 351p.

BERTHAND, Georges. Paisagem e geografia física global. Esboço metodológico, **Revista RAENGA**, Curitiba, n. 8, p. 141-152, 2004.

BIGARELLA, João José. **Estruturas e origem das paisagens tropicais e subtropicais**, Florianópolis, vol III, Editora da UFSC, p 877- 1436. 2003.

BRANDÃO, Ana Maria de Paiva Macedo. Clima Urbano e Enchentes na Cidade do Rio de Janeiro. In: S. B. CUNHA; A. J. T. GUERRA (org). **Impactos Ambientais Urbanos no Brasil**. Bertrand Brasil, Rio de Janeiro, p.47-100, 2004.

BRASILINO, R. G. & MIRANDA, A. W. A. caracterização litogeoquímica do Complexo Salgadinho na Folha Santa Cruz do Capibaribe (SB.24-Z-D-IV), Província Borborema, Nordeste do Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOQUÍMICA, 13. Gramado – RS. 2011. **Resumos...** Gramado: Soc. Bras. de Geoquímica, p.832-835, 2011.

BRIERLEY, G. J.; FRYIRS, K. A. **Geomorphology and River Management Applications of the River Styles Framework**. 1º ed, Blackwell Publishing Ltd, 2005, 412p.

BRIERLEY, G. J.; FRYIRS, K. A. **Geomorphic analysis of river systems: an approach to reading the landscape**, 1º ed, Blackwell Publishing Ltd, 2013, 360p.

BRIERLEY, G. J.; FRYIRS, K. A. River Styles, a Geomorphic Approach to Catchment Characterization: Implications for River Rehabilitation in Bega Catchment, New South Wales, Australia. **Environmental Management**, vol. 25, N° 6, pp. 661–679, 2000.

BRIERLEY, G. J.; FRYIRS, K. A. **Practical application of the River Styles framework as a tool for catchment-wide river management: A case study from Bega catchment, New South Wales, Australia**, 2005. Ebook disponível em < <http://www.riverstyles.com/ebook.php> >

BRITO NEVES, B. B.; ALBUQUERQUE, J. P. T.; COUTINHO, J. M. V.; BEZERRA, F. H. R. Novos dados geológicos e geofísicos para a caracterização geométrica e estratigráfica da Sub-bacia de Alhandra (Sudeste da Paraíba). **Geologia USP: Série Científica**, v.6, n.2, p.71-80, 2006.

BOTELHO, Rosângela Garrido Machado. Bacias Hidrográficas Urbanas. In: A. J. T. GUERRA (org). **Geomorfologia Urbana**. Bertrand Brasil, Rio de Janeiro, p.71-116, 2011.

BOTELHO, Rosangela Garrido Machado; SILVA, Antônio Soares da. Bacia Hidrográfica e Qualidade Ambiental. In: **Reflexões sobre a Geografia Física no Brasil**. A. C. VITTE; A. J. T. GUERRA (org). Bertrand Brasil, Rio de Janeiro, p.153-192, 2007.

CARMONA, Luis Christian De Montreuil. **Geologia, geoquímica e avaliação econômica do migmatito “Rosa Imperial”, domínio meridional da província Borborema, Nordeste brasileiro**. 202f, 2002. Dissertação de Mestrado em Geociências – Programa de Pós-graduação em Geociências da Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2002.

CARVALHO, Celso Santos; MACEDO, Eduardo Soares de; OGURA, Agostinho Tadashi (org). **Mapeamento de Riscos em Encostas e Margens de rios**. Brasília: Ministério das Cidades, Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT, 2007, 176p.

CARVALHO, Luiz Eugênio Pereira; BITOUN, Jan; CORRÊA, Antônio Carlos de Barros. Canais fluviais urbanos: proposta de tipologias para a Região Metropolitana do Recife (RMR), **Revista de Geografia. Recife: UFPE – DCG/NAPA**, v. especial VIII SINAGEO, n.º. 3, Set. 2010.

CHARLTON, Ro. **Fundamentals of fluvial geomorphology**. 1º ed, Nova York, Routledge, 2008, 275p.

CHORLEY, R. J. (1962) **Geomorphology and general systems theory**. U. S. Geol. Survey Prof. Paper, (500-B): 1-10. (Traduzido em Notícia Geomorfológica, 11 (21): p.3-22, 1971.

CHORLEY, R. J. e KENNEDY, B. A. **Physical Geography: a systems approach**. Prentice Hall, Londres, 1971, 370p.

CHIN, Anne. Urban transformation of river landscapes in a global context, **Geomorphology**, n.º 79, p. 460–487, 2006.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. São Paulo: Edgard Blucher, 1980, 189p.

CHRISTOFOLETTI, Antônio. **Geomorfologia Fluvial**, Ed. Edgard Blücher, São Paulo, 1981, 297p.

CHISTOFOLETTI, Antônio. **Modelagem de Sistemas Ambientais**, Ed. Edgard Blücher, 1º ed, São Paulo, 1999, 236p.

COSTA, Andressa Giovanninni; SOUSA, Inajá Francisco de; SANTOS, Luiz Mário Vieira; COSTA, Overland Amaral. **Sistemas atmosféricos atuantes no Nordeste do Brasil durante a estação de verão**. VI Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica: diversidades climáticas. UFS/ NPGeo, p. 01-11, 2004.

CUNHA, Sandra Baptista da. Canais Fluviais e a Questão Ambiental. In: **A Questão Ambiental: diferentes abordagens**. S. B. CUNHA; A. J. T. GUERRA (org). Bertrand Brasil, Rio de Janeiro, 2012, 250p.

CUNHA, Sandra Baptista da. Geomorfologia Fluvial. In: **Geomorfologia: Uma Atualização de Bases de Conceitos**. S. B. CUNHA; A. J. T. GUERRA (org). Rio de Janeiro, Bertrand Brasil, p. 211- 252, 2012.

GUERRA, Antônio José Teixeira; MARÇAL, Mônica dos Santos. **Geomorfologia Ambiental**. 3ª ed. Rio de Janeiro, Bertrand Brasil, 2010, 190p.

CUNICO, Camila; OKA-FIORI, Chisato; o estado de normalidade e o estado de exceção diante da importância das categorias de “vulnerabilidade”, “risco” e “resiliência”, **Caminhos de Geografia**, Uberlândia v. 15, n. 52, Dez, p. 01–20, 2014.

DAGNINO, Ricardo de Sampaio; CARPI JUNIOR, Salvador. Risco ambiental: conceitos e aplicações, **Climatologia e Estudos da Paisagem**, Rio Claro, Vol.2 - n.2, jul/dez/2007, p. 53.
DAVIS, William M. The Geographical Cycle. **Geographical Journal**. p. 481-504, 1899.

DREW, D. **Processos interativos homem-meio ambiente**. 6. ed. Rio de Janeiro: Bertrand, Brasil, 2005. 224p.

DUPUIS TATE, Marie France. Le paysage fluvial des paysagistes d'ménagement. **Revue de Géographie de Lyon**, vol 73, n° 4, p. 285-291, 1998.

EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisas Agropecuárias. **Árvore do conhecimento: território Mata Sul pernambucana, Argissolos vermelho-amarelos**, Agência Embrapa de informação tecnológica. Disponível em <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/Territorio_mata_sul_pernambucana/arvore/CONT000gt7eon7k02wx7ha087apz2axe8nfr.html>.

EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisas Agropecuárias. **Árvore do conhecimento: território Mata Sul pernambucana, Argissolos amarelos**, Agência Embrapa de informação tecnológica. Disponível em <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/territorio_mata_sul_pernambucana/arvore/CONT000gt7eon7j02wx7ha087apz2e8slrpq.html>

FRYIRS, Kirstie. Guiding principles for assessing geomorphic river condition: application of a framework in the Bega catchment, South Coast, New South Wales, Australia. **Catena**, n° 53, p. 17-52, 2003.

FAGUNDES, Alessandra. **Análise das alterações geomorfológicas decorrentes dos processos de urbanização na bacia hidrográfica do córrego Lavapés, em Rio Claro/SP**.

2012, 99f. Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Instituto de Geociências e Ciências Exatas da Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2012.

FERREIRA, Antonio Geraldo; MELLO, Namir Giovanni da Silva. Principais sistemas atmosféricos atuantes sobre a região Nordeste do Brasil e a influência dos oceanos Pacífico e Atlântico no clima da região. **Revista Brasileira de Climatologia**, Vol. 1, nº1. p. 15-28, 2005.

FOLK, R. L. & WARD, W. Bazos River bar: a study in the significance of grain size parameters. **Journal of Sedimentary Research**, v. 27, p.3-26, 1957.

FONSÊCA, D. N. **Reconstrução da paisagem geomorfológica através da assinatura geoquímica dos eventos deposicionais da bacia do rio Capibaribe-Mirim, Pernambuco**. Recife, PE. 167f. 2012. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Pernambuco, 2012.

FONSECA, D. N., CORREA, A. C. B., SILVA, A. C. Compartimentação Geomorfológica da Região Metropolitana do Recife (RMR) a partir da análise morfoestrutural. **Geo UERJ**, Rio de Janeiro v. 29, p. 201-219, 2016.

FRYIRS, Kirstie; MCNAB, Kahli. **Using the river styles framework as a physical template upon which an anthropophysical layer can be developed for urban streams**, Universidade de Macquarie, North Ryde, Relatório preparado para o conselho de Brisbane, 2015, 23p.

GOERL, R.F.; KOBIYAMA, M. Considerações sobre as inundações no Brasil. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS. **Anais...**, João Pessoa, ABRH, CD-ROM p.1 – 14, 2005.

GREGORY, K. J. The human role in changing river channels, **Geomorphology**, nº 79, p.172–191, 2006.

GALE, S. J. & HOARE, P. G. **Quaternary sediments: petrographic methods for the study of ulithified rocks**. Londres: Bethaven Press, 1991, 372p.

GIRÃO, O.; CORRÊA, A. C. B.; GUERRA, A. J. T. Influência da climatologia rítmica sobre áreas de risco: o caso da Região Metropolitana do Recife para os anos de 2000 e 2001. **Revista de Geografia**, UFPE/DCG-NAPA: Recife, Jan/Abr v.23, nº1, p. 03-41, 2006.

GUERRA, Antônio Teixeira; GUERRA, José Antônio Teixeira. **Novo dicionário geológico-geomorfológico**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1997, 648p.

GUERRA, A. J. T.; MENDONÇA, J. K. S. Erosão dos solos e a questão ambiental. In: VITTE, A. C.; GUERRA, A. J. T. **Reflexões sobre a geografia física no Brasil**. 2. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, p. 225-256, 2007.

HACK, J.T. Interpretation of erosional topography in humid temperate regions. **American Journal of Science**, p. 80-97, 1960.

HOLLANDA, Maycon Patricio; CAMPANHARO, Wesley Augusto; CECÍLO, Roberto Avelino. **Manejo de Bacias hidrográficas e a gestão sustentável dos recursos naturais**, CETESB, 2012, 66p.

HORTON, Robert E. Erosional development of streams and their drainage basins; hydrophysical approach to quantitative morphology, **Bulletin of the Geological Society of America**, V. 56, p. 275-370, 1945.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, **Censo Demográfico**. Disponível em <<http://www.ibge.gov.br/home/>>.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Manual técnico de Vegetação Brasileira**, 2ª ed, Rio de Janeiro, 2012, 271p.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e estatística. **Manual Técnico de Geomorfologia**. Rio de Janeiro, IBGE, 2º edição, 2009, 175 pp.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e estatística. **Manual Técnico de Pedologia**, 3ª ed. 2015, Rio de Janeiro, 420p.

KLEINA, Monica. **Sensitividade Fluvial na bacia hidrográfica do rio Sagrado (Morretes/PR)**. 2016. 108f. Dissertação de Mestrado em Geografia – Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2016.

KNIGHTON, A. D. **Fluvial forms and processes**. Edward Arnold, 1984, 218p.

LEOPOLD, Luna B. **Hydrology for Urban land Planning - A Guidebook on the Hydrologic Effects of Urban Land Use**, Geological Survey Circular 554, Washington 1968, 26p.

LIMA, Walter de Paula. **Hidrologia florestal aplicada ao manejo de bacias hidrográficas**, ESALQ/USP, 2º ed. Piracicaba, 2008, 253p.

LIMA, Raphael Nunes de Souza; MARÇAL, Mônica dos Santos. Avaliação da Condição Geomorfológica da Bacia do Rio Macaé – RJ a partir da metodologia de Classificação dos Estilos Fluviais, **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 14, nº 2, p. 171-179, 2013.

LIMBERGER, Leila. Abordagem sistêmica e complexidade na geografia, **Geografia** - v. 15, nº 2, jul./dez. p. 95-105, 2006.

LEOPOLD, L. B.; WOLMAN, M. G. River Channel Patterns: Braided, Meandering and Strangth, **Geological Survey professional paper**, 282 – B, Washington, p. 39-85, 1957.

LOPES, Edmilson A; MENDONÇA, Francisco. Urbanização e recursos hídricos: conflitos socioambientais e desafios à gestão urbana na franja leste da Região Metropolitana de Curitiba (RMC) – Brasil, VI Seminário Latino Americano de Geografia Física. II Seminário Ibero Americano de Geografia Física, Universidade de Coimbra, **Anais...** p. 1-14, 2010.

LOPES, Luana GN; SILVA, Ary G.; GOURLART, Antônio Celso O. A Teoria Geral do Sistema e suas aplicações nas ciências naturais, **Natureza on line** v.13 nº1, p. 1-5, 2015.

LUNARDI, James, RABAIOLLI, Joel Albino. Valorização e Preservação dos Recursos Hídricos na busca pelo desenvolvimento rural sustentável, João Pessoa/PB **OKARA: Geografia em debate**, v.7, n.1, p. 44-62, 2013.

- MABESOONE, J. M. **Sedimentologia**. Recife: Editora Universitária, 1982, 480p.
- CPRM, Companhia de Pesquisa em Recursos Minerais. **Jaboatão dos Guararapes: Mapas dos indicadores Geotéctonicos**, Projeto SINGRE, Recife, 1997, 29p.
- MABESOONE, J. M. **Sedimentologia**. Recife: Editora Universitária, 1982, 480p.
- CPRM, Companhia de Pesquisa em Recursos Minerais. **Jaboatão dos Guararapes: Mapas dos indicadores Geotéctonicos**, Projeto SINGRE, Recife, 1997, 29p.
- MACIEL, Ana Beatriz Câmara; LIMA, Zuleide Maria Carvalho. O conceito de paisagem: diversidade de olhares, **Sociedade e Território**, Natal, v.23, nº 2, jul./dez. p. 159 -177, 2011.
- MACKIN, H. Concept of graded river. **Bulletin of the Geological Society of America**. v. 59, p.463-612, 1948.
- MARANDOLA JR, Eduardo; HOGAN, Daniel Joseph. Natural hazards: o estudo geográfico dos riscos e perigos, **Ambiente & Sociedade**, Vol. VII nº. 2, jul./dez, p. 95 – 110, 2004.
- MARQUES NETO, Roberto. A abordagem sistêmica e os estudos geomorfológicos: algumas interpretações e possibilidades de aplicação, **Geografia** - v. 17, nº 2, jul./dez, p. 67-87, 2008.
- MAXIMIANO, Liz Abad. Considerações sobre o conceito de paisagem, **R. RAEGA**, Curitiba, nº 8, p. 83-91, 2004.
- MOLION, L.C.B.; BERNADO, S.O. Uma revisão da dinâmica das chuvas no Nordeste Brasileiro. **Revista Brasileira de Meteorologia**, São José dos Campos, SP, v.17, n.1, p. 2-10, 2002.
- PARK, C. C. Man, river systems and environmental impacts. **Progress in Physical Geography**, nº 5, p. 1-31, 1981.
- PEITER, Claudia Maria. Desastres Naturais: **Enchentes e Inundações e o papel do estado e da sociedade na gestão de segurança Pública**. 2012, 176f. Dissertação de Mestrado em Ciência Jurídica – Programa de pós-graduação em STRICTO SENSU em Ciência Jurídica da Universidade do Vale do Itajaí. Itajaí, 2012.
- PEJRUP, M. The triangular diagram used for classification of estuarine sediments: a new approach. In: BOER, P. L.; VAN GELDER, A.; NIO, D. D. (eds.). **Tide-Influenced Sedimentary Environments and Facies**. Reidel: Dordrecht, p.289-300, 1988.
- PHILLIPS, J.D. The end of equilibrium?, **Geomorphology**. 5, p.195-201, 1992.
- PIRES, José Salatiel Rodrigues; SANTOS, José Eduardo dos; DEL PRETTE, Marcos Estevan. A Utilização do Conceito de Bacia Hidrográfica para a Conservação dos Recursos Naturais. In: SCHIAVETTI, Alexandre; CAMARGO, Antônio F. M. (editores). **Conceitos de Bacias Hidrográficas: teorias e aplicações**. Ilhéus, BA: Editus, 2002. 293p.
- PRICHOA, Carla Eva, HOLSADO MOLINA, Pedro; RIBEIRO, Selma Regina Aranha. Metodologia para identificação e caracterização de paisagens fluviais do Brasil mediante

critérios europeus, In: SANTOS, J. G. *et al*, (org). **Atas das I Jornadas Lusófonas de Ciências e Tecnologias de Informação Geográfica**, Coimbra University Press, Coimbra, p. 151-168, 2015.

NÓBREGA, Ranyére Silva; SANTIAGO, Gabriela Ayane Chagas Felipe. Tendência de temperatura na superfície do mar nos oceanos Atlântico e Pacífico e variabilidade de precipitação em Pernambuco. **Mercator**, Fortaleza, v. 13, n. 1, p. 107-118, 2014.

REBELO, Fernando. **Geografia física e riscos naturais**. Coimbra, IUC, 2010, 215p.

RENWICK, W. H. Equilibrium, disequilibrium and nonequilibrium landforms in the landscape. **Geomorphology**, 5, p.265-276, 1992.

RIBAS, Ana. Los paisajes del agua como paisajes culturales. Conceptos, métodos y experiencias prácticas para su interpretación y visualización. Apogeo: **Revista da Associação de Professores de Geografia**, vol 32, Girona, p. 39-48, 2007.

RIBEIRO, F.V.; GONÇALVES, L. D. P.; FURTADO, M. S.; FEITOSA, A. C. Degradação do solo no médio curso do rio Munim, município de Chapadinha-MA, VI Simpósio Nacional de Geomorfologia / Regional Conference on Geomorphology, Goiânia, **Anais...**, p. 1-10, 2006.

RODRIGUES, C. Avaliação do impacto humano da urbanização em sistemas hidrogeomorfológicos. Desenvolvimento e aplicação de metodologia na grande São Paulo. **Revista do Departamento de Geografia (USP)**, São Paulo, v. 20, p.111-125, 2010.

SAADI, A. **Ensaio sobre a morfotectônica de Minas Gerais: tensões intraplaca, descontinuidades crustais e morfogênese**. Belo Horizonte, MG. 1991. 300f. Tese Professor Titular, Universidade Federal de Minas Gerais, 1991.

SANTOS, J. M. Na esteira da abordagem sistêmica. In: SANTZIOS, J. M.; FARIA, M. **Reflexões e construções geográficas contemporâneas**. Salvador: Grasb, p. 35-57, 2004.

SAUER, C. O. A morfologia da paisagem. 1925. In: ROSENDAHL, Z.; CORRÊA, Roberto Lobato. **Paisagem, tempo e cultura**. Rio de Janeiro: Ed. UERJ, p. 12 – 74, 1998.

SCHNEIDER, Roselene Maria; FREIRE, Rosane; COSSICH, Eneida Sala Paulo; SOARES, Fernando; FREITAS, Fabrício Hernandez de; TAVARES, Celia Regina Granhen. Estudo da influência do uso e ocupação de solo na qualidade da água de dois córregos da Bacia hidrográfica do rio Pirapó. **Acta Scientiarum. Technology**, Maringá, v. 33, n. 3, p. 295-303, 2011.

SCHUMM, Stanley A. **The Fluvial System**, Caldwell, The Blackburn Press, 1977, 337p.

STEVAUX, José Candido. **Geomorfologia Fluvial**, Oficina de Textos, São Paulo, 2017, 336p.

SILVA, Adriana Cassiano da. **Reconstrução quaternária da dinâmica geomorfológica a partir das análises dos depósitos do baixo curso do rio Capibaribe/PE**, 2016, 208f. Dissertação de Mestrado apresentado ao Programa de Pós-graduação em Geografia da Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2016.

SILVA, C. S.; BISPO, C. O.; SILVA, S. B.; GIRÃO, O. Análise do sistema fluvial frente ao uso e ocupação da terra na bacia do rio Tejipió – Região Metropolitana do Recife. In: LISTO, F. L. R.; MÜTZENBERG, D.; TAVARES, B. A. C (org). **E-book do I Workshop de Geomorfologia e Geoarqueologia do Nordeste**, vol I, Recife, GEQUA, p 89-100, 2016.

SILVA, J. P.; RODRIGUES, C. **Expansão urbana e evolução geomorfológica em remansos de reservatórios: análise comparativa de duas bacias hidrográficas em Guarapiranga, São Paulo**. VI Simpósio Nacional de Geomorfologia / Regional Conference on Geomorphology, Goiânia, p. 1-11, 2006.

SILVA, Wemerson Flávio. **Análise da relação processo-resposta entre dinâmicas atmosféricas e sensibilidade ambiental do riacho Umas – Camaragibe/PE**, 2015, 137f. Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Geografia - Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2015.

SOUZA, Alexandre dos Santos. **Caracterização Geomorfológica, Morfotectônica e Morfométrica da folha Itaporoca 1:25.000, Paraíba, Brasil**, 2016, 112f. Dissertação de Mestrado apresentada ao programa de pós-graduação em Geografia da Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2016.

SOUZA, Jonas Otaviano Praça de. Dos sistemas ambientais ao sistema fluvial – uma revisão de conceitos. **Caminhos da Geografia**, Uberlândia v. 14, n. 46, p. 224–233, 2013.

SOUZA, Jonas Otaviano Praça de. BRIERLEY, G. J.; FRYIRS, K. A. *Geomorphology and river management: applications of the river styles framework*. Victoria: blackwell publishing (commerce place, 350 main street, malden, MA02148, USA), 2005. 398P, **Revista de Geografia (UFPE)** V. 29, No. 2, p. 252-259, 2012.

SOUZA, Jonas Otaviano Praça de. **Modelos de evolução da dinâmica fluvial em ambiente semiárido - bacia do açude do saco, Serra Talhada, Pernambuco**. 2014. 191f. Tese de Doutorado em Geografia - Programa de Pós-graduação em geografia da Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2014.

SOUZA, E. R.; FERNANDES, M. R. Sub-bacias hidrográficas: unidades básicas para o planejamento e a gestão sustentáveis das atividades rurais. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 21, nº 207, Nov./dez, p.15-20, 2000.

SOTCHAVA, V. B. **O estudo dos Geossistemas**, São Paulo, 1977, Traduzido do inglês por Carlos Augusto Figueiredo Monteiro e Dora de Amarante Romariz. Original publicado em Reports of the institute of Geography of Siberia and the Far East – Special Issue for the XXIII International Geographical Congress, rkutsk, 1976, 50p.

SUGUIO, K. **Introdução a sedimentologia**. São Paulo: Edgard Blücher, 1973. 317 p.

TEODORO, Valter Luiz Iost; TEIXEIRA, Denilson; COSTA, Daniel Jadyr Leite; FULLER, Beatriz Buda O conceito de Bacia Hidrográfica e a Importância da caracterização Morfométrica para o entendimento da dinâmica ambiental local, **Revista UNIARA**, nº 20, p. 137-156, 2007.

TROPPEMAIR, Helmut; GALINA, Marcia Helena, Geossistemas, **Mercator** - Revista de Geografia da UFC, vol. 5, nº 10, Fortaleza, p. 79-89, 2006.

TRICART, Jean. **Ecodinâmica**, IBGE, Diretoria Técnica SUPREN, Rio de Janeiro, 1977. 97p.

TONELLO, Kelly Cristina. **Análise hidroambiental da bacia hidrográfica da Cachoeira das Pombas, Guanhães, MG**. 2005, 85f. Dissertação de Mestrado - Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal, Viçosa, 2005.

TUCCI, Carlos E. M. (Org.) **Hidrologia; Ciência e Aplicação**, 4° ed. Porto Alegre: Ed. Da UFRGS/ABRH, 2009, 943p.

TUCKER, M. **Techniques in sedimentology**. London: Blackwell, 1995, 408p.

UHLMANN, Günter Wilhelm. **Teoria Geral dos Sistemas do Atomismo ao Sistemismo Uma abordagem sintética das principais vertentes Contemporâneas desta Proto-Teoria**, instituto Issiegen, São Paulo, 2002, 67p.

VASCONCELOS, J. O.; SOUZA, J. O. P. Zoneamento e caracterização da bacia hidrográfica de São João do Tigre, **REGNE**, Vol.2, N° Especial, p. 171-180, 2016.

VICENTE, Luiz Eduardo; PEREZ FILHO, Archimedes. Abordagem sistêmica e geografia, **GEOGRAFIA**, Rio Claro, v. 28, n° 3, set/dez, p. 323-344, 2003.

VITTE, Antônio Carlos. O desenvolvimento do conceito de paisagem e a sua inserção na geografia física, **Mercator - Revista de Geografia da UFC**, v. 06, n°11, p. 71-78, 2007.